



SYNTHÈSE DES RAPPORTS

DES

ATELIERS DE PROSPECTIVE

ET

CONTRIBUTIONS

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| A. Fondements et mécanismes : comprendre et simuler | 5 |
| <i>I. Fonctions communicatives et fonctions exécutives</i> | <i>6</i> |
| Langage et Cognition <i>par Christophe Parisse (atelier 4)</i> | 7 |
| L'acquisition de l'orthographe <i>par Séverine Casalis (atelier 5)</i> | 11 |
| Plurilinguisme : des substrats neuronaux aux pratiques sociales <i>par Christian Tremblay (atelier 7)</i> | 15 |
| Manuscrits, linguistique, cognition <i>par Claire Doquet-Lacoste (atelier 12)</i> | 35 |
| Perception spatiale, cognition motrice et adaptation sociale des organismes naturels et artificiels <i>par Yann Coello & Richard Palluel (atelier13)</i> | 39 |
| La cognition motrice et ses applications biomédicales <i>par Thierry Pozzo (atelier 14)</i> | 45 |
| Oculomotricité <i>par Zoi Kapoula (atelier 15)</i> | 47 |
| La mémoire : fonctionnement et dysfonctionnements <i>Par Serge Laroche et Bruno Poucet</i> | 53 |
| Spécificités du langage : des questions à approfondir <i>par Bernard Victorri</i> | 57 |
| Parole et Cognition. <i>Par l'Association Francophone de la Communication Parlée</i> | 60 |
| Processus cognitifs de la Perception chimique <i>Par Jean-Pierre Royet</i> | 64 |
| Perception Auditive <i>Par Barbara Tillmann</i> | 68 |
| <i>II. Interaction : de l'individu au réseau</i> | <i>72</i> |
| Atelier de prospective sur la Cognition Sociale <i>par Catherine Garbay, Philippe Gaussier, Elisabeth Pacherie et Jean-Luc Schwartz (atelier 6)</i> | 73 |
| Fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance - Applications à la pédagogie de la conception architecturale <i>par Jean-Pierre Goulette (atelier 9)</i> | 108 |
| Neuroéconomie et émergence des comportements économiques <i>par Sacha Bourgeois-Gironde (atelier 31)</i> | 113 |

| | |
|--|-----|
| <i>III. Substrats : Neurosciences et modélisation</i> | 115 |
| Les interfaces cerveau-machine <i>Par Olivier Bertrand (atelier 16)</i> | 116 |
| Sciences et technologies de la cognition par la modélisation neuronale <i>par Frédéric Alexandre (atelier 22)</i> | 130 |
| Imageries cérébrales pour les sciences cognitives : bilans et enjeux <i>Par Sylvain Takerkart (atelier 23)</i> | 135 |
| The Biology of Decision Making <i>par Thomas Boraud (atelier 25)</i> | 144 |
| Robotique Cognitive en 2009 <i>par Benoît Girard (rapport du GDR Robotique)</i> | 146 |
| Compte-rendu de la réunion GDR-vision <i>par Pascal Mamassian</i> | 157 |

B. Interfaces et secteurs d'application : les sciences cognitives dans la société

163

| | |
|---|-----|
| <i>IV. Technologies et usages, ingénierie</i> | 164 |
| <i>Cognition, éthique et société</i> <i>par Colin Schmidt (atelier 18)</i> | 165 |
| Interactions homme/système-artificiel <i>par Frédéric Dehais (atelier 19)</i> | 216 |
| Sciences cognitives, réalité virtuelle et arts <i>par Pierre de Loor, Stéphane Vielledent (atelier 20)</i> | 218 |
| Contribution du GDR psycho-ergo à PIRSTEC <i>Par Jean-Michel Hoc</i> | 220 |
| Couplage technique, couplage cognitif ? <i>Par Benoît Le Blanc</i> | 244 |
| Les nouvelles technologies de l'information et de la communication et la psychiatrie <i>Par Roland Jouvent</i> | 250 |
| <i>V. Apprentissage et éducation</i> | 257 |
| Résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH <i>par Pierre Tchounikine (atelier 1)</i> | 258 |
| Dynamiques de la construction des connaissances <i>par Jean-Michel Dusseau (atelier 3)</i> | 267 |
| Rehaussement cognitif: neurosciences, pédagogie, remédiation. <i>par Joëlle Proust (atelier 17)</i> | 283 |
| Quelles évaluations pour les applications des sciences et technologies cognitives ? <i>par Frank Ramus</i> | 287 |

| | |
|---|------------|
| <i>VI. Santé et handicaps</i> | <i>290</i> |
| Handicap et cognition <i>par Jean-Luc Nespoulous (atelier 10)</i> | 291 |
| Langage et Démence <i>par Laurent Lefebvre (atelier 11)</i> | 295 |
| Recherche Transdisciplinaire sur les Hallucinations et Autres Etats Modifiés de Conscience <i>par Guillaume Dumas, Juan González et Alexandre Lehmann (atelier 26)</i> | 300 |
| Rapport du GDR CNRS 296 GRAEC <i>par Christian Lorenzi</i> | 343 |
| C. Structures et Infrastructures | 346 |
| Atelier Cognisud <i>par Philippe Blache</i> | 347 |
| Réunion de Prospective : Lyon-Dijon-Besançon <i>par Barbara Tillmann (atelier 28)</i> | 351 |
| CJCSC'09 : Un regard jeune sur les problématiques d'avenir <i>Par Sébastien Cruzet</i> | 357 |
| D. Axes transversaux : | 359 |
| Explicitation de l'expérience cognitive <i>Par Michel Bitbol et Claire Petitmengin</i> | 360 |
| Autres Contributions libres | 370 |

A. Fondements et mécanismes : comprendre et simuler

I. Fonctions communicatives et fonctions exécutives

Langage et Cognition

par Christophe Parisse (atelier 4)

Troyes : 31-03-2009 – 01/04/2009

Coordination : Christophe Parisse : Modyco – INSERM, U. Paris Ouest Nanterre La Défense

Membres de l'atelier :

Mireille Besson : Incm – CNRS, U. Aix-Marseille II

Didier Bottineau : Modyco – CNRS, U. Paris Ouest Nanterre La Défense

Karine Duvignau : CIlle-Erss – Université de Toulouse Le Mirail

Bruno Gaume : CIlle-Erss – CNRS, U. de Toulouse Le Mirail

Anne Lacheret : Modyco – Université Paris Ouest Nanterre La Défense

Frederic Landragin : Lattice – CNRS, ENS

Marie-Thérèse Le Normand : LPNCog – INSERM, U. Paris Descartes

Christophe Parisse : Modyco – INSERM, U. Paris Ouest Nanterre La Défense

Xavier Rodet : IRCAM

Bernard Victorri : Lattice – CNRS, ENS

Stéphanie Girault : Représentant de Pirstec – RISC

Le langage est une faculté fondamentale de l'être humain, un des derniers produits de l'évolution des espèces. Son étude amène à lier de nombreux domaines et sources d'information et impose l'utilisation de moyens théoriques et pratiques importants et la mise en place de grands programmes de recherche. En revanche, comme pour compenser leur coût, les recherches et les avancées dans ce domaine ont l'avantage d'avoir des répercussions dans de nombreux champs et applications.

L'atelier Pirstec qui s'est déroulé sur 3 jours a permis d'aborder les liens entre langage, sciences humaines et sociales, sciences de l'information et de la communication et sciences de la vie. Il en est ressorti que plusieurs domaines prioritaires peuvent être mis en avant. Ils comportent aussi bien des visées à long terme qu'à court terme et qui ont de larges domaines d'applications. Par exemple, si l'on prend un thème appliqué comme celui la gestion de dialogue homme machine, il faut à court et à long terme améliorer la gestion du sens (prise en compte de la sémantique), des interactions (prise en compte de la pragmatique), de l'intonation (donc de la prosodie du langage), de la recherche de connaissances et de la manière de les structurer, de l'apprentissage et de l'adaptation, de la multi-modalité. Une telle recherche ne pourra avancer qu'en associant des compétences de domaines très variés. Inversement, des avancées dans ces domaines ne s'appliqueront pas au seul dialogue homme-machine mais aussi à l'interaction avec le web ou via le web, à l'apprentissage et à l'enseignement par ordinateur, à la modélisation et à la simulation de fonctions langagières complexes pour la recherche médicale, etc.

Le lien entre STIC et SHS ou SDV est fondamental pour faire avancer les approches théoriques et expérimentales en sciences cognitives et en particulier dans les domaines qui touchent au langage. En effet, ce thème de recherche ne se prête pas facilement à l'étude et à la modélisation avec des systèmes physiques. L'expérimentation psycholinguistique ne permet d'observer que des produits finaux de nature globale, multi-source, multi-informationnelle et se prêtant mal au travail analytique. De plus, ces expériences sont longues et délicates à mener (ce qui ne les rend pas moins indispensables lorsqu'elles sont possibles). L'imagerie fonctionnelle ne permet pas encore une observation détaillée des processus neuronaux et, si elle le permettait, la complexité des phénomènes en jeu imposerait l'utilisation de modèles extrêmement complexes et sophistiqués qui ne pourrait être mis en

œuvre que sur ordinateur. Enfin, la durée dans le temps des processus étudiés (1 jour, 1 mois, 1 an, 10 ans, 1 vie) en ce qui concerne le développement, l'acquisition et l'apprentissage du langage et les pathologies associées ne permet pas l'observation continue et devra dans l'avenir faire appel à la simulation pour aller au-delà des résultats obtenus actuellement. Le modèle informatique est donc indispensable car le détail, la complexité et la durée temporelle des processus les rends non observables.

Inversement, les SHS et les SDV apportent aux STIC un surcroît important de qualité dans les réalisations techniques et en particulier dans toutes les réalisations qui concernent les utilisateurs humains et les connaissances de haut niveau (savoir, langage), comme en particulier le dialogue homme machine (amélioration des voix, des interactions, du contenu sémantique) et tout ce qui touche le web (accès aux contenus, interactions à travers le web, apprentissages, didactique, etc.).

Dans la mesure où il se révèle difficile de cadrer spécifiquement certaines parties des travaux à réaliser dans le domaine des SHS, STIC ou SDV et portant sur le langage, nous avons relevé un ensemble de thèmes qui portent soit sur des applications à court terme, soit qui ont des visées à plus long terme et sur lesquels on pourrait s'appuyer pour lancer des programmes de recherche, sachant que n'importe lequel de ces thèmes profitera aussi aux autres. Tous les thèmes ont en commun qu'ils pourraient être encore enrichis s'ils sont abordés dans une approche multilingue et non centrées sur une seule langue, le français ou l'anglais.

Thèmes ayant une portée plutôt à long terme :

De la génétique à la biologie à la linguistique : quelles sont les bases génétiques et biologiques du langage ? – quel type de simulations réaliser pour étudier ce domaine ?

Il est nécessaire pour la recherche fondamentale d'expliquer comment passer d'un niveau de description (la linguistique) à un niveau « d'implémentation » (la biologie) et à un niveau de « programmation » (la génétique) et inversement. Les recherches en linguistique et en psycholinguistique ne peuvent faire l'économie de la réflexion sur la manière dont le cerveau humain met en œuvre le langage et inversement les travaux sur le cerveau et la génétique doivent pouvoir expliquer comment seraient réalisées les fonctions complexes décrites en linguistique et en psychologie. Un tel programme sur les bases physiologiques et psychobiologiques du langage doit être de nature pluridisciplinaire.

Spécificité du langage dans la cognition : quelles sont les capacités qui permettent au langage d'exister et quelles sont les caractéristiques qui en font une faculté aussi spécifique ? (voir texte ci-dessous).

Liens entre langage et autres performances cognitives (mémoire, attention, motricité, raisonnement, génération et compréhension d'analogies)

Le langage est une capacité de l'être humain qui entretient de nombreuses relations avec d'autres capacités cognitives. Par exemple dans le cas de pathologie du développement du langage, de nombreux travaux suggèrent l'existence d'un lien entre les déficits en langage et les troubles de mémoire, d'attention, de perception, de motricité. Quels sont les liens entre les différentes capacités cognitives et le langage ? Quels sont les moyens de modéliser de tels liens, d'expliquer leurs causalités, de les tester de manière expérimentale ? Comment tenir compte de la validité psychobiologique ?

Multimodalité langagière

a. expressivité de la voix

prosodie : usage, développement, modélisation, liens avec les émotions, liens entre prosodie et non-dits (en fonction des langues et des usages sociaux)

lien entre expressivité (tonalité, modulation de la voix) et prise en compte de la gestualité, des postures

trouble de la multimodalité dans l'acquisition du langage et les pathologies du langage

implémentation neuronale de la multimodalité, lien avec la mémoire et l'attention

Sémantique, pragmatique et sociolinguistique

Il est nécessaire d'aller au-delà des paradigmes de recherche qui se concentrent sur les aspects formels (en particulier la syntaxe ou la phonétique/phonologie) et d'inclure la sémantique, la pragmatique et à terme des éléments sociaux et culturels (pour tout système appliqué et pour aller plus loin dans la compréhension théorique du langage, de l'acquisition du langage et pour des applications pratiques en particulier dans le dialogue homme machine).

Modélisation de l'acquisition du langage et généralisation aux apprentissages L1 et L2.

L'acquisition et l'apprentissage du langage sont des phénomènes trop étendus dans le temps pour être étudiés par la seule observation directe. Il est donc nécessaire de disposer de modèles et d'outils de simulation pour appréhender le phénomène dans son ensemble. De tels outils permettront de comparer des théories (linguistiques ou psycholinguistiques) différentes et parfois très opposées. Ils peuvent aussi amener de nouveaux paradigmes théoriques en cherchant à respecter la validité psychobiologique et en s'inspirant des travaux en traitement automatique du langage (TAL).

Réorganisation neuronale et développement

En liaison avec les thèmes 1), 3) et 6), quels sont les modèles pouvant expliquer les réorganisations neuronales en cas de troubles acquis ou développementaux ? Comment les connaissances acquises sur une modalité peuvent basculer ou être réutilisées dans une autre modalité ou un autre contexte, en cas de trouble neurologique ou de nouvel apprentissage ?

2) Diachronie et évolution des langues

Le rythme d'évolution des langues se justifie-t-il par des seuls critères de réalisation psychomotrice, de généralisation et simplification en audition et en production. Les facteurs sociaux, identitaires ont-ils une influence notable ou même prioritaire. L'importance de la modélisation et de la simulation pour un tel thème « peu observable » est fondamentale.

3) Utilisation de modèles TAL pour la psychologie, la psycholinguistique et la linguistique (et inversement)

Le TAL peut-il inspirer la cognition ? Les techniques automatiques « efficaces » (chunks, calculs massifs) ont-ils une réalité ou un pendant neurobiologique et psychologique ? Peuvent-elles inspirer certains modèles en sciences humaines et sociales ?

Qu'est-ce sont les implications des résultats obtenus en apprentissage non supervisé pour les théories psycholinguistiques et linguistiques ?

Les modèles TAL doivent-ils chercher le réalisme psycholinguistique en s'inspirant des théories de sciences humaines, dans le but d'améliorer leurs résultats et de mettre ces théories à l'épreuve ?

Applications à court et moyen terme :

Outils pour l'interaction optimale avec le web ou via le web

a) Dialogue homme machine

- a. Utilisation de la théorie de la pertinence et du contexte cognitif
- b. Utilisation de nouveaux types de capteurs
- c. Gestion de la prosodie en temps réel
- d. Utilisation d'une grammaire de l'oral
- e. Moyen de mesure et d'évaluation des systèmes de dialogue

b) Modélisation des pathologies du langage pour le diagnostic, la remédiation (suivi des patients) et la recherche (application clinique et scolaire)

c) Nouvelles technologies pour l'apprentissage assisté par ordinateur (notamment usage scolaire) :

- a. Interface utilisateur, relation avec l'apprenant – notamment plus réaliste
- b. Adaptation de l'interface en fonction de l'apprenant
- c. Adaptation des apprentissages (mesure des acquisitions)

- d. Ergonomie cognitive : création d'outils adaptés à la manière dont le cerveau fonctionne
- d) Outils d'apprentissage des langues (L1 et L2) : génération de parole, modification des timbres, de l'accentuation, des accents

Toutes les applications potentielles de ce domaine (il en existe de nombreuses qui ne sont pas citées ici) impliquent des liens avec la presque totalité des thèmes plus généraux. On notera ainsi les associations de b) avec 3), 4), 5), 6), 9) et de c) avec 1), 2), 3), 4), 5), 6), 7) pour ne citer que quelques exemples. Les programmes de recherche liant un champ théorique à une application sont donc envisageables et souhaités dans la mesure où ils associent de manière idéale visée à long terme et réalisme à court terme.

L'acquisition de l'orthographe

par Séverine Casalis (atelier 5)

Compte rendu de la réunion PIRSTEC

« acquisition de l'orthographe »

animée par Séverine Casalis
déroutement :
RISC, 28 rue Serpente, Paris
6 juillet 2009

Liste des conférenciers

Sébastien Pacton, Professeur de Psychologie, université Paris Descartes
Michel Fayol, Professeur de Psychologie, Université de Clermont Ferrand
Séverine Casalis, Professeur de Psychologie, Université de Lille 3
Ronald Peereman, Chargé de Recherches, LNPC, Université de Grenoble
Bernard Lété, Maître de conférences HDR, Université de Lyon
Bruno de Cara, Maître de Conférences, Université de Nice
Juliette Danjon, doctorante (dir : S. Pacton)
Marion Janiot, doctorante (dir : S. Casalis)
Marie Claude Hazard, doctorante (dir : B. de Cara)

Présentation

La maîtrise de la lecture et de l'écriture constitue un enjeu de société fondamental, que le développement des technologies nouvelles de l'information et de la communication rend plus déterminant encore.

L'étude de l'apprentissage de la lecture, et dans une moindre mesure celle de l'écriture, s'est développée dans le cadre de la psychologie cognitive depuis une trentaine d'années. On a alors assisté à un développement assez important des travaux essentiellement empiriques. Au cours de cette période, quelques changements de perspective sont apparus. Ainsi, si les premiers travaux ont insisté sur l'importance du code phonologique dans les débuts de l'apprentissage de la langue écrite –ce qui se conçoit parfaitement compte tenu de la nature phonographique du langage écrit- il est apparu, depuis une dizaine d'années, qu'on ne pouvait s'en tenir à cette contrainte, sans remettre en cause nécessairement son caractère déterminant pour les premières étapes.

C'est dans le domaine de la production orthographique que les travaux sur le codage orthographique *per se* se sont le plus développés –ce qui s'explique par l'asymétrie des relations entre phonie-graphie vs graphie-phonie.

Un des aspects frappants est la relative faiblesse de cohérence entre les travaux portant sur l'acquisition de la lecture et ceux portant sur l'acquisition de l'écriture. Ainsi, les modèles et les conceptions de ces deux activités se sont développés de façon relativement autonome, parfois avec des outils propres à chaque domaine. De façon corollaire, les difficultés

d'apprentissage liées à ces deux activités sont donc relativement peu liées dans leur analyse. Pourtant, l'objet est le même : l'acquisition de formes orthographiques permettant de lire de façon fluente et d'écrire avec l'orthographe attendue.

Une des retombées principales de ces travaux sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture concerne l'analyse et la prise en charge des difficultés d'apprentissage. Cette dissociation ne facilite en rien le travail des personnes qui ont la charge d'enseigner ou de rééduquer le langage écrit, qui ne conçoivent pas les deux facettes indépendamment.

L'objectif de l'atelier était, en tentant de cerner le développement des axes actuels, de provoquer des échanges entre des chercheurs spécialistes de l'acquisition de l'orthographe dans le domaine de l'écriture, plus précisément de la production orthographique, et des chercheurs spécialistes des représentations orthographiques dans le domaine de la lecture (reconnaissance de mots). Puisque, dans les deux cas, l'objet d'étude est celui de la construction des représentations orthographiques, il importe de déterminer dans quelle mesure il s'agit d'entités semblables et quelles contraintes sont posées dans chaque situation (lecture et production orthographique) en termes d'accès à ces représentations au cours du développement. Ces échanges doivent permettre aux chercheurs travaillant dans les deux domaines de mieux connaître les enjeux de chacun des domaines et de susciter des questions liées à l'articulation de ces deux champs.

Le second objectif de l'atelier est de repérer les avancées dans les questions méthodologiques et théoriques.

Le déroulement de l'atelier a consisté en une suite d'exposés suivis de discussion.

Eléments de réflexion issus de l'atelier

Lien lecture – écriture

Il est important de relier la notion de codage orthographique dans les conditions de lecture et d'écriture : parle-t-on du même code, des mêmes représentations, quelle est la part de la tâche dans la description que l'on fait des représentations orthographiques ? Dans le domaine de l'apprentissage de la lecture, l'accent est souvent mis sur la nécessité d'acquérir un automatisme, la reconnaissance de mots, considéré parfois comme une activité quasi-réflexe. Dans ce cadre, l'intérêt est porté sur une dimension particulière de la performance, à savoir la rapidité du traitement, en fonction de variables liées à l'usage (la fréquence d'apparition des mots dans la langue), à la structure linguistique des stimuli (syllabe, morphème), ou à leur forme (longueur). Dans le domaine de l'écriture, l'accent est porté une autre dimension de la performance, la précision (essentiellement les erreurs de production).

De façon reliée à la question précédente, un travail méthodologique et théorique sur les manières d'évaluer les performances de lecture et d'écriture reste à mener de façon à avoir accès au plus près aux représentations engagées. L'enjeu d'un meilleur accès aux représentations orthographiques que s'est forgé l'enfant au cours de l'apprentissage est l'amélioration dans la prise en charge.

Dans le domaine de la lecture, des paradigmes plus précis (permettant de suivre le codage « en temps réel ») se sont développés ces dernières années (comme par exemple le paradigme d'amorçage masqué). Les paradigmes « en temps réel » restent peu développés dans le cadre de la production orthographique chez l'enfant (quelques exceptions cependant). Dans le cadre de l'étude de l'articulation entre lecture et écriture, on relève au moins deux voies qu'il paraît important de développer :

L'utilisation de paradigmes expérimentaux permettant de suivre directement comment l'information orthographique peut être extraite en lecture pour être réutilisée en écriture, comme par exemple celui développé par David Share (dit paradigme d'auto apprentissage) dans lesquels des mots nouveaux sont présentés lors de la lecture d'un test et dont la production orthographique est ensuite évaluée

La comparaison des processus de lecture, notamment dans le codage orthographique, d'enfants plus ou moins compétents en orthographe, voire, présentant des dysorthographies.

Importance des propriétés distributionnelles de l'orthographe

Dans le domaine de la production orthographique essentiellement, l'accent a été mis sur les propriétés distributionnelles de l'orthographe. Ces connaissances sont acquises sans instruction explicite, on considère qu'elles reflètent un apprentissage implicite de la structure statistique du français. Dans la mesure où cette connaissance intervient dans la maîtrise du code orthographique, il est important de s'interroger sur les processus d'apprentissage sous-jacents, l'étendue de cette connaissance, et les facteurs facilitant son acquisition.

Nécessité des bases de données et normes

Se déduisant logiquement du point précédent, la prise en compte des propriétés distributionnelles de l'écrit nécessite que ces propriétés puissent être connues. D'où l'importance des bases de données. Les bases telles que Manulex et Manulex Infra constituent des bases incontournables dans les études actuelles. Elles peuvent servir de point de départ pour définir des bases spécifiques. Les propriétés d'un lexique « théorique » sont donc maintenant globalement disponibles, bien que certaines dimensions ne soient pas traitées et doivent pouvoir l'être.

Le travail essentiel qui reste à accomplir concerne alors l'élaboration de normes empiriques. Ces normes doivent concerner aussi bien les performances de lecture des apprentis lecteurs que les performances de production orthographique.

Quelques travaux se sont engagés dans l'établissement de normes, mais elles restent encore très limitatives dans leur contenu (relativement peu de mots sont utilisés) et pourraient donc être l'objet de réinterprétations en fonction des contraintes nouvelles mises à jour.

Il est donc fondamental d'avoir des normes sur des bases très larges.

La place des unités linguistiques

La prise en compte des unités linguistiques, dont l'importance n'est pas mise en cause, doit être reconsidérée en tenant compte des contraintes distributionnelles. Il convient toutefois d'articuler la prise en compte des deux informations simultanément (propriétés distributionnelle et unités linguistiques) de façon à éviter des effets de « balancier » (allers et retours conceptuels liés à la non prise en compte d'un point de vue).

Importance des modélisations et simulations

Compte tenu de l'intrication des différents facteurs en jeu, les méthodes de simulation, incluant une comparaison avec les performances humaines, doit permettre de tester de façon plus précise les hypothèses actuelles.

Prise en charge des troubles de l'orthographe

Comment ces changements conceptuels orientent-ils la prise en charge des troubles de l'apprentissage? Quelle importance doit être donnée à la structure linguistique et son explicitation d'une part, à la sensibilisation au matériel via un environnement linguistique structuré, d'autre part, au développement de stratégies d'apprentissage implicite, indépendamment de tout matériel linguistique enfin.

Dans le même temps, et plus généralement, l'inefficacité de certaines immersions (des fautes d'orthographe demeurent malgré de nombreuses présentations) conduit aussi à s'interroger sur l'attitude à adopter dans le cadre des apprentissages et des rééducations.

Références

- Castles, A. & Nation, K. (2006). How does orthographic learning happen? In Andrews, S. (Ed.), *From inkmarks to ideas: Challenges and controversies about word recognition and reading* (pp. 151-179). London, UK: Psychology Press.
- Castles, A., Davis, C. & Forster, K. I. (2003). Word recognition development in children: Insights from masked priming. In Kinoshita, S. & Lupker, S. (Eds.), *Masked priming: State of the Art* (pp. 345-360). London, UK: Psychology Press.

- Lété, B., Peereman, R. & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children : A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58, 952-977.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005). Children's Implicit Learning of Graphotactic and Morphological Regularities. *Child Development*, 76, 324-339.

Plurilinguisme : des substrats neuronaux aux pratiques sociales

par Christian Tremblay (atelier 7)

ATELIER N°7 "Plurilinguisme : des substrats neuronaux aux pratiques sociales

- Rapport - (3 décembre 2009)

Le séminaire organisé conjointement par l'OEP, le Centre de Recherche en Ingénierie Multilingue de l'INALCO (le CRIM) et l'Institut des sciences du cerveau de l'Université Toulouse II, sous le thème général "Plurilinguisme : des substrats neuronaux aux pratiques sociales", s'est décomposé en trois journées que l'on doit rattacher à plusieurs des thématiques principales du projet PIRSTEC.

La première journée du 6 octobre intitulée "Neurosciences et apprentissages" entre manifestement dans le thème "Neurosciences et modélisation" mais aussi dans "Apprentissage et éducation" et dans "Communication et langage".

La seconde journée consacrée aux "Sciences de la communication et ingénierie multilingue" relève naturellement du titre "Les sciences de la cognition dans la société", "Technologies et usages : ingénierie".

Quant à la troisième journée "Plurilinguisme et comportements sociaux", elle touche les thématiques "Apprentissage et éducation", "Handicap, cognition et santé" (pour l'illettrisme en particulier) et "Interaction : de l'individu au réseau, cognition sociale".

Néanmoins ces trois journées ont en commun la prise en compte de la dimension linguistique et plurilingue. La plupart des études présentées le 22 octobre opèrent dans un milieu monolingue. Quelles problématiques naissent dès lors que l'on s'inscrit dans un contexte bilingue ou plurilingue. Le séminaire organisé par l'atelier n°7 a eu pour finalité d'apporter la démonstration que la dimension linguistique et plurilingue peut ouvrir de nombreux champs de recherche à fort potentiel au plan économique et social.

En préambule à la synthèse qui suit concernant les trois journées des 6-7-8 octobre, nous nous référerons à un rapport établi à la demande de la Commission européenne sur [la contribution du multilinguisme à la créativité](#) et publié en juillet 2009.

Bien que le champ couvert par notre atelier soit plus vaste que celui de cette étude, il ne nous paraît pas incongru d'en faire une sorte de préambule, d'autant qu'elle invite à développer les recherches sur les relations du multilinguisme¹ et des dynamiques économiques et sociales.

1 Le multilinguisme dans sa dimension individuelle est défini comme l'aptitude à utiliser plusieurs langues. Il est dans cette dimension strictement synonyme de plurilinguisme. Toutefois dans la dimension sociale, les sens de multilinguisme et de plurilinguisme divergent. Une société plurilingue est une société dans laquelle les individus sont eux-mêmes plurilingues, tandis qu'une société multilingue est une société dans laquelle coexistent plusieurs langues, les locuteurs pouvant eux-mêmes être multilingues ou monolingues. Le multilinguisme peut donc recouvrir au plan social dans situations très différentes et à certains égards opposées. Inutile de dire que si le mot "multilinguisme" est plus répandu dans l'usage courant, quand on parle d'éducation et de pédagogie le terme de plurilinguisme domine au contraire. Les implications éducatives et didactiques du plurilinguisme n'ont rien à voir avec le multilinguisme, même dans sa forme anglaise qui est

La présente étude a été réalisée entre mai 2008 et juin 2009. Elle comprend une analyse de la littérature scientifique (européenne et internationale), une enquête en ligne, une enquête téléphonique et l'identification d'études de cas. Elle a pu compter sur la contribution de trente experts pays, d'une équipe centrale de recherche scientifique (*Core Scientific Research Team, CSRT*), d'une équipe centrale de recherche sur le terrain (*Core Field Research Team, CFRT*), d'un secrétariat central et service de communication.

Ces dernières années, la créativité et l'innovation attirent l'attention un peu partout à travers la planète. Ceci s'explique en partie par le besoin de développer plus avant le capital humain pour s'ajuster aux réalités de notre ère de l'information, et de renforcer la performance économique. Le capital humain couvre des compétences telles l'innovation et la connaissance, qui contribuent à la performance économique et à la cohésion sociale.

En cette *Année européenne de la créativité et de l'innovation 2009*, la créativité, l'innovation et le multilinguisme sont à l'honneur. On reconnaît l'importance de mieux comprendre comment le multilinguisme peut se révéler bénéfique pour les économies fondées sur la connaissance et les sociétés en général. Le multilinguisme est l'une des pierres angulaires de l'identité européenne, et il occupe actuellement le devant de la scène.

...

Nous disposons de nombreuses données non scientifiques pour affirmer que la faculté d'utiliser plus d'une langue a une influence sur la créativité des individus et donc des sociétés dans lesquelles ils évoluent. La question qui se pose est alors la suivante : les individus maîtrisant plus d'une langue ont-ils certains avantages par rapport aux personnes unilingues ?

...

Les données scientifiques disponibles montrent que nous en sommes encore aux premiers balbutiements lorsqu'il s'agit de comprendre l'impact du multilinguisme sur le cerveau, et sur toute forme d'activité telle la créativité.

...

Les données scientifiques révèlent qu'il n'y a pas de lien de cause à effet unique bien défini entre le multilinguisme et la créativité. Il n'y a pas encore eu de moment, dans les recherches, où on a pu crier "*eureka !*" pour prouver que la connaissance de langues additionnelles menait directement à une plus grande créativité. Ce qui est normal pour tout cycle de recherches dans un domaine d'une telle complexité. En outre, on a mené assez peu de recherches examinant spécifiquement l'impact du langage sur la créativité. Il existe cependant beaucoup d'études qui se penchent sur l'impact de la culture, mais elles ne prennent pas en compte le rôle de la langue.

...

En considérant les cinq hypothèses de départ de notre étude, la science révèle qu'il existe des agrégats de preuves ("*evidence clusters*") indiquant un plus grand potentiel créatif chez ceux qui peuvent s'exprimer dans plus d'une langue.

Hypothèses

- Il existe un lien entre le multilinguisme et la créativité ;
- Le multilinguisme améliore l'accès à l'information ;
- Le multilinguisme propose d'autres manières d'organiser sa pensée ;
- Le multilinguisme permet de percevoir autrement le monde qui nous entoure ;
- Apprendre une nouvelle langue accroît le potentiel créatif d'un individu.

...

Les données révèlent aussi que les recherches existantes dans différentes disciplines se trouvent à un croisement avec les nouveaux résultats venant du domaine des neurosciences. Nous pouvons constater que les résultats de la recherche plus traditionnelle sont souvent complémentaires aux découvertes de la neuroscience. En outre, depuis 2005, on note une augmentation marquée du nombre de travaux de recherche pertinents enregistrés.

...

"multilingualism". Nous préférons donc le terme "plurilinguisme" qui n'est pas chargé de cette ambiguïté qui peut présenter de gros inconvénients dans toute communication scientifique.

Nous nous trouvons à une période de l'histoire où l'innovation par le biais de la créativité est considérée comme un des moteurs du succès social et économique. L'innovation est un élément essentiel d'une société de la réussite. Et l'une des sources pouvant alimenter l'innovation et la créativité est le multilinguisme.

Nous nous trouvons également à un moment crucial où, en **combinant les démarches de recherche traditionnelles et celles du domaine des neurosciences** – qui est en plein essor – nous pouvons comparer les observations de la performance humaine tout en comprenant beaucoup mieux ce qui se passe dans le cerveau. **Mais nous n'en sommes encore qu'au début, et il y aura sans doute de plus en plus d'activités de recherche qui se pencheront sur la question au cours des dix prochaines années.** Il est cependant déjà possible d'observer un certain niveau de convergence entre des données similaires venant de recherches aux approches très différentes.

Ces résultats ouvrent la porte à une plus grande promotion du multilinguisme, car selon notre étude, connaître une deuxième ou une troisième langue ne présente pas seulement un avantage sur le plan linguistique ; cela représente une valeur ajoutée qui est bénéfique pour toute une série d'activités humaines. Des gens expérimentés ont aussi défendu ce point de vue d'un bout à l'autre de notre processus d'enquête, convaincus par la contribution du multilinguisme à la créativité et par le fait que les 'langues sont vraiment un atout pour tout un chacun'.

L'équipe responsable de la compilation de ce rapport a fait un petit pas sur une route encore longue. Elle s'est engagée dans une démarche d'observation et d'écoute, et **les signes montrent que quelque chose de très excitant reste à explorer, au niveau du potentiel de la valeur ajoutée apportée par différents niveaux de multilinguisme. Le mot clé de notre rapport est en effet 'potentiel'.**

La connaissance de plus d'une langue montre une expansion de certains types de compétences. Le multilinguisme semble pouvoir aider les gens à réaliser et à améliorer leur potentiel créatif. En outre, penser, apprendre, résoudre des problèmes et communiquer, qui sont toutes des habiletés transversales liées à la connaissance et utilisées au quotidien, semblent devenir plus efficaces au contact du multilinguisme.

Reconnaître que le multilinguisme européen est un levier pour la croissance économique et la cohésion sociale, et non une 'réalité dérangeante et onéreuse', est un des défis de l'avenir...

Recommandations

- Communiquer la conclusion principale de l'étude – selon laquelle le multilinguisme offre des avantages qui vont plus loin que la simple capacité à maîtriser plusieurs langues – auprès du grand public.

Prendre des initiatives pour que les organisations de l'Espace de recherche européen puissent avoir accès à un financement, par le biais de mécanismes tels les fonds cadres, pour mener d'autres recherches scientifiques sur la contribution du multilinguisme à la créativité, surtout dans le domaine des neurosciences.

Préparer une analyse des politiques économique, sociale, de santé, statistique et linguistique de l'UE afin de démontrer le lien de cause à effet et le rôle du multilinguisme comme capital humain de l'Union européenne.

Mener des recherches supplémentaires sur la dynamique des équipes multilingues chargées de réaliser des projets, avec la participation de multinationales européennes.

Rapport de la Journée « Neurosciences et apprentissage »

6 octobre 2009



Intervenants : Ranka Bijeljic (Université de Poitiers, CNRS - Université Paris Descartes), Peter Dominey (CNRS Lyon), Cheryl Frenck-Mestre, (LPL, Aix-en-Provence), Barbara Köpke (Institut des Sciences du Cerveau IFR n° 96, Octogone-Lordat, Université de Toulouse-UT2), Christophe Pallier (CNRS, CEA, Gif-sur-Yvette), Franck E. Roux & Vincent Lubrano (Institut des Sciences du Cerveau IFR n° 96, Inserm U825, Toulouse)

Autres participants : François Rastier (DR CNRS), Christian Tremblay (OEP), Astrid Guillaume (OEP), Arlette Kircher (OEP), Colette Noyau (Dépt des Sciences du langage et UMR MoDyCo 7114 PX / CNRS Université Paris-Ouest - Nanterre-La Défense), Marie-Christine Pouder (CNRS-MoDyCo, Université de Paris Ouest Nanterre La Défense), Trang LUONG (étudiant), Erin MacMurray (étudiant), quelques auditeurs libres.

La journée a rassemblé des contributions couvrant un large éventail d'approches méthodologiques et théoriques (comportementales, potentiels évoqués, IRMf, modélisation robotique, stimulations corticales, etc) et de populations plurilingues (enfants bilingues précoces, apprenants d'une langue seconde, bilingues adultes équilibré, immigrés en situation d'attrition, patients plurilingues souffrant d'une pathologie acquise ou évolutive, interprètes professionnels, etc.) (cf. les résumés ci-dessous). Malgré cette diversité, l'atelier part sur un consensus autour de la « banalité » du plurilinguisme et de la prédisposition du cerveau à apprendre et traiter plusieurs langues qui rend nécessaire la prise en compte de la gestion de plusieurs langues dans les recherches neuropsycholinguistiques. Les discussions très riches ont permis de faire émerger un certain nombre de questions récurrentes :

Questions théoriques :

- *La **plasticité des structures cérébrales** : les découvertes récentes des neurosciences en matière de plasticité cérébrale, notamment sur la genèse continue des neurones à partir de cellules gliales, ont mis au premier plan le caractère continu de l'épigenèse. Cette découverte oblige à reconsidérer toute la réflexion autour de l'hypothèse d'une période critique pour l'apprentissage des langues, qui a dans le passé montré ses limites. L'exposition précoce à deux langues ne garantit ni perception ni production parfaites, même si les chances d'y parvenir sont plus grandes chez le sujet bilingue précoce. A l'inverse, un apprentissage tardif peut tout à fait permettre d'approcher un niveau de locuteur natif, bien que ce ne soit pas le cas pour la majorité des apprenants pour des raisons souvent autres qu'un manque*

de plasticité cérébrale. D'un autre côté, les recherches sur l'attrition montrent le revers de cette plasticité : la compétence linguistique, multilingue notamment, n'est pas stable, elle varie en fonction de l'utilisation des langues par le sujet, et témoigne ainsi de la grande adaptabilité de la cognition au contexte externe (explicité aussi dans la théorie des systèmes dynamiques). La prise en compte de cette plasticité dans toutes ses dimensions émerge actuellement comme l'un des enjeux théoriques les plus importants.

- **La spécificité de la compétence linguistique plurilingue** : il ne fait plus de doute que la compétence plurilingue n'est pas en tous points identique à la compétence linguistique du monolingue dans chacune des langues (Grosjean, 1989). Les différences peuvent se situer soit au niveau de la production qui n'est pas exactement identique à celle du monolingue (Bijeljac), soit parce que les mécanismes sous-jacents diffèrent (Frenck-Mestre). Toutefois, la spécificité de la compétence plurilingue doit être connue avec plus de précisions, tant en termes de compétence linguistique qu'au niveau des capacités de contrôle (Köpke), et ceci autant chez les sujets bilingues que chez des personnes parlant plus de deux langues. Outre l'enjeu théorique majeure que présente cette question par rapport à « l'organe de langage », les enjeux cliniques sont également importants (cf. infra).

- **La variabilité individuelle** : la variabilité est un thème récurrent que l'on rencontre à tous les niveaux de la recherche sur le plurilinguisme. D'abord au niveau cérébral comme reflété dans des mesures de la localisation individuelle des zones de langage par stimulation corticale (Roux & Lubrano) ou dans celles de la densité du tissu cérébral ou de l'étendue de certaines zones cérébrales (comme le cortex auditif, cf. Pallier) ; ensuite au niveau du succès de l'apprentissage d'une langue qui est fortement variable d'un apprenant à un autre. Les présentations ont permis de distinguer deux sources principales de variabilité :

o Des variations liées à des facteurs cognitifs et/ou prédispositions individuelles comme la mémoire de travail, les capacités d'analyse ou de discrimination phonologique, donc tous ce que l'on peut rassembler sous le concept d'aptitude à l'apprentissage des langues (apparent e.g. dans Bijeljac, Frenck-Mestre, Pallier).

o Des variations liées au contexte d'utilisation des langues par l'individu. Ainsi il apparaît que l'utilisation concrète des langues va avoir une incidence sur la compétence en termes d'expertise atteinte dans chacune des langues et en termes d'équilibre en termes de dominance entre les langues, qui se traduira en disponibilité de chaque langue dans le traitement psycholinguistique (Frenck-Mestre, Köpke). Mais le contexte d'utilisation interviendra également dans les capacités de contrôle des langues qui sont fonction de l'utilisation de plusieurs langues dans le même contexte (Köpke).

o Des variations liées aux caractéristiques typologiques des langues parlées par le sujet qui vont intervenir dans les stratégies de traitement des langues (Dominey), dans la capacité de contrôle (Köpke) et éventuellement dans la localisation cérébrale (Roux & Lubrano, Pallier).

La variabilité individuelle apparaît jusque-là le plus souvent comme un verrou scientifique. L'atelier a permis de proposer un angle d'approche plus constructif : il semble désormais possible de considérer la variabilité individuelle comme indication de facteurs explicatifs prometteurs.

Les discussions ont également permis de dégager des **questions méthodologiques** prioritaires :

- **Pluridisciplinarité et complémentarité des approches** : il apparaît très clairement dans toutes les contributions que l'étude d'un domaine aussi complexe que celui du plurilinguisme nécessite le recours à la pluridisciplinarité et à la complémentarité d'approches linguistiques, psychologiques, neurologiques, mais aussi sociolinguistiques.
- Même à l'intérieur d'une seule discipline (e.g. la neurolinguistique) il est souvent indispensable de **combinaison plusieurs méthodes**: outre les associations désormais « classiques » entre données comportementales et données d'imagerie, il paraît tout à fait intéressant de combiner plusieurs types de mesures (lorsque c'est possible) afin de parvenir à distinguer les zones qui sont impliquées dans le traitement d'une langue de celles qui sont indispensables.
- **Besoin d'études longitudinales** : la variabilité ne peut guère être appréhendée sans prise en compte de la dimension temporelle, des études longitudinales sont ainsi les seules capables de rendre compte de la dynamique de la compétence plurilingue. Ce type de données fait encore cruellement défaut dans les études neurolinguistiques.

Enfin, le domaine comporte des applications et prolongements importants :

- **Enseignement, didactique du plurilinguisme** : toutes les questions théoriques soulevées sont d'un intérêt majeur pour les applications dans l'enseignement des langues qui se basent souvent encore sur une conception assez ancienne de la plasticité cérébrale, par exemple.
- **Santé** : l'évaluation et la prise en charge de patients multilingues avec des pathologies diverses souffrent d'un manque cruel de données de comparaison avec des populations multilingues saines, et ceci alors que la recherche montre très clairement que l'on ne peut pas évaluer des personnes multilingues selon des échelles établies avec des monolingues uniquement.
- **Traitement automatique des langues** : des données sur le sujet multilingue sont directement exploitable dans des domaines comme la reconnaissance de la parole et l'identification des langues, la robotique, etc.

Résumés des contributions individuelles :

Acquisition de l'accent dans la perception et la production des enfants bilingues

Ranka Bijeljic- Université de Poitiers, Laboratoire Psychologie de la perception, CNRS- Université Paris Descartes

Dès la naissance, les enfants sont sensibles aux informations prosodiques (accent et intonation) portées par des mots et des énoncés produits par les locuteurs de leur environnement. Vers la fin de la première année, les nourrissons reconnaissent l'accent de la langue maternelle (pour l'anglais, Jusczyk et al., 1993 ; pour l'allemand et français, Höhle et al., 2009), et deviennent moins sensibles aux propriétés prosodiques des langues étrangères (Mattock & Burnham, 2006).

Dans un premier temps, nous allons présenter une série d'études portant sur l'impact du bilinguisme précoce dans l'évolution, au cours de la première année, des capacités perceptives pour les contrastes accentuels. Dans un second temps, les données sur l'acquisition de l'accent dans les premiers mots produits par les enfants bilingues et monolingues, âgés de 3;6-6;0 ans, seront discutées dans le cadre de théories actuelles sur la représentation mentale des langues chez le locuteur bilingue.

A Neurophysiological Model of Grammatical Construction Processing with Cross-Linguistic Validation and Robotic Implementation

Peter Dominey, CNRS Lyon

The human language capability is so distinct from all other behavior, that it has been tempting to explain it with highly specific dedicated modules and innately specified capabilities. Part of my research attempts to determine to what extent the language capability is built upon preexisting neurophysiological systems dedicated to the processing of spatiotemporal sensorimotor behavior. In this context I will briefly describe a sensorimotor sequence learning system based on primate cortico-striato-thalamo-cortical circuitry, and will then frame grammatical construction processing in the context of this system. I will demonstrate (1) how the system can be used to learn a simple event-centered language in an embodied sensorimotor context, accommodating referential ambiguity and noise in the input, (2) how the principals of the system accommodate three typologically distinct languages in a cross-linguistic validation. I will end with a discussion of the extension of this system from single sentences to discourse with some speculation on the underlying neurophysiology, and (2) an introduction of the notion that language is a powerful tool in negotiating cooperation, as demonstrated in the context of human-robot cooperation.

L'apprentissage des nouveaux contrastes vocaliques chez l'apprenant adulte: l'apport des potentiels évoqués

Cheryl Frenck-Mestre, LPL, CNRS, Aix-en-Provence

Previous ERP work has confirmed that learning non-native vowel contrasts as an adult is often difficult (Dehaene-Lambertz, 1997; Frenck-Mestre et al., 2005), although possible following immersion or heavy training (Tremblay & Kraus, 2002, Winkler et al., 1999) To address this question and the impact of the native language, we examined the auditory ERP responses of 3 groups of listeners--American English, French and late French-English bilinguals—to American English vowel contrasts /E/, /ae/ and /I/ as a function of the listeners' vocalic repertoire and attentional demands. We used a 3-stimulus oddball procedure in two experiments. In the first, stimuli were standard /E/ (75%), target /ae/ (10%) and oddball /I/ (15%). In the second, the attentional demands to vowels /ae/ and /I/ were inverted: standard /E/ (75%), target /I/ (10%) and oddball /ae/ (15%). In both experiments and in all three groups, early acoustic discrimination of all vowels was shown by variations in the N100 response. Subsequent, phonemic categorization as revealed by the P300 response differed, however, across experiments and groups. Bilinguals showed a P300 response to oddball /I/ akin to English speakers, whereas French speakers did not, however the P300 for bilinguals was reduced in magnitude and distribution compared to native speakers. When /I/ became the target and /ae/ the deviant, native English and French showed an inversion of the P300 to these vowels, whereas bilinguals were not able to disengage their attention and showed equal P300 responses to both. The pattern of results reveals that late French-English bilinguals learn vowels specific to their L2, but that performance is intermediate between native speakers of the language and native speakers of their own L1.

Le contrôle des langues chez des bilingues en situation « extrême »

Barbara Köpke, Octogone-Lordat, Université de Toulouse (UT2)

Les recherches neuropsycholinguistiques sur le bilinguisme s'orientent actuellement de plus en plus vers la question des mécanismes de contrôle permettant la gestion de deux ou plusieurs langues lors du traitement on-line, notamment à travers des switch costs associés au changement de langue. Cependant, la nature de ces switch costs est encore insuffisamment connue, notamment dans ses aspects développementaux (chez l'enfant et chez l'apprenant d'une L2, voire dans le vieillissement normal) et en relation avec le degré de compétence linguistique du sujet, sa dominance linguistique et les contextes d'utilisation des langues. Nous nous appuierons sur deux exemples de situations « extrêmes » d'utilisation des langues : a) l'attrition de la L1 chez l'immigré chez qui la L2 devient beaucoup plus disponible pour le traitement linguistique, b) le cas des interprètes de conférences qui sont des experts dans l'utilisation simultanée de deux langues.

Imagerie cérébrale des différences individuelles dans l'apprentissage des langues

Christophe Pallier, CNRS, unité de neuroimagerie cognitive, Inserm U562, CEA, Gif-sur-Yvette, France.

Il existe une variabilité interindividuelle non négligeable dans la capacité à apprendre une seconde langue. Il est probable que de nombreux facteurs interviennent dans cette faculté : langues déjà connues, capacité à imiter, motivation,... Des différences cérébrales pourraient également jouer un rôle. Nous présenterons des expériences menées dans notre laboratoire qui avaient pour but de rechercher des corrélats cérébraux anatomiques et fonctionnels des aptitudes à discriminer des sons d'une langue étrangère, à les mémoriser, ou à les imiter.

Chirurgie des tumeurs cérébrales chez les patients bilingues : intérêts des cartographies fonctionnelles

Franck E. Roux & Vincent Lubrano, IFR 96, INSERM U 825, CHU Toulouse, Université Paul Sabatier - Toulouse 3.

Nous savons qu'il existe de manière physiologique une importante variabilité anatomo-fonctionnelle interindividuelle dans la répartition des aires fonctionnelles du langage. Cette répartition est encore variable chez les bilingues, influencée entre autre par l'âge d'acquisition de la langue, sa maîtrise et le niveau d'exposition. Il existe en effet une controverse quant à la répartition des aires langage de L1 et L2, surtout quant à leur degré de superposition.

Au cours d'une craniotomie en état d'éveil, les stimulations électriques corticales et sous-corticales directes permettent l'évaluation peropératoire des fonctions linguistiques en collaboration avec le patient. Elle consiste à évaluer la fonction testée à l'aide d'une sonde bipolaire placée au contact du cortex avant la résection, puis au contact de la substance blanche pendant la résection. Cette technique permet ainsi d'obtenir une cartographie fonctionnelle, et d'établir par là-même des limites de résection tumorale fonctionnelles volumétriques (superficie et profondeur).

Nous exposerons le principe de la technique, son intégration dans la stratégie chirurgicale, et les principaux résultats obtenus quant à la compréhension de l'organisation fonctionnelle du langage chez les patients bilingues. Nous avons par exemple montré qu'une partie des aires était commune, et que certaines aires pouvaient être spécifiquement impliquées dans l'une ou l'autre des deux langues.

Rapport de la Journée « Sciences de la communication et informatique multilingue

7 octobre 2009



Intervenants : Jean-François Perrot (Université Pierre et Marie Curie), Pierre Zweigenbaum (CNRS-Limsi), Jean-Michel Daube et François Stuck (Ertim-Inalco), Monique Slodzian (Inalco), Evelyne Bourion (CNRS-Ertim), André Salem (Université Paris III), François Rastier (DR CNRS).

Participants : François Rastier (DR CNRS), Christian Tremblay (OEP), Astrid Guillaume (OEP), Arlette Kircher (OEP), Barbara Köpke (Institut des Sciences du Cerveau IFR n° 96, Octogone-Lordat, Université de Toulouse-UT2), Colette Noyau (Dépt des Sciences du langage et UMR MoDyCo 7114 PX / CNRS Université Paris-Ouest - Nanterre-La Défense), Marie-Christine Poudet (CNRS-MoDyCo, Université de Paris Ouest Nanterre La Défense), Trang Luong (étudiant), Erin MacMurray (étudiant), Clément Fournillon (étudiant), quelques auditeurs libres.

Questions théoriques

LINGUISTIQUE DE CORPUS MULTILINGUE

I. Conditions

Situation. — *On dispose à présent, dans les grandes langues de culture, de textes en format numérique et d'une qualité et d'une disponibilité suffisantes pour constituer des corpus. Notre objectif est de synthétiser, tant sur le plan théorique que sur le plan méthodologique, les connaissances qui permettent d'analyser et d'exploiter ces corpus.*

La linguistique historique et comparée a acquis une longue expérience en linguistique contrastive ; les collectivités dans les domaines des Traitements automatiques du langage ont mis au point des techniques et des outils. Notre projet se situe en deçà : il mobilise les connaissances linguistiques et les technologies informatiques maîtrisées pour développer un nouveau champ de recherche et d'application : l'extraction d'information sur corpus multilingues.

II. Problèmes constitutifs.

1/ La constitution des corpus et le problème des textes. — *Les textes ne sont pas de simples dépôts de connaissances qu'il suffirait d'extraire par des techniques appropriées. Il faut les constituer et les qualifier par construction d'unités textuelles pertinentes définies par analyse de corpus.*

2/ Le problème de la comparabilité. — *Les normes de discours et de genre, que les courants dominants en linguistique ont tendance à ne pas considérer comme des objets scientifiques, sont cruciaux pour l'utilisation de corpus multilingues : en effet elles*

permettent la comparabilité des textes par-delà la différence des langues. Elles permettent les transpositions qui assurent la traductibilité.

3/ La sémantique de corpus. — La recherche de comparabilité conduit à privilégier la sémantique, de manière à caractériser les discours et les genres sans s'arrêter aux variations expressives, voire aux incompatibilités entre les langues.

Les objectifs d'application. — Ils intéressent la recherche d'information multilingue et multiécritures, l'extraction de concepts dans des corpus scientifiques et techniques multilingues. Les moyens techniques sont l'utilisation des outils et des ressources électroniques comme les corpus alignés.

Enjeux épistémologiques. — Nous avons souligné les objectifs d'application — Mais au plan scientifique et épistémologique, l'objectif d'approfondir la connaissance des textes ne suffit pas : il s'agit en effet de problématiser épistémologiquement la linguistique de corpus multilingue comme aboutissement expérimental de la linguistique générale et comparée.

La proposition méthodologique de fonder toute représentation des connaissances sur l'analyse sémantique des corpus effectifs qui les manifestent a un fondement épistémologique. À la suite de Ferdinand Gonseth qui distinguait deux aspects de l'activité scientifique, l'investigation et la textualisation, on doit convenir que ces deux aspects ne constituent pas deux moments distincts : l'investigation consiste dans diverses pratiques sémiotiques, dont l'appropriation cognitive et la transformation des documents antérieurs qui définissent l'espace du problème et l'état de l'art.

Aussi, il semble que les connaissances et les ontologies qui les "normalisent" doivent et peuvent être élaborées dynamiquement, en fonction des applications et de leurs corpus. Si les connaissances peuvent être considérées comme valides a priori, elles ne sont pertinentes que dans le contexte d'un tâche.

Chaque application définit un régime de pertinence propre. Si bien qu'aucun concept n'est pertinent en toute application. Par ailleurs, un des grands problèmes des ontologies est la définition de leur « nomenclature » : comment distinguer les concepts qui doivent y figurer, alors que potentiellement tous les mots du lexique sont des candidats potentiels, sans parler des syntagmes phraséologiques.

Le lexique n'est pas organisé en une arborescence unique, car chaque discours et chaque genre a son lexique, on doit substituer à l'image totalisante du réseau, des réseaux partiels organisés par des rapports de profilage plutôt que des rapports de subsomption : chaque concept est une forme sémantique qui se profile sur un fond. Certains termes lexicalisent des formes ou des parties de formes, d'autres des fonds (par exemple le mot texte en critique littéraire est un élément de fond et non un concept : il sert de base compositionnelle à des expressions comme texte balzacien, mais il ne se trouve jamais dans le contexte de termes comme notion ou concept.

Les concepts peuvent être décrits comme des formes sémantiques propres aux textes théoriques : leurs lexicalisations diffuses ou synthétiques, leurs évolutions, de leur constitution à leur disparition (par extinction ou banalisation désémantisée), leurs corrélats sémantiques, leurs cooccurrents expressifs, tout cela dessine un champ de recherche qui commence à peine à être exploré.

Résumés des contributions individuelles :

[Outils informatiques pour la pratique du plurilinguisme](#) (Jean-François Perrot, Professeur émérite, Université Pierre et Marie Curie)

On constate la multiplication des outils informatiques favorisant le multilinguisme, qui permet de croire au retour de la bonne tradition de l'Europe savante, où chacun pouvait s'exprimer dans sa langue en comptant bien être compris de tous les autres. Cette floraison s'explique par les progrès de l'ingénierie logicielle, capable de construire des édifices complexes d'une manière modulaire et extensible. La famille des outils de traduction proposés par Google en est un bon exemple. Mais la conception serait beaucoup plus difficile et la réalisation infiniment plus fragile en l'absence d'un système de normes et de conventions généralement acceptées. La thèse présentée ici est que la généralisation d'Unicode est à la base de ce développement. On rappellera donc le problème du codage des écritures et le principe d'Unicode, et on s'efforcera d'illustrer quelques conséquences de son adoption :

Le codage par défaut de la norme XML

L'internationalisation des URIs et des noms de domaines

La commodité d'outils pour l'accès direct aux textes :
exemples en grec (Perseus) et en sanskrit (Inria).

[Traitement automatique des langues et instrumentation du plurilinguisme](#) (Pierre Zweigenbaum, Directeur de recherche, CNRS-Limsi)

Il s'agit de dresser le panorama de l'instrumentation nécessaire à la traduction automatisée et à la recherche translingue :

production automatisée de ressources lexicales et terminologiques multilingues

constitution de corpus parallèles

constitution de corpus comparables

recherche d'informations translingue

Problématique :

détection de la langue

accès à des lexiques et thésaurus multilingues

mémoires de traduction

reconnaissance de sources parallèles

reconnaissance de sources comparables

alignement dans des corpus parallèles (méthodes externes)

alignement de mots

alignement de phrases

alignement dans des corpus comparables (méthodes externes)

analyse distributionnelle translingue

analyse distributionnelle monolingue

génération de traduction (méthodes internes)

Intérêt et limites des outils et des méthodes.

Construire et utiliser des ressources multilingues (Jean-Michel Daube et François Stuck (Ertim-Inalco)

Dans ces exposés ont été présentés dans plusieurs cas pratiques de constitution de ressources multilingue. En particulier :

- construction de corpus parallèles en six langues pour l'évaluation d'outils d'alignement phrastique. Le corpus utilisé a été celui du Monde Diplomatique dans ses différentes éditions internationales.

- le projet Digimed de détection des notations relatives aux effets secondaires des médicaments dans des textes médicaux japonais. Dans cette présentation a été montré tout le cheminement suivi dans un processus d'alignement de textes a priori parallèles et les nombreuses difficultés rencontrées.

- i-lexique multilingue (PUF) (à partir de corpus parallèles en français, anglais et arabe, lexique français-anglais des médias, lexique français-anglais de la vie politique française et lexique français-anglais-arabe des relations internationales)

Le résultat est à dans les relations entre deux ou plusieurs de délimiter des îlots de confiance, permettant d'établir entre les phrases et paragraphes des relations de traduction, ou des relations de sens.

[La théorie du Skopos ou la traduction comme action](#) (Monique Slodzian, Professeur à l'Inalco)

État des lieux de l'évolution des théories en matière de traduction.

La traduction est un phénomène social majeur dans lequel la pression de la demande conduit à l'exercice d'une pression sur les traducteurs garantissant une meilleure productivité par la voie de la normalisation.

Il existe de nombreuses théories de la traduction relevant de nombreuses disciplines souvent à la jonction de plusieurs d'entre elles.

Il est nécessaire de prendre du recul et d'interpréter ces théories à la lumière des théories linguistiques dominantes

C'est une conception instrumentale de la langue qui tend aujourd'hui à s'imposer alors que la conception herméneutique s'affirme pour en dépasser les limitations.

[Sémantique et contraste de corpus multilingues](#) (Evelyne Bourion, IE, CNRS-Ertim)

Cette communication se propose d'illustrer comment la Sémantique Interprétative, assistée par des outils de lexicométrie, peut permettre l'analyse sémantique de corpus volumineux, en particulier pour des objectifs de détection de contenus propres à certains émetteurs dans un contexte multilingue.

Sont présentés les résultats obtenus dans deux contextes de recherche :

le [projet C-mantic](#) (en cours) dont un des partenaires, *l'Alliance contre le tabac* souhaite des propositions lui permettant d'innover et d'atteindre mieux sa cible dans ses campagnes de lutte contre le tabac et de prévention du comportement tabagique. Le projet C-Mantic, qui s'inscrit dans le programme "Masses de données et connaissances" (Edition 2007) de l'ANR, vise à élaborer une méthodologie inédite de détection de l'information et d'organisation des masses de données documentaires dans une perspective multilingue. La méthode proposée est fondée sur une analyse sémiotique et linguistique approfondie prenant en considération l'ensemble des critères textuels et non pas seulement les mots-clés. Trois langues ont été retenues pour l'expérimentation : le français, l'anglais et le chinois.

le projet Princip, qui, dans le cadre du Plan d'Action [Safer Internet](#), a développé le seul système de filtrage de sites Internet qui ne se fonde pas sur la technique des mots-clés, pour identifier le racisme, mais sur une analyse linguistique du contenu des pages de la toile. Le projet a été mené par quatre universités européennes, en trois langues, français anglais et allemand.

En ce qui concerne plus spécifiquement l'aspect multilinguisme, quelques analyses effectuées dans le cadre d'un projet pédagogique à l'Ertim ont été présentées : constitution par les étudiants de Master d'un corpus de discours journalistique en cinq langues (chinois, japonais, arabe, allemand, anglais) sur une période du début de la crise financière, et analyse de la question de savoir dans quelle mesure les points de vue exprimés dans les différents journaux variaient avec les lignes éditoriales et les univers culturels.

Textométrie multilingue : utiliser les données structurelles des corpus (André Salem, Professeur émérite, Université Paris III)

Rapport de la Journée « Plurilinguisme et comportements sociaux »

8 octobre 2009

Intervenants : Pierre Frath, Professeur à l'Université de Reims - Champagne Ardenne, Jean-Gabriel Ganascia, Professeur à l'Université Paris 6-Pierre et Marie Curie, Vincent Petitot,

chargé du cours d'ethnologie de la communication à l'Université Paris 8, Christian Tremblay, Président de l'OEP, François Rastier.

Participants : François Rastier (DR CNRS), Christian Tremblay (OEP), Astrid Guillaume (OEP), Barbara Köpke (Institut des Sciences du Cerveau IFR n° 96, Octogone-Lordat, Université de Toulouse-UT2), Arlette Kircher (OEP), Colette Noyau (Dépt des Sciences du langage et UMR MoDyCo 7114 PX / CNRS Université Paris-Ouest - Nanterre-La Défense), Marie-Christine Poudier (CNRS-MoDyCo, Université de Paris Ouest Nanterre La Défense), Erin MacMurray (étudiant), quelques auditeurs libres.

Problèmes théoriques

Dans le domaine des politiques d'éducation

Dans l'enseignement en France, l'obligation de présenter deux langues vivantes étrangères au baccalauréat est ancienne. Ce qui veut que la France applique depuis longtemps l'objectif fixé notamment au Conseil de Barcelone en mars 2002 que tout jeune apprenne au moins deux langues en plus de sa langue maternelle. Quel que soit l'organisation de l'enseignement, la question de savoir quel est le niveau atteint en fin de scolarité et quelles stratégies, quels moyens doivent être mis en œuvre pour qu'à volume horaire identique sur l'ensemble d'une scolarité on améliore le résultat final.

Au-delà de cet objectif de maîtriser deux langues vivantes en plus de la langue maternelle, la question est de doter les apprenants d'une compétence métalinguistique et d'une capacité d'apprentissage autonome avec comme corollaire la capacité d'élaborer pour soi-même des stratégies d'apprentissage.

Les recherches sur l'intercompréhension permettent de dire aujourd'hui qu'il est possible d'apprendre plus de deux ou trois langues à condition de ne pas viser l'excellence dans les quatre aspects d'une compétence linguistique.

On sait aussi que l'ordre dans lequel on apprend les langues n'est pas neutre et que le choix d'une langue pont pour accéder à d'autres langues de la même famille ou non est un choix stratégique.

On sait également que l'intensité d'apprentissage est plus importante que le volume total d'heures accomplies dans une langue déterminée.

On sait aussi grâce aux neurosciences que les structures cérébrales conservent avec l'âge une certaine plasticité et qu'il n'y a pas d'âge pour apprendre, en particulier une nouvelle langue vivante.

De ces quelques observations, on peut déduire qu'il existe une multitude de configurations devant permettre de dépasser en matière d'apprentissage des langues le mur des 2 langues en plus de la langue maternelle et d'échapper au tout-anglais. Encore faut-il que le besoin et la motivation existent.

Dans le domaine économique et social

L'approche sera différente selon que l'on se place d'un point de vue macro-économique ou micro-économique.

D'un point de vue macro-économique, la question est d'évaluer le poids économique des services et des industries de la langue et dans quelle mesure ils participent à la création d'emplois. La question est aussi d'évaluer les effets induits par la situation des langues dans la société selon qu'elle est plurilingue ou monolingue, en terme de compétitivité et de conquête des marchés. On peut enfin s'intéresser aux relations entre l'état des langues dans la société et la qualité la solidité du tissu social.

L'approche micro-économique fait apparaître les mêmes réalités du point de vue de l'entreprise. On verra les langues ou plutôt la compétence en langues comme une ressource pour l'entreprise. Sans considération du régime linguistique de l'entreprise internationale, si celle-ci s'est dotée d'un régime linguistique, plusieurs questions sont posées qui ne reçoivent aujourd'hui que des réponses partielles :

- la ou les langues de l'entreprise doivent être : la langue de ses dirigeants, la ou les langues de son personnel, la ou les langues de ses clients
- quels sont les rapports entre l'état des langues dans l'entreprise et les résultats économique ? En terme de compétitivité, de créativité, de conquêtes des marchés
- quels sont les rapports entre l'état des langues et le climat social dans l'entreprise.
- Comment une entreprise peut-elle élaborer une politique linguistique ?

Malgré quelques rapports officiels sur cette thématique générale, on manque d'informations. Culture, citoyenneté et géostratégie

Dans cette troisième approche on s'intéresse :

- aux relations entre la circulation "horizontale" des savoirs, des idées et des imaginaires, l'émergence d'une conscience citoyenne et les langues sous l'angle de la connaissance des langues et de la traduction.
- à l'utilisation des langues et des politiques culturelles comme arme dans les relations internationales
- aux techniques utilisées pour la construction des opinions publiques et leur manipulation.

Résumé des contributions

[Les langues au cœur des interactions sociales](#) (Pierre Frath, Professeur à l'Université de Reims - Champagne Ardenne)

Les interactions sociales sont évidemment linguistiques. Elles se font pour l'instant essentiellement dans les langues nationales, et dans une moindre mesure pour certains domaines, dans la *lingua franca* de notre époque, l'anglais. Est-ce suffisant ?

Nous argumentons que non et qu'il faut au contraire développer un véritable plurilinguisme à l'échelle de l'Europe. Notre histoire nous montre à l'évidence que la compréhension de l'autre est la condition de la paix ; elle nous incite aussi à nous enrichir de notre diversité. La maîtrise d'une *lingua franca* peut aisément nous faire croire que nous atteignons l'autre dans son être. Or il n'en est rien. La langue du village global ne peut remplacer une connaissance approfondie des langues et des cultures différentes des nôtres. Porter les mêmes vêtements à la mode, écouter la même musique industrielle et regarder les mêmes films stéréotypés, tout cela peut donner l'impression que nous faisons partie d'une communauté mondiale, mais il y a peu de chance que cela nous prédispose à la tolérance de ce qui est différent.

Mais comment parvenir au plurilinguisme ? Nous examinons ici les conditions politiques et institutionnelles de sa mise en place, et nous essayons de montrer que l'heure de l'action et de l'imagination a sonné. Il va nous falloir repenser les dispositifs éducatifs et la formation des enseignants, et trouver les moyens politiques de proposer ces changements à une société qui n'est pas consciente des enjeux. (Vaste programme...)

Dynamique des parcours d'apprentissage et plurilinguisme (Franz-Joseph Meissner, Professeur à l'Université de Giessen)

Retenu par un problème de santé de dernière heure, Franz-Joseph Meissner n'a pu donner sa conférence.

Nous voudrions toutefois signaler un champ de recherche en plein développement qui est celui de l'intercompréhension. Issues de nombreuses initiatives au départ parallèles mais isolées, la recherche entre aujourd'hui en convergence au travers du réseau Redinter, réseau thématique d'intercompréhension créé, dans le cadre du programme LLP de la Commission Européenne, rassemblant 44 institutions qui travaillent ensemble pour le développement et la dissémination de cette notion.

L'objet de l'intervention de Franz-Joseph Meissner était de montrer comment les itinéraires d'apprentissages des langues ne se valent pas en s'appuyant sur la notion de "potentiel de transfert interlingue". D'où la nécessité de stratégies d'apprentissage qu'elles soient individuelles ou qu'elles s'inscrivent dans les systèmes éducatifs.

Bibliographie

BEACCO, J.-C. & BYRAM, M. (2003). *Guide pour l'élaboration des politiques linguistiques éducatives en Europe: de la diversité linguistique à l'éducation plurilingue (version intégrale, projet 1, rév.)*, Strasbourg, Division des politiques linguistiques, Conseil de l'Europe, 2003.

BIRDSPHISTELL, R. L. (1970). *Kinesics and Context : Essays on Body-Motion Communication*. London: Allen Lane.

BREIDBACH, S. (2003). *Le plurilinguisme, la citoyenneté démocratique en Europe et le rôle de l'anglais*. Conseil de l'Europe : Strasbourg. p. 8 [in <http://www.coe.int/t/dg4/linguistic/Source/BreidbachFR.pdf> - consulté le 10 mai.2009]

CAPUCHO, F. (2008). *L'intercompréhension est-elle une mode? Du linguiste citoyen au citoyen plurilingue*. *Revue Pratiques n° 139/140-Linguistique populaire?*, Cresef. – pp238 – 250.

CAPUCHO Filomena, [L'intercompréhension : contribution pour le développement du plurilinguisme en Europe](#), communication aux 2e Assises européennes du plurilinguisme, Berlin 18-19 juin 2009

CASTAGNE Eric, [L'intercompréhension selon l'approche ICE : une innovation en stratégie au service des entreprises](#), communication aux 2e Assises européennes du plurilinguisme, Berlin 18-19 juin 2009

FAIRCLOGH, N. (1992). *Discourse and social change*. Cambridge : Polity Press.

FAIRCLOUGH, N. (1995). *Critical discourse analysis*. London/New York : Longman

GRIN, F. (2008). *Pourquoi l'intercompréhension ?* In Conti, V. & Grin, F. (dir) *S'entendre entre langues voisines: vers l'intercompréhension*. Chêne-Bourg : Georg Editeur, p. 17 – 30.

LE ROUX, J. (2002). *Effective educators are culturally competent communicators*. In *Intercultural Education*. vol. 13, n° 1..

MAALOUF, A. (red.) (2008). *Un Défi Salulaire - Comment La Multiplicité Des Langues Pourrait Consolider l'Europe - Propositions du Groupe des Intellectuels pour le Dialogue Interculturel constitué à l'initiative de la Commission Européenne, Bruxelles*, in http://ec.europa.eu/education/languages/archive/doc/maalouf/report_fr.pdf [consulté le 10 mai 2009]

MEHRABIAN, A. (1971). *Silent Messages*. Belmont, California : Wadsworth.

MEISSNER, Franz-Joseph, Claude MIESSNER, Horst G. KLEIN & Tilbert D. STEGMANN (2004). *EuroComRom - les septis tamis. Lire les langues romanes dès le départ Avec une introduction à la didactique de l'intercompréhension*.

MELO, S. & SANTOS, L. (2007) *Intercompréhension(s) : les multiples déclinaisons d'un concept*. In Capucho F., A. Alves P. Martins, Ch. Degache & M. Tost (org.) (2007). *Diálogos em Intercompreensão (2ª edição – CdRom)*. Lisboa: Universidade Católica – p. 597 – 628.

TOST PLANET Manuel, [Et si la solution, d'entrée, était ailleurs ?](#)

TYVAERT, J-E. (2008). *Pour une refondation de la didactique des langues sur la base de l'intercompréhension*. In Conti, V. & Grin, F. (dir) *S'entendre entre langues voisines: vers l'intercompréhension*. Chêne-Bourg : Georg Editeur, p. 251 – 276.

[Les langues comme composants des processus de créativité](#) (Jean-Gabriel Ganascia, Professeur à l'Université Paris 6-Pierre et Marie Curie)

Au départ un aligneur unilingue, le logiciel MEDITE, destiné à étudier la génération de texte à partir de brouillons d'auteurs et à mettre en évidence les processus créatifs.

En fait ce logiciel apparaît utilisable pour des applications multilingues comme :

- - *Aligneur de variantes dialectales d'un même auteur : comparaison des diverses versions d'un même roman,*
- - *Linguistique diachronique : comparaison de textes médiévaux*
- - *Alignement multilingue avec trois domaines d'application :*
 - *la traduction automatique,*
 - *la constitution de ressources linguistique par la mise en correspondance de textes écrits dans des langues différentes*
 - *la réécriture de textes spécialisés à destination du grand public.*
- *Modèle de créativité*
 - *simulation de processus imaginatifs entendus comme recombinaisons d'éléments de mémoire. Au centre de ces processus, des mécanismes d'appariement structurels superposent les représentations non sans analogies avec le le « conceptual matching », les "espaces mentaux" de Gilles Fauconnier et la notion d'intégration conceptuelle (conceptual blending).*

"La mise en œuvre algorithmique de ces mécanismes d'appariement repose sur des principes analogues à ceux par lesquels on aligne des textes, si ce n'est qu'ils s'appliquent non plus uniquement à des séquences, voire à des ensembles, comme dans le cas des textes, mais à des structures plus générales, comme des arbres ou des graphes. Ces mécanismes ont donné naissance à des opérations dites de fusion symbolique au moyen desquelles différentes sources de connaissances décrivant les mêmes objets ou les mêmes phénomènes, à l'aide, par exemple de graphes conceptuels, s'enrichissent mutuellement. Il semble que ces mécanismes puissent aussi s'appliquer à la fusion d'ontologies multilingues. Dans cette éventualité, des concepts jouant des rôles analogues, dans des ontologies différentes de langues différentes, se trouvent rapprochés les uns des autres.

"Plus généralement, nous pouvons dresser un parallèle entre les mécanismes d'appariements dans les espaces conceptuels, sur lesquels reposent la simulation des processus créatifs, et la mise en correspondance de réseaux lexicaux appartenant à des langues différentes. Il serait loisible d'imaginer que le mécanisme d'appariement qui est à l'œuvre lorsque l'on passe d'une langue à une autre, conduit naturellement à accroître les espaces conceptuels. Tout se produirait alors comme si le simple passage d'une langue à une autre enrichissait les champs conceptuels du fait même que les réseaux lexicaux différent et ne s'ajustent pas exactement les uns aux autres. En d'autres termes, il se pourrait que les processus d'appariement de structures mis en œuvre dans la simulation algorithmique des processus de créativité, soient aussi utiles dans l'étude du plurilinguisme et de ses conséquences. En particulier, il serait intéressant de voir si l'appariement de réseau lexicaux se traduit par un accroissement des capacités d'abstraction et des facultés créatives. C'est bien évidemment là une hypothèse de travail qu'il conviendrait de valider avec des linguistes et de psychologues. Mais, dans cet atelier destiné à suggérer à l'ANR de nouvelles pistes de recherche à financer, je crois que c'est une proposition à la fois stimulante et susceptible d'apporter des résultats tout à la fois significatifs et utiles."

Bibliographie :



- FENOGLIO I., GANASCIA J.-G. : "MEDITE: un logiciel pour l'approche comparative de documents de genèse", *Revue Genesis*, pp. 166-168, 2007 (in French)
- GANASCIA, J.-G., BOURDAILLET, J. *Alignements unilingues avec MEDITE.. Actes des Huitièmes Journées Internationales d'Analyse Statistique des Données Textuelles, 2006. (in French)*
- GANASCIA J.G., FENOGLIO I., LEBRAVE J-L, *Manuscripts, genèse et documents numérisés. EDITE : une étude informatisée du travail de l'écrivain, revue Document numérique, special issue on « temps et document » 2005 (in French)*
- GANASCIA J.G. *On the Supposed Neo-Structuralism of Hypertext, Diogenes N°196, September 2002, Issue 4, Blackwell Publishing Ltd.*
- GANASCIA J-G, *EDITE-MEDITE, un passage des versions aux variantes, actes du XIVième congrès International de Linguistique et de Philologie Romanes, August 2004, Aberystwyth, Wales, United Kingdom, Max Niemeyer Verlag, septembre 2007*
- BOURDAILLET J., GANASCIA J.-G.: "Alignements monolingues avec déplacements", *14e Conférence sur le Traitement 89. (in French)*
- BOURDAILLET J., GANASCIA J.-G., FENOGLIO I. : "Machine Assisted Study of Writers' Rewriting Processes", *4th International Workshop on Natural Language Processing and Cognitive Science (NLPCS), Madeira, Portugal*
- BOURDAILLET J., GANASCIA J-G, *Practical block sequence alignment with moves, LATA 2007, International Conference on Language and Automata Theory and Applications, 30 mars – avril 2007.*
- BOURDAILLET J., GANASCIA J.-G., *Alignment of Noisy Unstructured Text Data, IJCAI-2007 Workshop on Analytics for Noisy Unstructured Text Data, Hyderabad, India - January 8, 2007*

[La dimension linguistique des logiques décisionnelles en entreprise](#) (Vincent Petitet, chargé du cours d'ethnologie de la communication à l'Université Paris 8)

Vincent Petitet a choisi d'analyser plus particulièrement un type de langue particulier qui est la langue managériale qui traduit une manière d'exercer le pouvoir dans l'entreprise. Il rejoint d'autres recherches menées dans différents cadres et que l'Observatoire européen du plurilinguisme s'attache à rassembler non pour les coordonner mais pour montrer les synergies qui les unissent et pour leur conférer une visibilité scientifique et politique. La visibilité politique est aussi importante que la visibilité scientifique dans la mesure où les langues et le plurilinguisme en particulier peuvent être classés comme des domaines où les résultats de la recherche sont des résultats à fort potentiel sociétal et politique. La bibliographie ci-après a pour finalité de faire apparaître le champ couvert.

Ainsi le phénomène de l'illettrisme est un phénomène massif dont on commence seulement à découvrir les ressorts et les effets économiques, sociaux et politiques majeurs. Que plus de 15 % des classes d'âge scolaire aient des difficultés importantes de lecture ce qui détermine leur inemployabilité future et leur confinement dans la marginalité est un phénomène que l'on ne peut réduire à des déterminants sociaux, ethniques voire biologiques.

Le domaine de l'entreprise est un autre champ d'investigation dans lequel il n'est pas possible de s'en remettre passivement aux lois du marché et à une situation univoque et impérieuse que l'on désigne sous les appellations de mondialisation ou de globalisation.

Bibliographie :

BENTOLILA, Alain. *Tout sur l'école*. Odile Jacob, 2004

BENTOLILA, Alain. *Le verbe contre la barbarie*. Odile Jacob, 2008

GRIN, François. *L'enseignement des langues étrangères comme politique publique*. Haut conseil de l'évaluation de l'école, 2005. Également disponible à l'adresse : http://cisad.adc.education.fr/hcee/documents/rapport_Grin.pdf

TRUCHOT, Claude. *Europe, l'enjeu linguistique*. La Documentation Française, 2008.

Quelle politique linguistique pour quel enseignement des langues. Avis du HCÉÉ, octobre 2005, n°19. Également disponible à l'adresse : <http://cisad.adc.education.fr/hcee/documents/avis19.pdf>



GAONAC'H, Loïc. L'apprentissage précoce d'une langue étrangère : le point de vue de la psycholinguistique. Hachette, 2006.

Conseil de l'Europe, Division des politiques linguistiques. Un cadre européen commun de référence pour les langues : apprendre, enseigner, évaluer. Didier, 2005.

GRIN, François et CONTI Virginie. [S'entendre entre langues voisines : vers l'intercompréhension](#). Ed. Georg, 2008.

GRIN, François. *Les langues dans l'entreprise comme valeur pour les affaires*. Communication lors du séminaire coorganisé par l'OEP et la Chambre franco-allemande du Commerce et de l'industrie le 9 avril 2009.

François GRIN a ensuite présenté les résultats des études économétriques qu'il conduit à l'Université de Genève qui viennent compléter et préciser les études dont il a été rendu compte dans le rapport ELAN. Si une compétence en anglais est un passage obligé pour l'entreprise, elle ne suffit pas et le plurilinguisme apporte un avantage compétitif supplémentaire. En évoquant ***Les langues dans l'entreprise comme valeur pour les affaires***, François GRIN développe un langage auquel les entreprises ne devraient pas rester longtemps insensibles.

Etudes de cas en direct sur vidéo "De l'avantage de passer d'une langue à l'autre : analyse de pratiques plurilingues en milieu professionnel", réalisées dans le cadre du programme DYLAN (Dynamique des langues et gestion de la diversité culturelle en Europe), Patrick RENAUD (Prof. Paris 3), Roxana TAQUETEL (doctorante) Université Paris III

Les *Etudes de cas en direct* présentées sur vidéo par deux membres de l'équipe de recherche dirigée par Patrick RENAUD, Patrick RENAUD lui-même et Roxana TAQUETEL, doctorante, réalisées dans le cadre du programme DYLAN (Dynamique des langues et gestion de la diversité culturelle en Europe), s'intitulent "De l'avantage de passer d'une langue à l'autre : analyse de pratiques plurilingues en milieu professionnel". La méthodologie est très novatrice et a pour objet de montrer in concreto comment fonctionne l'échange linguistique et quelles sont les dynamiques relationnelles mises en œuvre. Comme l'explique Roxana TAQUETEL, l'investissement linguistique est un vrai investissement, qui coûte, mais qui peut rapporter gros pour le salarié comme pour l'entreprise.

Bibliographie :

[Multilinguisme et compétitivité des entreprises](#), (Rapport ELAN), rapport établi pour la Commission européenne, 2007

[Les langues font nos affaires](#), *Des entreprises plus performantes grâce à une connaissance accrue des langues (Rapport Davignon)*, Recommandations du Forum des Entreprises sur le *Multilinguisme* établi par la Commission européenne, 2008.

Rapport de recherche [Entreprises bruxelloises et langues étrangères: pratiques et coût d'une main-d'oeuvre ne maîtrisant pas les langues étrangères](#), réalisé par Mettwie, L., Van Mensel, L. & D. Belang (2006) pour le Ministère bruxellois de l'Économie et de l'Emploi.

[Les langues dans la dynamique des entreprises internationales](#) (Jacques Spelkens, Coordonnateur RSE pour la Belgique du Groupe GDF-Suez), Communication lors du séminaire coorganisé par l'OEP et la Chambre franco-allemande du Commerce et de l'industrie le 9 avril 2009.

[Subjectivité et objectivité dans le discours sur le plurilinguisme](#) (Christian Tremblay, Président de l'OEP)

L'objet de cette intervention est de situer les enjeux scientifiques de la notion de plurilinguisme dont le champ d'investigation est fondamentalement interdisciplinaire et dans ces enjeux quelle est la place d'une approche cognitive.

La question des langues se trouve posée aujourd'hui avec acuité dans toutes les parties du monde dans des contextes extrêmement variés sous la pression du phénomène que par simplification nous nommons la mondialisation. Elle est susceptible de perceptions différentes selon les aires culturelles et linguistiques, sur un fond historique, politique et culturel où la relation de pouvoir est omniprésente. Depuis la Seconde mondiale sur fond de Guerre froide puis de globalisation, selon l'expression anglo-saxonne, la langue est devenue en levier géostratégique majeur. Donc, le plurilinguisme est justiciable d'une analyse scientifique en tant que discours alors qu'il exprime par ailleurs soit un état de la société qui

est souvent plurilingue dans les zones de contacts, mais les états et les sociétés sont plus souvent multilingues (des langues différentes parlées par des locuteurs plus souvent monolingues que plurilingues), soit un objectif vers lequel on souhaite tendre. Le plurilinguisme peut aussi désigner un fonctionnement institutionnel précis. Ainsi, les institutions européennes reposent sur un plurilinguisme institutionnel "constitutionnel" susceptible d'adaptations variables selon le profil de chaque institution avec une tendance lourde dans les faits sinon dans le droit marquée par la mondialisation/globalisation.

Rapport aux processus cognitifs :

- Analyse du discours sur les langues, le plurilinguisme et la diversité culturelle.
- Les langues et la cohésion sociale
- Les langues dans la dynamique des entreprises internationales
- Les langues comme valeur économique dans la négociation interpersonnelle et pour l'entreprise
- Les langues et la recherche scientifique, notamment leur impact dans les sciences humaines
- Le plurilinguisme dans ses relations avec la créativité.

Bibliographie :

- CHOMSKY Noam, *Propagande, médias et démocratie*, 2004, écosociété, Montréal
- VALANTIN Jean-Michel, *Hollywood, le Pentagone et Washington*, 2003, Autrement, Paris
- D'IRIBARNE Philippe, *Cultures et mondialisation*, 2002, Seuil
- BREMOND Joël et MASSOL Joël, *Entreprise, cultures nationales et mondialisation*, 2007, CRNI, Université de Nantes
- HUYGHE Français-Bernard, *Maîtres du faire croire*
- TREMBLAY Christian, [Du pôle de développement au cluster](#) : l'effet de domination dans la circulation internationale des concepts, OEP, 2008
- SAPIRO Gisèle, *Translatio, le marché de la traduction en France à l'heure de la mondialisation*, 2008, CNRS Edition
- GUIDERE Mathieu, *Irak in translation, De l'art de perdre une guerre sans connaître la langue de son adversaire*
- EUDES Yves, *La conquête des esprits, l'appareil d'exportation culturel américain vers le tiers monde*, 1982, Maspero, Paris

Manuscrits, linguistique, cognition

par Claire Doquet-Lacoste (atelier 12)

Écriture manuscrite, écriture électronique :

les opérations cognitives/verbales d'ajout et de suppression.

Atelier de réflexion PIRSTEC – Agence Nationale pour la Recherche

Lieu : Ecole Nationale Supérieure – 45 rue d'Ulm

Contacts : claire.doquet-lacoste@orange.iufm.fr / aurele.crasson@ens.fr

Problématique de l'atelier et synthèse des réflexions

La production verbale écrite constitue un champ d'investigation très riche pour les sciences cognitives, puisque les mécanismes en jeu dans l'écriture concernent aussi bien la motricité (les mouvements de la main qui écrit ou qui tape sur un clavier) et la perception (l'œil qui contrôle la main et qui lit ce qui est en train de s'écrire) que la production des énoncés (la mise en fonctionnement du système de la langue) ou la mémoire (interactions entre la mémoire interne et la mémoire externalisée de l'écrit).

Plus spécifiquement, l'étude psycholinguistique et linguistique de la production écrite constitue un champ très actif en Europe (réseau européen COST ISO703: The European Research Network on Learning to Write Effectively), en France (GDR 2657 « Approches pluridisciplinaires de la production verbale écrite ») et en Amérique du Nord (où la psycholinguistique a élaboré les premières modélisations du processus de production écrite). À l'intérieur de ce vaste domaine de recherche, la critique génétique se consacre depuis toujours à l'étude de la production verbale à partir des traces que le processus laisse dans les brouillons. Plus récemment, les chercheurs ont abordé les données fournies par les logiciels d'enregistrement de l'écriture en ligne. L'atelier de réflexion « Écriture manuscrite, écriture électronique » a permis la confrontation de ces deux « mondes », qui travaillent sur une problématique commune – la mise à jour de procédures scripturales et cognitives – à partir de matériaux différents.

- Le premier objectif de cet atelier était le partage des outils conceptuels utilisés par les chercheurs d'origines diverses : linguistique (laboratoires Modyco et Cedill) et génétique textuelle (équipe Manuscrits, Linguistique, Cognition de l'ITEM), psycholinguistique (LaCo). Ce partage, effectivement réalisé, a permis la confrontation de points de vue et la mise en évidence des points de discussion saillants entre les différentes approches, ainsi que les rapprochements possibles, en particulier sur le plan du traitement des opérations d'écriture. Des mises au point utiles ont été faites sur le sens et l'emploi de certains termes techniques, correspondant à des concepts élaborés par la génétique textuelle et dont le sens a été par la suite étendu à cause de l'application à de nouveaux corpus (reconstitutions d'écriture en temps réel) ou du passage d'un champ de recherches à l'autre (la psycholinguistique en l'occurrence).

Des échanges particulièrement riches ont porté sur les nouvelles données que les reconstitutions en temps réel mettent à disposition (principalement des données temporelles : pauses et chronologie exacte de l'écriture), et sur l'importance à accorder à ces nouvelles données dans les analyses de l'écriture. Les traitements réalisés jusqu'ici par les différents chercheurs ont montré une convergence sur la nécessité de repérer, avant toute analyse approfondie, les paramètres permettant de cerner la significativité des données

enregistrées. Ceci a permis de pointer les limites de l'analyse statistique et d'envisager des moyens de pallier ses défauts.

Les outils conceptuels sont loin d'être unifiés, tout comme les paradigmes sur lesquels les chercheurs travaillent ne sont pas homogènes. Néanmoins, ces échanges sur deux journées, fondés sur une réelle volonté de partage, sont une entrée vers des tentatives d'homogénéisation des traitements.

- L'atelier se caractérisait par une forte présence d'outils de recueil de données sur l'écriture en temps réel. Ces outils, qui permettent de recueillir aussi bien les traces de l'écriture manuelle (tablette graphique d'Eye and Pen) que de l'écriture sur traitement de texte (Inputlog, Scriptlog, Genèse du texte) ont été présentés par leurs concepteurs eux-mêmes, avec une esquisse des investigations qu'ils permettent. Certains outils peuvent s'adjoindre une restitution du mouvement des yeux du scripteur pendant l'écriture (Eye and Pen, Scriptlog). Leurs possibilités d'utilisation ont été rendues largement visibles grâce à l'exposé de travaux de recherche dont ils étaient l'instrument.

De cette confrontation est ressorti le fait que chaque outil pouvait être caractérisé par des qualités spécifiques, et en corollaire des défauts quand à la précision du rendu de données, à l'ergonomie, à la facilité d'utilisation hors contexte expérimental. La question se pose alors de l'opportunité d'élaborer un nouvel outil, qui serait une tentative de réunir les qualités de chacun des logiciels présentés.

- Une convergence apparaît sur la nécessité de se donner les moyens d'observer le passage d'un support d'écriture à un autre, en l'occurrence le passage du stylo à l'ordinateur, de l'écriture manuscrite à l'écriture électronique. Cette nécessité a été mise en évidence lors de la table ronde finale mais elle s'était déjà exprimée lors des interventions de chercheurs d'horizons divers :

Du côté de la psycholinguistique, l'étude des données recueillies en temps réel (avec des instruments permettant l'écriture manuscrite comme l'écriture sur traitement de texte) fait apparaître de plus en plus nettement que l'écriture sur traitement de texte met en jeu des mécanismes cognitifs spécifiques, qui diffèrent de ceux mis en jeu lors de l'écriture manuscrite.

Les linguistes et généticiens ayant travaillé sur les deux types de corpus ont pu montrer des similitudes mais aussi des différences dans les trajets scripturaux, le nombre et le type d'opérations d'écriture, etc. Les caractéristiques de l'ordinateur expliquent en partie ces différences :

Le traitement de texte force la linéarisation (usage des fonctions « commentaires » possible mais peu pratique, et de fait peu fréquent, vs usage très abondant de l'écriture marginale et du collage de notes sur des manuscrits).

Sur ordinateur, seule une partie du texte est présente à l'écran (vs les feuillets toujours disponibles avec le manuscrit).

Un segment supprimé sur traitement de texte disparaît totalement, tandis que les manuscrits laissent souvent lire, sous les ratures, les segments supprimés.

L'écriture manuscrite porte la trace matérielle du scripteur (tracé des lettres, etc.) tandis que le traitement de texte objective l'écrit et en enlève ces marques graphiques singulières.

Il apparaît, via le témoignage d'écrivains qui sont passés de l'usage du brouillon papier + frappe à la machine à l'usage du traitement de texte, que sur cet outil, par son caractère facilitateur, engendre de la part de l'auteur nombre de modifications du texte qui n'auraient pas eu lieu sans lui.

La conclusion de l'atelier a donc été l'opportunité de travailler sur ce passage, à partir de cette question simple : dans quelle mesure l'écriture manuscrite et l'écriture sur traitement de texte peuvent-elles être considérées comme une même activité et quels mécanismes cognitifs et scripturaux la différence d'instrument met-elle en jeu ? En d'autres termes, qu'est-ce que la révolution technologique de l'ordinateur, en l'occurrence du traitement de texte, provoque déjà et provoquera sans doute de modifications dans l'activité scripturale ?

L'importance des retombées sociales de cette « révolution » est évidente, non seulement concernant les études de l'écriture littéraire mais également dans le domaine didactique, en langue maternelle comme en langue seconde ou langue étrangère. Sans parler de la

multiplication des systèmes de communication écrite, SMS et réseaux sociaux, que les progrès incessants des outils rendent de plus en plus faciles et plus présents dans les usages quotidiens.

Références

- Alamargot, D., Lambert, E. & Chanquoy, L. (2005). La production écrite et ses relations avec la mémoire. *Approche Neuropsychologique des Acquisitions de l'Enfant*, 17, 41-46.
- Alamargot, D. & Lebrave, J.-L. « A mutual contribution from cognitive psychology and genetic criticism to the study of professional writing ». *European Psychologist*. Sous presse
- Alves, R.-A., Castro, S.-L., Olive, T. (2007) Execution and pauses in writing narratives : processing time, cognitive effort and typing skill. *International Journal of Psychology*.
- Chesnet, D., Alamargot, D. (2005) "Analyse en temps réel des activités oculaires et graphomotrices du scripteur. Intérêt du dispositif Eye and Pen." *L'Année psychologique*, n°105 (3).
- Doquet-Lacoste, C. (2004) « Genèse des textes, genèse des scripteurs : regards sur la langue dans l'écriture », in Piolat, A. (Ed.), *Ecriture : approches en sciences cognitives*. Aix-en-Provence : Presses de l'Université de Provence. 233-250.
- Doquet-Lacoste, C. (2006) « L'objet insaisissable : quelques considérations sur l'analyse de l'écriture sur traitement de texte », *Genesis*, n°27.
- Fenoglio, I. & Chanquoy, L. (eds), *Avant le texte : les traces de l'élaboration textuelle*. Langue française. N° 155, 2007.
- Ganier, F. & Pétilion S. (eds), *La révision de texte : méthodes, outils et processus*. *Langages*. N° 164, 2006.
- Ganascia J.-G.: "EDITE-MEDITE: un passage des versions aux variantes", in : Trotter (David) (éd.), *Actes du XXIVe Congrès International de Linguistique et de Philologie Romanes (Aberystwyth 1er-6 août 2004)*, Tübingen, Niemeyer (2007).
- Leblay, C. (2007) « L'avant-texte comme texte sur le vif. Analyse génétique d'opérations d'écriture en temps réel », *Langue française* n° 155, Paris, Larousse, p. 101-113.
- Lebrave, J.-L. (2001) « Comment écriront-ils ? », *Diogène*, n°196, oct-déc 2001, p.163-171.
- Olive, T., Alves, R. A., & Castro, S. L. (2007). La production de textes : Quels processus sont activés lors des pauses de production et des phases d'écriture ? In J.-M. Hoc & Y. Corson (Eds.), *Actes du Congrès National 2007 de la Société Française de Psychologie* (pp. 65-72). <http://www.sfpsy.org/IMG/pdf/actes-SFP2007.pdf>
- Plane, S. (2004) « Quels modèles pour analyser la production d'écrit sur traitement de texte ? Les contraintes comme outil d'analyse et d'intervention », in Anis, J. & Boré, C., *Théories de l'écriture et pratiques scolaires*, LINX, n°51, Univ. Paris X Nanterre. 75-90.
- Strömqvist, S. (2006) « Une approche expérimentale du processus d'écriture : l'enregistrement de la frappe au clavier ». *Genesis* n° 27, p. 45-58

PROGRAMME DES DEUX JOURNEES

Journée 1 jeudi 24 septembre – ENS Salle Cavallès

Matin : Repères théoriques

9h30 Présentation générale par Jean-Louis Lebrave (ITEM)

10h Captations de chercheurs en situation de travail par Aurèle Crasson (ITEM)

11h Ajout et suppression dans le manuscrit par Almuth Grésillon (ITEM)

11h45 Ajout et suppression dans l'écriture en temps réel par Claire Doquet-Lacoste (ITEM)

Après-midi : les outils de recueil de données en temps réel

14h Eye and Pen par Denis Alamargot (LaCo Poitiers)

14h45 Genèse du texte par Denis Foucambert (UQAM Montreal)

16h Scriptlog par Asa Wengelin (Univ. de Lünd)



16h45 Inputlog par Luuk Van Waes Mariëlle Leijten (Univ. d'Anvers)

Journée 2 vendredi 25 septembre – ENS Salle des Résistants

Matin L'ajout et la suppression repérés dans les manuscrits et tapuscrits

9h30 Manuscrits littéraires par JLouis Lebrave et Danielle Maïsetti (ITEM)

10h15 Ecriture scolaire par Bernadette Kervyn (CEDIL Louvain la Neuve)

11h15 Ajout et suppression dans un tapuscrit (machine à écrire, traitement de texte) : Irène Fenoglio (ITEM)

Après-midi L'ajout et la suppression repérés en temps réel

14h Recueil et analyse sur traitement de texte par Christophe Leblay (ITEM)

14h45 Recueil et analyse sur tablette graphique par Sylvie Plane (MoDyCo)

16h-17h30 Table ronde : bilan et perspectives.

Jean-Louis Lebrave (ITEM), Aurèle Crasson (ITEM), Claire Doquet-Lacoste (ITEM), Sylvie Plane (Modyco).

Perception spatiale, cognition motrice et adaptation sociale des organismes naturels et artificiels

par Yann Coello & Richard Palluel (atelier13)

Rapport écrit par Yann Coello & Richard Palluel et visé par les personnes présentes. Ce compte rendu fait suite à deux réunions successives :

- une réunion d'atelier Pirstec (N°13): 4 mai 2009, Maison de la Recherche, 28 rue Serpente, Paris 6^e.

Une réunion du groupe thématique « relation perception » du GDR Psychologie Ergonomique et Ergonomie Cognitive: 28 mars 2009, Nantes.

Personnes présentes à l'atelier PIRSTEC:

Richard Palluel (richard.palluel@upmf-grenoble.fr)

Alan Chauvin (Alan.C Chauvin@upmf-grenoble.fr)

Laurent Madelain (laurent.madelain@univ-lille3.fr)

Yvonne.Delevoye (yvonne.delevoye@univ-lille3.fr)

Julien Diard (julien.diard@upmf-grenoble.fr)

Philippe Gaussier (gaussier@ensea.fr)

Christophe Bourdin (christophe.bourdin@univmed.fr)

Kevin O'Regan (jkevin.oregan@gmail.com)

Thierry Pozzo (thierry.pozzo@u-bourgogne.fr)

Isabelle Milleville (millevil@ircsyn.ec-nantes.fr)

Stephane Vieilledent (stephane.vieilledent@univ-brest.fr)

Yann Coello (yann.coello@univ-lille3.fr)

En introduction, nous avons effectué un rappel de l'enjeu des ateliers de prospective PIRSTEC. Nous avons souligné la possibilité d'utiliser les rapports des ateliers thématiques pour de futurs Appels à Projets de l'ANR, mais aussi comme un moyen de recenser les populations de chercheurs travaillant sur une thématique commune ou pouvant collaborer de manière pluridisciplinaire.

Introduction et discussion sur le positionnement théorique de l'atelier:

La question essentielle porte sur les déterminants moteurs de la perception et de la cognition ainsi que sur les déterminants perceptifs et cognitifs de la motricité. Il est reconnu que les organismes s'adaptent aux contraintes environnementales par une mise en relation des fonctions perceptives, cognitives et motrices. Cette mise en relation permet d'appréhender les caractéristiques physiques des objets environnants en fonction des finalités comportementales. L'enjeu majeur au niveau scientifique porte sur la modélisation de ces relations en environnement naturel et artificiel et l'intégration des modèles développés dans plusieurs secteurs appliqués (robotique, réalité virtuelle, éducation, santé...). Dans ce contexte, la compréhension des comportements adaptés nécessite que l'on s'intéresse non pas uniquement aux propriétés des objets de l'environnement appréhendées par les systèmes sensoriels, mais également à l'impact de la finalité comportementale sur la perception des propriétés physique. L'action est ainsi au centre des processus perceptifs, des modalités d'interaction avec l'environnement et de la communication sociale. La composante motrice de la perception est inhérente à la fonction perceptive dans le sens où les capteurs sensoriels doivent être mobilisés pour explorer l'environnement. Ainsi, la connaissance que l'on a des

objets est tout autant sensorielle que motrice (perspective des contingences sensorimotrices). D'autre part, l'interaction avec le monde environnant nécessite la spécification d'un ensemble de seuils perceptifs mettant en relation la structure de l'environnement avec les capacités d'action de l'organisme. Ces seuils perceptifs se construisent à partir des capacités d'anticipation de l'organisme acquise au cours des apprentissages antérieurs et permettant à tout instant de prédire les conséquences des possibilités d'action dans un contexte donné. Cette fonction prédictive représente ainsi le mécanisme sous-jacent aux décisions comportementales. Selon cette perspective théorique, la motricité est considérée comme constitutive des connaissances que l'on a sur les objets (cognition motrice) et sur l'environnement (cognition spatiale). Par ailleurs, les mécanismes prédictifs permettent en situation de communication de fournir un cadre de référence permettant de décoder les productions motrices produites par autrui (cognition sociale) ainsi que certaines composantes du langage oral ou écrit (verbes d'action). Cette mise en relation des fonctions perceptives, cognitives et motrices s'appuie sur des réseaux neurophysiologiques mettant en relation des structures de traitement sensoriel avec des structures motrices (théorie de la simulation motrice) comprenant des neurones impliqués à la fois dans la perception et l'action (neurones miroirs).

Différents points ont été soulevés au cours des discussions. Ces points sont présentés ci-dessous. Ils représentent les centres d'intérêts scientifiques ainsi que les verrous théoriques ou technologiques qu'il reste à lever. La communauté présente reconnaît la nécessité d'aborder ces points sous l'angle de la recherche pluridisciplinaire, en alliant le fondamental au technologique et aux applications possibles.

Les défis scientifiques sur le plan fondamental :

1. Emergence des lois motrices dans les relations organismes-environnement et dans les interactions entre organismes. Il est nécessaire de s'interroger sur :

- L'émergence des lois de contrôle des actions
- Les relations entre structures morphologiques et contrôle dynamique
- L'acquisition de nouveaux comportements et le rôle de l'imitation
- L'ontogenèse du contrôle des actions et le rôle des conséquences sur les formes comportementales.
- Le rôle des interactions motrices et des séquences gestuelles dans les interactions sociales et la communication non verbale

2. Concepts d'attention spatiale et de prédiction sensorimotrice.

Le dialogue entre l'organisme et l'environnement suppose des capacités de sélection des informations pertinentes et de prédictions des conséquences des comportements possibles. Il s'agit ici de préciser :

Les concepts d'attention, de prédiction et d'embodiment dans les relations perception-action. Les modèles computationnels de l'attention spatiale et de la prédiction sensorimotrice et la nature des modèles permettant de rendre compte des différentes formes de prédiction.

Le rôle des composantes efférentes et afférentes dans la prédiction motrice.

La nature des paramètres moteurs impliqués dans les anticipations perceptives.

La question de la calibration versus intégration perceptivo-motrice.

Le rôle de la conscience sensorimotrice et de l'agentivité.

3. La notion de couplage multisensoriel et de décision motrice.

Il s'agit ici de définir comment l'on doit envisager :

l'intégration multidimensionnelle au sein d'une modalité sensorielle et l'intégration multisensorielle entre plusieurs modalités?

La notion de perception active.

Les relations entre motricité et intégration multidimensionnelle.

Les mécanismes de la décision motrice.

La sélection des informations pour l'action.

L'influence perceptive du répertoire des productions motrices possibles.

La modélisation de la variabilité et de la stabilité comportementale dans les relations perception-action

La modélisation et l'implémentation neuromimétique du bruit comportemental, définir sa fonction.

La notion de recyclage des capacités initiales, comment innover au niveau comportemental à partir des acquis antérieurs ?

4. La perception comme un objet mathématique.

Il s'agit de mieux comprendre :

L'émergence de la stabilité comportementale, de la régularité motrice et sensorimotrice ?

L'apprentissage des règles de production motrice et des invariants sensorimoteur, rôle de l'imitation ?

La relation stabilité-réactivité ?

Le rôle des structures minimales pré-existantes ?

Le notion d'architectures intégrées et sa formalisation mathématique ?

Les défis scientifiques dans l'univers de la réalité virtuelle:

1. Il s'agit de comprendre les caractéristiques d'une bonne interface ou simulateur :

Quel design pour quel comportement ?

Nécessité d'un rendu graphique de qualité ?

Environnement réel versus réaliste ?

Calibration des environnements virtuels en fonction des réponses comportementales ?

Comment obtenir la sensation de présence et d'immersion.

2. Il s'agit d'optimiser les interfaces :

Comment diminuer le temps de calcul (problème des latences) ?

Comment éviter les sensations d'inconfort et de motion sickness ?

Comment améliorer le concept de plate-forme technologique ?

Comment prendre en compte des couplages perception-action et comment les optimiser ?

Quel retour sensoriel pour quel comportement ?

Quels invariants perceptifs : unimodaux, intermodaux ou amodaux ?

Quel environnement : virtuel versus immersion versus réalité augmentée ?

Quel point de vue : 1^{ère} personne, 3^{ème} personne ?

Quels critères pour une validité écologique ?

Comment garantir le transfert des acquis en environnement artificiel vers les environnements naturels

3. Il s'agit de comprendre les principes de la cognition visuelle et spatiale :

Importance de la nature des informations sensorielles disponibles et problèmes posés par l'accommodation sur un seul plan et par la restriction du champ visuel.

Quelle géométrie pour quelle interface ?

Quel rôle accorder à l'exploration active sensorielle et corporelle en environnement virtuel ?

4. Il s'agit de comprendre les contraintes du contrôle sensorimoteur à distance:

Contraintes spatiales et mécaniques inhérentes à la téléopération ?

Impact des réductions sensorielles et motrices, de la réduction des degrés de liberté ?

Nature des référentiels spatiaux ?

Capacité d'apprentissage de nouvelles habiletés?

5. Il s'agit de comprendre les principes de la cognition sociale:

Gestion de l'usage collectif de l'espace ?

Ajustement inter-distances ?

Coopération et collaboration ?

Comment concevoir les interactions entre 2 individus et entre un individu et un avatar.

6. Il s'agit de mieux définir les secteurs d'application :

Aide au diagnostique dans le secteur de la santé.

Aide à la réhabilitation sensorielle, cognitive et motrice.

Aide à la transmission des savoirs dans les secteurs professionnels et de l'éducation.

Les défis scientifiques dans l'implémentation des relations perception-action pour la cognition artificielle et la robotique.

Se pose la question :

- Du développement de robots humanoïdes bio-inspirés.
- De l'implémentation des règles de production motrice et de système perceptif intégrant les compétences motrices de l'organisme.
- Du développement de systèmes perceptifs sensibles au mouvement biologique et capables d'imitation.
- Du développement de capacités d'apprentissage des systèmes artificiels dans le contexte des interactions avec d'autres organismes naturels ou artificiels.
- Des possibilités de communication non verbale entre systèmes artificiels et systèmes naturels.
- Des possibilités de coopération et de collaborations entre robots ou entre robots et humains.

Les défis scientifiques dans l'univers de l'assistance technologique et de la santé :

Encourager les relations avec les acteurs de la recherche médicale et de la santé (études non invasives du fonctionnement cérébral, approche théorique des pathologies cérébrale et mentale ...)

Quel feedback sensoriel pour quelle pathologie et comment rééduquer avec l'image ou les retours sensoriels (bio-feedback)?

Quelle couplage perception-action pour quelle rééducation ?

Quel cadre de référence pour envisager les systèmes palliatifs et les prothèses physiques ou cognitives ?

Quel rôle de l'imitation dans la réhabilitation?

Compte rendu de la réunion du GDR Psychologie Ergonomique et Ergonomie Cognitive

Les membres du GT5 (groupe thématique « relation perception ») du GDR Psychologie ergonomique et Ergonomie cognitive, ont organisé une réunion le 28 mars 2009 afin de définir des thématiques de recherche prioritaires. Deux axes dominant ont émergé:

- (1) L'étude des relations perception/action dans des situations à forte contrainte spatio-temporelle.

Les problématiques soulevées concernent les questions de l'assistance à la conduite automobile et de l'aide au pilotage de véhicules aéronautiques. Les futures générations d'assistance à la conduite automobile sont développées pour intervenir le plus en amont possible des situations critiques. Anticiper l'accident implique d'agir sur le comportement du conducteur sans générer d'interférence négative (contre-réaction, surcompensation, sentiment d'intrusivité). Cet objectif ne peut pas être atteint sans intégrer dans la démarche de conception un modèle du conducteur permettant d'effectuer des prédictions valides sur le comportement de celui-ci. Le modèle doit être défini de sorte à rendre compte du traitement

de l'information fait par le conducteur dans un environnement dynamique complexe, depuis le contrôle sensori-moteur de la trajectoire et de la vitesse jusqu'aux prises de décisions de plus haut niveau. Concernant le pilotage d'engins volants, des problématiques similaires ont été soulevées. Une question majeure concerne la régulation que doit effectuer un pilote en situation de vol à très basse altitude, parfois dans des conditions de visibilité dégradée, pour contrôler le déplacement de son appareil. Cette question est un problème de longue date pour les opérations militaires et civiles, et génère aujourd'hui un foisonnement de recherches en conception de système visuel d'aide au pilotage. Toutefois, la question de l'adéquation des aides proposées et de leur évolution vis à vis du fonctionnement de l'opérateur humain reste encore largement à explorer dans sa dimension cognitive. Ceci requiert la compréhension du fonctionnement du système homme-machine et non plus chacune de ses composantes, prise isolément. Les retombées théoriques dans ce domaine doivent permettre un enrichissement mutuel des sciences du comportement et de l'ingénierie des nouvelles technologies.

Par ailleurs, l'étude des relations perception/action semble primordiale pour mieux comprendre les contraintes des situations dynamiques artificielles et les conséquences informationnelles de ces situations du fait d'un format inhabituel des informations disponibles. Ainsi, le prélèvement d'information ou le guidage d'un objet sur un écran de contrôle (téléopération, environnement virtuel...) requiert l'intégration des transformations de plan et d'échelle entre l'espace physique et l'espace perçu. Dans ces situations, la concordance existant généralement entre les différents systèmes sensoriels impliqués dans l'action (systèmes proprioceptif-tactilo-kinesthésique, auditif, vestibulaire et visuel) est souvent réduite. Ceci implique la restructuration des systèmes de référence et des modes contrôles nécessaire à l'action. Ici, Le GDR a ainsi permis de regrouper des chercheurs travaillant plus précisément sur le téléguidage et la téléopération, des situations dans lesquelles sont soulevées des questions relatives au contrôle du comportement sur la base d'informations ayant subi une transformation géométrique. C'est le cas en téléopération lorsqu'un système proximal (robot « maître ») permet de contrôler un système distal (robot « esclave ») par l'intermédiaire d'un écran de contrôle. On peut ainsi étendre à un site éloigné, inaccessible ou dangereux, les capacités de manipulation et de perception d'un opérateur humain. Ici, un des verrous à lever concerne les paramètres spatio-temporels associés à la téléopération d'un engin mobile dans le cadre de la définition d'une interface homme-machine. Un autre verrou concerne l'optimisation des systèmes de téléopération en réfléchissant sur le type d'information sensorielle à fournir à l'apprenant afin d'optimiser l'adaptation motrice (au niveau spatial et/ou temporel). Par exemple, des données pilotes ainsi que des modèles d'intégration sensoriels laisseraient supposer qu'une dégradation légère et temporaire de l'information visuelle pourrait permettre à l'apprenant de s'adapter plus rapidement à une situation dans laquelle les informations visuelles et proprioceptives sont décorréliées.

- (2) L'évaluation de l'apport réciproque et cumulée des informations visuelles et haptique.

Dans la continuité de ces travaux, de nouvelles interfaces doivent être développés en proposant un lien plus étroit entre la modalité visuelle et la modalité haptique. Pour cela un des enjeux, est de mettre l'accent sur le développement d'une communication plus étroite entre ces modalités sensorielles via l'utilisation de systèmes robotisés à retour d'effort. Plus précisément nous pensons également que l'objectif premier est de définir quelles informations sont pertinentes pour l'apprentissage. Ainsi l'apport des environnements virtuels dans ce contexte est double : dans un premier temps ils peuvent constituer une aide à l'acquisition de connaissances (manipulation des retours sensoriels, variabilité et répétitivité des situations, etc.). Dans un second temps ils pourront également être conçus et améliorés en intégrant ces connaissances et permettre ainsi de développer des environnements d'apprentissage stables et complets capables de s'adapter aux besoins de l'apprenant et des diverses situations d'application. Ces axes de recherches sont bien évidemment valorisables dans les domaines de l'intelligence artificielle (robotique, système expert) et de la santé publique (handicap, téléchirurgie, rééducation, assistance palliative). Par exemple, dans le cadre de la conduite automobile, l'intervention d'un dispositif d'assistance peut se faire au travers du volant, qui est à la fois l'interface transmettant les commandes motrice du

conducteur au véhicule et une source d'information en retour sur les conséquences de ces actions. Une insertion efficace de l'action d'une assistance dans le contrôle effectué par le conducteur (amorçage du geste, contrôle partagé) passe par une meilleure compréhension du rôle des retours de force dans le contrôle de la direction du véhicule et de leur articulation avec le contrôle visuel.

Les recherches concernant la modalité haptique sont importantes pour la suppléance perceptive i.e., l'atteinte d'un même but à travers une prise d'information(s) ou un contrôle d'action(s) par une modalité perceptive différentes de celle initialement optimale ou évaluée comme telle. Ici un des verrous majeurs concerne les processus qui sont aux fondements de l'optimisation des interfaces dans la prise d'information, la décision, l'action et la collaboration. Une autre question concerne l'optimisation des percepts et stratégies de leur(s) utilisation(s) dans le cadre d'expérimentation volontairement unimodale (quelles sont les propriétés de la modalité haptique et les stratégies d'utilisation qui la rendent optimale dans les performances de prise d'information, de contrôle d'action(s) et de collaboration(s) humain-humain et humain-interface? Quelles sont les caractéristique d'optimisation de support virtuel ou non, statique ou dynamique, qui permettent l'optimisation de performances, que ce soit dans l'assimilation d'une information, la discrimination entre plusieurs informations, le contrôle des actions ou la (dé)solidarité entre co-opérateur? Ces questions sont centrales à la fois pour l'aspect théorique et pour les retombées applicatives, notamment pour les personnes présentant un handicap (e.g. déficience visuelle).

Sur le plan méthodologique, les enjeux concernent la création d'outils d'analyse de la coopération non verbale et l'extraction de stratégies de coopération dans l'action, tout particulièrement en ce qui concerne les gestes, la marche et la communication. Les enjeux concernent la conception et la réalisation d'outils et/ou de logiciels d'application (logiciels d'immersion haptique par bras à retour d'efforts; systèmes de transcription automatisé objets visuel/objets haptique; logiciels de transcription automatisée parole-animation facio-labiale et gestuelle intégrant émotion et intention de communication; logiciels d'apprentissage et de jeux par immersion à IHM préservant la pertinence pédagogique ou ludique (maintien des activités attentionnelle, mnésiques, adaptatives, interactionnelle, ...) pour des publics ayant une déficience sensorielle).

La cognition motrice et ses applications biomédicales

par Thierry Pozzo (atelier 14)

U887 INSERM/IFRH

Compte rendu de l'Atelier PIRSTEC
Dates : 11 et 12 mai 2009 à Chalon sur Saône

Liste des participants :

| | |
|----------------------|---|
| VERCHER Jean-Louis | CNRS Marseille |
| MOTTET Denis | U de Montpellier |
| DENISE Pierre | U de Caen |
| COELLO Yann | U de Lille |
| Danping Wang | CNRS Paris |
| ROBY-BRAMI | CNRS Paris |
| MORASSO Pierre | U de Genova (Robotique Humanoid, Italie) |
| CHELLALI Ryad | Inst.Italien Technologie Genova (Teleoperation, Italie) |
| MERIENNE Fred | ENSAM Chalon |
| MARTINEZ Jean-Luc | ENSAM Chalon |
| NGUYEN Hanh | ENSAM Chalon |
| ROUX Géraldine | ENSAM Chalon |
| RAFFIN Eestelle | ENSAM Chalon |
| KLINGER E | ENSAM Laval |
| CROGNIER Lionel | INSERM Dijon |
| SIRANDRE Cyril | INSERM Dijon |
| TIA Banty | INSERM Dijon |
| SKOURA Xanthi | INSERM Dijon |
| MOUREY France | INSERM Dijon |
| DEMOUGEOT Laurent | INSERM Dijon |
| SAIMPONT Arnaud | INSERM Dijon |
| CARLINI Alessandro | INSERM Dijon |
| PAIZIS Christos | INSERM Dijon |
| MICHEL Carine | INSERM Dijon |
| PAPAXANTHIS C | INSERM Dijon |
| POZZO Thierry | INSERM Dijon |
| TROUILLOUD Pierre | INSERM Dijon |
| PONCE Antoine | U de Dijon Valorisation technologique |
| REY Jean-Pierre | U de Dijon |
| BOUCHEIX Jean-Michel | CNRS Dijon |
| METZ Stéphane | Société Kort&Lonn |
| COURTALON Régis | Société Kort&Lonn |
| COLOBERT Briac | Société PROTEOR |
| LAMOTTE O | UT Belfort |
| GAUD N | UT Belfort |
| MEURIE C | UT Belfort |

L'existence de voies nerveuses différenciées pour traiter les signaux sensoriels et moteurs, conduit habituellement les études neurophysiologiques et comportementales à dissocier les processus de l'action et de la perception. Ce type de description a sans aucun doute influencé notre compréhension du système nerveux central. Pourtant il est désormais admis qu'en plus de la commande motrice, la production de l'action engage simultanément des mécanismes de prédiction sensorielle ainsi que l'activation de zones nerveuses sensorielles (Rizzolatti 2005). Enfin, des avancées récentes en neurosciences montrent que la perception visuelle n'est pas seulement le résultat d'une stimulation exogène mais qu'elle dépend des compétences motrices pouvant être rappelées à l'observation du mouvement (Jeannerod 2001). L'atelier a permis de mettre en évidence plusieurs domaines de recherche construits autour de 2 axes principaux et complémentaires :

La perception qui est étudiée à partir des acquis de la psychologie cognitive et de la neurophysiologie montrant le couplage entre action et perception (Viviani et Stucchi 1992, Rizzolatti 1996) et l'hypothèse d'une simulation mentale de l'action à l'observation. L'inférence du mouvement, les réponses motrices subliminales induites lors de l'imagerie motrice implicite et l'apprentissage par observation sont désormais des domaines étudiés. Dans ce contexte la compréhension des mécanismes perceptifs aide en retour à décrire le contenu de la commande motrice.

L'action, principalement étudiée selon une approche expérimentale, est désormais formalisée à partir de modèles mathématiques et des méthodes de simulation numérique. Ceci est une évolution importante (traduire des observations empiriques sous formes abstraites), qui favorise le transfert des connaissances vers la robotique et le développement de technologies biomédicales pouvant compenser le handicap moteur et sensoriel.

Dans ce contexte, le développement de projets consistant à développer les méthodologies permettant de quantifier les manifestations comportementales issues d'interactions entre 2 individus ou entre un individu et un avatar, ou encore une interface virtuelle ou mécanique. Il s'agit de mieux définir les contextes sensoriels favorisant la cognition sociale, l'empathie, la téléopération ...) et d'étudier les limites de ces processus. Par exemple la manipulation du contexte visuel (plus ou moins riche d'une scène visuelle), pourraient réduire progressivement l'écart entre l'observateur et l'acteur lors de tâches effectuées dans l'espace péri ou extra personnel (en navigation spatiale par ex.). Ces améliorations, en favorisant la résonance motrice, faciliteront la mise au point de solutions thérapeutiques pour le ré-entraînement de patients hypoactifs ou atteints de lésions centrales ou périphériques. L'étude de l'effet du délai (inhérent aux dispositifs actuels de RV) entre perception et action est un exemple de verrou théorique et méthodologique important à lever pour optimiser les dispositifs disponibles.

En outre, la qualité des interactions sociales ou encore la survie des espèces en situation de compétition nécessitent la préservation de l'information visuelle lorsque celle-ci est discontinuée. Les mécanismes d'inférence visuelle et d'extrapolation de trajectoire rentrent également dans ce cadre théorique avec l'apport complémentaire des neurosciences computationnelles pour modéliser les mécanismes impliqués.

Par ailleurs l'idée d'un rappel de représentations motrices sans lien (les primitives motrices préalablement identifiées par les méthodes de la physiologie) avec l'expérience motrice de l'observateur (comme c'est le cas pour de nouvelles habiletés sensorimotrices) ouvrent de nouvelles perspectives aux méthodes d'apprentissage chez l'homme (rééducation, expertise sportive, musicale etc.) ainsi qu'en robotique humanoïde. Les apprentissages basés sur des algorithmes de renforcement (couramment utilisé en «machine learning») doivent être envisagés afin de dériver des fonctions d'optimisation à partir des mouvements observés.

Enfin, le développement d'interfaces graphiques simples à côté des dispositifs plus lourds de la réalité virtuelle est indispensable pour un usage interactif en rééducation à l'hôpital, en milieu éducatif, sportif ou à domicile. La réalité virtuelle simplifiée peut être utilisée afin de fournir le contexte visuel permettant la meilleure immersion. Les applications devront contribuer à prévenir la dépendance et réduire les coûts de santé en développant l'entraînement autonome.

Oculomotricité

par Zoï Kapoula (atelier 15)

PROPOSITION INITIALE

La plupart des informations traitées par l'Homme passent par le canal de la vision ; la vision est aussi une action motrice. L'oculomotricité est un outil transversal, une fenêtre dans le fonctionnement du cerveau, tant au plan neurologique, cognitif et psychique.

L'oculomotricité apporte ses fruits dans de nombreux domaines des neurosciences cognitives, mais aussi en clinique : la neurologie, l'ORL, la gériatrie, la pédiatrie, l'ophtalmologie et les pathologies oculaires, la psychiatrie voire même la psychothérapie, méthodes basées sur la désensibilisation par le mouvement oculaire (EMDR), la psychologie, la neuropsychologie. Au delà de la santé, l'oculomotricité apporte ses fruits dans les domaines de l'ergonomie visuelle, du marketing, de la publicité, de la navigation dans l'espace 3D, de la sécurité routière, du vol dans l'espace, de la lecture des images médicales, ou encore pour l'art, la création et la perception des oeuvres d'art. La liste est loin d'être exhaustive.

L'oculomotricité est un outil aussi bien d'exploration des fonctions visuelles, perceptives, cognitives et psychiques, que de prévention et de rééducation fonctionnelle. En France, la diversité des laboratoires de recherche fondamentale ou appliquée utilisant l'oculomotricité est extrêmement riche et couvre presque tous les aspects cités auparavant.

Une journée sur l'oculomotricité a été organisée par le réseau des ingénieurs du Risc (Sciences Cognitives IdF). Notre proposition fait suite à cette initiative et consiste à proposer l'organisation d'un atelier à Paris consacré à l'oculomotricité dans son intégrité. L'objectif est de couvrir tous les aspects existants et de créer des passerelles et échanges entre la recherche fondamentale et appliquée, dans le monde des neurosciences cognitives, de la santé, de l'éducation, de l'ergonomie visuelle, de l'ingénierie, de l'art, des médias etc. Nous ferons appel pour ces réunions aux ingénieurs, qui développent des méthodes d'enregistrement et d'analyse des mouvements oculaires, mais aussi aux chercheurs du domaine des systèmes complexes, pour l'application des outils d'analyse des trajectoires des mouvements des yeux.

Nous créerons ainsi un réseau national d'oculomotricité incluant tous ces acteurs. Dans d'autres pays, comme par exemple en Angleterre, des réseaux de l'oculomotricité ont été formés depuis des décennies. En France, des ateliers préalables se sont trouvés confrontés à la nécessité de ne sélectionner que certains des secteurs de l'oculomotricité. La présente proposition vise à rassembler tous les secteurs, faire connaître l'apport de l'oculomotricité pour les différentes disciplines, les différents moyens industriels et développements technologiques. Elle permettra d'établir et d'enrichir des liens entre scientifiques, cliniciens et industriels, le monde de l'art, de la culture et de l'éducation.

L'expérience de longue durée de mon laboratoire et de moi-même sur l'oculomotricité comme domaine de prédilection des neurosciences cognitives, sur l'interface avec la clinique, l'éducation, le monde de l'art et de la culture nous permettra d'assumer cette tâche. Notre action au sein de l'Institut de Systèmes Complexes Paris Ile de France est également une très bonne assise pour développer des liens entre deux disciplines transversales, l'oculomotricités et les sciences des de systèmes complexes (voir site <http://www.iscpif.fr/tiki-index.php?page=ECCEM&bl=y>)

Zoï Kapoula

COMPTE RENDU – COMMUNIQUE DE PRESSE

Déroulement de l'atelier de l'oculomotricité, journée du 18 septembre 2009

Résumé

La journée a été très suivie : un nombre considérable de chercheurs et surtout de jeunes doctorants et post-doctorants, ainsi que des industriels et start-up, ont participé à cette journée (voir liste).

En introduction, Zoï Kapoula souligne la richesse et transversalité de la discipline de l'oculomotricité, illustrée par le programme de la journée. L'oculomotricité, discipline modèle pour étudier la plasticité cérébrale, les différentes théories du contrôle moteur, la perception, la cognition et l'attention visuelle, est un outil neurologique pour explorer le fonctionnement du cerveau et les différentes pathologies. Les champs d'application sont très nombreux (en ergonomie, conduite automobile, média etc.) ; le potentiel translationnel énorme et peut concerner presque toute spécialité médicale ou paramédicale. Les développements technologiques en vidéo-oculographie sont considérables et continuent ; plusieurs start-up offrent des services et partenariats avec des équipes de recherche.

Actions proposées : Création d'un site web (hébergé par le RISC) et d'un GDR à présenter au CNRS. Ce réseau faciliterait les échanges entre chercheurs – cliniciens – industriels, aussi apporterait un cadre de référence pour les jeunes doctorants et post-doctorants. La nécessité des appels d'offres ANR sur cette discipline à la fois ancienne et très moderne, surtout très fédératrice et transversale.

Sont particulièrement remerciés : Marine Vernet, en fin de thèse pour son travail bénévole d'organisation de la journée ; et le soutien de PIRSTEC.

Bref aperçu des présentations scientifiques

Plusieurs présentations ont concerné la plasticité cérébrale, étudiée via l'adaptation de la saccade oculaire. Nicolas Catz apporte des éléments nouveaux sur les régulations des paramètres temporeux et la base neurale de la plasticité. Denis Pelisson explore les mécanismes différentiels de la plasticité des saccades volontaires et réflexives, le transfert de la plasticité d'un type des saccades à l'autre. Karine Doré-Mazars (avec T Collins, A Fayel, E Orriols et H Deubel), Dorinne Vergilino-Perez (avec L Lavergne, T Collins, A Semroud, E Orrios et K Doré-Mazars), Muriel Panouillères (avec C Urquizar, R Salemm et D Pélisson) présentent également des travaux sur l'adaptation saccadique, aspects attentionnels et transfert spatial. Il s'agit là d'un réseau d'équipes de qualité travaillant sur un thème d'intérêt fondamental. Zoï Kapoula souligne l'intérêt de développer des travaux de plasticité saccadique en neuro-ophtalmologie, rappelant des observations pionnières des patients avec parésies oculomotrices dans les années 70.

Nadia Alahyane utilise l'imagerie cérébrale (IRM) pour cerner les développement cortical chez l'enfant l'adolescent et le jeune adulte, la maturation des réseaux corticaux et sous-corticaux activés pour différents types de saccades (pro-saccades, anti-saccades). Qing Yang (avec Zoï Kapoula) apporte des informations importantes sur le vieillissement différentiel des latences oculaires chez l'Homme sans pathologie : en particulier une fragilité des saccades volontaires mais une robustesse des saccades automatiques.

Patrice Senot (avec E Guillaud, A Ducorps, S Baillet, C Beauvillain) utilise la MEG pour cerner les bases neurales de la réorganisation de l'espace et de la saccade dans le cortex frontal et pariétal (pro- et anti-saccades), Sourour Chetioui (avec C Beauvillain) examine les mécanismes de sélection visuelle et d'orientation de l'attention durant la préparation de la saccade (pro- et anti-saccades). Louisa Lavergne (avec D Vergilino-Perez, M Lappe et K Doré-Mazars) travaille sur les erreurs de localisation liées à l'exécution d'une saccade en fonction de sa taille.

Marie-Laure Bocca présente des études sur les effets du sommeil. Elle démontre que les tests oculomoteurs (pro-saccades vs anti-saccades, gap-overlap évoquant des saccades plus ou



moins automatiques) reflètent les effets du sommeil de manière plus fiable que les tests neuropsychologiques.

Anne Giersch nous amène dans un autre domaine de recherche clinique et fondamentale sur la schizophrénie. L'oculomotricité est un outil prometteur pour rechercher les déficits éventuels sur des processus de base de groupement sensorimoteurs chez ces patients.

E(ye)BRAIN (Serge Kinkingnéhun) en collaboration avec une équipe INSERM (psychiatrie, Marie-Odile Krebs) mène des études oculomotrices en schizophrénie.

Charle Tijus et François Jouen, avec Thierry Baccino et l'équipe en IA de Bernadette Bouchon-Meunier du LIP6 présentent l'intérêt du couplage de capteurs multiples incluant l'oculométrie, l'EEG, l'actimétrie et le recueil des données physiologiques (rythme cardiaque, respiratoire, réaction électrodermale). Ils proposent une approche systèmes complexes avec des mesures à plusieurs niveaux. Une plateforme idéale pour cerner des questions complexes des sujets en train de réaliser des tâches naturelles complexes (jeu vidéo, cinéma 3D, environnements virtuels, production verbale écrite, ...).

Dans le domaine de la conduite automobile, Frank Mars présente ses recherches sur le contrôle du regard et les stratégies de fixation fréquente du bord intérieur de la route lors d'un virage (point tangent) ; souligne l'importance éventuelle de cette stratégie pour la conception d'assistance à la conduite.

Isabelle Ingster-Moati présente ses recherches sur les enfants dyspraxiques, problème qui touche un nombre considérable d'enfants. L'étude de différents types de mouvements (saccade poursuite, réflexe optocinétique) se révèle d'une grande utilité pour la compréhension des problèmes neuro-physiologiques ; la poursuite verticale étant particulièrement affectée. La nécessité d'instruments de vidéo-oculographie performants en recherche clinique est remarquée...

La partie scientifique de la journée se termine avec trois présentations concernant le problème du contrôle moteur binoculaire et de l'alignement des deux yeux. Zoï Kapoula souligne l'intérêt d'études plus complexes sur la coordination binoculaire du mouvement de deux yeux, l'inclusion de la dimension 3D (deux directions et profondeur). Autrement dit, des études de l'oculomotricité naturelle et écologique. Les travaux de son laboratoire mettent en évidence que la coordination motrice binoculaire s'acquiert en partie, grâce à l'apprentissage oculomoteur ou adaptation et à l'expérience visuelle, jusqu'à 10-12 ans. La coordination reste pauvre chez des enfants avec strabisme, des enfants présentant des vertiges sans déficit vestibulaire, ou des enfants avec dyslexie. Une bonne coordination motrice et visuelle est nécessaire pour une vision bi-fovéale unie, pour la stéréovision et la perception de la profondeur et pour une lecture aisée. Des dysfonctionnements de la coordination binoculaire sont fréquents (10-18% de la population), perturbent la qualité de la vision, et peuvent occasionner fatigue visuelle, céphalées, voire même un vertige et des troubles de l'équilibre chez l'enfant. Les méthodes d'exploration fonctionnelle et de rééducation (orthoptie), restent subjectives. Il y aurait donc une grande nécessité d'enrichissement avec des enregistrements objectifs des deux yeux et de trois composantes (horizontale, verticale, profondeur). A l'hôpital Robert Debré, avec le service ORL (Pr. Van den Abbeele, S Wiener-Vacher) et d'ophtalmologie, le laboratoire IRIS/CNRS, entreprend grâce à un PHRC régional, une opération de recherche fondamentale en clinique sur les déficits oculomoteurs en particulier de la vergence, chez des enfants ou ados présentant des vertiges et troubles d'équilibre en l'absence de pathologie vestibulaire ; l'efficacité des méthodes de rééducation classiques (orthoptie) et nouvelles (basées sur la recherche en physiologie oculomotrice avec enregistrement objectif est évaluée (brevet en cours)

Stephanie Jainta présente des recherches avec des instruments de haute résolution et des analyses fines de la qualité d'alignement des yeux pendant les fixations lors de la lecture ; des défauts d'alignements sont cernés chez l'adulte sain créant des disparités binoculaires. Ces disparités sont idiosyncratiques, leur origine n'est pas tout à fait comprise.

Marine Vernet (avec Qing Yang et Zoi Kapoula) présente des études de la lecture combinant des analyses de la coordination binoculaire et la stimulation magnétique transcrânienne (TMS). La TMS du cortex postérieur pariétal détériore la coordination des saccades et l'alignement des yeux lors des fixations. Ainsi, la lecture est basée sur une activité oculomotrice complexe qui requiert des ressources corticales importantes ; le rôle du cortex pariétal postérieur gauche et droit étant différent, le gauche étant impliqué dans le contrôle binoculaire de la toute première saccade, alors que le droit contrôlerait la séquence oculomotrice.

Start-up et industriels.

E(ye)BRAIN présente une série de coopérations en neurologie (maladie de Parkinson), en psychiatrie et l'imagerie cérébrale, développant ses activités à la Pitié-Salpêtrière et dans différents centres de recherche à Paris.

Dans la même lignée, le laboratoire de Zoi Kapoula avec Marc Verny (Pitié-Salpêtrière, gériatrie neurologique), développe une recherche centrée sur l'apport de l'oculomotricité dans le diagnostic différentiel de la maladie d'Alzheimer versus la démence à corps de Lewy et le suivi de ces maladies via les tests oculomoteurs, programme sélectionné pour un PHRC national – multicentre (brevet en cours).

Miratech est une autre start-up fournissant des services en oculomotricité en média, marketing etc.

Les constructeurs Pertech, TEA (FaceLab), Tobii et SMI présentent ensuite leurs produits : leurs caractéristiques le champ d'application. Les instruments sont les uns plus performants que les autres rendant le choix difficile pour le chercheur. On remarque que le champ d'action le plus important est dans les sciences cognitives, en ergonomie et autres applications.

Des avancements technologiques sont attendus pour des dispositifs de vidéo-oculographie à distance du sujet, de grande résolution temporelle, binoculaires et fiables. Des nombreux secteurs (ophtalmologie, orthoptie, optométrie, posturologie, ORL, neurologie, neuro-pédiatrie etc.) bénéficieraient de ces avancements. Ainsi donc, les industriels ont pu identifier les besoins d'une partie de la communauté scientifique, et les chercheurs des partenariats industriels possibles

Liste des groupes de recherche représentés

« *Espace et action* » U864, Inserm et Université Lyon 1, Bron, France

- Denis Pelisson

Muriel Panouilleres

Laure Pisella

Centre for Neuroscience Studies, Queen's University, Kingston, ON, Canada

Nadia Alahyane

CNRS, INCM, Marseille, France

Laurent Goffart

Neurosciences Integratives et adaptatives, Université de Provence, Marseille

Nicolas Catz

Laboratoire IRIS, Physiopathologie de la Vision et Motricité Binoculaire, CNRS FRE 3154, Paris

Collaboration avec :

-Service d'Ophtalmologie-ORL-Stomatologie, Hôpital Européen Georges Pompidou



*-Pôle Chirurgie (Ophtalmologie-ORL), Hôpital Robert Debré
-Pr. Marc VERNY, Centre de Gériatrie du pavillon Marguerite Bottard, hôpital de la Pitié-Salpêtrière*

- Zoi Kapoula

Qing Yang
Marine Vernet
Eric Matheron
Stephanie Jainta (post-doc)

Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors, Individual Visual Performance, Dortmund, Germany

- Stephanie Jainta

Laboratoire de Psychologie et Neurosciences Cognitives UMR8189, Université Paris Descartes, Boulogne-Billancourt, France

Collaborations avec :

-Hamburg University, Biological Psychology and Neuropsychology, Hamburg, German
-Ludwig-Maximilians-Universität München, Department Psychologie, München, Germany
-Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institute of Psychology, Münster, Germany
-Laboratoire de Neuroscience Cognitive et Imagerie Cérébrale, UPR 640 CNRS
-Centre MEG-EEG - Hôpital Pitié Salpêtrière

Dorine Vergilino Perez
Louisa Lavergne
Karine Dore-Mazars
Cécile Beauvillain
Patrice Sénot
Sourour Chetioui
Semroud Arslan

LUTIN, Laboratoire des Usages en Technologies d'Information Numérique, Paris

Charles Tijus
François Jouen
Claudio Vandì

Équipe PsyCoTec (Psychologie, Cognition, Technologie) IRCCyN (Institut de Recherche en Communications et Cybernétique de Nantes) UMR CNRS 6597

- Franck Mars

Céline Prevost
Mathieu Deroo

Service Ophtalmologie, Hôpital Necker

Isabelle Ingster-Moati

INSERM ERI27-UPRES EA 3917-CHU, Caen &UPRES EA 4042, Orsay

- Marie-Laure Bocca

INSERM U666 « Physiopathologie et Psychopathologie Cognitive de la Schizophrénie »;
Dept de Psychiatrie I - Strasbourg

Anne Giersch

Centre de Psychiatrie et Neurosciences, Paris

Steffen Landgraf

Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, CNRS UMR 5105, Université Pierre Mendès France, Grenoble

Nathalie Guyader
Christian Marendaz

Laboratoire de Neurobiologie des Réseaux Sensorimoteurs, LNRS - CNRS UMR7060,
Université Paris 5 (rue des Saints-Pères), Paris
Henri Gioanni

Département Adaptation aux Systèmes Opérationnels IRBA antenne Brétigny-sur-Orge-
IMASSA
Pascaline Neveu

Osthéopathe posturologue
Alain Faugouin (Paris)

Kinésithérapeutes posturologues
Olivier Bourdeaux
K. Houfani

Association française de posturologie
Pierre-Marie Gagey

SIRV, Société Internationale de Réhabilitation Vestibulaire
Alain Bauwens

Orthoptistes
Anne Charpentier (Essonne)
Annick De Lesdain

Industriels et strat-up représentés

e(ye)BRAIN (Serge Kinkingnéhun et Magali Seassau)

PERTECH (Jerôme Baujon et Serge Boehm)

TEA, FaceLAB (Stéphane Folley)

Tobii (Antoine Luu)

SMI (Markus Doelle)

Mocaplab (Rémi Brun)

Miratech (Jérémy Eskenazi)

Technoconcept (Stevy Farcy)

La mémoire : fonctionnement et dysfonctionnements

Par Serge Laroche et Bruno Poucet

Comprendre le fonctionnement du cerveau, décrypter les bases neurales de la plasticité cérébrale, des adaptations comportementales et des fonctions cognitives comme la perception, l'apprentissage et la mémoire, l'attention, les émotions, ou la prise de décision ; identifier les mécanismes responsables des pathologies connexes et soigner les maladies du cerveau sont des enjeux majeurs de la science du 21^{ème} siècle, du triple point de vue de la connaissance, de la technologie et de la santé publique.

Ce domaine a connu ces dix dernières années un essor considérable au niveau international accompagné d'un renouveau important sur les plans conceptuel et méthodologique. À l'évidence, les succès anticipés depuis quelques années dans le domaine des neurosciences de la mémoire émergent nettement aujourd'hui grâce notamment aux formidables développements des connaissances dans le domaine de la post-génomique fonctionnelle et de la biologie cellulaire et moléculaire du neurone d'une part, de la neurophysiologie des ensembles neuronaux et de la neuroimagerie cognitive de l'autre. Cette véritable révolution a été rendue possible par le décloisonnement des problématiques et par la formation de nouvelles sphères d'interactions entre disciplines où l'on assiste à un important travail d'unification de nature technologique et conceptuelle. C'est aussi dans le cadre de ces nouvelles connaissances que sont profilées aujourd'hui nombre de recherches fondamentales et appliquées chez l'Homme, qu'elles touchent à la pharmacologie de la mémoire ou aux dysfonctionnements mnésiques qui surviennent lors du vieillissement ou de maladies neurodégénératives, neurologiques ou psychiatriques (Alzheimer, Parkinson, Huntington, retard mentaux d'origine génétique, autisme, schizophrénie, dépression, troubles bipolaires, épilepsie, accidents vasculaires cérébraux, troubles du développement, comportements addictifs, etc.).

Ces nouvelles synergies, qui ont permis le plein essor des démarches fondées sur l'intégration des niveaux d'analyse du neurone à la fonction, permettent de caractériser l'évolution récente en neurosciences de la mémoire par trois aspects marquants et interdépendants :

Un renouveau conceptuel de la notion de pluralité des processus de mémoire et de catégorisation des systèmes de mémoire qui conduit à une réévaluation des rôles spécifiques de différentes structures et circuits cérébraux. Un effort important de recherche est mené sur les supports neurobiologiques de mémoires explicites et implicites, où les nouvelles connaissances voient une harmonisation des théories issues des recherches chez l'homme, les primates et les rongeurs. On peut citer en particulier une redéfinition du rôle des aires hippocampiques et des cortex adjacents dans les mémoires épisodiques, ou de l'amygdale dans la mémoire émotionnelle ; le développement des études du rôle des ganglions de la base et de leurs relations corticales dans des mémoires procédurales ; l'analyse du codage et du décodage des représentations sensorielles et motrices dans les structures corticales. Cet intérêt se manifeste notamment dans les études comportementales qui conduisent à la conception de nouveaux tests d'exploration fonctionnelle chez l'animal permettant, par exemple, l'étude des mécanismes de représentation spatiale, d'attention sélective, de gestion des informations contextuelles, de décision, de rappel et d'oubli, ou encore d'automatisation et de procéduralisation en mémoire. L'accent est mis sur une approche analytique et intégrative qui met aussi en valeur non seulement les interrelations entre systèmes de

mémoire mais surtout la dynamique des fonctions mnésiques. Des exemples frappants de cet aspect de la dynamique des traces mnésiques sont la reformulation récente des concepts de consolidation et de reconsolidation post-rappel et la redéfinition des circuits neuronaux impliqués dans des mémoires récentes ou anciennes, aussi bien au niveau systémique que cellulaire. D'autres aspects clé concernent les interactions entre les grands systèmes neuromodulateurs (dopamine, sérotonine, acétylcholine etc..) et les réseaux de traitement de l'information, ainsi que les relations entre motivation et mémoire, émotion et mémoire, ou l'ontogenèse des processus mnésiques en relation avec la construction du cerveau.

Le deuxième grand domaine d'étude de la mémoire où des avancées importantes ont été réalisées concerne la recherche du code neural des souvenirs. Des avancées significatives ont été rendues possibles notamment grâce aux progrès récents dans les méthodes d'enregistrement d'ensembles neuronaux chez l'animal éveillé en situation d'apprentissage (50-150 neurones enregistrés simultanément). Les recherches actuelles remettent en cause les grands schémas localisationnistes de la mémoire et mettent en lumière non seulement la sélectivité des activations neuronales pour certaines catégories d'informations (par exemple, les cellules de lieu et de direction dans l'hippocampe) mais aussi la coopérativité des différents réseaux neuronaux mis en jeu depuis les étages sensoriels jusqu'aux régions les plus intégratives ; coopérations dynamiques étudiée par l'analyse de couplages temporels d'activité neuronale, de synchronisations, d'oscillations et de propagation d'activité dans des réseaux distribués. Les succès de cette approche reposent sur des enregistrements multi-sites *in vivo* et des collaborations interdisciplinaires permettant une analyse du signal performante. Elle devrait permettre de détecter la formation temporaire d'assemblées de neurones à des moments précis d'une tâche comportementale et aboutir à la formalisation de modèles dynamiques reposant sur les propriétés d'état des réseaux activés au cours de différentes phases du traitement de l'information mnésique. Ce domaine passe aussi par des interactions fortes avec les approches computationnelles impliquant modélisation mathématique et statistique.

Le troisième domaine qui a connu des avancées spectaculaires concerne les mécanismes cellulaires et moléculaires de la mémoire et des dysfonctionnements de la mémoire. D'un côté, les approches neurophysiologiques et de nouvelles méthodes d'imagerie cellulaire ont permis des percées spectaculaires dans l'analyse des mécanismes de communication intercellulaire et de plasticité neuronale impliqués dans la formation et la conservation de traces mnésiques. Dans le cadre de la post-génomique fonctionnelle, la connaissance de plus en plus approfondie des génomes a ouvert de nouveaux défis en neurosciences de la mémoire qui vont de l'identification de la fonction des gènes et protéines neuronales au développement d'outils de diagnostic et de médicaments. Ces approches ont permis l'identification de certaines voies de signalisation neuronales qui servent les processus de plasticité et de mémoire, depuis l'activation des récepteurs et canaux ioniques, messagers intracellulaires et intercellulaires et cascades d'activation de protéines, jusqu'à la régulation de gènes et de protéines neuronales et le remodelage des réseaux neuronaux ; mécanismes dont nous commençons seulement à entrevoir l'organisation et le fonctionnement normal. Par exemple, l'étude de modèles murins obtenus par la mise en œuvre des techniques de transgénèse, de mutagenèse, ou d'outils d'analyse génomique et protéomique à grande échelle et d'intervention sur des cibles moléculaires (RNAi, vectorologie, imagerie génique *in vivo*, etc.), est devenue incontournable pour la compréhension des mécanismes moléculaires et génétiques complexes qui contrôlent la genèse, le fonctionnement et les adaptations des réseaux neuronaux par l'expérience. Ces dernières années ont aussi été marquées par la reconnaissance de l'importance des régulations par l'expérience des programmes d'expression géniques des neurones et la mise en lumière de l'importance et de la complexité des régulations épigénétiques, des thèmes en émergence qui seront déterminants pour la compréhension du fonctionnement et des dysfonctionnements du cerveau dans de nombreuses pathologies. Grâce à ces modèles et à de nouvelles interactions entre neurosciences intégratives, génétique moléculaire et génomique fonctionnelle, un effort particulièrement intense a également été réalisé dans le domaine des bases neurales et

moléculaires des dysfonctionnements de la mémoire en relation avec le vieillissement cognitif ou certaines atteintes neurologiques ou psychiatriques caractérisées par des perturbations des fonctions mnésiques.

Enfin, des découvertes récentes spectaculaires comme la dynamique morphologique neuronale et la génération de nouveaux neurones chez l'adulte dans certaines structures centrales des invertébrés et des vertébrés, y compris chez l'Homme, ouvrent des horizons insoupçonnés sur les capacités de plasticité du cerveau en relation avec le fonctionnement et les dysfonctionnements du cerveau. Là encore, de nouveaux outils moléculaires ouvrent la voie d'une analyse du rôle des cellules souches neurales et de la neurogenèse adulte dans les processus mnésiques. Sont particulièrement étudiées les capacités régénératives des cellules souches neurales, les possibilités de leur (re)programmation, le contrôle de leur prolifération, les modalités de leur différenciation et de leur survie et de leur intégration fonctionnelle dans les réseaux neuronaux dans des situations physiologiques et pathologiques. L'accroissement des connaissances dans ces domaines et le développement de modèles animaux pertinents pour les analyses fonctionnelles et les tests de stratégies thérapeutiques seront d'une importance considérable sur le plan fondamental comme biomédical. Les connaissances sur l'implication des neurones néoformés chez l'adulte dans des fonctions cognitives et affectives, sur les altérations des mécanismes de prolifération ou de survie neuronale dans différentes neuropathologies et les premières tentatives de thérapie cellulaire ou de redirection des précurseurs neuronaux vers des zones non neurogéniques lésées sont des enjeux majeurs de la recherche actuelle. Elles ouvrent de nouveaux défis pour la réparation du système nerveux lésé ; un des grands espoirs des thérapies du futur.

Malgré ces avancées importantes, il est clair que la compréhension complète des mécanismes de la mémoire et de ses dysfonctionnements reste un objectif lointain. Une des difficultés majeures de la recherche dans ce domaine tient à la complexité du système nerveux où se superposent de nombreux niveaux interdépendants, depuis les édifices macromoléculaires formant les constituants élémentaires des cellules nerveuses, aux réseaux de signalisation intra et intercellulaires, aux connexions cellulaires et circuits locaux, et à la connectivité à grande échelle dans l'organisation anatomique globale du cerveau. Dans toutes ces orientations de la recherche, le défi majeur qui est posé aujourd'hui est de comprendre les interactions entre différents niveaux d'analyse et d'organisation, depuis les niveaux moléculaires et cellulaires, et celui des micro- et macro-réseaux neuronaux et de leur plasticité, jusqu'à l'expression des fonctions cognitives et des adaptations comportementales. Une intégration forte des approches « bottom-up » et « top-down » intégrant différents niveaux d'analyse et affranchi des cloisonnements disciplinaires et méthodologiques semble seule à même de permettre d'avancer dans la compréhension des règles qui lient la machinerie moléculaire à la physiologie du cerveau et aux processus cognitifs. Dans cette démarche, le va-et-vient entre normal et pathologique constitue un élément clé permettant à la fois d'éclairer la compréhension du fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, d'identifier les mécanismes responsables de dérégulations des comportements, de handicaps ou de maladies neurodégénératives, neurologiques ou psychiatriques, et enfin de rechercher des stratégies thérapeutiques innovantes (génétiques, pharmacologiques, comportementales), un enjeu sociétal majeur. Une politique incitative de rapprochement entre les différentes approches des neurosciences de la mémoire et le développement d'interfaces nouvelles est nécessaire pour réussir une véritable approche intégrative des mécanismes et des pathologies de la mémoire. C'est à ce prix que les propriétés fonctionnelles du système nerveux pourront être réellement expliquées et que des interventions thérapeutiques rationnelles et innovantes pourront être développées. Les enjeux dans ce domaine sont immenses puisqu'il s'agit non seulement de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, mais aussi de répondre au coût économique et social que représente aujourd'hui le bien être tout au long de la vie, la prévalence des maladies mentales, l'incidence accrue des démences comme la maladie d'Alzheimer ou encore les comportements addictifs.

Ces dernières années, des incitations et des soutiens du ministère, des universités et des organismes de recherche dans le domaine des mécanismes de la mémoire ont permis la constitution progressive d'une large communauté scientifique structurée en France qui tient bien sa place dans une compétition internationale de plus en plus vive. Ces efforts, mêmes modestes comparés aux moyens gigantesques qui sont mobilisés aux Etats-Unis au Royaume- Uni, en Allemagne, au Japon ou en Chine, s'amenuisent et il est à craindre que notre pays perde la dynamique qui a été engagée. Il est donc urgent que des initiatives soient prises pour poursuivre les efforts auparavant engagés dans ce domaine vital de la recherche. Le tissu de recherche français est particulièrement favorable pour la mobilisation des forces dans ce domaine dont les enjeux sont considérables aussi bien pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée ou le secteur industriel. La société attend des neurosciences dans ce domaine des retombées majeures dans les champs de la connaissance, de l'éducation et de la santé.

Spécificités du langage : des questions à approfondir

par Bernard Victorri

Lattice-CNRS, ENS

Dans quelle mesure l'activité langagière fait-elle appel à des compétences différentes des compétences cognitives présentes chez un certain nombre d'espèces animales, et, plus spécifiquement, des compétences à l'œuvre dans d'autres activités cognitives humaines ?

Ces questions, on le sait, ont reçu des réponses radicalement opposées de la part des linguistes qui revendiquent le label de "linguistique cognitive". Pour Chomsky et la plupart des générativistes, la faculté de langage tient essentiellement à un système computationnel unique en son genre, sans aucun équivalent dans le monde biologique en général ni dans le reste de la cognition humaine en particulier. Du côté des tenants des grammaires cognitives, on estime au contraire que l'activité langagière repose principalement sur des compétences cognitives générales, et l'on insiste sur les points communs avec d'autres aspects de la cognition humaine, notamment la perception visuelle.

Pendant longtemps, ces prises de position extrêmes ont donné aux débats sur ces questions une coloration plus idéologique qu'autre chose, chaque camp en faisant un point de doctrine intangible, et ces blocages ont considérablement gêné le développement de recherches dégagées de tout apriori, condition sine qua non pour examiner plus en détail et plus en profondeur ces questions, qui méritent sans doute des réponses moins caricaturales.

Il me semble qu'aujourd'hui on peut considérer que ces querelles assez stériles peuvent être dépassées et proposer un programme de recherche capable de rassembler l'ensemble des chercheurs dans le domaine autour de questions précises, susceptibles de faire avancer nos connaissances sur ce sujet dont l'intérêt est indiscutable, le langage étant lui-même au cœur des spécificités de la cognition humaine, notamment parce qu'il est à l'origine de l'intrication indissociable entre cognition individuelle et cognition sociale caractéristique de notre espèce. On peut distinguer trois grands axes de réflexion complémentaires que je vais présenter ici très succinctement.

A. Les mécanismes cognitifs impliqués dans le langage

Il s'agit d'examiner quelles sont les différentes opérations cognitives à l'œuvre dans l'activité de langage, en précisant pour chacune son degré de spécificité en comparant avec d'autres activités cognitives chez l'animal et l'homme.

A titre d'illustration, voici une liste de quatre de ces "mécanismes cognitifs" que je donne ici simplement pour montrer concrètement ce que j'entends par ce terme (sans aucune prétention à l'exhaustivité). Sur les quatre, les deux premiers sont très largement répandus dans le règne animal, le troisième correspond à un développement plus important des capacités perceptives d'un nombre plus restreint d'espèces, et le quatrième est plus spécifique de quelques types bien particuliers d'activités cognitives que je réserverais à tout petit nombre d'espèces, voire uniquement à l'homme.

1) Le mécanisme de catégorisation

C'est le mécanisme qui permet de regrouper des inputs semblables, proches sur la plupart des dimensions perçues, pour les traiter de la même manière (à un niveau donné : réagir par une même réponse motrice, provoquer un même comportement, associer un même symbole, etc.)

2) Le mécanisme d'invariance perceptive

Complémentaire du précédent, ce mécanisme permet d'identifier comme identiques des inputs qui peuvent être très éloignés sur certaines dimensions perçues, mais qui sont les transformations les uns des autres par des mouvements moteurs (translations ou

homothéties dans l'espace pour le système visuel, translations dans la dimension fréquentielle pour un input sonore, etc.)

3) Le mécanisme de compositionnalité gestaltiste

Ce mécanisme permet de traiter des stimuli complexes suivant le principe gestaltiste d'interaction entre le tout et les parties : chaque élément de l'ensemble contribue à donner un sens global au tout, mais dans le même temps, c'est l'appartenance à ce tout qui permet de donner un sens à chacun des éléments. Cette opération est nécessaire aussi bien pour la perception visuelle de formes complexes (reconnaissance de visage, par exemple) que pour la compréhension d'énoncés (relations actanciennes dans une phrase simple, par exemple).

4) Le mécanisme de composition séquentielle hiérarchique

Ce mécanisme permet de traiter des éléments de niveaux hiérarchiques différents disposés linéairement. C'est ce mécanisme qui est nécessaire pour traiter la récursivité à l'œuvre dans les phrases complexes. Mais ce n'est pas pour autant forcément le mécanisme de récursivité infini, à l'œuvre à tous les niveaux de l'organisation syntaxique, postulé par la grammaire générative chomskyenne. En fait, on peut se passer de la récursivité chomskyenne pour le traitement des syntagmes nominaux et prépositionnels, pour l'organisation actancielle, etc., et, de plus, là où ce mécanisme est vraiment nécessaire, c'est-à-dire pour l'enchâssement d'une proposition à l'intérieur d'une autre, le nombre de niveaux hiérarchiques à traiter de manière récursive est toujours très faible. Ce mécanisme serait aussi à l'œuvre dans d'autres activités cognitives humaines, comme la planification des actions ou encore la musique.

B. Les fonctions du langage

Il s'agit d'identifier les fonctions du langage qui lui sont spécifiques par rapport aux autres systèmes de communication animales et, aussi, aux autres systèmes symboliques humains (dans la mesure où on peut les analyser indépendamment du langage, dont ils sont en général plus ou moins fortement dépendants).

Cela réclame d'abord de classer ces différentes fonctions, un travail qui est loin d'avoir été mené à son terme de manière satisfaisante, malgré un certain nombre de tentatives dans ce domaine. Si l'on prend comme point de départ la classification de Jakobson, sur les six fonctions qu'il a identifiées, trois d'entre elles semblent assez largement répandues dans la communication animale, à savoir les fonctions expressive, conative et phatique. En revanche, deux semblent beaucoup plus spécifiques : la fonction poétique et la fonction métalinguistique, cette dernière étant sans doute l'apanage exclusif du langage. Mais c'est surtout la fonction dite référentielle (ou représentationnelle) qui mérite d'être étudiée de plus près. Celle-ci est en effet une classe fourre-tout, qu'il faudrait diviser en fonctions plus précises. Ainsi on sait aujourd'hui que d'autres systèmes de communication animale permettent l'échange d'informations factuelles sur la situation présente. En revanche, des fonctions comme la fonction argumentative et la fonction narrative sont, semble-t-il, tout aussi spécifiques du langage humain que la fonction métalinguistique.

Cette réflexion sur les fonctions du langage est importante notamment pour comprendre comment le langage a pu apparaître au cours de l'hominisation, et pour expliquer le rôle qu'il a joué dans la structuration des sociétés humaines.

C. La dynamique d'évolution des langues

Il s'agit d'une autre grande spécificité du langage humain qui reste en grande partie énigmatique. Comme on le sait, les langues évoluent sans cesse, sans pour autant s'améliorer, au sens où toutes les langues passées ou présentes connues semblent avoir la même puissance d'expression (je parle bien entendu de l'évolution structurelle des langues, morpho-syntaxique et grammaticale, et non de l'évolution du lexique, qui, elle, ne remet pas en cause la structure d'une langue, puisque la création de nouveaux mots de vocabulaire fait partie de la productivité intrinsèque de toutes les langues). Il semble même que cette évolution structurelle soit cyclique, certaines caractéristiques apparaissant et disparaissant régulièrement au cours du temps (ainsi des langues isolantes donneraient naissance à des langues agglutinantes, qui elles-mêmes évolueraient en langues flexionnelles, pour redonner à leur tour des langues isolantes...).

Contrairement à d'autres systèmes évolutifs, comme les espèces biologiques, ou d'autres systèmes sociaux (le droit, par exemple), il ne semble pas exister de principe d'optimisation locale à l'œuvre. L'idée que cette évolution serait due au jeu des forces opposées ne suffit pas

à expliquer que le système ne se stabilise pas. Ainsi, on a souvent invoqué le fait que comme les locuteurs cherchent à dire le plus de choses possible en un minimum de temps, cela provoquerait une érosion progressive du matériau linguistique qui aboutirait à des énoncés de plus en plus ambigus, ce qui serait alors combattu par la mise en place de nouvelles tournures capables de désambiguïser le message au prix d'un nouvel allongement, de manière à ce que les locuteurs puissent être compris. Mais en fait si cette explication était bonne, on ne voit pas pourquoi l'érosion ne s'arrêterait pas avant que les ambiguïtés ne soient trop fortes, aboutissant ainsi à un état stable qui serait le compromis optimal entre ces deux impératifs contraires.

Il faut peut-être chercher l'explication à l'extérieur du langage lui-même. On peut par exemple remarquer que le processus d'acquisition de la langue ne se réduit pas à une simple reproduction, mais implique une véritable appropriation, l'enfant transformant à sa façon le matériau linguistique qui lui est soumis pour le faire sien, tant la langue joue un rôle capital dans la structuration de sa personnalité. De même on peut constater des phénomènes analogues au niveau des groupes sociaux, l'appropriation de la langue par chaque groupe le conduisant là aussi à déformer la langue commune pour affirmer son identité propre (socioculturelle, géographique, générationnelle, etc.) par rapport au reste de la société. Il s'agit là, me semble-t-il, d'un vaste champ de recherche pour les sciences cognitives, à la fois dans le domaine de la cognition individuelle et dans celui de la cognition sociale.

Parole et Cognition.

Par l'Association Francophone de la Communication Parlée

Bilan et prospective de l'Association Francophone de la Communication Parlée

Coordination : Pascal Perrier – Gipsa-lab, CNRS, Grenoble INP, U. Stendhal, Grenoble

Membres du CA de l'AFCP :

Gilles ADDA, LIMSI, LIMSI, Paris
 Alexandre ALLAUZEN, LIMSI, Paris
 Melissa BARKAT-DEFRADAS, Praxiling, Montpellier
 Laurent BESACIER, LIG, Grenoble
 Jean-François BONASTRE, LIA, Avignon
 Philippe BOULA DE MAREUÏL, LIMSI, Paris
 Véronique DELVAUX, UMH, Mons
 Isabelle FERRANE, IRIT, Toulouse
 Cécile FOUGERON, Lab. Phonétique et Phonologie, Paris
 Corinne FREDOUILLE, LIA, Avignon
 Alain GHIO, LPL, Aix-en-Provence
 Guillaume GRAVIER, IRISA, Rennes
 Bernard HARMEGNIES, UMH, Mons
 Irina ILLINA, LORIA, Nancy
 Bruno JACOB, LIUM, Le Mans
 David LANGLOIS, LORIA, Nancy
 Fabrice LEFEVRE, LIA, Avignon
 Thierry LEGOU, LPL, Aix-en-Provence
 Georges LINARES, LIA, Avignon
 Sylvain MEIGNIER, LIUM, Le Mans
 Christine MEUNIER, LPL, Aix-en-Provence
 Fanny MEUNIER, DDL, Lyon
 Yohann MEYNADIER, LPL, Aix-en-Provence
 François PELLEGRINO, DDL, Lyon
 Pascal PERRIER, DPC/GIPSA-lab, Grenoble
 Albert RILLIARD, LIMSI, Paris
 Solange ROSSATO, DPC/GIPSA-lab, Grenoble
 Christine SENAC, IRIT, Toulouse
 Rudolph SOCK, IPS, Strasbourg
 Ioana VASILESCU, LIMSI, Paris
 Béatrice VAXELAIRE, IPS, Strasbourg

L'Association Francophone de la Communication Parlée est une association à but non-lucratif consacrée au soutien, au développement, à la diffusion et à la promotion des différentes spécialités des sciences de la communication parlée, dans la communauté francophone. Elle compte de l'ordre de 150 adhérents travaillant dans les principaux laboratoires de recherche sur la communication parlée dans la zone francophone. Leurs activités de recherche portent sur l'ensemble des domaines de la communication parlée : sciences du langage, psycholinguistique, apprentissage de la parole, étude cérébrale des fonctions langagières, pathologies de la parole, pathologies cérébrales et parole, perception de la parole, contrôle moteur de la parole, acoustique de la parole, modélisation physique de la parole, interaction entre agents communicants, communication homme-machine, traitement du signal de parole, synthèse et reconnaissance de la parole. Ils appartiennent à des labos ou des secteurs disciplinaires relevant des STIC, des SHS et des SDV. Une très forte proportions des recherches qui sont ainsi développées se situent de plein pied dans le champ des Sciences Cognitives ou ont de fortes interactions avec lui. Ces travaux s'articulent autour de 6 grands axes que nous développons ci-dessous. Ces recherches utilisent des méthodologies expérimentales et des démarches modélisatrices partagées avec les domaines de la psychologie expérimentale, psychoacoustique, contrôle moteur et vision. Elles 'appuient sur des études menées sur des sujets normaux et des sujets pathologiques, atteints de pathologies périphériques ou cérébrales, et s'effectuent le plus souvent dans un contexte multilingue.

I. Apprentissage

Sous cet intitulé on entend aussi bien l'acquisition de la parole chez l'enfant que l'apprentissage d'une langue seconde chez l'enfant ou l'adulte

Les recherches sur les aspects ontogénétiques portent sur les points suivants :

- Etude des rôles respectifs des caractéristiques anatomiques, des propriétés du système moteur, orofacial et manuel, et des propriétés du système perceptif, et de leurs interactions, dans l'émergence des unités du langage et des structures rythmiques, au cours de la période allant du babillage canonique à l'apparition des premiers mots.
- Etude chez l'enfant de l'émergence de la conscience phonologique et du développement phonético-phonologique, lexical et morpheo-syntaxique ; étude du rôle de la littéracie dans ce développement.
- Emergence des représentations articulatoires et acoustiques associées aux unités phonologiques
- Influences socioculturelles sur le développement précoce
- Caractérisation des aptitudes cognitives conférant à l'homme la capacité du langage parlé, et expliquant les différences entre les systèmes de communication animaux et le langage parlé humain.

Les recherches sur l'apprentissage d'une langue seconde traitent des questions suivantes :

- Etudes du rôle des représentations phonologiques de la langue première ; étude des phénomènes d'assimilations perceptives et de réparations phonologiques.
- Imagerie cérébrale de l'acquisition d'une langue seconde : différences entre « bons » apprenants et « mauvais » apprenants ; étude de la plasticité cérébrale associée à l'acquisition d'une langue seconde ; comparaison entre sujets monolingues et bilingues.
- Etude du rôle potentiel d'un feedback multi-sensoriel (articulatoire et acoustique) virtuel dans l'amélioration de la prononciation d'une langue seconde.

II. Production de la parole

Les questions posées concernent la nature des unités phonologiques de base, celle des représentations associées à ces unités, ainsi que les stratégies motrices élaborées pour le contrôle des articulateurs de la parole :

- Quelles sont les unités phonologiques de base sous-jacentes à la production de la parole ? Phonèmes, syllabes, bi-syllabes, mots.....

- Les représentations des unités phonologiques sont-elles motrices, sensorimotrices, orosensorielles, acoustiques, multimodales ? Correspondent-elles à des trajectoires temporelles ou à des cibles ? ; Si les représentations sont multimodales, quels sont les relations entre les différentes modalités (cartes sensorimotrices) et existe-t-il une hiérarchie entre elles ?
- Quelles sont les stratégies de planification des gestes articulatoires sous-jacentes à la production de séquences de parole ? Répondent-elles à des critères d'optimalité, motrice, perceptive ou dans la négociation perception-action ? Quelles sont les mécanismes potentiels de synergies inter-articulatoires et dans quelle mesure sont-ils exploités ? Quel contrôle pour le temps ? Est-il intrinsèque ou extrinsèque ? Le référent temporel est-il absolu ou relatif ?
- Quel est le niveau de complexité des représentations internes du système de production de la parole utiles ou nécessaires pour le contrôle de la production de la parole ?
- Quel contrôle pour la prosodie et comment interagit-il avec le contrôle segmental ?

III. Perception Multimodale

Les travaux portent ici sur la nature et l'émergence des représentations exploitées en perception de la parole, sur les interactions entre les modalités visuelle et auditive, sur les interactions entre les représentations motrices et les catégories perceptives. Ils s'organisent autour des questions suivantes :

- Etude des mécanismes d'émergence des représentations utilisées en perception de la parole. S'agit-il de représentations abstraites inhérentes au système linguistique du locuteur ? S'agit-il de représentations à base d'exemplaires élaborés par l'auditeur en interaction avec la variabilité des productions de ses interlocuteurs ? S'agit-il d'attracteurs dynamiques non-linéaires dont les capacités d'attraction respectives évoluent avec l'apprentissage de la langue ?
- Autour du débat sur la théorie motrice de la perception et de la découverte des neurones miroirs, étude de la prise en compte de représentations motrices et/ou articulatoires dans la perception de la parole ; étude de l'influence du feedback orosensoriel et des représentations motrices sur l'émergence et l'évolution des catégories perceptives.
- Etude des interactions audiovisuelles en perception de parole et dans l'analyse de scènes.

IV. Compréhension du langage parlé

Ces travaux visent à étudier comment les traitements de haut niveau de nature linguistique et des traitements de bas niveau de nature auditive coopèrent pour la compréhension du langage parlé. Les directions de recherche sont les suivantes :

- Etude des indices issus de la morphologie et de la syntaxe ainsi que des informations sémantico-pragmatiques exploités dans les mécanismes de compréhension du langage ; étude de la variabilité de ces facteurs et de leur traitement selon la langue.
- Etude du rôle de la prosodie dans la mise en œuvre de ces facteurs
- Etude de la coopération entre système auditif et système cognitif mise en œuvre dans la compréhension de la parole dans des conditions dégradées ; étude des spécificités propre à chaque langue

V. Parole et Cerveau

Ces recherches exploitent différentes techniques d'imagerie cérébrale pour déterminer la nature des traitements cérébraux mis en œuvre dans la production et la perception de la parole, ainsi que leurs localisations et leurs interactions. Les sujets de ces expériences d'imagerie cérébrale sont des sujets sains et des sujets atteints de pathologies cérébrales, affectant ou non la capacité de langage.

- Etude des circuits cérébraux de la communication parlée : description spatiale des zones cérébrales impliquées et évaluation d'hypothèses sur leurs connexions et leurs couplages fonctionnels.
- Etude des relations entre capacité de langage et autres capacités cognitives ; étude de l'ontogénèse de la capacité linguistique et de sa place dans l'architecture cérébrale
- Etude de la plasticité cérébrale associée à des perturbations graves des appareils périphériques de production et de perception de la parole.
- Etude des perturbations de la production et/ou de la perception de la parole associées à certaines pathologies cérébrales n'affectant pas directement les circuits neuronaux de la communication parlée (Alzheimer, Schizophrénie...).
- Etudes des corrélats cérébraux du couplage geste-parole

VI. Interaction face à face entre agents communicants

Il s'agit ici d'étudier les aspects non strictement langagiers qui participent, accompagnent ou enrichissent les échanges d'informations entre individus communicants face à face par le langage.

- Interaction conversationnelle, imitation et effet de convergence. De nombreuses études ont montré qu'au cours d'une conversation, les interlocuteurs ont tendance à s'imiter mutuellement, dans leurs gestuelles, mais aussi dans la prononciation et la prosodie de la parole. C'est l'effet de convergence. L'étude de ces comportements permet de mieux comprendre certains aspects des influences réciproques des mécanismes perceptifs et des mécanismes moteurs ou articulatoires dans la communication parlée.
- Etude du rôle de la prosodie dans l'identification des émotions et des intentions de l'interlocuteur ; recherche des liens entre ce mécanisme d'identification et la mémoire et l'attention.
- Caractérisation des signaux autres que ceux de parole utilisés dans la communication et identification de leurs rôles.
- Interaction gestes-parole

Processus cognitifs de la Perception chimique

Par Jean-Pierre Royet

Participants :

Lyon: UMR 5020 CNRS (Jean-Pierre Royet, Jane Plailly, Moustafa Bensafi),

Dijon : UMR 1129 FLAVIC, INRA (Claire Sulmont-Rossé, Sylvie Issanchou, Stéphanie Chambaron-Gihnac, Thierry Thomas-Danguin) ; UMR CNRS 5170, CESG (Gérard Coureaud, Benoit Schaal), (UMR CNRS 5120, Lyon)

Besançon : Université de Franche-Comté (Jean-Louis Millot, Gérard Brand).

Introduction

Il est courant d'entendre dire que **le sens olfactif** est sous-développé, voire dégénéré chez l'homme. Il est toutefois de plus en plus montré que ce sens joue un rôle prépondérant dans nos comportements, que ce soit consciemment ou inconsciemment. Ainsi, quelques études ont montré qu'une odeur pouvait déclencher un comportement, ou une réponse verbale, sans que les participants ne soient conscients d'avoir été exposés à cette odeur et surtout sans qu'ils n'aient conscience d'une association entre l'odeur et leur comportement. Le propos de notre communauté scientifique est de comprendre les processus cognitifs qui sous-tendent la perception olfactive. Cela inclut les processus associés à la détection, la mémoire et l'identification des odeurs, et ceux qui sous-tendent la dimension émotionnelle. Le sens olfactif est classiquement intégré aux **sensorialités chimiques** qui comprennent également **les sens gustatif et trigéminal** (composante somesthésique). L'étude des processus cognitifs associés à l'un de ces sens implique que l'on étudie également ceux liés aux autres sens, car ils interagissent étroitement entre eux.

Peu d'équipes de recherches fondamentales travaillent sur la question des sens chimiques chez l'Homme dans le monde. Jusqu'à peu de temps, elles ne recouraient qu'aux techniques de psychologie expérimentale et cognitive pour tenter de comprendre les mécanismes sous-jacents. Les techniques électrophysiologiques de scalp fondées sur l'enregistrement de potentiels évoqués ont été peu utilisées car les circuits des sens chimiques sont tous situés en profondeur dans le cerveau. L'avènement des techniques d'imagerie cérébrale (TEP, IRMf) a par contre révolutionné notre compréhension des bases neuronales des sens chimiques et principalement de la perception olfactive. A ce jour, huit équipes au plus dans le monde dont 4 en Europe et une en France utilisent ces techniques de manière suivie pour percer les bases neuronales de ces trois modalités sensorielles.

Enjeux théoriques

Les champs majeurs d'application de nos connaissances de la sensorialité olfactive chez l'homme sont le comportement de consommation alimentaire et les interactions sociales entre individus. Ils intègrent la mise en évidence des circuits neuronaux impliqués dans la prise de décision et peuvent ainsi également déboucher sur l'étude de nos comportements en termes économiques (neuroéconomie). Dans le cas du comportement alimentaire, les questions soulevées intéressent non seulement l'INRA, mais également le domaine de la médecine puisque les troubles du comportement alimentaire peuvent être associés à un dysfonctionnement de la perception olfactive. Enfin, la connaissance des processus olfactifs chez les sujets sains et âgés est essentielle tandis que la détérioration de ces processus lors du vieillissement représente un problème courant pour détecter une fumée d'incendie, une fuite de gaz, ou un environnement pollué.

Eléments de prospectives

Les processus cognitifs de la perception olfactive

Les processus de mémoire et la prise de décision (Plailly J. et Royet J.P.)

Pour bien appréhender l'impact conscient ou inconscient de odeurs sur le comportement, il est crucial d'étudier les processus associés à la mémoire des odeurs : Est-ce que des réseaux neuronaux distincts sont activés dans la mémoire à long terme et celle à court terme ? Quelles sont les aires impliquées dans la **mémoire de travail** ? Quels sont les réseaux activés lors d'une tâche de **mémoire épisodique** ? Est-ce que les circuits neuronaux associés au souvenir ou au jugement de **familiarité** sont distincts ? Dans quelle mesure cette mémoire est modulée par l'**émotion** et la richesse de l'information multisensorielle disponible ? Un autre élément majeur de prospective est l'étude des phénomènes de **distorsion de la mémoire et de ses imperfections** chez le sujet sain. Est-ce que des réseaux neuronaux distincts sont activés selon que le sujet adopte une attitude conservatrice ou libérale ? Quel est l'impact du **degré de confiance** qu'a un sujet sur sa réponse, et quels sont les facteurs qui motivent sa **prise de décision**.

La connaissance de ces processus cérébraux est utile à la compréhension des réactions de consommation alimentaire de tout un chacun. La connaissance préalable de ces processus chez le sujet sain est également indispensable pour mieux appréhender leur altération chez le patient qui présente un dysfonctionnement de la perception des odeurs ou du goût, qu'il résulte du vieillissement ou d'une maladie neurodégénérative.

Les processus attentionnels (Brand G. et Jacquot L.)

Quel est l'impact des odeurs ambiantes sur les **processus attentionnels**, et quelles sont les caractéristiques du stimulus odorant qui modulent ce niveau d'éveil (arousal) ? La connaissance de ces interactions entre les processus olfactifs et attentionnels est fondamentale dans la mesure où de nombreuses applications sont envisageables, en situation d'apprentissage, en remédiation psychopathologique et même en marketing. Parmi les facteurs envisageables, la composante trigéminal (composante plus ou moins irritante de l'odeur) pourrait constituer le principal vecteur de l'élévation du niveau de vigilance et des performances améliorées subséquentes.

Sensorialité chimique et comportement alimentaire

La régulation de l'état nutritionnel via la perception olfactive (Jiang T.)

La théorie de **l'addiction de la salience motivationnelle** ("incentive salience") suggère que la valeur hédonique ("liking") d'une drogue peut être dissociée du désir ("wanting") due à une salience motivationnelle accrue. De façon semblable, les appétits naturels telles que la faim ou la soif potentialisent l'intensité du désir (déclenché par le stimulus) d'obtenir la récompense. Ainsi, la faim potentialise les effets des stimuli alimentaires. (Berridge, 2001). Dans un contexte différent, il est montré que l'**alliesthésie** traduit la réduction du plaisir évoqué par les stimuli alimentaires au cours du repas. Quelles sont les bases neuronales respectives du jugement de la valeur hédonique d'une odeur alimentaire et du désir que l'on éprouve à manger cet aliment ? Comment ces processus cérébraux varient au cours du repas ?

Dans ce contexte, la connaissance des processus cognitifs mis en jeu chez les sujets ayant des troubles du comportement alimentaire (**anorexie, obésité, boulimie**) constitue un enjeu sociétal lié à la santé capital. Chez de tels sujets, le contrôle du système sensoriel est déficient : les sujets obèses présentent une hyper-réactivité sensorielle, ainsi qu'une absence d'alliesthésie. A l'inverse, l'alliesthésie est renforcée chez des personnes atteintes d'anorexie mentale. Quelles sont les bases neuronales olfactives qui sous-tendent ces processus lorsque ces patients sont stimulés par des odeurs alimentaires ou pas ? Est-il possible de moduler ou contrôler ces comportements pathologiques ? La compréhension de ces mécanismes implique des retombées économiques indiscutables.

Les effets d'un amorçage olfactif sur les choix alimentaires ultérieurs (Sulmont-Rossé C., Chambaron-Gihnac S., Issanchou S.)

Dans le domaine alimentaire, il semble opportun d'examiner comment une **amorce olfactive** pourrait soit influencer directement le comportement de consommation, soit aller activer inconsciemment un concept de haut niveau qui entraînerait alors un autre comportement de consommation.

La connaissance de ces mécanismes cognitifs inconscients sous jacents au comportement alimentaire représente également un enjeu sociétal et économique important. Une telle connaissance est en effet fondamentale pour qui veut développer des actions efficaces pour promouvoir des régimes alimentaires plus équilibrés. L'utilisation des méthodologies de la psychologie cognitive et des outils de la neuroimagerie (MEG, IRMf) peuvent permettre de mieux comprendre les bases neurales impliquées dans les comportements alimentaires « non conscients ». La validation des protocoles expérimentaux testés en laboratoire peut être réalisée lors d'études en milieu réel (restaurants, supermarchés).

La perception des mélanges d'odeurs (Thomas-Danguin T.)

D'une manière écologique, et plus particulièrement dans le cas des aliments, les odeurs ou les arômes que nous percevons sont issus de **mélanges complexes** de composés odorants. Or les processus de perception des odorants en mélange sont différents des processus de perception des odeurs mono-moléculaires (Boyle *et al.* 2008). Pour mieux cerner nos comportements de consommation, il est par conséquent indispensable d'examiner dans un avenir proche les corrélats neurophysiologiques des interactions perceptives dans les mélanges d'odeurs ?

Ethologie du développement et psychologie cognitive (Schaal B.)

Quels sont les mécanismes sensoriels, cognitifs et comportementaux de l'adaptation de l'organisme aux contraintes imposées par les transitions typiques et atypiques du développement précoces (naissance, prise lactée, sevrage) ? L'analyse est portée sur des modalités (olfaction, toucher) de stabilisation précoce de « représentations » qui contrôlent les réponses les plus précoces d'approches et de retrait. A ce titre, l'olfaction est fortement mobilisée dans la canalisation des réponses adaptatives. Quels sont les processus sensori-moteurs élaborés par les nécessités de la **communication mère-jeune** autour de la prise lactée ? Ces processus favorisent l'évolution de mécanismes de signalisation olfactive chez la femelle, prédisposent le cerveau néonatal à traiter certaines stimulations, et canalisent les performances cognitives futures de l'organisme en développement. Au fur et à mesure de la progression développementale de l'organisme, l'olfaction poursuit son rôle organisateur et modulateur du comportement. Quelles sont les fonctions de l'olfaction dans le flux multisensoriel qui détermine l'orientation dans l'espace, les choix affiliatifs et les préférences alimentaires. ?

Perception olfactive et vieillissement

La compréhension des processus de vieillissement chez l'homme constitue actuellement un sujet sociétal majeur auquel participe les Sciences Cognitives. Se pose notamment le problème de l'évolution des facultés mnésiques et réactions émotionnelles qu'il s'agisse de sénescence ou de sénilité.

Neuroplasticité et Neuropathologie du Système Olfactif (Bensafi M.)

Comment l'expérience influence la perception olfactive et les circuits neuronaux qui la sous-tendent ? Quels sont les circuits neuronaux impliqués dans la discrimination hédonique des odeurs ? Quel est l'effet du **vieillesse normale et pathologique** sur la perception olfactive ? Quel est l'impact de l'**expérience** (apprentissage, enrichissement) sur la perception olfactive.

Les interactions entre émotion et cognition au cours du vieillissement (Millot J.L.)

Divers travaux suggèrent un **biais de positivité** chez les personnes âgées confrontées à des stimulations émotionnelles (matériel visuel). Ce biais de positivité permettrait de réduire l'impact de stimulations émotionnelles négatives et serait permis par une mobilisation de ressources cognitives (interaction entre cortex frontal et structures limbiques). Qu'en est-il dans le cas de la modalité olfactive et quelles sont les bases neuronales sous-jacentes ?

Perception Auditive

Par Barbara Tillmann

Présentation des expertises et prospectives des recherches sur la perception auditive en France :

- 1) Reconnaissance d'objets sonores et analyse des scènes auditives
- 2) Mémoire et attention auditive
- 3) Perception de la parole
- 4) Perception de la musique
- 5) Interactions audition - vision et audition - motricité; Intégration multisensorielle
- 6) Réhabilitation auditive et réadaptation cognitive (thèmes hors GDR)

1) Reconnaissance d'objets sonores et analyse des scènes auditives

Expertises :

- Etudes psychophysiques des aspects automatiques du "liage" temporel de sons successifs. Détermination des indices acoustiques pertinents, rôle des interactions audiovisuelles pour l'analyse des scènes auditives.
- Comparaison du traitement des objets auditifs et visuels (dénomination et traitement des informations structurales) et traitement sémantique.

Prospectives :

- Attention rythmique et analyse des scènes audiovisuelles.
- Corrélats électrophysiologiques du liage temporel dans l'analyse des scènes auditives (études EEG).
- Résolution des scènes auditives ambiguës: quelles interactions entre les indices du liage ?
- Traitement des objets auditifs/visuels et traitement sémantique dans les troubles gnosiques et sémantiques dans la pathologie vasculaire et dégénérative.

2) Mémoire et attention auditive

Expertises :

- Mémoire sensorielle auditive (MSA) à court terme: différents systèmes de MSA, dissociation entre mémoire explicite et mémoire implicite; représentations audiovisuelles en MSA, corrélats électrophysiologiques et organisation fonctionnelle de la MSA ; préservation des fonctionnalités de la MSA pendant le sommeil et dans certains comas.
- Rôle de l'attention dans la détection de changement (études psychophysiques) et marqueurs électrophysiologiques de l'attention sélective auditive.
- Comparaison entre mémoire auditive et mémoire visuelle.
- *Organisation de la mémoire épisodique et sémantique dans le domaine auditif et exploration de leurs bases cérébrales à partir de la pathologie cérébrale (i.e., vasculaire, épileptique, dégénérative et développementale) et de la neuroimagerie cérébrale (IRMf, TEP, EEG).*
- *Spécificité de la mémoire musicale par comparaison à la mémoire verbale.*

Prospectives :



- Fonctionnalité de la MSA comme marqueur cognitif dans les états de conscience altérés (comas, états végétatifs).
- Mécanismes neurophysiologiques de l'attention sélective auditive (facilitation et inhibition attentionnelles) et de la préparation attentionnelle (anticipation).
- Mémoire auditive et autisme.
- Mémoire des localisations spatiales auditives (association de l'objet et de sa localisation) à partir de la réalité virtuelle.
- Lien entre mémoire et émotion dans le domaine auditif.
- Mémoire auditive à long terme.

3) Perception de la parole

Prospective générale : Compréhension des mécanismes cognitifs de compréhension de la parole ; Implications pour les apprentissages (langue première, langue seconde, lecture) ; Avancées sur les architectures corticales, implications pour le handicap et les pathologies ; Vers une étude plus écologique de la faculté de compréhension de la parole.

a) Interactions perceptuo-motrices, la parole entre théories auditives, théories motrices et théories perceptuo-motrices

Expertise

- * Développement de nombreux paradigmes expérimentaux, alliant comportement, TMS, imagerie fMRI, EEG, MEG, permettant de préciser les architectures cognitives (voie ventrale vs. voie dorsale, apprentissage vs. compréhension, mécanismes de plasticité, de perturbation de la perception ou de la production, interactions multisensorielles, interaction face à face, imitation).
- * Liens avec l'ontogenèse (développement des capacités de perception et de production du langage) et la phylogenèse (continuités et discontinuités animales, spécificités de la perception de la parole par rapport à la perception auditive en général).

Prospective

- * Compréhension des relations entre perception et action et de la nature des représentations cognitives de la phonologie.
- * Implications pour une meilleure connaissance des mécanismes de développement et d'apprentissage de la phonologie d'une langue maternelle ou seconde.

b) Du segment au mot, du son au sens, éléments d'une théorie intégrative de la compréhension du langage

Expertise

- * Exploration de l'architecture du lexique mental.
- * Étude des processus de segmentation de la parole continue.
- * Mise en place de nouveaux protocoles expérimentaux utilisant notamment la situation de compréhension de parole dans le bruit afin de mettre en lumière les différents niveaux d'intégration permettant la compréhension d'un signal de parole.
- * Développement d'approches comportementales et neuroanatomiques, avec des populations qui vont du nouveau-né à l'adulte d'âge avancé. Diverses pathologies sont abordées (dyslexie, Alzheimer, traumatisés crâniens, mal entendants, implantés cochléaires...).

Prospective

- * Compréhension du rôle des capacités auditives sur les performances d'intelligibilité de la parole
- * Théorisation de l'architecture lexicale en mémoire à long terme

c) La parole dans la variété de ses formes et dans son environnement paralinguistique

Expertise

- * Elaboration de modèles prosodiques, étude des relations entre représentations linguistiques, perceptives et motrices de la prosodie.
- * Caractérisation des dimensions expressives et affectives de la parole.

* Multisensorialité de la parole (lecture labiale, langage parlé complété) et du langage (langues des signes).

* Etude qualitative et quantitative de la communication non verbale dans ses dimensions développementales et adultes, culturelles et translinguistiques.

Prospective

* Vers le développement d'agents conversationnels dotés de capacité de communication, d'expression, de gestualité.

* Vers de nouvelles théories de la communication parlée, intégrant composantes linguistiques et paralinguistiques, associant parole et gestualité.

* De la parole au geste du geste à la parole : implications pour les théories de la phylogénèse du langage.

4) Perception de la musique

Expertises:

- Perception des structures musicales des auditeurs musiciens et non-musiciens : dimensions de la hauteur (structures tonales) et temporelles (rythme, métrique)
- Apprentissage implicite de matériel musical/non-verbal et verbal (artificiel, différentes cultures/styles)
- Interaction musique et langage, perception d'un matériel chanté
- Influence des connaissances de l'auditeur sur le traitement (facilitation de perception, d'extraction de hauteur etc.), attentes cognitives et perceptives
- Perception du timbre, analyse multidimensionnelle des paramètres du timbre
- Etude des aptitudes perceptives des paramètres musicaux (hauteur, intensité, durée etc...) dans le domaine de la pathologie par le biais des procédures adaptatives (psychophysique)
- Perception de la musique chez des personnes atteintes d'amusie (acquise, congénitale)
- Etudes des émotions musicales

Prospectives :

- Compréhension des mécanismes cognitifs et neuronaux de compréhension et production de la musique.
- Différenciation entre les mécanismes partagés (e.g., avec le langage) et les mécanismes plus spécifiques du traitement musical.
- Avancées sur les architectures corticales, le lien perception-action et les implications pour le handicap, les pathologies (e.g., surdité, dyslexie, aphasie, Parkinson) et l'éducation (e.g., apprentissage d'une langue).
- Bases neurophysiologiques de l'amusie, apprentissage et réhabilitation en amusie.
- Développement des outils multimédia d'apprentissage musical.

5) Interactions audition - vision et audition - motricité; Intégration multisensorielle

Expertises :

- Développement de nombreux paradigmes expérimentaux, alliant comportement, IRMf, EEG, MEG, permettant de préciser les corrélats neuronaux sous-jacents l'interaction entre représentations dans les différentes modalités (auditive-visuelle; auditive-motrice)/

Prospectives :

- Approches multi-sensorielles (audio-visuel-moteur) de la r education des troubles moteurs ou du langage (eg. surdité, dyslexie, aphasie, Parkinson).
- Approches multi-sensorielles (audio-visuelles) dans les apprentissages perceptifs et dans l'orientation de l'attention dans le temps (approche dynamique).

- Les relations entre la perception de la hauteur tonale et la motricité vocale (i.e., le système moteur permettant de produire des sons pourvus d'une hauteur tonale). Imitation vocale.
- Traitement et Intégration multimodale des émotions.

5) Réhabilitation auditive et réadaptation cognitive (thèmes hors GDR)

Expertises :

- Apprentissage implicite et auditif des matériaux verbaux et musicaux
- Effets de l'expertise musicale sur l'organisation cérébrale des fonctions cognitives et motrices.
- Nombreux paradigmes expérimentaux, alliant comportement, IRMf et EEG permettant de préciser les effets et corrélats neuronaux liés à l'apprentissage et pratique musicale, du bas niveau jusqu'aux niveaux plus intégrés

Prospectives :

- Apport de la musique dans la prise en charge des troubles du langage et de la mémoire.
- Transfert recherche fondamentale/recherche clinique et mise en place de protocoles de rééducation s'appuyant sur les propriétés multi-sensorielles de la musique (perception incarnée): troubles moteurs et du langage (e.g., surdité, dyslexie, aphasie, Parkinson).
- Validation des protocoles avec groupes de contrôle et approche longitudinale.
- Standardisation et « vulgarisation » des protocoles.
- Développement des outils multimédia d'entraînement auditif.

Rédaction (par ordre alphabétique): Emmanuel Bigand; Anne Caclin; Laurent Demany; Fanny Meunier; Nicolas Grimault; Daniel Pressnitzer; Severine Samson; Daniele Schön; Jean-Luc Schwartz; Marie-Hélène Steiner-Giard; Barbara Tillmann

II. Interaction :

de l'individu au réseau

Atelier de prospective sur la Cognition Sociale

par Catherine Garbay, Philippe Gaussier, Elisabeth Pacherie et Jean-Luc Schwartz (atelier 6)

Dates : mardi 5 et mercredi 6 mai 2009

Lieu: LIP6 - Site Passy-Kennedy, 104 avenue du Président Kennedy, 75016 Paris - France

A. Présentation de l'atelier

Introduction

La cognition sociale renvoie à l'étude de l'ensemble des processus cognitifs qui sous-tendent les interactions sociales. Ce champ d'investigation fortement interdisciplinaire a connu au cours de la dernière décennie un essor considérable, marqué notamment par la parution de plusieurs nouvelles revues scientifiques spécialisées. L'étude de la cognition sociale a été abordée à partir de plusieurs perspectives théoriques et méthodologiques apportant des éclairages complémentaires sur sa nature. L'objectif de cet atelier est de mieux cerner les contours de ce nouveau champ, de dresser un état des lieux des recherches menées dans ce domaine en France et de repérer les thématiques en cours d'émergence. Il s'articulera autour de quatre volets d'exploration.

1. Bases cognitives et cérébrales de la cognition sociale

De manière paradigmatique, l'étude de la cognition sociale vise à la caractérisation des processus cognitifs spécifiquement impliqués dans la perception, la représentation, l'interprétation et la mémorisation et la production de l'information sociale chez les sujets humains et à l'identification de leurs bases cérébrales. Les travaux menés au cours de la dernière décennie ont notamment porté sur les processus impliqués dans la mentalisation, l'empathie, l'altruisme, le jugement moral, l'action conjointe, la distinction soi/autrui, la prise de décision dans des contextes de compétition ou de coopération. L'économie expérimentale et la neuroéconomie ont introduit dans les années 2000 une perspective nouvelle avec l'introduction de situations expérimentales plus proches des interactions sociales réelles. Celles-ci ont permis de mettre en évidence le rôle important des processus psychologiques émotionnels dans la prise de décision économique et financière. Corrélativement, le développement de méthodes de neuroimagerie non-invasives, comme la fMRI, ont permis aux neurosciences d'explorer les corrélats cérébraux des phénomènes de la cognition sociale. A la croisée de ces deux approches, la neuroéconomie connaît actuellement un développement rapide tant au sein des universités que des entreprises.

2. Développement et pathologies de la cognition sociale

Les travaux d'Antonio Damasio sur les patients fronto-lésés ont eu un impact considérable dans l'étude de la cognition sociale, en montrant que ces régions jouent un rôle crucial dans le jugement social et les interactions avec autrui. D'autres pathologies, certains développements, comme l'autisme, le syndrome de Williams, les troubles de la conduite, d'autres survenant à l'âge adulte, comme la schizophrénie, comportent une importante dimension sociale. Les recherches récentes indiquent qu'elles correspondent, au moins en partie, à un dysfonctionnement de certains mécanismes de la cognition sociale. Etant donné le rôle fondamental joué par les interactions sociales dans la vie humaine, une meilleure compréhension de l'ontogénèse de la cognition sociale et de la nature de ses dysfonctionnements constitue un enjeu sociétal majeur. Les recherches en cours permettent notamment d'envisager le développement de nouvelles méthodes dans le domaine de l'éducation et de techniques de remédiation plus ciblées dans le domaine de la santé.

3. Origines de la cognition sociale: perspectives développementales, comparatives et phylogénétiques; modélisation mathématique et robotique

On qualifie parfois l'espèce humaine d'espèce ultra-sociale. S'il est vrai que d'autres espèces et notamment les primates non-humains développent certaines capacités de cognition sociale, la cognition sociale prend chez l'homme des formes uniques dont témoignent des productions telles que le langage, la culture, les institutions et formes complexes d'organisation sociale qui nous sont propres. La psychologie évolutionniste, l'éthologie, la psychologie comparative cherchent à comprendre les formes de continuités et de discontinuités entre cognition sociale animale et humaine et les conditions particulières à l'évolution de l'espèce humaine qui ont permis l'émergence des capacités cognitives qui ont rendu possible ces formes uniques de cognition sociale. Les tentatives de modélisation des interactions entre agents en théorie des jeux, les approches développementales et interactionnistes en robotique apportent un éclairage complémentaire en cherchant à identifier et recréer les conditions d'émergence et de stabilisation de ces capacités. Les problématiques actuelles concernent notamment l'émergence du langage, les conditions de stabilisation de stratégies d'interaction coopératives, le rôle que l'établissement de capacités d'apprentissage et de transmission intergénérationnelle de techniques et connaissances ont joué dans l'évolution humaine.

4. Dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale

Aborder les questions de la cognition sociale sous l'angle des dispositifs et médiations techniques suscite plusieurs types de questionnements: (i) comment observer, modéliser, simuler des phénomènes sociaux à vaste échelle, (ii) quelles sont les formes de médiation de l'action collaborative humaine et (iii) comment concevoir et gouverner des systèmes socio-techniques intégrant acteurs humains et artificiels pour la conduite de tâches complexes.

4.1. Observation, modélisation et simulation de phénomènes sociaux à vaste échelle

Ces questions prennent une importance grandissante dans un contexte de passage à l'échelle des outils de modélisation et de calcul (théorie des graphes, outils stochastiques, systèmes neuronaux, multi-agents...) et du développement de l'informatique ambiante (essor des problématiques de la surveillance avec la modélisation / simulation informatique de comportement de masse comme les foules). Plus récemment, la question des dynamiques sociales est devenue un enjeu majeur, avec le développement des communautés en ligne et des réseaux sociaux dont l'impact dépasse la sphère privée pour toucher toutes les sphères d'activité (sphère de l'entreprise en particulier).

4.2. Médiations de l'action collaborative humaine

Tous les processus métiers (de l'usinage au e-learning) sont bouleversés par l'essor des technologies hypermédia et du web, et par le développement sans précédent des dispositifs de capture de données et des outils de la traçabilité. Outre les questions de maîtrise des flux informationnels, d'élaboration du sens, de construction des connaissances et de préservation des patrimoines, une problématique centrale est celle de l'émergence de processus collaboratifs impliquant toute la chaîne logistique (des capteurs aux documents et aux services distribués) et toute la chaîne organisationnelle (des producteurs aux clients). Les outils du réseautage social induisent des modifications profondes des statuts mutuels des acteurs, avec la mise en place de nouvelles formes de collaboration et de recrutement et l'émergence de problèmes nouveaux comme la maîtrise de la réputation et de l'identité. Les questions de l'ergonomie des situations de travail coopératives demeurent également présentes, avec l'essor des situations d'action collective instrumentée et les nouveaux enjeux de la réalité virtuelle.

4.3. Conception et gouvernance de systèmes socio-techniques

La complexité grandissante des articulations entre humains et artefacts techniques pose des problèmes cruciaux en termes de prise de décision et de gouvernance. La prise de décision prend la forme d'un problème très complexe et s'effectue dans des contextes marqués par une décentralisation et une diversité accrue, et des besoins de réactivité grandissants. La prise en compte des contextes de crises ou de conflits devient également un enjeu majeur. Les questions de pilotage logistique et décisionnel des organisations, de gouvernance des systèmes socio-techniques complexes deviennent cruciales à considérer dans ce contexte. Le caractère très largement émergent des phénomènes considérés rend ces tâches difficiles.

Format de l'atelier

L'atelier s'est organisé sur deux jours, une demi-journée étant consacré à chaque thème. Chaque demi-journée a comporté 4 à 5 présentations d'une quinzaine de minutes proposant une synthèse des recherches en cours dans le domaine, faisant le point sur les forces (et les lacunes) de la recherche française dans le contexte international, et indiquant les pistes de recherche pour l'avenir. Ces présentations ont été suivies d'une table-ronde.

B. Compte-rendu

Des exposés (voir résumés disponibles en annexe) et débats qui se sont déroulés lors de ces journées, on peut proposer des éléments de compte-rendu organisés en six points.

1. Des contours

Le débat a fait apparaître que l'essor considérable des recherches sur la cognition sociale s'est accompagné d'un élargissement des contours et du concept de cognition sociale. Ces contours étaient initialement définis par trois postulats principaux: (i) la cognition sociale est une sous-partie de la cognition individuelle ayant trait aux interactions entre agents (ii) les processus cognitifs pertinents pour la cognition sociale sont ceux qui permettent aux individus d'inférer les états mentaux d'autrui et de prédire et anticiper sur cette base leurs comportements (paradigme de la théorie de l'esprit) et (iii) la cognition sociale, avec ses composantes de réflexivité et de mentalisation, met en jeu des capacités cognitives de haut niveau. Les recherches actuellement menées sous la bannière de la cognition sociale ont tendance à s'affranchir de ces postulats initiaux .

Cognition sociale, interactions sociales et communication sociale

Les concepts de 'cognition sociale', 'interaction sociale', et 'communication sociale' sont désormais souvent utilisés comme des synonymes. Cet usage indifférencié des termes peut induire l'idée que cognition sociale et interactions sociales se fondent sur les mêmes processus cognitifs et mécanismes cérébraux. On peut être tenté de considérer que les processus qui sous-tendent la cognition sociale, prise au sens étroit, sous-tendent également l'ensemble des interactions sociales. Cette conception est fortement influencée par une option théorique selon laquelle interagir socialement implique de raisonner, anticiper et comprendre les intentions des autres. On peut à l'inverse être tenté de considérer que les processus cognitifs et mécanismes cérébraux qui sous-tendent les interactions sociales suffisent également à rendre compte de la cognition sociale dans ses aspects réflexifs et mentalistes. Toutefois, les comparaisons inter-espèces ainsi que l'étude du développement humain et de ses troubles suggèrent une disjonction entre les propriétés de la cognition sociale au sens étroit et celles des interactions sociales (partage émotionnel, l'attention conjointe, l'imitation ou la synchronie interactionnelle et les échanges gestuels). Cette disjonction n'interdit pas que les mécanismes cérébraux sous-jacents se recouvrent partiellement, mais n'autorise pas à franchir le large fossé qui sépare les comportements sociaux de la cognition sociale. Le problème des précurseurs et pré-requis de la cognition sociale en est rendu beaucoup plus complexe que parfois suggéré (Nadel).

Cognition sociale: théorie de l'esprit vs. sociologie naïve

Les recherches en sociologie, anthropologie et éthologie ont mis en évidence toute une série de faits sociaux associés à l'existence collective et partagés en commun par les primates et l'espèce humaine. Ces faits élémentaires incluent notamment les actions primitives (se battre, chasser, se nourrir, copuler, partager, échanger, consoler, réconcilier), et les relations sociales de base (échange, parenté, réciprocité, collaboration, domination) Une société, au sens élargi du terme, est ainsi composée d'interactions et d'interrelations dont les formes typiques ne dépendent ni de leurs instanciations hic et nunc, ni des motivations des êtres qui les actualisent. La cognition sociale renvoie alors aux capacités impliquées dans la compréhension de ces faits sociaux. L'éthologie, la psychologie évolutionniste et la psychologie du développement fournissent de nombreux arguments, à la fois phylogéniques, ontogéniques et logiques, pour suggérer que l'ordre des faits sociaux précède celui des faits

psychologiques, suggérant la nécessité d'un modèle non mentaliste de la cognition sociale. Selon l'hypothèse de la 'sociologie naïve', les faits sociaux, qui font partie des problèmes récurrents rencontrés par nos ancêtres dans leur environnement, ont favorisé l'émergence de mécanismes informationnels dédiés distincts des mécanismes impliqués dans la théorie de l'esprit (Clément, Kauffman).

Cognition sociale: individualisme, holisme, émergentisme

A une conception de la cognition sociale comme sous-partie de la cognition individuelle ayant trait aux interactions entre agents, s'oppose une conception de la cognition comme sociale de bout en bout. Selon cette seconde approche holiste, les structures sociales (normes, institutions, culture, langage, systèmes techniques) sont premières et toute activité, y compris la cognition, ne peut exister et se définir qu'en rapport à cet arrière fond social. Une troisième approche émergentiste propose une synthèse possible susceptible de réduire cet antagonisme. La cognition sociale est alors vue comme l'ensemble des processus de traitement d'information distribuée dont les produits sont à la fois les structures sociales et les identités des agents (représentations, croyances, préférences, valeurs, etc). Il en découle des axes de recherche sur la morphogenèse des structures sociales, la morphogenèse des identités des agents, le couplage entre les deux, la co-formation de l'identité et des structures. Une partie des recherches actuellement menées sur les systèmes multi-agents, sur les insectes sociaux, sur les formes de cognition collective émergeant dans le cadre des technologies hypermedia et du web relève de cette dernière approche (Chavalarias, Origgi, Licoppe, Stewart).

En conclusion, au fur et à mesure de ses succès et de l'implication de nouveaux champs disciplinaires dans son étude, la définition de la cognition sociale a gagné en extension et perdu de sa précision. Il importe de spécifier les acceptions et leurs enjeux théoriques et méthodologiques, de les articuler sans chercher nécessairement à les réduire

2. Des outils théoriques

Il s'agit de la boîte à outil classique des sciences cognitives, mise au service de la cognition sociale, et visant à extraire des processus dont on cherche à décrire les entrées, les sorties, les modes opératoires, les processus calculatoires éventuels, les réseaux sous-jacents, les représentations, etc par un enchaînement méthodologique et théorique qui vise à mesurer, quantifier, opérationnaliser, et allie fractionnement, intégration, modélisation qualitative ou computationnelle. On y trouve ici des notions de noyau, de systèmes précurseurs, de processus de construction du simple au complexe, permettant éventuellement de faire le lien avec la primatologie, le développement, la phylogénèse.

Les outils théoriques « traditionnels », adaptés à la cognition sociale

Les outils de mise en évidence de processus cognitifs sociaux sont multiples : paradigmes comportementaux basés essentiellement sur les interactions sociales, neuroimagerie qui prend une importance croissante, mise en relation de composants de la cognition humaine avec la cognition animale ou avec des étapes développementales, pathologies de « composants » de la cognition sociale

Les modèles permettent la caractérisation des processus : robotique pour les théories de l'action, réseaux émergents pour la morphogenèse de structures sociales (y compris le langage), modélisation des phénomènes collectifs et des réseaux sociaux par systèmes multi-agents, théorie des jeux pour l'économie cognitive, sciences de la complexité.

L'émergence d'outils ou de questions spécifiques

On a vu émerger dans cet atelier des outils ou concepts nouveaux ou spécifiques, probablement cruciaux pour l'avenir des recherches dans le domaine, et notamment :

La notion de noyau, la recherche de systèmes précurseurs, de processus de construction du simple au complexe, permettant éventuellement de faire le lien avec la primatologie, le développement . Deux temps forts de cette recherche de précurseurs : le « compromis » entre

Chomsky et Hauser et Fitch autour de la notion de « faculté de langage au sens étroit », FLN, centrée sur la récursivité, et de « faculté de langage au sens large », FLB, fournissant un environnement cognitif sur lequel le langage aurait pu se développer ; et la proposition de Dehaene et Cohen du recyclage culturel. Dans cette recherche de précurseurs, il faut évidemment mentionner le rôle important de la littérature sur les neurones miroir

La notion d'endophénotype, faisant émerger si possible des systèmes cognitifs « cachés » derrière une symptomologie complexe / et permettant éventuellement de faire le lien avec la génétique

La notions de fonctions (communication, constitution de réseaux sociaux, « grooming » social, apprentissage, etc)

3. Des enjeux théoriques

La démarche des sciences cognitives appliquées à la « cognition sociale » permet de pénétrer des domaines variés :

Le langage, qui peut être « interrogé » depuis les points de vue de la cognition individuelle et sociale, avec des perspectives majeures d'en renouveler les perspectives. Il s'agit de passer le langage au crible de ses mécanismes, de ses fonctions, de ses principes d'évolution, en regard de questions de la cognition individuelle et de la cognition sociale (Dessalles, Victorri), jusqu'à des synthèses possibles entre robotique cognitive et théorie des jeux, avec les paradigmes des « jeux de langage » inventés par Steels et utilisés de plus en plus dans les recherches sur la phylogénèse du langage humain.

Mais aussi :

La psychologie sociale, vers une « sociologie cognitive » dans laquelle on cherche à avancer (au moins partiellement) sur la voie de la naturalisation de représentations sociales (Clément, Kaufmann)

La micro-économie vers la « neuroéconomie », et la recherche d'ancrages dans des processus de bas niveau (Bourgeois-Gironde)

La cognition morale, et la recherche d'ancrages dans des processus noyau « primitifs » (Dupoux)

La cognition culturelle et la psychologie inter-culturelle: autour des questions de la construction des croyances et représentations culturelles et de la variabilité interculturelle des mécanismes psychologiques (Van der Henst, Clément)

L'épistémologie sociale, autour des questions de la constitution et de la validation épistémique des savoirs collectifs (Origgi)

La psychiatrie, autour des questions de la définition d'endophénotypes, de systèmes cognitifs cibles de pathologies spécifiques (Berthoz, Deruelle, Fossatti, Deruelle)

On peut relever également des questions pas réellement abordées, mais qui semblent importantes, traitant notamment :

de l'impact du collectif sur la performance individuelle

de la question de la construction des croyances, des représentations, et plus largement des savoirs (peu abordées lors des ateliers)

de tout ce qui touche à la gouvernance des systèmes socio-techniques complexes, en particulier avec l'essor de l'internet des objets (mais pas uniquement)

4. Des enjeux méthodologiques

Les outils « traditionnels » d'observation cognitive par la méthode expérimentale (comportement, neurosciences) et la simulation restent bien sûr centraux.

Outils et paradigmes pour la cognition sociale

Les outils « traditionnels » d'observation cognitive par la méthode expérimentale (comportement, neurosciences) et la simulation restent bien sûr centraux, avec des enjeux spécifiques.

Emergence de paradigmes de jeux comportementaux (des précurseurs issus de la psychologie cognitive, notamment autour des paradigmes d'imitation ou des méthodes de la psycholinguistique, vers toute nue batterie de nouveaux paradigmes d'interaction, notamment dans le cadre de l'économie cognitive)

Mise en évidence d'ontologies naïves, à l'image des travaux sur la physique naïve de Spelke et coll.

Nécessité d'une intégration des données anatomiques et fonctionnelles issues de la neuroimagerie, EEG et MEG afin d'obtenir des modèles de plus en plus précis des interactions fonctionnelles (connectivité fonctionnelle et effective) au sein du 'cerveau social' en fonction des différents processus étudiés et d'identifier plus précisément les régions cérébrales mises en jeu dans différentes pathologies de la cognition sociale. Vient aussi en ligne de mire la possibilité d'observer deux cerveaux en interaction (hyperscanning)

Nécessité d'une approche transverse entre différentes pathologies mentales: A partir du constat de l'existence de chevauchements phénotypiques entre différents troubles, étudier plus avant les fonctionnements cognitif et affectif caractéristiques de ces différents troubles, plutôt que les symptômes cliniques spécifiques à chacun, afin d'identifier des endophénotypes. L'identification d'endophénotypes devrait avoir une double contribution : 1) de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent les troubles mentaux et de contribuer à réduire l'intervalle entre les gènes et le comportement ; 2) d'améliorer l'efficacité des pratiques thérapeutiques en ciblant les approches sur des déficits spécifiques.

Intégration nécessaire de recherches sur la pharmacologie, notamment celle des neurotransmetteurs, en relation avec la génétique

Les technologies informatiques fournissent des outils potentiels d'un grand intérêt : rôle de la robotique et des réalités virtuelles dans les recherches sur l'autisme par exemple. A l'inverse, la robotique fournit de nouveaux objets sur lesquels la cognition sociale peut porter son regard. On peut mentionner également le rôle de l'internet et du web dans les recherches sur les mécanismes de régulation à l'oeuvre au sein des collectifs (influences, recommandations,...) ; ces outils sont le support de dynamiques sociales nouvelles sur lesquelles la cognition sociale peut porter son regard

Questions sur la démarche expérimentale en cognition sociale

Ces questions sont apparues de façon récurrente tout au long de l'atelier, et notamment :

Les relations entre facteurs sociaux et facteurs cognitifs : variabilité / facteurs sociaux et culturels dans les comportements / formalisation éventuelle de ces facteurs dans les modèles statistiques / nécessité de passer la démarche expérimentale au crible de la variabilité sociale avant de proclamer l'existence d'universaux du comportement [Remarque : les recherches sur le langage ont évidemment pris ce facteur en compte dès le départ]

La question de l'écologie des paradigmes expérimentaux , impliquant la nécessité de sortir du laboratoire pour aller vers une approche « anthropologique » (« ethnologique ») ; et donc la nécessité de définir de nouveaux paradigmes, de croiser approche de laboratoire et approche écologique

Du coup se pose la question des « gros corpus », des suivis de situations d'interactions avec des approches écologiques non normatives, impliquant des masses de données considérables, et des outils de notation et d'analyse largement à développer

5. Des enjeux sociétaux

Il en est apparu principalement de trois types

A. Cognition sociale et remédiation des maladies psychiatriques

La recherche de processus psychiques unificateurs (endophénotypes, mise en relation de déficits psychiques avec des processus cognitifs plausibles) pourrait permettre des gains de

compréhension des maladies psychiques. Le lien entre maladies psychiques et processus cognitifs peut permettre de proposer des éléments de thérapie comportementale

B. Cognition sociale et médiation technologique

Deux secteurs ont été particulièrement mis en évidence, celui de la robotique et des agents virtuels interactifs (voir le panorama très complet dressé par Oudeyer) et celui des processus de cognition collective médiatisée (réseaux sociaux, interaction médiatisée). Sans oublier les processus de re-documentarisation du monde (thème non présent lors de l'atelier), impliquant tout ce qui touche au document hypermédia, aux nouvelles formes de diffusion, de lecture/écriture et surtout de production documentaire et donc de savoir.

C. Cognition sociale et compréhension des phénomènes sociaux

Ces recherches doivent également permettre de mieux ancrer les phénomènes sociaux et culturels dans leur dimension cognitive, de mieux en comprendre les mécanismes et les dynamiques. A moyen terme elles devraient permettre de mieux comprendre les conséquences directes ou indirectes de mesures politiques ou économiques sur le comportement, mais également les perceptions et les appréciations des populations des mesures envisagées. Elles devraient également apporter un nouvel éclairage sur les changements sociaux (Chavalarias).

6. Des enjeux de politique scientifique (épistémologiques)

Derrière ces nouveaux enjeux, techniques, théoriques, méthodologiques, se logent des réarticulations (inter)disciplinaires telles que :

entre psychologie cognitive et psychologie sociale

entre sciences cognitives, génétique et psychiatrie

entre économie et sciences cognitives

entre sciences du langage et cognition individuelle et sociale

entre robotique, neurosciences et sciences humaines et sociales

entre sciences et technologies de l'information et de la cognition, psychologie cognitive et sociologie

entre psychologie (cognitive et sociale), sciences du langage et anthropologie

Ces réarticulations participent de l'ensemble des croisements interdisciplinaires qui foncent l'essence même des sciences cognitives, et posent des questions de structuration de la recherche et de la formation en France, questions qui dépassent les contours de cet atelier, et sans doute (hélas ?) ceux du programme PIRSTEC lui-même.

Annexe 1. Programme détaillé

Bases cognitives et cérébrales de la cognition sociale

Fabrice Clément (Université de Genève), La sociologie cognitive

Laurence Kaufmann (Université de Lausanne), Au-delà de la théorie de l'esprit: une nouvelle approche de la cognition sociale

Emmanuel Dupoux (LSCP, Paris) , La cognition morale

Jean-Baptiste van der Henst (2L2C, Lyon), Dimensions culturelles de la cognition sociale

Sacha Bourgeois-Gironde (IJN, Paris), Economie expérimentale et neuroéconomie

Développement et pathologies de la cognition sociale

Sylvie Berthoz (Inserm U669, IMM, Paris), Chevauchements phénotypiques entre anorexie mentale et troubles autistiques.

Christine Deruelle (INCM, Marseille) , Processus émotionnels et théorie de l'esprit: développement et troubles

Chloé Farrer (CerCo, Toulouse), Troubles de la cognition sociale dans la schizophrénie [absente]

Philippe Fossatti (UMR 7593, Salpêtrière, Paris), Dimensions intrapersonnelles et interpersonnelles des processus de représentation de soi dans la dépression

Jacqueline Nadel (UMR 7593, Salpêtrière, Paris), Les chemins développementaux de la cognition sociale : ses déviations dans l'autisme

Origines de la cognition sociale - perspectives développementales, comparatives et phylogénétiques; modélisation mathématique et robotique
Pierre-Yves Oudeyer (INRIA Bordeaux – Sud-Ouest) , La robotique développementale et sociale

Guy Theraulaz (CRCA, Toulouse), Mécanismes de coordination des activités collectives chez les insectes sociaux [absent]

Bernard Victorri (Lattice, Paris), La phylogénèse du langage

Jean-Louis Dessalles (Telecom Paristech), Narration, argumentation et émergence de la communication humaine

Dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale

Pascal Salembier (Tech-CICO, Toulouse), Contexte partagé et engagement technologique [absent]

Christian Licoppe (Institut Telecom, Paris), Communication, distribution de la connaissance et expertise: Le développement du genre "questions rapides" dans les organisations équipées de la messagerie instantanée.

John Stewart (COSTECH, Compiègne), Enaction, systèmes techniques et constitution des structures sociales

David Chavalarias (CREA, Paris), Cognition sociale et cognition collective

Gloria Origgi (IJN, Paris), L'épistémologie du web

Annexe 2. Contributions écrites des participants

Fabrice Clément

Professeur FNS

Département de sociologie - Université de Genève

Uni Mail, 40, Bd du Pont-d'Arve - CH- 1211 Genève 4

<http://www.fabriceclement.net> - Fabrice.Clement@unige.ch

La sociologie cognitive

Les sciences sociales en général, et la sociologie en particulier, sont très réfractaires à toute tentative de rapprocher, au sens fort du mot, leur discipline des sciences cognitives. Ces dernières sont accusées de réductionnisme, de n'accepter comme objets d'étude que ce qui peut se loger au sein des boîtes crâniennes, ignorant ainsi les institutions, les relations sociales ou les grammaires plus ou moins implicites qui règlent nos agissements quotidiens².

Si ces réactions ne sont pas toujours sans fondement, il n'en reste pas moins que les sciences sociales, en se cantonnant dans un environnement et un système d'interrogation propres, fonctionnent en vase clos et risquent de ne plus participer à l'essor généralisé du savoir scientifique. Non seulement cet état de choses est dommageable pour les spécialistes des sciences sociales, qui se privent d'outils explicatifs fort intéressants, mais il représente également une perte pour les autres disciplines qui, faute de pouvoir communiquer avec les sciences sociales, se privent d'un éclairage pertinent sur leur démarche explicative.

Le type de sociologie cognitive que nous proposons vise à combler ce hiatus dommageable, enraciné dans la division fondatrice entre les sciences de la nature (Naturwissenschaften) et les sciences humaines (Geisteswissenschaften). L'entrée choisie est celle des croyances, et en particulier des croyances collectives. L'étude des croyances collectives revêtait une importance capitale pour la sociologie à ses origines. Durkheim, en particulier, qui cherchait à doter sa discipline d'objets d'étude spécifiques, comptait parmi les faits sociaux «les croyances et les pratiques de la vie religieuse, morale et juridique» qui «s'imposent normalement par la vénération qu'elles inspirent, par l'obligation où nous nous sentons de les respecter et pour le cas où nous nous révolterions, par la coercition qu'elles exercent sous forme de sanction» (Durkheim 1900, 13). Pareto, de son côté, attribuait à la sociologie l'étude des actions qui, en ne respectant pas la logique, ne donnent pas prises à l'analyse économique. Pour lui, le simple «fait de vivre dans une collectivité donnée imprime certaines idées dans l'esprit, certaines manières de penser et d'agir, certains préjugés, certaines

² Cf., par exemple, la pétition « Pétition "Les sciences sociales ne sont pas solubles dans les sciences cognitives» lancée en octobre 2008.

croyances, qui subsistent ensuite et acquièrent une existence quasi-objective» (Pareto, 1968, §555). Pour Tarde, enfin, tous les phénomènes sociaux se «résolvent en croyances et en désirs» (Tarde 1895, 17) et la «société un groupe de gens qui présentent entre eux beaucoup de similitudes produites par imitation ou par contre-imitation» (Tarde 1999 [1893], 17).

Aujourd'hui, les sciences cognitives nous permettent de comprendre un peu mieux comment de telles représentations tenues pour vraies sont susceptibles de «s'installer» et de se perpétuer dans une population, constituant ainsi une culture. Une première étape consiste à délimiter soigneusement différents types de croyances collectives en les reliant aux processus psychologiques qui sous-tendent leur existence. Les croyances renvoient en fait des processus cognitifs de nature différente, ce qui nous amène à un «tableau des croyances» qui permet de spécifier différentes strates de représentations tenues pour vraies. Les attentes intuitives renvoient à des processus largement hérités biologiquement par lesquels notre cerveau produit des prédictions sur son environnement physique et social. Les schémas sociaux sont des représentations implicites propres à la culture d'appartenance qui sont assimilés durant la socialisation. Les croyances personnelles sont des états mentaux qui peuvent être mobilisés consciemment et qui ont donné lieu à un assentiment explicite de la part du sujet. Les croyances représentationnelles renvoient à des propositions semi-comprises qui sont admises par les individus essentiellement parce qu'elles sont transmises par des sources dignes de confiance. Les croyances délibératives désignent les accords collectifs qui émergent lors de processus délibératifs. Enfin, les croyances endossées renvoient à des croyances qui sont normativement attachées à un certain positionnement social.

Cette classification des différentes manières de tenir pour vrai permet ainsi de constater que ce qui est habituellement qualifié de croyances collectives renvoie à quatre grands types de phénomènes fort distincts. Peuvent être qualifiés de collectifs, d'une part, les schémas que nous avons appelés sociaux; ceux-ci renvoient à l'incorporation de manières de voir et concevoir qui sont partagées par les membres d'un groupe social sous une forme largement tacite. Les croyances représentationnelles sont collectives puisqu'elles s'imposent aux individus «du dehors»: elles sont constituées par des propositions, symboles, activités dont la diffusion repose le plus souvent sur des personnes dignes de confiance, ou sur des institutions sociales (dont les trois "E": Eglise, Ecole, Etat). Les croyances délibératives sont collectives en vertu du fait qu'elles émergent au cours d'une dynamique de groupe. Enfin, les croyances endossées possèdent une dimension collective dans le sens où leur contenu varie en fonction du statut social qui est assigné, hic et nunc, au sujet épistémique.

Deux types de croyances collectives retiennent particulièrement notre attention: les croyances représentationnelles et les schémas sociaux. Afin de rendre compte empiriquement de la manière dont les croyances représentationnelles se transmettent, les recherches menées en psychologie du développement sur le témoignage sont particulièrement pertinentes (Clément, Koenig & Harris 2004; Koenig, Clément & Harris 2004; Koenig & Harris 2005; Clément 2009). Il s'agit d'étudier systématiquement la manière dont les enfants (et par extension les adultes) attribuent leur confiance à des sources d'information en fonction de certaines propriétés de ces dernières (familiarité, compétence, statut social, émotions exprimées, etc.). Cette démarche peut ainsi recruter les éléments mis en évidence par la «sociologie naïve» afin de comprendre comment les enfants utilisent ces informations lorsqu'ils ont à décider de la source à qui ils vont attribuer leur confiance.

Par contre, l'étude empirique des processus de constitution des schémas sociaux est plus difficile à inscrire dans un format expérimental puisqu'il s'agit dans ce cas de «cadres» largement tacites. Nous proposons une étude observationnelle fine des interactions entre parents et enfants lors d'interactions quotidiennes. L'objectif est de mettre en évidence la manière dont les parents transmettent, par des expressions faciales, des modifications du ton de leur voix, des insistances ou des ignorances, une certaine forme de pertinence sociale: qu'est-ce qui est jugé digne d'importance, valorisé, détaché par l'activité des parents d'autres éléments de la vie quotidienne qui passent «en arrière-plan»?

Laurence Kaufmann

Professeure ordinaire - Faculté des Sciences Sociales et Politiques
Bureau 3086, Anthropole
Université de Lausanne - 1015 Lausanne, Suisse
Tél: ++41216923218

<https://applicationspub.unil.ch/interpub/noauth/php/Un/UnPers.php?menu=coord&PerNum=871282&LanCode=37> , Laurence.Kaufmann@unil.ch

Beyond theory of mind: a new approach of social cognition
(en collaboration avec Fabrice Clément)

1. A twofold model of social cognition

Contemporary research on the cognitive processes required to monitor, control, and predict the actual or imagined behaviors of others is largely dominated by the Theory of Mind paradigm. In this project, we call into question the widespread idea that social cognition is reducible to the ability to read the minds and thoughts of others. Our counter-hypothesis is that certain enduring social properties of our past environment, in particular group memberships, rules, relationships and hierarchical status, have favored the emergence of dedicated inferential mechanisms.

We indeed hypothesize that social primates, human or non-human, make their social environment predictable by grasping exclusively-social «entities» that enable them to recognize the conceptual 'likekindness' of multiple, apparently heterogenous behavior: basic relational «formats» (cooperation, dominance, kinship, competition) (Cheney & Seyfarth 1990, Cosmides et al. 2003), patterns of actions (fighting, sharing, reconciling, playing) (de Waal & Filippo 1996), situations (food gathering, political struggles) (Kaufmann & Clément 2003), and obligations and prescriptive rules (Flack et al. 2004). Rather than assimilating those complex cognitive capacities to the partial, shaky, and rudimentary knowledge of others' mental states, that primates, as «goods psychologists» (Cheney and Seyfarth, 2007: 15), would master, one could assume that primates are rather good sociologists. Social relationships, patterns of action and deontic rules allow them to bypass the local, partial uncertainty of individual actions to predict other's behaviors.

Those conceptual, exclusively-social «entities», although abstract and theory-driven, are not as deep below the surface of behavior as psychological variables are. They are observable, impersonal «gestalts» that have the status of social affordances, that is, shared, public opportunities for perception and action whose cognitive processing necessarily differs from the mentalistic processing of internal, hidden, and unobservable properties of minds (Gibson, 1979; Good, 2007). When seeing, for example, a smiling person lifting a piece of bread toward someone else, competent social perceivers can quickly infer, in an almost perceptive way, that this person is offering food. To identify this social exchange, there is no need to call on a theory of mind that would provide particular insights into the giver or receiver's mind (e.g. she desires that her friend eats some bread and she believes that this bread is good). In other words, action understanding, which is the cornerstone of this view of social cognition, does not necessarily involve mindreading. A «teleological» reasoning, based on the salient cues of orientedness (e.g. corporal posture, gaze direction, situational affordances) and the expectations that those cues trigger about a future state of affairs is fully sufficient (Csibra & Gergely, 1998). The third person standpoint enables social perceivers to identify the goals of their conspecifics and anticipate their behaviors without «entering their minds».

That is why we propose a twofold conception of social cognition, which would be characterized by two kinds of complementary stances (Kaufmann & Clément, 2009). The first stance, that we propose to call the attentional stance, allows social perceivers to infer from attentional cues, such as facial expression, gaze, and body posture, others' basic goals and motivations, to conceal information from others and to participate in goal-directed joint attention to salient, present objects. Thanks to this attentional stance, human and non-human primates understand what their conspecifics are doing, prioritize inputs according to their degree of relevance, and use impersonal commonalities to determine their own behaviors as well as to anticipate what others will do. Support for this attentional view of social cognition is provided, so to speak negatively, by the heavy social impairments that attentional deficits of people with autism generate (Frith & Frith, 2000, Happé, 2000, Klin et

al., 2004). Apart from their well-known difficulty in construing the conducts of others as a window for reading their minds, people with autism are indeed mostly unable to engage in the top-down, concept-based detection of social salencies and the binding of social information that is synonymous with social fluency.

In addition to this ape-like attentional stance, which is guided by the saliency of information laid out in the environment and can only respond, as such, to the here-and-now of the perceptual-motivational features of incentive stimuli, the human social mind would be characterized by the intentional stance proper to theory of mind users (Dennett, 1987). Whereas the attentional stance enables only the coordination of attentions, the intentional stance renders possible the meeting of representations, even at a distance. By definition, this meeting of representations, more commonly called joint attention and shared intentionality, involves the coordination, if not the communion, of minds that can give rise to more abstract parts of culture (Tomasello et al., 2005).

Last but not least, we argue that the attentional stance that characterizes naïve sociology is logically, ontogenetically and phylogenetically prior to the intentional stance of naïve psychology. So our hypothesis is that the third-person inquiry into others' behaviors is a two-step inquiry – an inquiry, however, whose first step can be completely sufficient given the logical priority and anteriority of naïve sociology over naïve psychology. Naïve sociology generates inferences and expectations that do not take into account the subtle variation in the situation or the particular mental states of rule- or role-holders; it is primarily concerned with what others do or will do, and is dedicated to public, impersonal social entities that guarantee the overall stability and predictability of many-to-many interactions. In contrast, psychological processing is triggered by individual non-compliance and unexpected social outcomes. It is primarily concerned with what others believe, is dedicated to hidden, opaque mental states, and is used to make sense of the fluctuations, and partial indeterminacy, of one-to-one interaction. So one of the main functions of naïve psychology is to remedy deontic and epistemic discrepancies, that is, puzzling breaches in ordinary expectancies. But most of the time, naïve sociology is sufficient to predict, anticipate, and expect what constitutes appropriate behavior for any member of a given community.

2. Further research

Of course, this model requires evidence for the bifurcation of two modes of social information processing. First of all, a lot of further research is needed to definitely establish naïve sociology as a domain of its own and to determine more precisely which non-mentalistic primitives furnish the social world. But the cognitive salience of these social entities has still to be experimentally tested (Clément & Kaufmann, submitted). Second, this model needs empirical support for a lean, parsimonious interpretation of the cognitive abilities required by action understanding. Research in neurosciences could help to pull apart action perception and prediction and mentalizing by pinpointing the different brain areas they involve (Pelphrey et al., 2003; Saxe et al., 2004). Third, fMRI studies might support our hypothesis according to which mentalizing arises from prediction discrepancies. When subjects perceive a mismatch discrepancy between what they expected and what actually happened, there are new brain activations in the area mainly devoted to mindreading, in this case the orbito-frontal cortex and the temporo-parietal junction (Downar et al., 2001; Grèzes et al., 2004). The kind of additional brain activity intervening when an observer's prediction is violated compared with the situation in which the observer's predictions were met will probably prove critical to our attempt to separate two modes of social information processing, one dealing with prediction-consistent rule conformity, the other one with mentalizing-triggering expectation violation.

Economie expérimentale et neuroéconomie.
par Sacha Bourgeois-Gironde

Institut Jean Nicod - UMR 8129, EHESS, ENS, CNRS
Ecole Normale Supérieure - 29, rue d'Ulm - 75005 Paris
<http://www.institutnicod.org/> - sbgironde@gmail.com

Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

L'économie expérimentale a fusionné partiellement avec la cognition sociale à travers la théorie des jeux comportementale. Cette dernière propose des modèles de comportements sociaux particulièrement pertinents pour l'économie (choix éducatifs, répartition des revenus, etc.) et intègre, réciproquement, des paramètres psychologiques et sociaux dans ses propres modèles.

Mes recherches actuelles portent sur l'émergence des comportements et de la conceptualisation économiques.

Il est important de préciser que bien qu'une partie de mes travaux puissent tomber sous le label de « neuroéconomie » (à savoir l'étude des corrélats neuronaux des décisions économiques), je ne tiens pas spécialement à ce label pour deux raisons.

Le terme « neuroéconomie » a permis de lancer un programme d'hybridation entre neurosciences et économie comportementale, relativement fructueux ces dernières années, mais il n'est plus possible aujourd'hui de parler d'un champ unifié. Les programmes de recherche sont divers et des questions ont été spécifiées dans une relative indépendance les unes des autres.

Certains de mes travaux qui servent actuellement à structurer mon programme de recherche portent davantage sur les représentations qui sous-tendent les comportements économiques que sur les comportements économiques eux-mêmes. Il y a un lien avec la neuroéconomie telle qu'elle est généralement conçue, mais il vaudrait mieux, à mon avis, inscrire certains travaux de neuroéconomie dans une perspective plus générale de type évolutionnaire (comment les représentations et les comportements économiques ont émergé), car l'imagerie cérébrale, au même titre que d'autres modes d'investigation et approches expérimentales, peut contribuer à répondre à ce genre de questions.

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

La mise en évidence de bases neuronales de la catégorisation de stimuli en termes de monnaie/non monnaie, en collaboration avec Catherine Tallon-Baudry.

La mise en perspective de ces données en imagerie cérébrale dans une hypothèse portant sur l'émergence et la nature de la monnaie.

Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

Mon programme de recherche, au niveau fondamental et non pas appliqué ici, se structure autour d'un ensemble de questions évolutionnaires.

Elargissement de la thèse du recyclage culturel (Dehaene & Cohen 2008) au cas la monnaie. (avec Catherine Tallon-Baudry). [Investigations comportementales et imagerie cérébrale]. Etudes des représentations naïves de la causalité en économie et de l'ontologie naïve des mécanismes macroéconomiques. [+ Approches développementales et interculturelles (avec David Leiser)].

Etudes des processus émotionnels permettant l'optimisation des décisions économiques. [Etudes expérimentales avec des patients cérébro-lésés (service de Lionel Naccache) et cliniques (service d'Andreas Hartmann) au CH-La Salpêtrière].

Mon problème général est de parvenir à cerner les mécanismes qui ont été mis en œuvre par le cerveau en vue de l'adaptation à un environnement économique complexe et mouvant qui est récent du point de vue de l'évolution. En puisant des ressources dans des fonctions anciennement ancrées d'un point de vue neurobiologique, les mécanismes cérébraux dédiés au traitement des stimuli économiques nouveaux héritent de certaines contraintes fonctionnelles inhérentes aux fonctions anciennes. L'étude de ces mécanismes de réadaptation permet peut-être de comprendre certains traits caractéristiques ainsi que certaines anomalies du comportement et de la conceptualisation économiques.

Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

On peut envisager des retombées cliniques concernant les travaux sur la catégorisation de la monnaie. Via une approche clinique des attitudes et des comportements dysfonctionnels vis-à-vis de l'argent en relation avec d'autres troubles du comportement (notamment les troubles du comportement alimentaire).

Mes premières études sur la conceptualisation naïve des mécanismes macroéconomiques (notamment dans leur dimension interculturelle) ont des implications possibles sur la perception de la crise financière, et la préparation de l'opinion au type de solutions qui peuvent être proposées.

Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

La neuroéconomie est développée dans de nombreux centres de recherche à travers le monde. En France il y a une assez bonne hybridation de l'économie comportementale et des neurosciences à Lyon, Marseille et Paris. Mais c'est encore assez préliminaire. A mon avis il ne faut pas chercher à pousser plus avant dans le sens d'un laboratoire général de neuroéconomie, car cette appellation recoupe des programmes trop variés qu'il n'y aurait pas de sens à regrouper artificiellement. De plus, si on cherchait à le faire, on aurait presque fatalement un temps de retard sur le Caltech ou Zurich qui sont actuellement les centres les plus en pointe. L'idée serait différemment de développer un ou deux axes de recherche sur laquelle des chercheurs français – en collaboration ciblée avec des pôles d'excellence en Europe et dans le reste du monde – feraient la différence.

De telles possibilités me paraissent exister sur les axes suivants :

Préoccupations évolutionnaires en économie et en psychologie économie – qui inclut entre autres les méthodes d'investigation en imagerie cérébrale.

Problèmes de coordination, coopération et organisation sociale (avec quelques économistes spécialisés sur ces questions, notamment en théorie de contrats, l'axe étant porteur et n'étant pas spécifiquement développé dans des centres étrangers).

Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?

L'émergence des concepts économique de base : monnaie, salaire, contrats, etc.

Une théorie des anomalies comportementales formulées à partir de l'hypothèse du recyclage culturel des aires corticales. Les travaux importants des trente dernières années sur les biais et les anomalies en psychologie de la décision (Kahneman et Tversky) ou en économie comportementale (Thaler) manque d'un ancrage dans une perspective évolutionnaire, ce qu'a pointé Gigerenzer sans en développer un précisement.

L'analyse des limites de notre compréhension des mécanismes macroéconomiques.

L'enrichissement des données cliniques à l'aide de protocoles expérimentaux issues de l'économie pouvant étayer l'hypothèse du caractère adaptatif de certains troubles pathologiques neuro-psychiatriques.

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

ANR, Human Frontier Science Program.

Jean-Baptiste van der Henst

Laboratoire Langage, Cognition, Cerveau, (L2C2), CNRS UMR 5230

Institut des sciences cognitives, 67, Bd Pinel - 69500 Lyon

vanderhenst@isc.cnrs.fr

Psychologie interculturelle et cognition sociale

Pendant la période 2003-2007, la revue la plus influente dans le domaine de la cognition sociale, le *Journal of Personality and Social Psychology*, a publié 698 études empiriques avec 721 échantillons de participants (Arnett, 2008). Plus de 95% des auteurs appartenaient à des universités européennes, australiennes ou nord-américaines (la très grande majorité) et 93% des participants étaient issus de ces mêmes universités. Si l'on regarde plus en détail l'origine de ces participants on constate que 70 à 80% d'entre eux étaient étudiants en premier cycle de psychologie ! Pour que cette revue prestigieuse soit plus fidèle à la population qu'elle étudie ne faudrait-il pas la rebaptiser en *Journal of the Personality and Social Psychology of American Undergraduate Introductory Psychology Students* (Arnett, 2008)? Cette question vaut évidemment pour la plupart des revues empiriques et bien au-delà de la cognition sociale.

Ce constat soulève le problème de la non représentativité des travaux en psychologie expérimentale car les conclusions qui en résultent ne se limitent pas aux populations utilisées. A partir de résultats obtenus avec les étudiants sous-gradués on tire des conclusions sur l'espèce humaine. On tient donc l'universalisme pour acquis sans guère se préoccuper de la possible variabilité entre les diverses populations du monde. Cela ne poserait pas de difficulté si bien sûr la variabilité était absente ou cela poserait une difficulté mineure si l'on pouvait affirmer que la population occidentale des étudiants en psychologie se situait au milieu de la distribution. Or on sait que les conditions de vie du monde occidental industrialisé sont assez peu représentatives de celles de la population mondiale. Qu'il s'agisse des revenus, de l'accès à l'éducation, à la santé, ou encore de la vie de famille, le mode de vie occidental est très singulier. On peut alors se demander si cette singularité est susceptible d'affecter les mécanismes psychologiques. La psychologie scientifique ne serait-elle rien d'autre que la psychologie des gens bizarres (WEIRD people : Western, Educated, Industrialized, Rich, and Democratic, Henrich, Heine et Norenzayan soumis) ?

A cet égard, les données empiriques obtenues avec l'illusion de Muller-Lyer sont exemplaires. D'une part elles révèlent que des populations comme les San, des chasseurs-cueilleurs du Kalahari, ne sont pas sensibles à l'illusion et d'autre part elles révèlent que les Américains y succombent plus que les autres (Segall et al., 1966). Dans le domaine de la cognition sociale

des études interculturelles ont remis en cause certaines explications évolutionnistes trop hâtives du comportement de l'homo oeconomicus. Prenons le cas du « jeu de l'ultimatum ». Dans ce jeu économique l'un des deux protagonistes reçoit une somme d'argent qu'il doit partager avec l'autre. Ce dernier est libre de refuser l'offre et s'il la refuse, aucun des deux joueurs ne reçoit la moindre somme. Le modèle rationnel prédit que le joueur qui propose devrait faire une offre minimale et supérieure à 0 et que le joueur qui la reçoit devrait l'accepter. Mais les résultats montrent que l'équité domine la raison : les joueurs proposent en général des offres situées entre 40 et 50% des sommes qui leur sont attribuées et leurs partenaires refusent en général les offres inférieures à 30%. Pour expliquer ces résultats certains ont proposé des modèles évolutionnistes fondés sur la préservation de la réputation : l'acceptation d'offres trop faibles met en péril la réputation et augmente ainsi la possibilité de recevoir des offres plus faibles dans le futur. Le rejet d'offres trop faibles est certainement coûteux mais il est compensé par un gain réputationnel (Nowak et al., 2000). Mais les résultats indiqués plus haut n'ont été acquis qu'auprès de participants occidentaux. Dans une étude de grande ampleur menée auprès de populations très variées Henrich et al. (2005) observent que la tendance à l'équité dans ce jeu économique est loin d'être universelle et qu'elle constitue presque un cas atypique. Dans un autre domaine touchant à la compétence considérée jusqu'à maintenant comme la plus centrale de la cognition sociale, à savoir la théorie de l'esprit, des différences ont également été observées. Certes il ne convient pas d'affirmer que ce mécanisme est absent chez les individus de certaines sociétés humaines mais il semble que son déclenchement varie selon les cultures. Wu et Keysar (2007) ont ainsi pu observer que les Américains et les Chinois n'avaient pas la même aisance plus dans la considération de la perspective d'autrui (perspective taking). Dans cette expérience les participants jouaient un jeu de communication avec un complice de l'expérimentateur qui leur demandait de manipuler des objets. Parmi ces objets certains étaient visibles par les deux parties et d'autres seulement par le participant. Et dans certaines situations le participant voyait deux objets identiques, l'objet A et l'objet B, alors que le complice n'en voyait qu'un, l'objet A. Lorsque le complice demandait de manipuler l'objet A le sujet risquait donc d'être perturbé par l'objet B. Les Américains furent plus souvent perturbés par la présence de l'objet compétiteur B que les Chinois et prirent moins en compte la perspective du complice.

Ces études montrent l'intérêt qu'il y a à élargir l'étendue de la population que l'on choisit. Acquérir des bases de données issues de populations variées permet d'identifier les différences et les similarités dans le fonctionnement des mécanismes cognitifs, qu'ils relèvent ou non de la cognition sociale. Le recours à la psychologie interculturelle permet d'éviter le risque de surinterprétation consistant à confondre des universaux avec des manifestations culturelles particulières. Plus spécifiquement il permet de mieux distinguer des hypothèses évolutionnistes concurrentes. Il permet aussi de mieux comprendre les relations entre les mécanismes cognitifs et l'environnement dans lequel ils se développent. Par exemple, dans l'étude interculturelle sur le jeu de l'ultimatum, c'est l'omniprésence du marché qui explique, selon les auteurs, la tendance à l'équité dans le monde occidental. Pour Wu et Keysar, c'est la dimension individualiste ou collectiviste de la culture, qui modifierait le degré d'attention que l'on porte à autrui et la prise en compte de la perspective.

Mais les études interculturelles permettent également de tempérer les tentations trop relativistes. Par exemple dans mes propres travaux interculturels (Van der Henst et al. 2006 ; Mercier et al. soumis) nous avons remis en cause certaines conclusions relativistes sur la façon dont on traite des points de vue contradictoires. Le programme de recherche le plus influent dans le domaine de psychologie interculturelle émane de Richard Nisbett (Nisbett et al., 2001) et porte sur la distinction entre le mode de pensée asiatique (holistique et dialectique) et le mode de pensée occidentale (analytique). Pour Nisbett et ses collaborateurs les asiatiques (Chinois, Japonais, Koréens) ont plus tendance que les occidentaux considérer que des points de vue contradictoires peuvent chacun avoir une part de vérité alors que les occidentaux ont tendance à éliminer la contradiction en attribuant toute la vérité à l'un des deux points de vue. Certaines expériences montrent en effet que les Chinois confrontés, comme tiers, à des situations de contradictions sociales sont plus enclins à proposer la voie du compromis que les Américains (Peng & Nisbett, 1999). Mais les résultats obtenus

pourraient être expliqués, non par des différences dans la pensée dialectique, mais plutôt par le type de contenu utilisé. Par ailleurs nous avons pu observer que lorsque les participants ne jouent pas le rôle de tiers, mais qu'ils font l'expérience directe d'un point de vue qui contredit leur position les différences interculturelles disparaissent. Dans les expériences que j'ai menées les participants japonais, chinois et français montraient le même niveau de biais égocentrique.

De façon générale, il ressort que la réalisation d'expériences dans des populations variées est essentielle pour identifier les universaux psychologiques et pour comprendre l'interaction des mécanismes cognitifs avec l'environnement. Au niveau international, la psychologie interculturelle a largement été ignorée jusqu'à la fin des années 90 mais elle connaît depuis 10 ans un développement croissant. En France, elle est encore quasiment inexistante. Pourtant la France, de part ses Instituts de Recherche Français à l'Etranger (qui ont bien souvent le statut d'UMS et qui sont donc au service des chercheurs, voir la liste plus bas) ainsi que sa représentation diplomatique (consulats et ambassades), souvent très intéressée par les questions scientifiques (j'en ai notamment fait l'expérience à Shanghai), possède des atouts essentiels pour mener à bien de telles recherches.

Bibliographie

Arnett, J. (2008) The neglected 95%: Why American psychology needs to become less American. *American Psychologist* 63: 602-614.

Henrich, J., Heine, S., and A. Norenzayan (soumis). The Weirdest People in the World.

Henrich, J., Boyd, R., Bowles, S., Camerer, C., Fehr, E., Gintis, H., McElreath, R., Alvard, M., Barr, A., Ensminger, J., Henrich, N., Hill, K., Gil-White, F., Gurven, M., Marlowe, F. W., Patton, J. Q. & Tracer, D. (2005) 'Economic Man' in Cross-cultural Perspective: Behavioral Experiments in 15 Small-Scale Societies. *Behavioral & Brain Sciences* 28: 795-815.

Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I. & Norenzayan, A. (2001) Culture and systems of thought: Holistic versus analytic cognition. *Psychological Review* 108: 291-310.

Nowak, M. A., Page, K. M. & Sigmund, K. (2000) Fairness versus reason in the Ultimatum Game. *Science* 289(5485): 1773-1775.

Peng, K. & Nisbett, R. E. (1999) Culture, dialectics, and reasoning about contradiction. *American Psychologist* 54(9): 741-754.

Segall, M., Campbell, D. & Herskovits, M. J. (1966) *The Influence of Culture on Visual Perception*, The Bobbs-Merrill Company.

Van der Henst, J-B, Mercier, H., Yama, H., Kawasaki, Y., & Adachi, K (2006). Dealing with contradiction in a communicative context. *Intercultural Pragmatics*, 487-502.

Mercier, H., Van der Henst, J-B, Yama, H., Kawasaki, Y., & Adachi, K (soumis). Strategies for taking advice into account: a cross-cultural study.

Wu, S. & Keysar, B. (2007) Cultural effects on perspective taking. *Psychological Science* 18: 600-606.

Liste des Instituts Français de Recherche à l'Etranger

CFEE - Addis Abeba
Centre Français des Etudes Ethiopiennes

<http://www.cfee-fces.org>

CEMCA - Mexico
Centre d'Etudes Mexicaines et Centre-Américaines

<http://www.cemca.org.mx>

IRASEC - Bangkok
Institut de Recherche sur l'Asie du Sud-Est Contemporaine

<http://www.irasec.com>

CFRSSH - Moscou
Centre Franco-Russe de Recherches en Sciences Humaines et Sociales de Moscou

<http://www.obsmoscou.net>

CMB - Berlin
Centre Marc Bloch

<http://www.cmb.hu-berlin.de>

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---------------|---------|--------|-----------|----------|------------|-----------|----------|---------------|
| IFRA | | | | - | | | | | | Nairobi |
| Institut | Français | | de | | Recherche | | en | | | Afrique |
| http://www.ifra-nairobi.net | | | | | | | | | | |
| IFPO | | | | | | | | | | Damas |
| Institut | | Français | | Amman, | | | | Beyrouth, | | Proche-Orient |
| http://www.ifporient.org | | | | | | | | | | |
| CSH | | | | | | | | | | Delhi |
| Centre | | | de | | New | | | Sciences | | Humaines |
| http://www.csh-delhi.com | | | | | | | | | | |
| MHFA | | | | | | | | | | Göttingen |
| Mission | | Historique | | | Française | | | en | | Allemagne |
| http://www.mhfa.mpg.de | | | | | | | | | | |
| MFO | | | | | | | | | | Oxford |
| Maison | | | | | Française | | | | | d'Oxford |
| http://www.mfo.ac.uk | | | | | | | | | | |
| CEFC | | | | | | | | | | Hong-Kong |
| Centre | d'Etudes | Français | | sur | la | | Chine | | | contemporaine |
| http://www.cefc.com.hk | | | | | | | | | | |
| IFRA | | | | | | | | | | Ibadan |
| Institut | Français | | de | | Recherche | | | en | | Afrique |
| http://ifra-ng.org | | | | | | | | | | |
| CEFRES | | | | | | | | | | Prague |
| Centre | Français | | de | | Recherche | | | en | Sciences | Sociales |
| http://www.cefres.cz | | | | | | | | | | |
| IFEA | | | | | | | | | | Istanbul |
| Institut | | Français | | | | | | | d'Etudes | Anatoliennes |
| http://www.ifea-istanbul.net | | | | | | | | | | |
| CJB | | | | | | | | | | Rabat |
| Centre | | | | | Jacques | | | | | Berque |
| http://www.ambafrance-ma.org/cjb/ | | | | | | | | | | |
| CFRJ- | | | | | | | | | | Jérusalem |
| Centre | Français | | de | | Recherche | | | de | | Jérusalem |
| http://www.angelfire.com | | | | | | | | | | |
| CEFAS | | | | | | | | | | Sanaa |
| Centre | Français | d'Archéologie | | et | de | Sciences | | Sociales | de | Sanaa |
| http://www.cefes.com.ye | | | | | | | | | | |
| IFAS | | | | | | | | | | Johannesburg |
| Institut | | Français | | | d'Afrique | | | du | | Sud |
| http://www.ifas.org.za | | | | | | | | | | |
| IFEAC | | | | | | | | | | Tachkent |
| Institut | Français | | d'Etude | | sur | | | l'Asie | | Centrale |
| http://www.ifeac.org | | | | | | | | | | |
| DAFA | | | | | | | | | | Kaboul |
| Délégation | | Archéologique | | | Française | | | en | | Afghanistan |
| http://www.dafa.org.af | | | | | | | | | | |
| IFRI | | | | | | | | | | Téhéran |
| Institut | Français | | de | | Recherche | | | en | | Iran |
| http://www.ifriran.org | | | | | | | | | | |
| SFDAS | | | | | | | | | | Khartoum |
| Section | Française | | de | la | Direction | des | Antiquités | du | | Soudan |
| http://www.sfdas.com | | | | | | | | | | |
| MFJ | | | | | | | | | | Tokyo |
| Maison | | | | | Franco | | | | | Japonaise |
| http://www.mfj.gr.jp | | | | | | | | | | |

| | | | |
|--|---|----|-------|
| CEDEJ | - | Le | Caire |
| Centre d'Etudes et de Documentation Economique, Juridique et Sociale | | | |
| http://www.cedej.org.eg | | | |
| IRMC | - | | Tunis |
| Institut de Recherche sur le Maghreb Contemporain | | | |
| http://www.irmcmaghreb.org | | | |
| IFEA | - | | Lima |
| Institut Français d'Etudes Andines | | | |
| http://www.ifeanet.org | | | |

Sylvie Berthoz

Inserm U669, Sce Psychiatrie, IMM - "Paris Sud Innovation Group in Adolescent Mental Health

Maison de Solenn, 97 Boulevard de Port Royal - 75679 Paris cedex 14, France

<http://sites.google.com/site/berthozsylvie/> - sylvie.berthoz@imm.fr

Chevauchement Phénotypique entre Anorexie Mentale et Troubles Autistiques

A l'occasion du 50ème anniversaire de la découverte de la structure de l'ADN par Watson et al., Gottesman & Gould ont publié un article (dans une des meilleures revue internationale de psychiatrie) présentant pourquoi, selon eux, la génétique a jusque là offert peu d'avancées dans la compréhension et la prise en charge des troubles psychiatriques (Gottesman & Gould, 2003). Un des freins majeurs, selon eux, serait attribuable aux systèmes de classification utilisés (i.e. de type DSM ou CIM) qui décrivent des troubles fortement hétérogènes. Dans leur article, ces auteurs exposent pourquoi les phénotypes (comportements syndromiques) ne permettent pas une 'dissection génétique' des troubles psychiatriques, et comment le concept d'endophénotype aide à fournir des modèles étiologiques utilisables pour la recherche génétique. Gottesman & Gould ont repris le terme d'endophénotype de biologistes spécialistes des insectes qui avaient distingué le phénotype 'apparent, évident ou externe' (ou exophénotype), d'un phénotype 'microscopique ou interne' (ou endophénotype). Ils le définissent comme un marqueur 'non visible à l'œil nu ... qui marquerait le chemin entre le génotype et le comportement'. Les endophénotypes (neurophysiologiques, biochimiques, endocrinologiques, neuroanatomiques, neuropsychologiques ou cognitifs) constitueraient des indices plus élémentaires des substrats génétiques impliqués dans la pathologie que ne l'est le syndrome clinique proprement dit.

Comme le soulignent Gottesman & Gould, bien que ce concept ait été introduit en psychopathologie au début des années 70, et malgré les perspectives génétiques prometteuses qu'il semblait offrir, il est resté 'en sommeil' pendant 30 ans.

Actuellement, plusieurs auteurs s'accordent à dire qu'une limite dans l'étude de la physiopathologie des troubles psychiatriques est liée à leur hétérogénéité phénotypique. De plus, à la lumière des résultats obtenus dans le domaine des neurosciences des affects montrant que les troubles comorbides partagent des substrats biologiques communs, la pertinence de la classification syndromique des troubles mentaux est de plus en plus discutée. Ainsi, une nouvelle littérature émerge et souligne que la prise en compte des principales comorbidités existant entre certains troubles favoriserait l'identification d'endophénotypes (Abou-Saleh 2006; Mitterschiffthaler et al. 2006; Pearlson & Calhoun 2007). En accord avec Gottesman & Gould, cette littérature suggère que, plutôt que de se baser sur les phénotypes cliniques de chaque trouble, qui ne sont que peu informatifs (car très hétérogènes et état-dépendants), l'approche par endophénotypes permettrait de décomposer les troubles en sous-ensembles de dimensions/traits et d'établir des liens entre les gènes et le comportement.

En conséquence, à partir de la confrontation de ces articles, on peut faire l'hypothèse qu'il existe des endophénotypes cognitivo-affectifs communs entre des troubles ayant une forte comorbidité et des modalités de contrôle émotionnel analogues.

En ce qui concerne les troubles du comportement alimentaire, des cliniciens chercheurs Anglais de l'Institut de Psychiatrie (Londres) ont très récemment proposé un modèle dans lequel l'éventualité d'une continuité et d'un partage d'endophénotypes entre les troubles du comportement alimentaire et les troubles dits du développement est proposée (Schmidt & Treasure 2006; Treasure 2007; Treasure et al. 2007).

A partir du constat de l'existence de chevauchements phénotypiques entre les troubles du spectre autistique, de l'anorexie mentale (AM) et des troubles obsessionnels compulsifs (TOC), ce nouveau modèle suggère d'étudier plus avant les fonctionnements cognitif et affectif caractéristiques de ces différents troubles, plutôt que les symptômes cliniques spécifiques à chacun.

Notamment, il semblerait qu'il existe au moins quatre modalités de fonctionnement cognitivo-affectif communes (ou quatre endophénotypes communs) entre l'AM et les troubles du spectre autistique (notamment le Syndrome d'Asperger) : 1) le manque de flexibilité cognitive ; 2) la focalisation attentionnelle sur les détails et la méticulosité ; 3) les rituels et comportements stéréotypés ; 4) les difficultés relationnelles et l'évitement émotionnel.

A ce jour, on dispose de deux corpus de données sur ces aspects qui évoluent en parallèle dans les troubles autistiques et l'AM. A notre connaissance, seule l'équipe Suédoise de Gillberg et al. a établi expérimentalement un rapprochement entre ces deux types de troubles, à partir de l'analyse des performances cognitives d'un sous-groupe d'anorexiques présentant des caractéristiques des troubles autistiques. Cette même équipe vient de mettre en évidence qu'un mauvais pronostic de devenir dans l'AM est prédit notamment par la présence de traits autistiques. Néanmoins, aucune étude comparative sur les comportements ou processus cognitivo-affectifs impliqués dans ces deux troubles permettant d'étayer expérimentalement ces hypothèses n'a été menée à ce jour. De plus, aucune étude n'a jusqu'à présent testé dans quelle mesure ce mode de fonctionnement concerne aussi bien le sous-type restrictif que celui anorexique-boulimique.

Par ailleurs, tandis que les troubles de l'alimentation sont majeurs dans les troubles du développement, et bien qu'il ait été proposé qu'un mécanisme central commun puisse influencer à la fois la structuration de la personnalité et la régulation de l'appétit, cette question n'a jamais été explorée expérimentalement.

Nous présenterons les travaux de l'équipe internationale actuellement leader sur l'étude des mécanismes cognitivo-affectifs communs entre l'Anorexie Mentale et les Troubles Autistiques, et comment ces cliniciens chercheurs ont utilisé les endophénotypes pour construire une prise en charge adaptée : la thérapie de remédiation cognitive (CRT) de l'Anorexie Mentale (Tchanturia et al. 2007/2008).

Ces données illustreront comment l'identification d'endophénotypes devrait avoir une double contribution : 1) de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent les troubles mentaux et de contribuer à réduire l'intervalle entre les gènes et le comportement ; 2) d'améliorer l'efficacité des pratiques thérapeutiques en ciblant les approches sur des déficits spécifiques.

Christine Deruelle

Institut des Neurosciences Cognitives de la Méditerranée, CNRS

31, Chemin Joseph Aiguier 13009 Marseille,

deruelle@incm.cnrs-mrs.fr <http://www.incm.cnrs-mrs.fr>

Processus émotionnels et théorie de l'esprit: développement et troubles

Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

La cognition sociale se rapporte à tous les processus perceptifs et cognitifs impliquant des informations de type social, c'est à dire émotionnelles, morales, ect... Ces processus incluent la perception consciente/inconsciente d'informations, et l'influence de cette perception dans

les interactions émotion/cognition, dans les processus d'apprentissage et de prise de décision, ...

Nos recherches se situent directement dans le champ de la cognition sociale, en y ajoutant une dimension clinique via l'étude de syndromes neurodéveloppementaux caractérisés par des anomalies du comportement social tels que l'autisme ou le syndrome de Williams.

En effet, dans ce domaine, l'étude du développement apporte un éclairage particulièrement intéressant. La composante dynamique d'une approche ontogénétique permet de dissocier les différentes composantes d'un processus aussi complexe que la cognition sociale et de suivre leurs développements.

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Cette approche doit par essence être multidisciplinaire. L'appréhension du développement cognitif demande en effet un dialogue constant entre comportement et cognition d'une part et substrat neurobiologique d'autre part. C'est pourquoi nous avons mené en parallèle des études en comportement et des études en neuroimagerie.

Les compétences sociales recouvrent un large spectre de capacités dont des capacités fondatrices comme la reconnaissance d'un visage, d'une émotion ou des intentions d'autrui. Bien qu'il soit important de ne pas réduire le champ de la cognition sociale à un si petit ensemble de fonctions, pour des raisons paradigmatiques, nous avons focalisé néanmoins nos recherches sur ces aspects précis de la cognition sociale. Une des motivations principales pour ce choix est que ce sont justement ces aspects qui sont observables le plus précocément au cours du développement. Les visages sont sans conteste les premiers supports des contacts sociaux. On note une attirance pour ces stimuli dès les toutes premières heures de la vie. De la même façon, la reconnaissance des expressions émotionnelles est une capacité qui émerge très tôt au cours du développement et qui joue un rôle prépondérant dans le contexte social (e.g., Leppänen et al., 2007). On peut ainsi considérer que ces capacités sont particulièrement structurantes pour l'émergence d'un comportement social adapté.

Dans le domaine du comportement, nos études, qui ont concerné plusieurs populations d'enfants et d'adultes (les enfants au développement typique, les enfants porteurs du syndrome de Williams (SW), les enfants et les adultes autistes, les enfants cérébro-lésés, les enfants présentant des troubles de l'attention) ont conduit à deux résultats principaux. J'ai pu montrer d'une part que si les stratégies perceptives de reconnaissance de stimuli non sociaux sont relativement communes à tous ces syndromes (on rapporte un avantage plutôt local que configural avec un problème plus spécifique pour le traitement des relations spatiales entre les éléments et une suspicion de dysfonctionnement du système dorsal), les performances obtenues dans le cas de stimuli sociaux (tels que les visages ou les émotions) sont très nettement déterminées par le profil de comportement socio-émotionnel caractéristique de chacune de ces pathologies, et donc des facteurs dépendants directement de l'expertise (et/ou de l'expérience). Replacées dans un contexte théorique, ces données sont interprétables dans d'une vue neuroconstructiviste du développement (e.g., Karmiloff-Smith, 1997, 1998) qui prédit un rôle fondamental de l'exposition/expertise dans l'expression des trajectoires de développement des fonctions cognitives.

Dans le domaine de la neuroimagerie, les études réalisées ces dernières années nous ont permis de préciser le rôle fonctionnel des régions cérébrales appartenant au 'cerveau social' et leurs relation avec le 'système miroir', et de modéliser les interactions fonctionnelles entre ces régions. D'autre part, nous avons également pu mettre en évidence des anomalies d'interactions fonctionnelles entre régions cérébrales lors de tâches de traitement d'informations émotionnelles chez des personnes adultes autistes ou atteintes du syndrome d'Asperger.

Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

L'accent est mis sur la recherche de l'influence de l'expertise et/ou de l'expérience (effets top-down) dans l'expression des trajectoires de développement des compétences socio-émotionnelles chez ces populations d'enfants. Une des particularités de notre travail est d'associer plusieurs niveaux d'approches afin de pouvoir les corrélérer et ainsi les contraindre mutuellement. Cet axe comprend en effet un volet visant à mieux cerner les compétences socio-cognitives des populations étudiées en partant des compétences de reconnaissance des visages et des émotions et en élargissant le champ de nos investigations jusqu'à l'étude des stéréotypes sociaux. Dans un second volet, nous abordons cette question en mettant en place les outils nous permettant d'acquérir des mesures quantitatives de la sociabilité des sujets. Enfin, dans un troisième volet, notre but est de rechercher les marqueurs biologiques/endophénotypes des compétences socio-cognitives atypiques en nous intéressant aux bases génétiques et neuronales de ces processus. Dans ce contexte, nous ne nous limitons pas à la recherche d'indices fonctionnels (IRMf) mais aussi morphométriques (i.e., voxel-based morphometry, diffusion tensor imaging, sulcal morphometry).

En neuroimagerie, nos projets explorent les bases cérébrales de divers aspects de la cognition sociale : la perception et l'interprétation du comportement émotionnel d'autrui, l'apprentissage social vicariant, la prise de décision sur des dilemmes moraux, ... Nous utilisons principalement la technique de neuroimagerie par IRMf, associée à des protocoles expérimentaux utilisant des stimuli écologiquement pertinents. Des collaborations avec des chercheurs experts dans le champ du traitement d'images et de la modélisation nous permettent d'autre part d'explorer les données de neuroimagerie en terme de connectivité et de modèles d'interactions fonctionnelles.

Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

La réplication de la plupart de nos études chez une population de personnes autistes a pour but de préciser les dysfonctionnements cérébraux sous-jacents aux déficits comportementaux caractéristiques de cette pathologie.

Enjeux également dans la mise en place de thérapie cognitive de l'autisme (avec nos résultats visant à évaluer le rôle des différents support (agents virtuels vs réels)

Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

En France : Marseille, Lyon

Internationale : Londres (FIL ect...), Groningen, Mannheim

Pouvez-vous indiquer les résultats qui vous paraissent les plus significatifs dans la recherche sur la cognition sociale au cours des cinq dernières années?

Théorie de la simulation et système des neurones miroirs. Default brain network.

Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?

Quel est la part des processus conscients et inconscients dans le traitement adéquat des informations à valence sociale ?

Quelle est le rôle fonctionnel du 'default brain network' et à quel point faut il le considérer comme 'intrinsèquement social' ?

Quelle est la part d'influence émotionnelle et utilitariste dans la prise de décision morale ?

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Intégration des données anatomiques et fonctionnelles issues de la neuroimagerie, EEG et MEG afin d'obtenir des modèles de plus en plus précis des interactions fonctionnelles (connectivité fonctionnelle et effective) au sein du 'cerveau social' en fonction des différents processus étudiés.

Recherche d'endophénotypes

Approche cross-syndromes

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

ANR, HFSP,

Chloé Farrer

Centre de Recherche Cerveau et Cognition, CNRS UMR 5549

Faculté de Médecine de Rangueil-Bât A3 - 133, route de Narbonne

31 062 TOULOUSE Cedex

http://www.cerco.ups-tlse.fr/fr_vers/annuaire/chloe_farrer.htm - chloe.farrer@cerco.ups-tlse.fr

Troubles de la cognition sociale dans la schizophrénie

Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

Je reprends la définition de Frith and Frith (2008) selon laquelle la cognition sociale regroupe l'ensemble des processus cognitifs qui permettent à des individus d'interagir. Ma recherche tente de décrire les mécanismes neurocognitifs qui nous permettent d'inférer l'intention d'un agent à partir de l'observation de ses mouvements. Cette capacité de lecture intentionnelle est aussi étudiée dans la pathologie mentale (schizophrénie / autisme) afin de tester si certaines manifestations symptomatiques peuvent être re-décrites en termes de déficits de la cognition sociale.

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Mon approche consiste à examiner l'influence du contenu intentionnel (i.e. le type d'intention) sur les mécanismes d'inférence intentionnelle. Une première série d'études chez le sujet sain a montré que les informations perceptives et à priori contribuent différemment à l'inférence d'une intention en fonction du contenu intentionnel.

Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

Implication du cerveau social dans l'inférence de différents types d'intention chez le sujet sain (contributions respectives des régions du système miroir et des autres régions du cerveau social à l'inférence de différents types d'intentions).

Etude de la théorie de l'esprit chez des patients schizophrènes en prenant en compte la diversité du contenu intentionnel. Déficit généralisé/spécialisé de la Théorie de l'esprit ?

Implication du cerveau social dans l'inférence intentionnelle chez des patients schizophrènes.

Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

Santé: Le principal intérêt de ces recherches est de mieux comprendre certaines manifestations pathologiques qui entravent le comportement social des patients afin de développer des techniques de remédiation cognitive ou améliorer les thérapies cognitivo-comportementales par l'intégration des connaissances issues de ces recherches.

Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quels sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

France

Service de Psychiatrie, Hôpital Richaud, MC Hardy Baylé

Lyon, CNC

Faiblesses : difficultés de mise en place d'études qui combinent des investigations génétiques et IRMf

Monde

Allemagne

University of Bochum, Martin Brüne

Angleterre

University, of Nottingham : Corcoran lab

University of Manchester: Bentall lab

Usa

Université de Caroline du Nord : Penn Lab

Pouvez-vous indiquer les résultats qui vous paraissent les plus significatifs dans la recherche sur la cognition sociale au cours des cinq dernières années?

Implication des neuropeptides (oxytocine et vasopressine) et de certains gènes (gènes empreintes) dans la cognition sociale

Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?

Plus spécifique à mon domaine de recherche

schizophrénie / hypo vs hyper intentionnalité? liens avec la symptomatologie (hypointentionnalité et symptômes négatifs vs hyperintentionnalité et symptômes positifs) ?

liens déficits de la théorie de l'esprit / autres déficits cognitifs

déficit de la théorie de l'esprit : marqueur d'état ou de trait ?

Caractérisation des dysfonctionnements cérébraux associés à la théorie de l'esprit dans la schizophrénie

Plus général

Quels aspects de la cognition sociale sont perturbés dans la schizophrénie

Liens déficits de la cognition sociale / comportement social

Caractérisation des dysfonctionnements du cerveau social dans la schizophrénie (système miroir, pôles temporaux antérieurs, ...) ?

Développement de techniques de remédiation de la cognition sociale

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Approche de combinaison de données génétiques (identification, des gènes et de leur expression), de mesures comportementales liées à la cognition sociale et de données neuroanatomiques et neurofonctionnelles.

Approche transverse entre différentes pathologies mentales (e.g. comparaison des déficits de la cognition sociale dans la schizophrénie et l'autisme).

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

Appels d'offre européens

ANR NEURO

Philippe Fossati,

CNRS USR 3246, GH Pitié-Salpêtrière & Université Pierre & Marie Curie Paris VI
 Pavillon Clérambault, Hôpital de La Salpêtrière - 47 Bd de l'Hôpital F-75013 Paris France
 Tel : +33 (0) 1 42 16 12 33
<http://www.UMR7593.cnrs.fr/spip.php?article121&lang=en> - philippe.fossati@psl.aphp.fr

Dimensions Intrapersonnelles et Interpersonnelles des Processus de Représentation de Soi dans la Dépression

Les recherches de notre équipe 'Images du self' au sein du Centre émotion (CNRS USR 3246) sont centrées essentiellement sur l'étude des processus de représentation de soi chez des patients déprimés, des sujets sains et des individus avec des facteurs de vulnérabilité (ex. génétique) pour la dépression. Nous utilisons essentiellement des paradigmes de psychologie cognitive, principalement mnésique, couplées avec des techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf).

Dans notre équipe nous considérons la cognition sociale essentiellement sous l'angle de processus cognitifs insérés dans un contexte social. L'originalité de la cognition sociale proviendrait de sa dimension interpersonnelle et inter-subjective, au-delà du 'contenu' des informations traitées (ex. visages).

Notre démarche scientifique consiste dans un premier temps à définir les bases neurales des processus intra-personnels de représentation de soi et leurs rôles dans les pathologies émotionnelles de type dépression. Dans un second temps nous allons investiguer la dimension interpersonnelle de ces processus de représentation de soi en étudiant les effets du contexte social.

Les travaux de notre équipe ont pu mettre en évidence que deux types de biais cognitifs s'observent dans la dépression majeure. Le premier biais cognitif consiste en une mémorisation accrue et une attention excessive portée sur les événements émotionnellement négatifs.

Le deuxième type de biais cognitif traduirait une personnalisation excessive de la réponse et de l'expérience émotionnelle chez les patients déprimés.

Ainsi en réponse à des émotions négatives ou positives, les patients déprimés s'engageraient dans des processus de référence à soi, d'auto-évaluation mettant en jeu des régions cérébrales spécifiques. Ces processus de personnalisation excessive se traduisent par exemple au niveau clinique par des ruminations.

Dans un premier temps nous avons pu montrer que le cortex médial préfrontal et que le cortex cingulaire postérieur jouent un rôle essentiel dans les processus de référence à soi.

Dans un travail plus récent nous avons pu également souligner que cette région du cortex médial préfrontal, en particulier dans sa partie dorsale, est hyperactive dans la dépression. Cette hyperactivité dorso-médiale persiste après l'amélioration symptomatique de la dépression.

Chez des sujets porteurs de l'allèle S du promoteur du transporteur de la sérotonine (5-HTTLPR), à risque accru de dépression en réponse à des facteurs de stress, cette partie dorsomédiale du cortex préfrontal est également hyperactive.

L'ensemble de ces résultats démontre que le cortex médial préfrontal pourrait représenter la signature neurale des biais égocentriques émotionnels observés dans la dépression. L'investigation des processus de représentation de soi dans la dépression pourrait être utile pour le choix des traitements en particulier pour définir les indications de psychothérapie interpersonnelle.

Jacqueline Nadel
 CNRS, UMR CNRS 7593
 Pavillon Clérambault, Hôpital Salpêtrière - 47, Bd de l'Hôpital - F-75013 Paris
<http://www.UMR7593.cnrs.fr/spip.php?article84&lang=en> - jacqueline.nadel@upmc.fr
 Les chemins développementaux de la cognition sociale : ses déviations dans l'autisme

La définition de la cognition sociale est évolutive. Mais au fur et à mesure de ses succès et de son extension à de nombreux champs disciplinaires, elle perd de sa précision. Il est frappant de constater que les concepts de 'cognition sociale', 'interaction sociale', et 'communication sociale' sont souvent utilisés comme des synonymes. La cognition sociale est même considérée sous-tendre les interactions sociales. Cette conception est fortement influencée par une option théorique selon laquelle interagir socialement implique de raisonner, anticiper et comprendre les intentions des autres.

Il est important, à ce sujet, de se souvenir de la distinction faite par Premack et Wooldruff (1978) entre cognition sociale et comportements sociaux. Les comportements sociaux sont partagés par de nombreuses espèces animales, tandis que la cognition sociale, dans ses composantes de réflexivité et de mentalisation, semble limitée à de rares espèces autres que l'espèce humaine. Le développement et ses troubles offrent de bons arguments en faveur d'une distinction entre les deux concepts. La déficience mentale sévère n'obère pas le partage émotionnel, l'attention conjointe, l'imitation ou la synchronie interactionnelle et les échanges gestuels, alors qu'elle rend très difficile la réflexivité et la compréhension des intentions des autres. A l'opposé, l'autisme de haut niveau rend possible un minimum d'interactions sociales sur la base de la réflexivité et du raisonnement hypothético-déductif, mais le partage d'émotions et les échanges interindividuels spontanés sont très difficiles.

La disjonction ainsi suggérée entre les propriétés de la cognition sociale et celles des interactions intersubjectives n'interdit pas que les mécanismes cérébraux sous-jacents se recouvrent partiellement, mais cela n'autorise pas à franchir le large fossé qui sépare les comportements sociaux de la cognition sociale. C'est pourtant le cas actuellement, notamment dans le cadre des études en neuro-imagerie qui considèrent aisément que le système neuronal miroir est la base neurophysiologique à la fois de la cognition sociale et des interactions sociales sans que les enregistrements cérébraux en apportent de démonstration directe. Le fait que s'expriment plus tôt des symptômes hors de la sphère sociale chez des bébés qui recevront plus tard un diagnostic d'autisme (cf le numéro thématique sur le diagnostic d'autisme paru dans ENFANCE, 1, 2009, et en particulier l'article de Rogers) mène aussi à l'idée d'une non-linéarité entre comportements sociaux et cognition sociale. Le problème des précurseurs et pré-requis de la cognition sociale en est rendu beaucoup plus complexe que parfois suggéré.

Dans le domaine développemental s'est posée la question de la méthode d'étude des pré-requis de la cognition sociale, à distinguer de la méthode d'étude des interactions sociales précoces. La création d'une nouvelle génération de dispositifs expérimentaux permet de révéler s'il y a traitement précoce de l'intentionnalité et de l'interactivité des comportements sociaux par le bébé. La méthodologie consiste à conserver l'environnement social dans lequel baigne le bébé (embeddedness) tout en simulant expérimentalement un dysfonctionnement de l'interactivité du partenaire. La réaction au dysfonctionnement permet de mesurer les attentes du bébé, et donc les inférences qu'il produit concernant les réponses des partenaires. Deux grands types de dispositifs sont utilisés à cet effet : la simulation in vivo et la simulation dérivée de manipulations techniques... Le prototype de la simulation in vivo, dans laquelle l'adulte manipule son propre comportement social, est le dispositif du Still Face (visage impassible) où l'adulte coupe la communication avec le bébé et n'offre plus de comportement social face à lui. Les bébés dès 6 semaines réagissent très négativement à ce type de comportement (cf. Gusella et al., 1988 ; Murray & Trevarthen, 1985 ; Tronick et al, 1978), mais on a pu critiquer la procédure en tout ou rien, peu susceptible d'offrir une réponse fiable concernant l'information traitée par le bébé. Plus subtile, la manipulation technique du comportement maternel spontané opéré par le paradigme double vidéo (double vidéo direct-différé) permet d'atteindre les capacités d'anticipation du bébé. En effet, au cours d'un face-à-face télévisé, le bébé est confronté tour à tour à une communication en direct avec sa mère ou à une communication différée, qui ne constitue donc pas une réponse sociale aux comportements actuels du bébé (Murray & Trevarthen, 1985 ; Nadel et al, 1999 ; Nadel et al., 2005 ; Soussignan, Nadel & Gérardin, 2006). Dès 8 semaines, non seulement les bébés repèrent la période de communication différée mais ils y réagissent avec une violence à la hauteur de ce qu'il faut bien considérer comme leurs attentes déçues de synchronie intersubjective : pourquoi sinon ce désarroi

devant le visage souriant et la voix affectueuse de leur mère? A 6 mois, le bébé étend ces attentes à toute personne, fût-elle inconnue de lui. Il manifeste ainsi précocement une capacité d'attribution implicite d'intentionnalité sociale à la personne humaine.

Nous avons examiné les perturbations psychopathologiques de l'attribution d'intentionnalité en mettant à l'épreuve l'hypothèse que les enfants autistes de bas niveau cognitif présentent une absence d'attentes sociales ontologiques, mais peuvent acquérir des attentes sur la base de comportements sociaux éprouvés. Les résultats montrent que les enfants autistes ne sont pas perturbés lors de leur entrée seuls dans une pièce où se tient un étranger impassible qui ne s'adresse pas à eux, mais qu'après la période d'interaction imitative avec cet étranger, ils expriment des attentes sociales, qui se manifestent par des initiatives de prises de contact répétées (Nadel et al., 2000 ; Escalona et al., 2002 ; Field et al., 2001). Au contraire, des enfants trisomiques d'âge cognitif inférieur (18 mois) sont immédiatement alertés par le comportement non interactif de l'étranger et refusent de rentrer dans la pièce, indiquant par-là qu'ils tiennent ce comportement pour intentionnel. Cette différence avec les enfants autistes marque une difficulté spécifique de ces derniers à former un concept de personne comme agentive et interactive, et permet de lier directement cette difficulté à celle concernant l'accès à une théorie de l'esprit.

Autres candidat-précurseurs de la cognition sociale, l'imitation synchrone, et son corollaire, la reconnaissance d'être imité, sont utilisés durant toute la période préverbale comme un format de communication sur la base d'un jeu d'agentivités entre partenaires où alternent l'expression (c'est moi qui fais) et l'attribution d'intentionnalité (c'est toi qui est à l'origine de ce que je fais). Ce système fonctionne entre enfants jusqu'aux alentours de 4 ans, puis disparaît sans retour (Nadel, 2002). Ce n'est pas une coïncidence. Après 4 ans, tester et contrôler l'intentionnalité de l'autre peut être réalisé à partir d'inferences méta-représentationnelles. Il n'y a plus nécessité d'une lecture en acte des intentions de l'autre. Il n'y a plus nécessité de réaliser les intentions de l'autre ou de l'informer sur ses intentions au moyen d'actions similaires. Le rôle de précurseur méta-représentationnel joué effectivement par le système imitatif est achevé. Une théorie de l'esprit est un outil bien plus performant. Par contre dans le cas d'autisme sans langage, l'accès au format de communication par l'imitation est à promouvoir, non seulement comme outil d'interaction sociale, mais aussi et peut-être surtout pour l'aide qu'il procure au développement de l'agentivité et de l'accès à la compréhension de l'intentionnalité, fût-elle limitée aux actions physiques. (Nadel, 2006) Les thérapies issues de nos travaux se développent dans plusieurs hôpitaux.

Dans ce bref aperçu de nos travaux, nous avons souligné la différence entre cognition sociale et interaction sociale, l'importance d'une différenciation des méthodes, indiqué l'accès précoce à une compréhension de l'interactivité comme intentionnelle, et montré la place de l'imitation dans l'exercice de l'intentionnalité au cours du développement et pour des thérapies de l'autisme.

Quelques références

Nadel, J. (2002). Imitation and imitation recognition: functional use in preverbal infants and children with autism. In A. Meltzoff & W. Prink (Eds), *The imitative mind* (pp.42-62). Cambridge: Cambridge University Press.

Nadel, j. (2006). Does imitation matter to children with autism? In S. Rogers & J. Williams (Eds;), *Imitation ad the social mind* (pp. 118-137). New York: The Guilford Press.

Nadel J., et al. (2000). Do autistic children havev expectancies about the social behavior of unfamiliar people. *Autism*, 4, 2, 133-145.

Nadel, J, Carchon, I., Kervella, C., Marcelli, D., & Réserbat-Plantey, D. (1999). Expectancies for social contingencies in 2-month-olds. *Developmental Science*, 2, 164-173.

Jean-Louis Dessalles

Département Informatique – Telecom Paris Tech / ENST

<http://perso.telecom-paristech.fr/~jld/> dessalles@enst.fr



Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

L'être humain a été façonné par la sélection naturelle pour tirer un profit maximal de ses relations sociales. Ses particularités cognitives (en comparaison des autres primates), et notamment la faculté de langage, ont évolué dans le contexte social particulier de notre espèce, dans laquelle l'établissement de réseaux sociaux est vital. Les composantes cognitives originales de l'être humain ont toutes une fonction biologique ; elles pourraient toutes (y compris l'intelligence, la planification, etc.) être biologiquement motivées par la nature politique de notre espèce.

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

L'observation et la modélisation du langage spontané (conversations) nous a conduits à formuler la théorie du Décalage de Complexité (www.unexpectedness.eu). Cette théorie décrit la fonction cognitive principale pour laquelle le langage est spontanément utilisé, qui est de surprendre l'interlocuteur (voir pertinence.dessalles.fr). Nous avons montré comment, dans le contexte politique particulier de notre espèce, la capacité à produire la surprise joue un rôle essentiel dans l'établissement des liens de solidarité. Le langage serait ainsi un cas de signal honnête.

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Les recherches en sciences cognitives connaissent actuellement plusieurs bouleversements théoriques, parmi lesquels la prise en compte :

- de la dimension émotionnelle de la cognition
- du fait que la cognition est sensible à la simplicité (au sens de la taille de la description) (cf. Chater 1999 : The search for simplicity: A fundamental cognitive principle?)
- de la dimension phylogénétique : chaque composante cognitive remplit une fonction biologique.

Les recherches sur les fonctions du langage que nous menons à Telecom ParisTech sont au carrefour de ces nouveaux courants.

David Chavalarias

Institut des Systèmes Complexes de Paris Ile-de-France & CREA, Ecole Polytechnique

57-59 rue Lhomond 75005, Paris

Phone : +33.1.42.17.09.99

<http://chavalarias.com>, david.chavalarias@polytechnique.edu

Cognition Sociale et Cognition Collective

Résumé :

Certains scientifiques, sociologues ou économistes en particulier, se sont récemment emparés du terme de cognition sociale utilisé en psychologie en lui donnant un second sens, à savoir, une cognition distribuée sur l'ensemble des individus composant une société. L'enjeu est alors de savoir en quoi les aptitudes sociales humaines rendent compte du développement d'une cognition collective complexe. Nous défendrons l'idée que la cognition sociale est un raffinement du concept de cognition distribuée plutôt qu'un équivalent. C'est un phénomène propre aux sociétés humaines, qui s'appuie sur la cognition sociale au sens de la psychologie, et permet de penser l'évolution culturelle. Nous montrerons ensuite en quoi, les avancées dans le domaine de la modélisation et de la simulation, ainsi que celles dans le domaine de l'observation /in vivo /des systèmes sociaux ouvrent des perspectives nouvelles pour l'étude de la cognition sociale.

Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale



Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

Le sens premier de cognition sociale, telle que cette expression a été introduite par les psychologues (Fiske et Taylor 1991, Social Cognition), porte à mon sens sur l'ensemble des aptitudes permettant la compréhension intuitive des relations sociales et d'autrui. Je m'intéresse pour ma part à une extension de ce concept aux dynamiques collectives à savoir, une cognition distribuée sur l'ensemble des individus composant une société. La cognition sociale se pose alors au croisement des sciences cognitives et des sciences des systèmes complexes, et peut être définie comme la co-évolution des espaces cognitifs d'agents en interaction et des réseaux sociaux qu'ils forment. L'étude de la cognition sociale est étroitement liée aux études portant sur l'évolution culturelle.

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Une proposition d'un nouveau cadre théorique pour la modélisation de la cognition sociale, telle que nous venons de le définir. Ce cadre pose la cognition sociale comme une spécificité de l'évolution culturelle, avec des dynamiques propres qui ne peuvent être modélisées avec les outils traditionnellement utilisés en économie, écologie ou biologie des populations. Il y a notamment l'introduction d'un nouveau type d'équilibre pour les systèmes sociaux, les « équilibres métamimétiques », qui prennent en compte l'évolution des « personnalités » ou des « identités » des agents lors de leurs interactions sociales. Cette problématique a été reliée à celle de la modélisation des préférences en économie.

Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

Mon programme de recherche porte d'une part, sur l'approfondissement des cadres théoriques et conceptuels pour la modélisation de la cognition sociale, avec comme outils les mathématiques et les systèmes multi-agents; d'autre part, sur la reconstruction de dynamiques de cognition sociale à partir de données de terrain (traces d'activité sociale numérisée telle que les archives électroniques ou des documents issus du Web), ceci à des fins de validation ou pour proposer de nouveaux modèles.

Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

L'enjeu de ce type de recherches est une meilleure compréhension des dynamiques sociales et de l'évolution culturelle dans leurs dimension cognitive. A moyen terme elles devraient permettre de mieux comprendre les conséquences directes ou indirectes de mesures politiques ou économiques sur le comportement, mais également les perceptions et les appréciations des populations des mesures envisagées. Elles devraient également apporter un nouvel éclairage sur les changements sociaux. Par exemple, il est souvent souligné que les changements requis pour faire face aux bouleversements climatiques qui risquent de se produire, sont autant de l'ordre du changement de mentalités que du changement de comportements. Ce type de changement est de l'ordre de la cognition sociale.

L'intérêt croissant pour les données in vivo issus par exemple des médias sociaux numériques, est par ailleurs susceptible de nous apporter des informations très pertinentes sur les phénomènes de cognition sociale à grande échelle.

Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

Cette aspect de la cognition sociale, comme beaucoup de nouveaux thèmes interdisciplinaires, est pour le moment abordée à la frontière de plusieurs disciplines. On

trouve par exemple des approches du côté de l'économie, autour de la question de la co-détermination entre l'identité des agents économiques (représentations, croyances, buts, préférences et valeurs) et les réseaux socio-économiques qu'ils forment (cf. l'Éthique économique Vol. 3 (1) 2004, ou la Revue de Philosophie économique, n°9, 2004) ou des neurosciences sociales cognitives (Social Cognitive Neuroscience lab., UCLA, <http://www.scn.ucla.edu>). Parmi les centres où sont abordées ces questions, nous pouvons citer le CREA, l'Institut systèmes complexes de Paris Île-de-France, le CAMS (EHESS, Paris) ou le GREQAM (EHESS Marseille).

Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?

Comment metacognition, réflexivité et imitation sont liées dans le développement du nouveau-né à l'enfant ?

Quelles sont les bases neuronales de la permanence, la poursuite et la modification de buts à court, moyen et long terme, et quels sont leurs différences ?

Quel est le rôle des influences sociales et en particulier de l'imitation dans la formation des croyances, préférences et valeurs des individus ?

Quels sont les spécificités de la cognition collective humaine et comment les modéliser ?

Formalisation de la clôture opérationnelle des systèmes sociaux, rôle structurant du bruit.

Comment valider les modèles de cognition sociale par des confrontations avec les données de terrain à grande échelle ?

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Pour ce qui est de l'aspect modélisation de dynamiques collectives, les nouvelles approches « systèmes complexes » ainsi que la modélisation multi-agents.

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

Il y a eu de récents appels européens sur le thème de l'évolution culturelle. Il ne semble pas y avoir de programme spécifique en France sur ce thème, mais des appels du type « ANR Blanc » sont susceptibles d'accueillir ce genre de thématiques.

Christian Licoppe

Département de Sciences Economiques et Sociales, Telecom ParisTech, 46 rue Barrault, 75013, Paris, France

christian.licoppe@telecom-paristech.fr

Renato Cudicio et Serge Proulx

Faculté de communication, Université du Québec à Montréal

renato@cudicio.com

serge.proulx@uqam.ca

Communication, distribution de la connaissance et expertise

Le développement du genre « questions rapides » dans les organisations équipées de la messagerie instantanée.

Résumé :

Nous analysons le développement et l'organisation séquentielle d'un genre communicationnel dans des organisations où l'accès à un système interne de messagerie instantanée est généralisé à tous les membres, les 'questions rapides'. L'intelligibilité et la légitimité de ce genre organisationnel constitue une ressource pour accomplir collectivement des tâches complexes en mobilisant au fil de leur accomplissement des collègues constitués en personnes-ressources et mobilisés comme experts. Cette forme d'intelligence collective autour de laquelle s'articule communication, technologie de communication et travail d'organisation est mise en évidence sur un cas empirique de réponse à un courriel

commercial composée collaborativement, deux autres participants ayant été sollicités par messagerie instantanée pour des 'questions rapides' ayant trait à ce courriel.

Nous avons effectué une recherche sur les activités de travail au bureau dans deux organisations québécoises (un opérateur de services télécom et une entreprise high tech) ayant incorporé un système de messagerie instantanée accessible à l'ensemble de leurs membres. Outre des entretiens effectués auprès d'une dizaine de professionnels dans leurs organisations, nous avons enregistré pour chacun d'entre eux une heure environ d'activité « ordinaire » à leur bureau, en recueillant à chaque fois deux enregistrements vidéo synchrones, l'un de l'activité sur l'écran de l'ordinateur et l'autre de l'utilisateur lui-même dans un cadrage assez large pour capter les interactions avec son environnement de travail immédiat. Un petit nombre d'entre eux nous a en outre donné accès à leurs archives de messages échangés.

Les études antérieures sur les usages de la messagerie instantanée dans les organisations ont montré comment un des usages caractéristiques du dispositif concerne les requêtes et la recherche d'information ponctuelles (Nardi et al., Qwan-Haase et al. 2005 ; Cho et al, 2005). À partir du corpus constitué, nous montrons que cette forme d'échange constitue véritablement dans les organisations équipées de la messagerie instantanée un 'genre communicationnel' à part entière (Orlikowski et Yates, 1994), celui de la question rapide ('quick question'), reconnu comme tel. Ceci est montré par le fait que les participants thématisent à l'occasion ce genre pour légitimer les requêtes qu'ils sont en train de produire. Nous analyserons ensuite certaines procédures pratiques par lesquelles les participants accomplissent ces 'questions rapides', comme la succession d'une salutation et d'une question (sans attendre la réponse à la salutation), ou la préface étendue posant le problème suivie d'une question invitant le destinataire à une réponse de type oui-non. Nous montrerons également comment, au-delà de l'intelligibilité interprétative par tous de ce genre (et de l'accessibilité potentielle de chaque participant connecté à la réception de questions), l'acceptation par le destinataire est collaborativement négociée sur la base de deux formes de proximité, spatiale (partager le même bureau paysager) et relationnelle (se connaître nominalement et 'organisationnellement').

Dans la deuxième partie de l'article nous observons un événement de communication particulier, la réponse par une responsable commerciale de compte à un courriel d'un client signalant des problèmes. Nous montrons comment la rédaction de ce courriel commercial est enchevêtrée avec l'ouverture de deux fils de discussions par messagerie instantanée, initiées par deux questions rapides soulevées par ce courriel. Ceci montre comment la messagerie instantanée constitue une ressource pour savoir qui fait quoi et mobiliser à distance dans des organisations aux géographies complexes. De plus les chevauchements entre la réponse au courriel (un événement de communication caractéristique de l'activité commerciale d'une entreprise de services) montrent comment cet événement peut devenir fortement distribué, par opposition à un modèle de distribution faible où les différentes tâches interdépendantes seraient accomplies séparément les uns des autres et successivement (par exemple, chercher les informations nécessaires avant de commencer à écrire la réponse). Ce cas d'écriture collaborative d'une réponse courriel émerge de l'entrelacement des différents fils de communication, et apparaît comme un fait collectif.

Ceci montre également comment le développement du genre « questions rapides » en messagerie instantanée participe du développement d'une forme particulière d'intelligence collective dans l'organisation dans laquelle les tâches complexes sont accomplies de manière très distribuée, en sollicitant au fur et à mesure des personnes qui savent et peuvent répondre rapidement, et peuvent être mobilisées au fil des réseaux d'interconnaissance tissés dans la communication en tant qu'« experts » (Dreyfus et Dreyfus, 1986). Ceci suppose également chez les membres une forme de compétence organisationnelle à résoudre le problème de la connaissance mutuelle, particulièrement saillant dans les organisations distribuées (Cramton, 2001) : savoir qui sait, trouver rapidement qui sait, pouvoir solliciter la personne qui peut savoir qui sait, etc. La construction et la mise à l'épreuve de cette compétence constitue une forme particulière du travail d'organisation ou 'organizing' (Czarniawska and Hernes, 2005) dont le développement de la messagerie instantanée est constitutive, et que ses usages rendent visibles à des ethnographies organisationnelles.

Enfin la « question rapide » constitue une forme particulière de transaction cognitive, que l'on pourrait appeler « contribution », dont la caractéristique principale est qu'elle est d'autant plus réussie et significative, qu'elle est minime et demande peu d'effort. Ce mode de transaction cognitive semble particulièrement adapté au travail cognitif accompli en mode connecté, et semble assez générale (on le retrouverait sous une forme ou sous une autre dans les relations interpersonnelles avec les « petits messages » phatiques, dans les posts sur les sites de réseautage social comme Facebook et Twitter, dans les systèmes de requêtes dans les communautés Open Source, et dans les contributions wikipedia, 'wiki' signifiant d'ailleurs rapide en hawaïen). Le capitalisme cognitif et connecté serait une économie de la contribution.

Cho, H.-K., Trier, M., & Kim, E. (2005). "The uses of Instant Messaging in Working Relationships : a Case Study." Journal of Computer-Mediated-Communication 10(4): article 17.

Cramton, c. (2001). "The Mutual Knowledge Problem and Its Consequence for Dispersed Collaboration." Organization Science 12(3): pp. 346-371.

Czarniawska, B., & Hernes, T. (2005). Actor Network Theory and Organizing, Copenhagen: Copenhagen Business School press/

Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S.E. (1987). From Socrates to Expert Systems: The Limits of Calculative Rationality. In P. Rabinow, & Sullivan, W.eds. Interpretive Social Science: A Second Look. Berkeley, California University Press: pp. 327-350.

Nardi, B., Whittaker, S., & Bradner, E. (2000). Interaction and Outeraction: Instant Messaging in Action. Proc. CSCW'00, Philadelphia, PA.

Orlikowski, W., & Yates, J. (1994). "Genre repertoire: The Structuring of Communicative Practices in Organizations." Administrative Science Quarterly 39(4): pp. 541-574.

Quan-Haase, A., Cothrel, J., & Wellman, B. (2005). "Instant Messaging for Collaboration: A case study of a high tech firm." Journal of Computer-Mediated-Communication 10(4).

Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

La manière dont des fonctions cognitives sont accomplies de manière distribuées en s'appuyant sur des ressources dans l'environnement et des interactions avec d'autres personnes

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Réfléchir sur les liens entre accessibilité communicationnelle et la téléprésence, et les formes de collaboration qui se mettent en place dans des activités collectives dispersées

Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

Projet sur les usages de la messagerie instantanée dans des organisations dispersée ; projet ANR COMUT sur la multi-activité ; projet GIP Justice sur les procès par visio-conférence

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Croiser analyse des réseaux sociaux et approches socio-linguistiques pour rendre compte des activités cognitives distribuées

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

Ça tend à être traité de manière dispersée, avec des difficultés dans la mise en œuvre de l'interdisciplinarité qui est nécessaire.

Pascal Salembier

Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

La cognition sociale couvre un champ de recherches extrêmement vaste, depuis l'étude en neurosciences et en psychologie cognitive des mécanismes cognitifs de base qui sont mis en œuvre dans le traitement des situations d'interaction avec d'autres agents/acteurs, jusqu'à l'étude des processus de plus haut niveau (sense-making, alignement des représentations et des contextes d'interaction, reconnaissance d'intentions et d'engagements communs,...) qui organisent et régulent les activités cognitives collectives.

Les recherches que nous menons sont de deux types :

des recherches de type théorique/empirique centrés sur l'analyse de situations d'activités collectives/coopératives entre acteurs engagés dans des tâches finalisée par des objectifs professionnels, ludo-éducatifs,...

des recherches de type technologique qui visent à instrumenter/supporter ces activités par le biais d'outils organisationnels et/ou technologiques

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Les résultats obtenus couvrent les différents versants du programme de recherche évoqué précédemment :

des résultats empiriques sur les processus mis en œuvre dans les situations complexes de coopération Homme-Homme (mécanismes de coordination, modalités d'interaction, alignement/compatibilité des représentations contextuelles mutuelles, annotations collaboratives de support, gestion collaborative de connaissances,...) ;

des élaborations conceptuelles innovantes (Web socio-sémantique) et des cadres analytiques qui visent à mieux comprendre les activités cognitives collectives (contexte partagé) ;

des résultats technologiques portant sur la conception de systèmes d'assistance à la cognition collaborative/coopérative sous la forme d'outils et de plateformes basés sur l'approche web participatif et sur l'approche CSCW.

Quels sont actuellement vos programmes et projets de recherche dans ce domaine, les cadres théoriques et les méthodologies que vous utilisez, les collaborations interdisciplinaires dans lesquelles vous êtes, le cas échéant, engagés?

Les projets de recherche sur lesquels nous sommes engagés couvrent essentiellement trois domaines :

La communication médiatisée par ordinateur

La conception de systèmes d'assistance à la coopération

Le web participatif

Les cadres théoriques sont variés et reflètent l'ancrage pluridisciplinaire de l'équipe : interactionnisme social, cognition située, cognition distribuée, théories instrumentales de l'activité, théorie des transactions coopératives,...

Les méthodologies mise en œuvres sont de plusieurs types : ethnographie des situations coopératives, analyse ergonomique de l'activité, analyse interactionnelle, analyse des contenus expérientiels (incluant les émotions), expérimentations en situations recréées, simulation informatique,...

Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc.?

Les enjeux sociétaux des recherches menées sont multiples :

maintien du lien social

développement des modalités participatives d'organisation sociétale : e-démocratie, web participatif

étude des incidences des technologies coopératives sur l'organisation des communautés

Comment situeriez-vous ces recherches dans le contexte international? Quels sont selon vous les centres de recherche de référence dans le domaine en France, en Europe et dans le monde? Quelles sont selon vous les points forts et les éventuelles faiblesses de la recherche française?

En relation avec nos centres d'intérêt : la recherche française actuelle semble bien placée sur les aspects « études naturalistes » et sur les travaux autour du web participatif

Centres de référence en France : Inria-Sophia, Imag, ENS, Lyon, ENST-ParisTech, Institut Nicod, UTC, UTT

Dans le monde : UCSD, University of Helsinki, University of Siegen,...

Pouvez-vous indiquer les résultats qui vous paraissent les plus significatifs dans la recherche sur la cognition sociale au cours des cinq dernières années?

Rôle des émotions dans la cognition sociale

Modèles de simulation à base d'agents intelligents

Organisation des communautés en ligne

Description des modes de coopération sur supports participatif en ligne (web participatif, tagging,...)

Pouvez-vous indiquer cinq questions ouvertes sur lesquelles des avancées significatives peuvent être attendues au cours des prochaines années?

Entrelacement des modalités de coopération H-H et H-machine dans des environnements hybrides et instrumentés (intelligence ambiante)

Articulation des niveaux de description des phénomènes de cognition sociale

Définition d'architectures et d'outils pour la co-construction collaborative de contenus

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

Développement de plateformes de modélisation/simulation des communautés d'acteurs intégrant des niveaux de description micro (processus cognitifs) et méso (activités cognitives)

Théories de la complexité et cognition sociale

Méthodes d'accès au vécu expérientiel des acteurs en situation d'interaction (psycho-phénoménologie)

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

Projets européens ICT

Projets ANR SHS-STIC

John Stewart

Département TSH, Université de Technologie de Compiègne,

Centre Pierre Guillaumat - BP 60649 - 60206 Compiègne Cedex - France.

Tél : ++33 3 44 23 52 06 (UTC) ++ 33 1 48 74 08 30 (domicile, répondeur)

Dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale

Résumé

J'ai déjà indiqué qu'il s'agit d'un domaine de prédilection pour mes recherches. J'ajouterai seulement une précision. Par les temps qui courent, « dispositifs techniques et outils de médiation de la cognition sociale » fait penser irrésistiblement aux « sciences de l'information et de la communication ». Il ne s'agit évidemment pas de nier l'importance de

ces « nouvelles technologies », qui sont en effet en train de transformer notre vie sociale, d'une manière qui peut être difficile de bien cerner tant nous y sommes plongés. Mais outre le fait que les recherches sur ces questions sont déjà pléthoriques, je considère qu'il est essentiel de ne pas y réduire le rôle de la technique dans la constitution anthropologique. Toutes les techniques, depuis le silex taillé en passant par le feu, l'agriculture et la sédentarisation dans les villes, l'écriture, l'invention de la monnaie frappée, la première révolution industrielle.... sont déterminants de la condition humaine.

Questionnaire pour l'atelier de prospective sur la Cognition Sociale

Comment définiriez-vous la cognition sociale en général? Comment situeriez-vous vos recherches propres par rapport au champ général de la cognition sociale?

Le terme « cognition sociale » peut être interprété de multiples façons. Afin d'illustrer les enjeux, je comparerai deux définitions contrastées.

La première définition commence en définissant « la cognition », considérée comme le traitement de représentations mentales dans le cerveau. Dans ce cas, la « cognition sociale » correspond aux aspects de la cognition où il est question des interactions entre agents ; notamment, pour les êtres humains, la « Theory of Mind » (où chaque agent attribue aux autres agents un « esprit »). On peut résumer en disant qu'ici, l'adjectif « sociale » possède un sens restrictif.

La deuxième définition commence tout à fait autrement, par une définition théorique forte de ce qu'est « le social », comme étant constitué par un ensemble de « structures sociales » (normes, institutions, culture, langage, systèmes techniques etc...). Ces structures sociales entretiennent une double relation avec les actions des individus. D'une part, du point de vue d'un individu à un moment donné, les structures sociales sont « toujours déjà » là, étant héritées des générations précédentes ; de plus, ces structures sont à chaque fois la condition de possibilité de toute action socialement significative. D'autre part – mais à une autre échelle temporelle, beaucoup plus longue – les structures sociales elles-mêmes évoluent, étant infléchies par les actions effectivement réalisées par la masse des sujets individuels. On notera, évidemment, qu'il s'agit ici d'un résumé plus que succinct ; une présentation moins sommaire passerait par le déploiement de ce schème dans des exemples concrets de structures et d'actions. Cette définition du « social » puise dans la tradition des sciences sociales, et notamment dans la sociologie moderne depuis Durkheim. Or, si on accepte cette définition, la vie des êtres humains est « sociale » de part en part ; rien de ce qu'ils font n'y échappe. Il s'ensuit que si l'on veut étudier la cognition humaine, il faut prendre pleinement en compte le fait que cette cognition est « sociale » de part en part. On peut résumer en disant qu'ici, l'adjectif « sociale » possède un sens englobant.

A mon avis, chacune de ces définitions est légitime ; mais elles sont difficilement compatibles. Ainsi, encore à mon avis, il vaut infiniment mieux opter clairement pour l'une ou l'autre, en évitant de naviguer entre les deux en pleine confusion. Mais propres recherches se situent clairement dans le cadre de la deuxième définition. En fait, mes recherches épistémologiques cherchent à contribuer au développement du paradigme de l'énaction en sciences cognitives. Ce paradigme, on le sait, est enraciné dans une théorie du vivant – celle de l'autopoïèse – et considère que « cognition » et « vie » sont fondamentalement liées. De ce fait, l'énaction a acquis une réputation d'être ancrée dans la cognition sensori-motrice au niveau du corps ; et non seulement d'y être ancrée, mais peut-être d'y être confinée. Il y a donc un enjeu considérable à faire valoir que l'énaction peut aussi, de manière articulée, prendre en considération la cognition de « haut-niveau », et notamment celle qui est spécifiquement humaine. L'approche de la « cognition sociale » esquissée ci-dessus est un élément clé de cette démarche.

Quels sont les principaux résultats de vos recherches (et de celles de votre équipe) de ces dernières années dans le domaine de la cognition sociale?

Les considérations épistémologiques de la section précédente forment le cadre conceptuel de mes travaux. Mes recherches plus empiriques et expérimentales sont focalisées sur un aspect

des « structures sociales » qui a souvent été négligé, y compris dans la tradition des sciences sociales : il s'agit du rôle « anthropologiquement constitutive » des systèmes techniques. Encore plus précisément, il s'agit de recherches expérimentales dans le domaine de la « suppléance perceptive ».

Quels sont, selon vous, les enjeux sociétaux de vos recherches sur la cognition sociale? Ont-elles déjà eu des retombées applicatives ou sont-elles susceptibles d'en avoir à court ou moyen terme dans les domaines de la santé, de l'éducation, de l'industrie, etc?

Les enjeux sociétaux sont considérables, et tout d'abord à un niveau de culture générale (pour ne pas dire politique). Les êtres humains ont ceci de particulier qu'ils s'interprètent à eux-mêmes sans cesse ; plus, c'est par cette activité constante d'interprétation qu'ils se constituent. Le corollaire en est que suivant l'idée qu'ils se font d'eux-mêmes, ils seront différents. Je ne cacherai pas mon avis qu'entre les deux manières de définir ce qu'on entend par « cognition sociale », il y a deux visions – et deux projets politiques – concernant la réalité sociale. Cet enjeu est transversal à tous les domaines sociaux, notamment la santé, l'éducation – et le projet industriel lui-même (enjeux de développement durable ou pas, etc).

Quels sont selon vous les nouveaux outils théoriques et méthodologiques les plus susceptibles de faire avancer les recherches?

A mon avis, un enjeu de toute première importance concerne la relation entre sciences cognitives et sciences sociales. Si la définition de « cognition sociale » est la première identifiée ci-dessus, les sciences cognitives se présentent en rival, ayant l'ambition de reléguer les sciences sociales aux poubelles de l'histoire. Par contre, la deuxième définition appellerait une inter-fécondation forte entre sciences cognitives et sciences sociales.

Y a-t-il des programmes de recherche et appels d'offre nationaux ou internationaux, dans lesquels ces recherches s'inscriraient naturellement ?

Ce serait souhaitable – mais je n'en sais rien, et j'en doute même.

Fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance - Applications à la pédagogie de la conception architecturale

par Jean-Pierre Goulette (atelier 9)

Responsable : Jean-Pierre Goulette (jean-pierre.goulette@toulouse.archi.fr)

INTRODUCTION

Les propositions qui suivent ont été structurées selon l'objectif central de notre atelier : l'étude des fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance en architecture, dans la perspective d'une meilleure connaissance de ces processus et du renouvellement de méthodes pédagogiques. Elles ont été discutées et élaborées, notamment lors d'une réunion à Toulouse les 28 et 29 mai 2009, par des représentants d'établissements d'enseignement supérieur de l'architecture et du bâtiment, et d'un institut de recherche en informatique :

- Jean-Claude Bignon, CRAI, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy ;
- Mario Borillo, Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT) ;
- Pierre Côté, LRA, Faculté d'Aménagement, d'Architecture et des Arts Visuels de l'Université Laval à Québec ;
- Jean-Pierre Goulette, LRA, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse (responsable de l'atelier) ;
- Gilles Halin, CRAI, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy ;
- Sylvain Kubicki, Centre de Recherche Publique Henri Tudor, Luxembourg ;
- Pierre Leclercq, LUCID, Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège ;
- Sandra Marques, LRA, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse ;
- Stéphane Safin, LUCID, Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège.

Parmi ces établissements, cinq sont impliqués dans l'enseignement de la conception collaborative à distance à travers deux accords de coopération distincts : l'un liant les établissements de Toulouse et Québec, l'autre, les établissements de Nancy, Luxembourg et Liège. L'ENSA Toulouse et l'IRIT sont par ailleurs réunis dans un projet de recherche portant sur « L'approche cognitive de la conception architecturale » par des méthodes principalement issues de la sémantique formelle des langages naturels et de « l'esthétique cognitive » (en tentant de prolonger, dans ce dernier cas, les travaux de Nelson Goodman).

Lors des discussions, les participants de l'atelier se sont penchés sur les aspects cognitifs (linguistiques, psychologiques et ergonomiques) et esthétiques de la communication entre agents coopérant à distance dans une tâche partagée de conception. Dans un premier temps, ils ont cherché à identifier des concepts-clés caractérisant la conception collaborative en architecture (en situation pédagogique et professionnelle). L'analyse opérationnelle de chacun de ces concepts, et l'analyse structurelle de leur conjonction, ont abouti à l'élaboration d'un graphe (voir annexe), qui, à son tour, a permis une meilleure identification des problématiques actuelles et des questions qui y sont associées. Les concepts-clés qui ont présidé à notre réflexion sont : intelligence distribuée, intelligence collective, connaissance agglomérée, réentrance, émergence, interface homme machine multimodale. Leur mise en relation est schématisée dans le graphe donné en annexe. En ce qui concerne les aspects pédagogiques, les ateliers de conception (design studios)

sont au cœur de l'enseignement de l'architecture et du contexte culturel de la profession.

Avec l'arrivée massive et ubiquitaire des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) il est devenu possible pour plusieurs concepteurs de travailler sur un même projet en même temps et sans être physiquement ensemble. Les bureaux d'architecture commencent à mettre en œuvre ces technologies à travers la collaboration entre professionnels de différentes disciplines, ou encore de différentes villes ou pays. Il en est de même dans le cadre de l'enseignement de la conception où les étudiants s'initient à cette nouvelle réalité (bien différente de celle des ateliers traditionnels) par des ateliers de conception collaborative à distance.

Par ailleurs, l'introduction de studios collaboratifs distants dans le cursus d'étudiants architectes est assez récente. Dès l'arrivée de l'outil Internet, les premiers modèles du Computer Supported Cooperative Work (CSCW) se concentrent sur l'introduction des technologies comme le VRML, du prototypage rapide ou des systèmes de connaissances ou de documentation comme aide à la conception. À l'heure actuelle, de nouvelles technologies apparaissent, mettant en œuvre des espaces virtuels tridimensionnels multi-utilisateurs ou des bureaux virtuels. Ces espaces et outils virtuels sont mis en œuvre dans l'enseignement délivré par les membres de l'atelier dans leurs institutions respectives.

Le champ d'investigation est donc : « Fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance. Applications à la pédagogie de la conception architecturale. ». Il soulève des questions complexes que nous avons cherchées à identifier à travers nos différentes expériences pédagogiques. Cela nous a amenés à spécifier un certain nombre d'axes de recherche dont nous présentons les problématiques.

PROBLÉMATIQUES ACTUELLES

Ces problématiques reposent sur :

- Les questionnements psychologiques et ergonomiques posés par le travail collaboratif synchrone et asynchrone dans le domaine de la conception architecturale : rôle et articulation des représentations internes et externes. La situation de « conception collaborative à distance » offre de nouvelles voies pour étudier l'activité cognitive du concepteur architecte et les rapports complexes qui s'établissent entre ses représentations mentales de l'artefact à concevoir et les représentations « externes » (graphiques, textuelles et verbales) qu'il soumet à la discussion.
- Les possibilités de traitement sémantique et pragmatique de la communication dans les processus de conception. Si nous pouvons parler d'idiolecte et de dialecte dans des situations plus traditionnelles (architecte concevant seul ou en co-présence avec un collègue, la notion de dialecte sous-entend ici la communication à plusieurs), la situation que nous étudions fait appel à une communication reposant sur un télé- dialecte. Les acteurs échangeant entre eux du design, à travers différentes possibilités de description et de communication numériques, comment étudier et définir ce que nous appellerons métaphoriquement une bande passante pour le design ?
- Les caractéristiques de la virtualité mise en œuvre. Il s'agira de s'intéresser à l'évolution des référentiels partagés, des stratégies de planification, de concertation et d'ordonnement d'actions dans les différentes situations des processus de conception collaborative à distance faisant appel à des espaces ou des outils virtuels.
- La formulation de nouveaux modèles/outils issus de l'analyse des fondements cognitifs des processus de conception collaborative à distance. Le but est là de passer des méthodes intuitives et/ou computationnelles actuelles de la conception (CAO) au niveau mental sous-jacent où celles-ci s'élaborent afin de mieux les comprendre et d'en proposer une mise en œuvre originale.

QUESTIONS SOULEVÉES

Nous ne listerons pas ici la totalité des questions soulevées dans notre atelier. On en trouvera une liste plus complète dans le graphe donné en annexe.

- Comment favoriser la communication ?

Les modes de communication proposés par les interfaces multimodales sont variés. Dans nombre de cas, particulièrement en situation de collaboration synchrone, les informations sont partielles et les signaux en partie dégradés. Compte tenu de cet état de fait, il apparaît nécessaire de mener une réflexion sur la qualité de la communication à distance. Quelles sont les informations à privilégier ? Quelles sont celles qui sont superflues voire gênantes ? Quels sont les rapports de complémentarité entre les différentes modalités (visuelle, auditive, gestuelle, graphique...) proposées par les outils numériques ? Comment concevoir des outils qui puissent être efficaces pour la communication, préambule à la collaboration ? Quelles structures sont nécessaires pour soutenir une communication orientée vers la tâche, mais aussi pour favoriser le climat de coopération entre personnes ?

- Quelles performances l'outil doit-il offrir ?

Une réflexion profonde sur les fonctionnalités des outils numériques pour la collaboration doit être menée. Il est en effet essentiel de proposer des outils qui soient pertinents, en fonction des modes de travail des utilisateurs et des objectifs pédagogiques ou productifs. Cette réflexion n'est pas triviale : sans un apport pertinent des technologies, celles-ci peuvent être très vite abandonnées car trop décalées par rapport aux usages. En revanche, il est évident que les possibilités offertes par les nouvelles technologies sont nombreuses. Néanmoins, il s'avère essentiel de faire un tri dans les fonctionnalités potentielles d'outils de collaboration, sous peine de desservir la simplicité des dispositifs, et donc leur acceptabilité.

- Comment favoriser l'appropriation de l'outil numérique ?

Les technologies numériques n'offrent pas nécessairement un accès facile. Les comportements, les schèmes d'actions ancrés dans les habitudes des utilisateurs peuvent en rendre l'utilisation difficile, voire en freiner l'acceptation par les utilisateurs cibles. Différentes variables individuelles (âge, genre, formation, culture, ...) peuvent aussi influencer cette acceptation. Comment concevoir des instruments de collaboration et de communication qui soient simples, efficaces et agréables à utiliser et qui favorisent la créativité ? Il est donc nécessaire dans le développement d'outils pour la conception collaborative d'interroger à la fois l'utilité et l'utilisabilité des systèmes, ainsi que le plaisir lié à leur utilisation.

- Comment observer et favoriser les comportements collaboratifs ?

Afin de répondre aux questions de recherche et de comprendre les mécanismes cognitifs sous-tendant la conception créative, il apparaît nécessaire de construire un corpus de connaissances fondé sur une observation directe des comportements de conception. Ces recueils de données doivent pouvoir s'effectuer sans interrompre ni influencer (dans la mesure du possible) le processus créatif. Entretiens, observations directes, think aloud, enregistrements vidéos, collecte des traces graphiques, autoconfrontations, ... sont autant de méthodes disponibles possédant chacune ses avantages et inconvénients. Il convient de mener une réflexion sur les configurations et outils les plus appropriés pour capter la connaissance et les mécanismes liés aux comportements de conception. La question se pose de manière plus cruciale encore pour la conception collaborative.

Comment observer une réunion collaborative sans en influencer le déroulement ? Comment capter les actes de collaborations à distance et/ou asynchrones ? Comment suivre un travail partagé s'étalant sur plusieurs semaines ? Si les dispositifs technologiques visent à permettre les comportements individuels et collectifs, la réflexion doit aussi être menée sur les moyens de favoriser ces comportements. Un environnement technologique, s'il implique un certain nombre de contraintes, fournit aussi de nombreuses opportunités (augmentation des canaux de communication, gestion des informations et documents...). Il s'agit de concevoir des

environnements qui créent de nouvelles formes de communication et d'interaction qui rendent les collaborations efficaces et plaisantes.

• Quel est l'impact de la reformulation de la représentation sur le processus de conception ?
L'introduction des technologies numériques modifie de facto la nature même de la représentation architecturale. Or, on sait que le dialogue entre les représentations internes (modèle mental de l'architecte) et externes (dessins, maquettes, ...) est l'enjeu de l'émergence de la créativité. Les technologies numériques, par leurs contraintes et modes de fonctionnement, restreignent-elles ou, au contraire, ouvrent-elles les possibilités expressives des concepteurs ? Les nouvelles représentations ainsi créées favorisent-elles la créativité individuelle et collective, ainsi que les phénomènes de réentrance ?

PERSPECTIVES OUVERTES PAR LES ORIENTATIONS DE L'ATELIER

Les propositions de notre atelier, pour ce qui concerne les développements futurs de la conception architecturale et plus généralement les activités d'aménagement de l'espace, reposent sur trois concepts de base :

1. la mise en lumière de la dimension cognitive du travail de conception et son intégration dans les modèles et les pratiques de l'architecture ;
2. l'expérimentation des potentiels créatifs, individuels et collectifs, grâce aux techniques des "mondes virtuels" augmentés d'éléments cognitifs ;
3. la maîtrise de la coopération dans la conception architecturale à distance, qui est plutôt l'un des objectifs assignés à la mise en œuvre des deux premiers.

La mise en œuvre opérationnelle de chacun de ces concepts, et plus encore de leur conjonction, est porteuse de transformations profondes dans le travail du concepteur, avec ses conséquences scientifiques, techniques, économiques, pédagogiques, esthétiques et sociétales. La prise en compte à tous les niveaux de leur dimension cognitive ouvre une nouvelle approche de la conception architecturale.

1. Développement des modèles cognitifs et de leurs applications dans les activités architecturales

a. Les méthodes et instruments informatiques utilisés actuellement sont dérivés des techniques ingénieriales (CAO). On se propose de les transformer profondément par la définition et l'implémentation de modèles cognitifs capturant progressivement les diverses formes spécifiques de l'expertise architecturale : intuition, savoir-faire et expérience de l'architecte, utilisation du contenu informationnel du vocabulaire technique, pragmatique du dialogue avec l'utilisateur, le maître d'œuvre, l'étudiant.

b. Coopération transdisciplinaire : architectes et informaticiens avec psychologues, ergonomes, linguistes, esthéticiens.

c. Retombées : extension de la modélisation à des phénomènes mentaux (éventuellement non-conscients). Approfondissement des outils d'aide à la conception.

La formalisation des composantes mentales ouvre la possibilité théorique de représenter et de prendre en compte non seulement les contraintes objectives que l'on connaît et qui sont formalisées ou aisément formalisables (économiques, fonctionnelles ...) mais aussi subjectives, positives ou négatives chez le destinataire (confort, jouissance esthétique, sentiment d'insécurité ou de tranquillité, etc).

Fondamentalement, l'extension de la modélisation aux composantes cognitives de la conception architecturale ouvre une nouvelle période pour celle-ci.

2. Enjeux sociétaux, économiques et écologiques de la collaboration à distance

Le travail collaboratif est aujourd'hui une démarche obligée dans le monde professionnel de la conception : tous les projets associent de nombreuses équipes à compétences complémentaires qui apportent le bénéfice de leur savoir-faire et expertise. La tenue de

réunions régulières entre ces équipes partenaires se révèle toujours la clé de solutions créatives, cohérentes et performantes.

Ces équipes sont cependant souvent géographiquement réparties : un investisseur français, situé à Nancy, qui construit un ensemble immobilier à Luxembourg, qui fait appel à une agence d'architecture à Liège et qui confie le chantier de construction à un entrepreneur allemand de Trèves, œuvre en plein cœur de l'espace transfrontalier. Il est souvent problématique de convoquer tous ces acteurs en même temps et au même endroit. Des réunions régulières permettent bien d'assembler ponctuellement une réflexion collective mais, à l'issue de celles-ci, chacun repart poursuivre sa part de travail, au risque de la voir se désynchroniser en attendant la prochaine rencontre. Entre-temps, les technologies traditionnelles de communication, comme le téléphone, l'email, les serveurs de fichiers ou la visioconférence permettent de mener des actions de coordination. Mais celles-ci restent très limitées en termes de travail collaboratif, particulièrement pour mener des tâches créatives ou de résolution de problème, qui s'élaborent toujours à plusieurs, de façon synchrone, à partir de schémas et d'annotations partagés autour d'une même table. Ces rencontres constituent donc le moyen le plus efficace pour concrétiser les projets et les affaires, mais elles nécessitent de répondre à la condition de coprésence, avec des coûts de voyage et, surtout, d'immobilisation de ressources humaines vite conséquents.

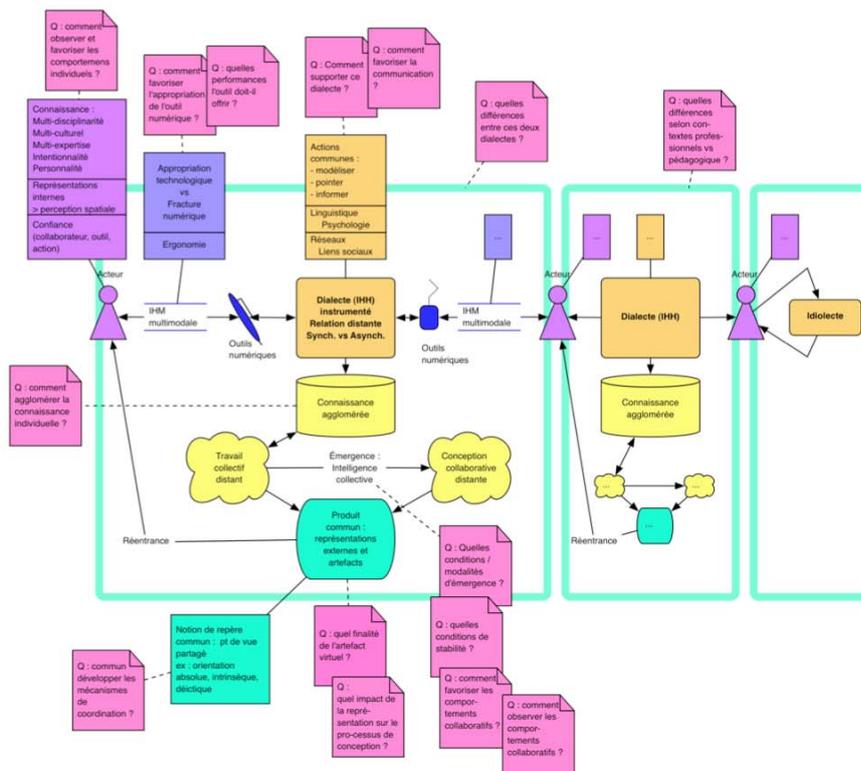
Cette mutation dans les pratiques de conception engendre des retombées de deux ordres :

- Un impact économique pour les entreprises, lié aux coûts de déplacement et d'immobilisation du personnel dit "à haute valeur", c'est-à-dire des responsables des prises de décision dans les projets.
- Un impact écologique lié au transport répété et généralisé de personnes. La réduction de l'empreinte écologique étant une priorité des politiques actuelles, il apparaît nécessaire de favoriser les échanges à distance, autant que possible.

ANNEXE

Pour une meilleure lisibilité, on trouvera le graphe au format PDF dans le fichier « PIRSTEC Graphe atelier 9.pdf ».

Fondements cognitifs de la Conception distante en architecture : Pédagogie / Enjeux économiques et industriels



Pirstec v5



Neuroéconomie et émergence des comportements économiques

par Sacha Bourgeois-Gironde (atelier 31)

23 juin 2009 / Institut des Systèmes Complexes, 54 rue Lhomond Paris.

L'atelier a permis du 23 juin a permis de dégager deux lignes de recherche principales.

La première porte sur un renouvellement des paradigmes dans l'étude de la coopération et de la coordination humaines. Les modèles économiques qui président à l'explication de ces phénomènes présentent deux types de limites/défauts. Il est nécessaire d'acquérir une meilleure compréhension des mécanismes cognitifs qui sous-tendent notre capacité à nous coordonner en l'absence de communication explicite. En particulier quelle théorie de l'esprit doit-elle être postulée ? En philosophie de l'esprit on distingue schématiquement entre la capacité de se représenter les états mentaux d'autrui et la capacité de simuler les états mentaux d'autrui. Plusieurs études neuroscientifiques récentes ont mis en évidence le rôle de l'empathie et des neurones miroirs au cours de tâches qui impliquaient une coopération entre participants. Il serait intéressant d'étudier les mécanismes neuronaux qui président non pas à la coopération, mais à la coordination. Un champ de travail est ouvert qui doit faire appel à différents types investigations (la seconde limite dans l'investigation de ce thème concerne en effet les méthodes d'investigation mises en œuvre). L'imagerie cérébrale n'est pas la seule voie possible. La coordination avec des avatars humains dans des environnements d'économie virtuelle est une technique envisagée lors de l'atelier.

La seconde ligne de recherche abordée dans cet atelier porte sur l'étude de l'émergence et la maintenance des comportements et des représentations économiques. Les études récentes de neuroéconomie ont été situées dans une perspectives évolutionnaires. On s'aperçoit que cette mise en perspective est rarement faite (sauf dans une certaine mesure dans les travaux d'Ernst Fehr sur le problème de l'altruisme et de la coopération). Le cas qui a été traité dans l'atelier est celui de la représentation de la monnaie, un artefact culturel et économique central. Catherine Tallon-Baudry et Sacha Bourgeois-Gironde ont récemment mené une expérience en MEG qui met en évidence notre aptitude à catégoriser automatiquement et indépendamment de processus de renforcement par apprentissage des stimuli visuels en tant que pièces de monnaie valides ou pièces de monnaie invalides. L'hypothèse évolutionnaire envisagée pour expliquer ces observations est l'idée d'un recyclage d'aires du système visuel en vue du traitement rapide d'un stimulus culturel qui n'a pas eu le temps sur une échelle historique très courte d'influencer les circuits cérébraux. Nous aimerions prolonger ces travaux pour mieux comprendre les mécanismes de recyclage effectivement en œuvre ici (notamment les analogies entre traitement de la nourriture et traitement de l'argent). Il y a ici la possibilité d'un projet de recherche mettant en rapport des neuroscientifiques, des psychologues de l'économie et des philosophes des sciences sociales et cognitives. Catherine Tallon Baudry et Sacha Bourgeois-Gironde prévoient de déposer une demande de financement auprès de l'ANR en 2009-2010 pour ce projet de recherche spécifique.

En marge de cet atelier se sont tenues des réunions prospectives pour élargir à un contexte international les sujets abordés dans cet atelier Pirstec. Il émerge en particulier un groupe de travail avec des partenaires en Allemagne, aux Pays-Bas, en Israël et en Russie en vue de

l'étude systématique des représentations économiques naïves. Là encore la question d'arrière-plan est de comprendre les contraintes évolutives qui pèsent sur nos représentations et nos comportements économiques quotidiens. Ont été invités à discuter de ce projet (qui fera lieu de demandes de soutien au niveau européen) à Paris, Detlef Fetchenhauer (Université de Cologne) et David Leiser (Université Ben Gurion, Israël).

III. Substrats : Neurosciences et modélisation

Les interfaces cerveau-machine

Par Olivier Bertrand (atelier 16)

Synthèse de l'atelier national de réflexion organisé à Lyon le **6 Octobre 2009** à **Lyon**.
(organisation: Jérémie Mattout & Olivier Bertrand – U821 INSERM Dynamique Cérébrale et Cognition)

CONTEXTE

BILAN DES INTERVENTIONS ET DISCUSSIONS

- I. Les systèmes de mesure et de stimulation de l'activité cérébrale**
- II. Les méthodes de traitement du signal en temps réel**
- III. Neurosciences cognitives et interfaces cerveau-machine**
- IV. Neurosciences computationnelles et interfaces cerveau-machine**
- V. Neurosciences cliniques et interfaces cerveau-machine**

COMPLEMENTS DE LECTURE

- ANNEXE 1 – PROGRAMME DE L'ATELIER**
- ANNEXE 2 – LISTE DES PARTICIPANTS**

CONTEXTE

Les *Brain Computer Interfaces* (BCI) ou interfaces cerveau-machine (ICM) couvrent un large champ scientifique au sein duquel les recherches fondamentales, expérimentales ou cliniques et les développements technologiques de pointe sont d'égale importance et fortement imbriqués. Le domaine des ICM est en pleine expansion au niveau international et dépasse le cadre même des neurosciences. Il attire de plus en plus les efforts d'une communauté scientifique multidisciplinaire (ingénieurs, neuroscientifiques, informaticiens, mathématiciens, physiciens et cliniciens). En témoigne la mention qui a été faite des BCI dans de nombreux ateliers de réflexion PIRSTEC¹, qu'il s'agisse de questions fondamentales liées aux mécanismes cognitifs et à leurs substrats, ou de domaines d'applications des sciences cognitives comme l'éducation ou la santé. D'une certaine manière, la recherche sur les ICM et leurs applications doit suivre aujourd'hui l'exemple des recherches en sciences cognitives qui, par le passé, ont dû fédérer des disciplines très différentes et définir les frontières de leur objet d'étude et les directions de leurs travaux.

De par les fantasmes qu'elles évoquent dans tous les domaines de la société, de par leur image tantôt fascinante, tantôt effrayante, les ICM suscitent aussi l'intérêt de nombreux media, spécialisés ou non². Cet engouement croissant est surtout le reflet de l'apparition d'un nouveau champ de recherche à part entière.

Rappelons qu'une interface cerveau-machine est un système mettant en interaction directe le cerveau d'un sujet ou patient avec un agent artificiel (un ordinateur, un robot, une prothèse...). Cette interface peut être unidirectionnelle ou bidirectionnelle. Le plus souvent, la commande ou mesure physiologique est réalisée à partir d'enregistrements de l'activité cérébrale tandis que le retour (si retour il y a de la part de l'agent artificiel) peut se faire sous la forme d'une information sensorielle classique (visuelle, auditive...) ou bien par une stimulation directe du cerveau (par exemple dans le cas de la neurostimulation profonde pour interrompre ou prévenir une crise d'épilepsie). Parmi les interfaces unidirectionnelles, les rétines artificielles ou les implants cochléaires stimulent directement le cerveau pour rétablir la perception mais n'attendent aucun retour et fonctionnent en boucle ouverte. Dans le cadre de cet atelier de réflexion prospective, nous sommes limités au champ plus large et très vaste des interfaces bidirectionnelles, autrement dit en boucle fermée et dont le principe général est illustré par la figure ci-dessous.

Ce schéma simplifié met bien en lumière les différentes composantes d'une ICM et les spécialités scientifiques

qu'il est nécessaire de réunir pour leur développement. Nous avons recensé cinq spécialités ou domaines de recherches dont la contribution est incontournable dans le domaine des ICM. Ces cinq thèmes ont jalonné nos discussions selon cinq sessions distinctes et ont permis de réunir autour d'une même table des spécialistes de ces différentes disciplines pour débattre ensemble des implications de leurs recherches ou de leurs connaissances dans le domaine des ICM.

Ces cinq thèmes sont :

- **Les systèmes de mesure et de stimulation de l'activité cérébrale ;**
- **Les méthodes de traitement du signal en temps-réel ;**
- **Les connaissances fondamentales du fonctionnement cérébral** (Neurosciences Cognitives) ;
- **Les modèles mathématiques du fonctionnement cérébral** (Neurosciences Computationnelles) ;

- Les applications des ICM dans le domaine de la santé (Neurosciences Cliniques).

Schéma type d'une interface cerveau-machine en boucle fermée

1

Voir notamment les ateliers 17 (Rehaussement cognitif : neurosciences, pédagogie, remédiation) ; 19 (Interactions homme/système-artificiel) ; 22 (Sciences et technologies de la cognition par la modélisation neuronale) ; 13 (Perception spatiale, cognition motrice et adaptation sociale des organismes naturels et artificiels) ; l'atelier GDR Robotique Cognitive ; l'atelier GDR Vision ou encore l'atelier Imagerie et sciences cognitives.

2

A ce propos, lire par exemple le court chapitre '*Neurosciences*' du livre de Claude Allègre '*La Science est le défi du XXIème siècle*' (Plon, 27/08/09).

BILAN DES INTERVENTIONS ET DISCUSSIONS

Voici une synthèse des exposés et débats qui ont porté respectivement sur les cinq grands thèmes identifiés plus haut.

1. Les systèmes de mesure et de stimulation de l'activité cérébrale

De manière générale, les systèmes de mesure de l'activité cérébrale pouvant être utilisés par une ICM sont les techniques d'exploration fonctionnelle utilisée classiquement, du moins en recherche, comme l'électrophysiologie, l'IRM ou encore l'imagerie optique. Toutefois, l'immense

majorité des développements dans ce domaine exploite les diverses techniques d'électrophysiologie,

pour trois raisons essentielles :

- elles offrent une excellente résolution temporelle ;
- elles peuvent être rendues portables (c'est le cas du moins de l'électroencéphalographie (EEG)) ;
- elles peuvent éventuellement être utilisées pour mesurer comme pour stimuler (cas des électrodes implantées).

Si la plupart des réflexions apportées ci-dessous n'est pas spécifique d'une modalité d'acquisition en

particulier, la majorité des exemples portera naturellement sur l'utilisation de l'électrophysiologie,

invasive ou non-invasive.

Cette dernière distinction est d'ailleurs un élément important aujourd'hui de catégorisation des

entreprises de recherche dans le domaine des ICM. Les approches invasives désignent les systèmes

de mesure qui nécessitent une implantation et donc une intervention chirurgicale. C'est le cas de

l'électrocorticographie (ECoG : grille en contact direct avec la surface corticale) ou encore des électrodes profondes. Ces applications sont bien entendu réservées à un certain type de patients. La

recherche sur les ICM invasives est la plus développée aux Etats-Unis alors qu'en Europe, ce sont les

ICM non-invasives qui sont privilégiées. Ces dernières, dans le domaine de l'électrophysiologie,

incluent l'électroencéphalographie (EEG) et la magnétoencéphalographie (MEG).

S'agissant des systèmes de stimulation, ils peuvent aussi être distingués selon les mêmes deux catégories ci-dessus. Les systèmes invasifs utilisent des électrodes ou grilles implantées, les systèmes non-invasifs comprennent aussi bien les formes de stimulation classique (visuelle, auditive, haptique...) que les stimulations électromagnétiques qui ne nécessitent pas de chirurgie et peuvent être appliquées chez des volontaires sains dans des buts de recherche, comme la Transcranial Magnetic Stimulation (TMS).

Questions abordées

- 1 - Aspects logiciels et stimulations sensorielles classiques
- 2 - Aspects instrumentaux invasifs in vitro et in vivo
- 3 - Exemples de nouveaux marqueurs électrophysiologiques non-invasifs (potentiels d'erreurs)

1 - Aspects logiciels et stimulations sensorielles classiques

Le logiciel OpenViBE né récemment (projet ANR) permet le traitement des données en temps-réel, de l'acquisition brut du signal jusqu'au retour sensoriel (ou autre) vers le sujet, en passant par toutes les étapes d'analyse, de sélection, de classification, d'interprétation et de traduction en retour. Les bases sont jetées d'un outil multi-usage (applications cliniques ou multimédia ; utilisation naïve à travers une interface ou développement pour étendre les possibilités du logiciel). Aujourd'hui, la faisabilité a été démontrée sur quelques scénarios prototypes à l'aide de techniques non-invasives (EEG). Les futurs développements reposent sur le projet ANR 2 (orienté jeux vidéo) et les contributions des futurs utilisateurs à travers le monde, puisque le logiciel est distribué librement et ouvert aux développements.

Quelques axes importants à développer dans l'avenir:

- l'ergonomie, avec encore trop peu d'études chez le patient ;
- explorer l'utilité clinique d'un lien avec la réalité virtuelle et de retours de type haptique ;
- le développement de fonctionnements adaptatifs, par apprentissage ;
- la conception de nouvelles applications en non-invasif.

2 - Aspects instrumentaux invasifs in vitro et in vivo

Il a été montré que l'on peut stimuler une plasticité cérébrale, autrement dit engendrer des modifications des réseaux neuronaux à l'aide de micro-stimulations in vitro (ex. pousse axonale ou encore inhibition de l'activité épileptique).

Dans ce domaine, quelques objectifs essentiels:

- Stimuler en boucle fermée, c'est à dire asservir la stimulation en fonction de l'activité endogène du réseau.
- Restaurer tout ou partie des fonctions locomotrices. Des études sont menées, in vitro, chez la souris dont la moelle épinière a été lésée et chez laquelle on essaye de retransmettre une commande descendante opérationnelle.

Les principaux verrous:

- Techniques: nécessité de Multi-Electrode Arrays (MEA) à court temps de réaction (< 1 ms). Premiers développements, projet Neurocom (ESIEE: électrodes, CEA-Leti: électronique

intégrée).

- Fondamentaux: les modifications induites dans les cultures (in vitro) par les systèmes en boucle fermée peuvent être davantage liés à des phénomènes d'homéostasie qu'à une réelle plasticité synaptique comme celle mise en évidence par les protocoles intracellulaires (in vivo). Ces mécanismes devront être élucidés pour progresser dans ce type d'approche. Actuellement, les systèmes d'acquisition et de stimulation in vivo pour les ICM invasives, reposent tous sur des électrodes implantées avec fils. L'objectif ici serait d'aboutir à des systèmes entièrement implantables, capables de satisfaire les contraintes suivantes :

- Stabilité des électrodes implantées ;
- Electronique intégrée pour le traitement de l'information en temps-réel (une piste: les circuits programmables FPGA) ;
- Transmission radio (problèmes de consommation énergétique, de l'importance des flux de données, du traitement de signal embarqué mais aussi de sécurité et de confidentialité) ;
- Packaging avec antennes intégrées ;

Quelques systèmes de ce type commencent à voir le jour Etats-Unis. Ils restent encore limités dans la mesure où s'il s'agit de belles réalisations technologiques, ils sont encore peu utilisable ou inversement. Très peu d'informations sont disponibles concernant ces systèmes et leurs performances. A ce jour, ce ne sont que des démonstrateurs qui n'ont pas encore connus d'application clinique.

Quelques pistes pour l'avenir :

- Faire le choix de l'ECOG, pour limiter les problèmes d'instabilité des électrodes (Avec ces mesures invasives mais de surface, on perd peut-être en qualité d'information par rapport aux électrodes profondes). Au CEA (centre Clinatec de Grenoble), le premier implant est prévu pour 2011/2012.
- Une sortie RadioFréquence (sans fil) qui envoie les données brutes vers une unité de traitement (S'accompagne de questions éthiques liées à la sécurité des patients et à la confidentialité des enregistrements).

3 - Exemples de nouveaux marqueurs électrophysiologiques non-invasifs (potentiels d'erreurs)

Pour développer de nouvelles applications non-invasives, en boucle fermée, il est essentiel de trouver de nouveaux marqueurs physiologiques, exploitables en temps-réel, autrement dit de progresser dans notre interprétation des signaux électrophysiologiques et de ce qu'ils reflètent de l'intention de l'utilisateur de l'ICM.

Voici l'exemple de trois composantes EEG transitoires, détectables en temps-réel (visibles sans avoir recours à une moyenne des signaux sur un grand nombre d'essais), appelées potentiels d'erreurs et qui pourraient être à l'origine de nouvelles fonctionnalités dans certaines ICM :

- **La négativité d'erreur (Ne)**: Elle apparaît environ 35ms après le début de l'activité musculaire (lors d'une réponse motrice classique) et reflèterait le degré de confiance dans la réponse (processus conscient ou non). Question: est-elle visible lors de l'imagination d'un mouvement ?

- **La positivité d'erreur (Pe)**: Elle apparaît aux alentours de 300ms et est liée à la conscience d'une erreur. Question: est-elle détectable en dehors d'une activité motrice habituelle ?

- **La négativité liée au feedback (FRN)**: Elle apparaît entre 200 et 300 ms après un retour explicite négatif sur une action (feedback négatif). C'est le marqueur qui serait a priori le plus prometteur pour une utilisation dans le cadre des ICM (par exemple pour corriger automatiquement une commande erronée ou mal interprétée par la machine).

Questions pour l'avenir :

Les processus neuronaux à l'origine des ces réponses restent mal connus et on ne leur connaît pas

pour l'instant de signatures claires en MEG ou en EEG intracérébral.

II. Les méthodes de traitement du signal en temps-réel

L'expression générale 'traitement du signal' fait ici référence à tous types d'analyse des mesures (de nature électrophysiologique ou autre) qui, à partir du signal brut obtenu en temps-réel, aboutit à une commande ou décision que la machine exécutera (sur l'environnement ou à l'adresse de l'utilisateur lui-

même). On distingue le plus souvent trois étapes sérielles :

- l'extraction de caractéristiques pertinentes dans le signal brut ;
- la classification de ces caractéristiques en termes de commande parmi l'ensemble des possibles ;
- la prise de décision qui entraîne l'exécution de la commande.

A noter que les méthodes typiquement utilisées³ sont d'abord inspirées des techniques déjà développées dans

d'autres domaines et notamment en neuroimagerie classique (non temps-réel). Toutefois, a minima, elles

doivent répondre aux contraintes du temps-réel :

- Etre capable d'extraire une information pertinente à partir de très peu d'observations ;
- Etre robuste face aux variabilités inter et intra-individuelle ;
- Etre suffisamment rapide.

Avec ces contraintes à l'esprit, la communauté du traitement de signal, composée de spécialistes en mathématiques appliqués et modélisation, est alors confrontée à deux questions essentielles :

- Quelles sont les composantes ou caractéristiques pertinentes dans le signal complexe qui est mesuré ?
- Quels types de traitements peut-on appliquer pour en déduire la commande à transmettre à la machine ?

Ces questions n'ont souvent pas de réponses uniques mais plusieurs réponses directement liées à l'application

visée. Ainsi, une question incontournable pour les chercheurs et ingénieurs qui souhaitent développer de telles

méthodes est celle de l'objectif en termes d'application, clinique ou autre, mais aussi de performances attendues. Cela souligne l'importance de développer des méthodes de traitement du signal pour les ICM, en

étant guidé, d'une part par les connaissances en Neurosciences⁴ et, d'autre part, par les besoins concrets du monde clinique ou de la société en général⁵. Ceci nécessite une étroite collaboration entre disciplines et notamment entre spécialistes de Neurosciences cliniques et cognitives et spécialistes en traitement du signal.

Force est de constater qu'il n'y a pas de structure française actuellement qui regroupe ces différentes compétences dans un but commun et multidisciplinaire, contrairement aux quelques centres mondiaux (parfois de taille modeste) qui sont aujourd'hui les leaders dans le domaine des ICM⁶.

Dés lors, il est plus difficile de répondre aux vastes questions concernant l'orientation à donner aux recherches

en traitement du signal pour les ICM, notamment :

- Doit-on privilégier les interfaces invasives ou non-invasives ?
- Quelle technique choisir parmi les différentes modalités (EEG, MEG, IRM, ECoG, imagerie optique...) ?
- Comment définir de nouveaux marqueurs physiologiques ?
- Quelles applications pour quels besoins cliniques ?
- Comment évaluer les nouvelles méthodes ?

³

Ces méthodes sont le plus souvent dérivées des techniques d'analyses statistiques multi-dimensionnelles, d'analyses fréquentielles ou temporelles notamment utilisées dans les télécommunications ou encore des approches de type probabiliste ou d'apprentissage automatique.

⁴

Essentielles pour déterminer les caractéristiques pertinentes du signal (marqueurs physiologiques).

⁵

Essentiels pour adapter les traitements aux objectifs de l'ICM.

⁶

Citons à titre d'exemple l'*Institute of Medical Psychology & Behavioral Neurobiology* (Tübingen, Allemagne, N. Birbaumer) ; *Wadsworth Center* (Albany, USA, J. Wolpaw) ; *Center for Neuroprosthetics* (Lausanne, Suisse, J. del R. Milan) ; *Duke University Medical Center* (Durham, USA, N. Nicolelis).

III. Neurosciences Cognitives et Interfaces cerveau-machine

Les progrès dans le domaine des ICM sont tributaires de notre connaissance des mécanismes neurobiologiques qui sous-tendent notre activité mentale. Meilleure sera notre compréhension des liens entre activité cérébrale et processus cognitifs, plus nous serons à même de proposer des ICM évoluées et performantes, grâce à une interprétation fine, rapide et robuste des intentions de l'utilisateur. Cela signifie que les recherches dans le domaine des ICM doivent rester intimement liées aux recherches en Neurosciences Cognitives. En effet, c'est notre connaissance des spécificités spatiales, temporelles et fréquentielles de l'activité neuronale liée aux fonctions perceptives, motrices, attentionnelles ou encore de raisonnement qui nous permettront, à la fois d'informer la machine des caractéristiques pertinentes à exploiter dans l'activité cérébrale, mais aussi de guider l'utilisateur vers des processus cognitifs qui favoriseront l'interaction⁷.

Là encore, les techniques d'électrophysiologie, invasives ou non, qui fournissent une mesure directe et instantanée de la dynamique neuronale, sont privilégiées. De plus, deux types de processus cognitifs, de par leur caractère générique, sont particulièrement étudiés pour de potentielles applications en ICM :

- Les processus moteurs

Le décodage en temps réel de l'intention motrice est essentiel, notamment dans la perspective de permettre la commande d'un membre artificiel directement à partir de l'activité cérébrale

(neuroprothèse).

Les recherches dans ce domaine ont beaucoup progressé grâce aux enregistrements invasifs chez le singe. A

travers des mesures intra-cellulaire, multi-cellulaire ou d'EEG intra-cérébral (potentiels de champs locaux), il a

pu être montré qu'il est possible d'extraire, en temps réel, l'information de direction de mouvement mais

aussi, dans certaines conditions, de vitesse et de position. Des résultats relativement similaires, dans certains

cas simples, ont été obtenus chez l'homme à l'aide de techniques non-invasives (EEG/MEG).

Il ressort aussi de ces études que l'information 'macroscopique' d'activités au sein d'un réseau local ou longue

distance (synchronies) reflète une partie ou est complémentaire de l'information 'microscopique' des activités

au niveau de quelques neurones (taux de décharge).

Toutefois, dans le cas d'une neuroprothèse, la boucle sera véritablement fermée dès lors qu'un retour sensoriel complet (visuel mais aussi somesthésique) pourra être délivré au cerveau. De récents

travaux du

groupe de M. Nicolelis suggèrent que c'est possible, grâce à une micro-stimulation intra-corticale des cortex

sensoriels primaires.

- Les processus attentionnels

Les meilleurs marqueurs actuels de l'attention, potentiellement exploitables en temps réel, sont les rythmes électrophysiologiques observables en invasifs et parfois en non-invasifs. Notamment chez des patients épileptiques implantés en vue d'un bilan fonctionnel pré-chirurgical, il a pu être observé que l'activité

alpha (8-13Hz) dans le cortex pariétal postérieur est modulée par l'attention. Chez ces mêmes patients, il

semble également que les variations d'activités oscillatoires dans la bande gamma (50-150Hz) indiquent des

déplacements de l'attention. La question reste ouverte de savoir si ces mêmes marqueurs pourraient être

exploités à partir de mesures non-invasives, en temps réel ?

Questions pour l'avenir :

Les recherches en Neurosciences Cognitives ont montré, de manière générale, que le cerveau est extrêmement plastique au sens où les réseaux neuronaux s'adaptent voire apprennent à exécuter une tâche,

que celle-ci soit motrice ou plus cognitive. Dans le domaine moteur, il a même été montré qu'un seul neurone

peut être entraîné pour effectuer une tâche entièrement nouvelle. Dès lors se pose la question de savoir si une

ICM doit à tout prix exploiter les réseaux neuronaux déjà formés pour commander une machine, ou s'il est

préférable et plus simple d'exploiter les capacités plastiques du cerveau et laisser le sujet apprendre à fournir

le signal dont la machine a besoin pour fonctionner ? Autrement dit, quelle est la meilleure stratégie pour

optimiser une ICM ? Jusqu'où est-il nécessaire d'aller dans la finesse du décodage du langage neuronal ?

7

Cela implique que les recherches sur les ICM, qui évoquent aisément des travaux très appliqués, ne peuvent être sérieusement envisagées sans leur source première d'innovation que sont les découvertes en Neurosciences Cognitives et notamment la compréhension

du code neural à travers des recherches fondamentales chez l'homme mais aussi chez l'animal (le primate et le rongeur) afin de faire le lien

entre les différentes échelles de mesure (invasif/non-invasif, cellulaire/population neuronale, activité synaptique/influx nerveux/potentiels

de champs locaux...).

8

Sens du toucher, procurant les informations de pression, chaleur, texture...

8

Jusqu'à quel point le cerveau du sujet peut-il s'adapter à la machine et dans quelles conditions ? Cette question rejoint celle plus fondamentale du fonctionnement cérébrale et des mécanismes de plasticité. Elle rejoint également la question de l'intérêt pour des ICM adaptatives où la machine à son tour serait capable d'évoluer pour optimiser l'interaction. Enfin soulignons que l'interaction du domaine des ICM avec les Neurosciences Cognitives plus fondamentales peut s'envisager à double sens, car la capacité à analyser les données d'imagerie en temps-réel que promeuvent les ICM ouvre la perspective de nouveaux paradigmes expérimentaux chez le volontaire sain, notamment en permettant d'adapter les paramètres d'acquisition ou de simulation en fonction de l'activité cérébrale et donc de l'état mental du sujet.

IV. Neurosciences Computationnelles et Interfaces cerveau-machine

Ce qui est apparu récemment et qu'a aussi fait ressortir cette journée de réflexion, c'est que les Neurosciences Computationnelles, parfois considérées comme une branche des Neurosciences Cognitives, auront sans doute un rôle particulier et primordial à jouer dans le développement des futurs ICM. Les Neurosciences Computationnelles ont pour objectif l'étude et la modélisation formelle (à l'aide d'algorithmes) des fonctions cérébrales au sens de processus de traitement de l'information (processus mentaux) et de leurs implémentations biologiques (processus physiologiques). Ces modèles pourraient intervenir à plusieurs niveaux. Nous en voyons au moins deux :

- Une branche des Neurosciences Computationnelles s'intéresse à des modèles, à la fois physiologiques et mécanistiques, susceptibles de décrire puis de reproduire les processus d'émergence d'une fonction (un comportement) dans un espace de dimension relativement faible (typiquement l'espace de nos actions), à partir de dynamiques complexes dans un espace de haute dimension (l'espace multidimensionnel occupé par l'activité cérébrale et ses différentes caractéristiques spatiales, fréquentielles, temporelles...). Ces modèles mathématiques de plus en plus complexes essayent de faire le lien entre réseaux neuronaux et théorie des systèmes dynamiques afin d'expliquer simultanément la structure temporelle des dynamiques neuronales et comportementales. Quelques réalisations très récentes dans ce domaine ont montré que des modèles biologiquement plausibles conduisent à l'émergence de dynamiques cohérentes et déjà observées in vivo, comme la réduction du taux de décharge neuronal et l'augmentation des synchronies au fur et à mesure d'un apprentissage. Ces modèles dont l'objectif fondamental est d'expliquer à la fois notre activité mentale et notre activité cérébrale, participeront sûrement de cet effort pour décoder les signaux cérébraux mesurables en temps réel. Leur développement nécessite d'attirer des chercheurs mathématiciens vers les problématiques des Neurosciences en général et des ICM en particulier.

- Une autre branche des Neurosciences Computationnelles s'attache davantage à modéliser un comportement optimal, dans une situation d'interaction bidirectionnelle avec l'environnement, sans nécessairement s'attacher à la manière dont ce comportement est effectivement codé et implémenté dans le cerveau.

Typiquement, la théorie de l'apprentissage par renforcement relève de cette démarche. Issu des Neurosciences (ex. modèle de Rescola et Wagner) puis doté d'un cadre formel provenant de la théorie du contrôle (équation de Bellman), l'apprentissage par renforcement a développé des algorithmes adaptatifs (ex. TD- et Q-learning) capables d'apprendre à partir d'un signal d'erreur (ou de récompense) en réponse à leurs propres actions sur l'environnement. Ces algorithmes reposent sur un compromis entre 'exploration' de l'environnement dans le but d'apprendre le comportement optimal (celui qui minimise l'erreur ou conduit au maximum de récompense) et 'exploitation' du comportement optimal appris. La grande force de ces algorithmes est qu'ils n'ont pas besoin de connaître les mécanismes cachés de l'environnement pour apprendre et adopter un comportement optimal. Cela signifie que ces approches pourraient être très utiles dans l'avenir, que ce soit pour modéliser le comportement humain (notamment dans le cadre d'une interaction avec une ICM) ou pour concevoir des machines 'intelligentes' capables de s'adapter pour optimiser leur interaction avec l'utilisateur au cours du temps. Rejoignant ainsi les problématiques de cognition sociale, les ICM qui réalisent l'interaction entre un agent humain et un agent artificiel, pourrait grandement bénéficier de ce type d'approches. Il est même possible d'envisager une modélisation même de la dynamique de l'interaction elle-même entre les deux agents, afin notamment de son évolution, son équilibre ou les paramètres qui détermineraient un mode optimal et stable (en lien avec la notion d'équilibre de Nash en théorie des jeux). Là encore, la recherche sur les ICM montre le besoin de s'adjoindre les compétences d'informaticiens et mathématiciens.

V. Neurosciences Cliniques et Interfaces cerveau-machine

Si les ICM peuvent avoir des applications grand-public (comme dans le domaine du jeu vidéo), ce sont surtout leurs potentielles applications cliniques qui demeurent le moteur principal des recherches dans ce domaine. Et si ces potentielles applications sont multiples et touchent de nombreuses pathologies neurologiques aux caractéristiques très différentes, il n'existe toujours pas aujourd'hui d'exemple où une ICM s'est imposée comme la meilleure solution thérapeutique ou le meilleur palliatif du handicap. C'est pourquoi, peut-être plus encore que dans d'autre recherche à visée clinique, les recherches sur les ICM doivent être à l'écoute du besoin des patients et des services cliniques. Au cours de cet atelier, nous avons abordé deux exemples de pathologies neurologiques qui illustrent bien l'étendu des espoirs que suscitent les ICM et l'ampleur du chemin qu'il reste à parcourir

- ICM et épilepsie

Un tiers des patients épileptiques ne répondent pas aux traitements médicamenteux. Pour eux, outre la solution chirurgicale qui n'est pas toujours envisageable, un espoir réside dans la neurostimulation. Aujourd'hui, seule la stimulation du nerf vague a pu être validée. Elle est toutefois très peu spécifique et on en connaît mal les mécanismes. Une perspective sérieuse est celle de la stimulation cérébrale profonde qui peut prendre l'une des deux formes suivantes :

- En boucle ouverte : une stimulation périodique vise à diminuer l'excitabilité générale du réseau afin de réduire le nombre de crises ;

- En boucle fermée : la stimulation n'intervient que lorsqu'un début de crise est détecté pour l'enrayer. La stimulation est délivrée au niveau du foyer épileptique présumé ou à distance.

Il y a encore très peu de résultats sur ces dernières approches. Une étude américaine sur 240 patients n'a pas pour l'instant mis en évidence d'effet bénéfique clair d'un système bouclé par rapport au traitement placebo. Il semble que d'importantes recherches chez l'animal soient encore nécessaires avant de pouvoir procéder à des tests in vivo chez l'homme.

D'importantes questions restent sans réponses :

- Comment détecter les crises ?
- Quel type stimulation ?
- Quand et où stimuler ?
- Quels patients doit-on implanter ?
- Système ouvert ou fermé ?

- ICM et rééducation fonctionnelle

Les cliniciens, spécialistes de médecine physique et de réadaptation ont pour rôle la mise en œuvre de programmes de rééducation de patients, victimes d'accidents ou de pathologies graves à

l'origine d'handicaps sévères. En impliquant souvent de nombreuses spécialités médicales (médecine générale, neurologie, traumatologie, orthopédie, kinésithérapie, ergothérapie, neuropsychologie...) ces programmes visent à réduire au maximum les handicaps physiques mais

aussi cognitifs, psychologiques et sociaux dont souffrent les malades.

Dés lors, et étant donné l'imperfection des solutions actuelles, on comprend l'espoir que peuvent

susciter ici les recherches sur les ICM. Il existe deux grands types d'applications potentielles:

- Les ICM pour l'aide à la communication et à l'autonomie comme avec le système du *P300-speller*

pour l'aide à la communication des patients *Locked-In* ; ou pour établir une communication avec

certain patients dans un état de conscience minimal ; ou encore pour la commande d'un exosquelette (ex. *Walk Again Project* initié par M. Nicolelis).

- Les ICM à visée thérapeutique dont l'objectif serait de favoriser certains mécanismes de plasticité

cérébrale grâce à un entraînement par *neurofeedback*.

Pour que ce type d'ICM voie le jour, il est nécessaire de progresser dans tous les domaines de recherche évoqués précédemment. Aujourd'hui il n'existe pas d'ICM invasive ou non-invasive qui

surpasse les dispositifs existants⁹ et qui justifierait une large diffusion.

⁹

Les dispositifs actuels d'aide à la communication et à l'autonomie exploitent le plus souvent l'activité musculaire résiduelle.

COMPLEMENTS DE LECTURE

- **Principles of neural ensemble physiology underlying the operation of brain-machine interfaces,**

M. Nicolelis & M. Lebedev, *Nature Rev. Neuroscience* **2009**.

- **Grand Challenges of brain computer interface in the years to come,** E. Vaadia & N. Birbaumer,

Frontiers in Neuroscience **2009**.

- WTEC Report, **International Assessment of Research and Development in BCI,** **2007**

(<http://www.wtec.org/bci/BCI-finalreport-10Oct2007-lowres.pdf>).

13

ANNEXE 1 - PROGRAMME DE L'ATELIER

L'atelier d'une journée organisé sous l'égide du programme PIRSTEC a permis de réunir pour la première fois la plupart des acteurs et futurs acteurs français dans le domaine des ICM. L'objectif ambitieux de

cette première rencontre nationale était de définir les composantes essentielles de ce grand thème de recherche et d'identifier les besoins actuels, en France, pour permettre une recherche de pointe, capable de

rassembler des équipes pluridisciplinaires pour concurrencer les projets existants en Amérique du nord, au

Japon et déjà en Europe.

Au cours de cette unique journée, nous avons tout de même réussi à regrouper un panel d'experts, chercheurs,

médecins et ingénieurs représentant toutes les disciplines impliquées, afin d'aborder les questions suivantes :

- **Quels types d'ICM sont envisageables et souhaitables ?**

- **Quels sont aujourd'hui les verrous technologiques et scientifiques relatifs aux ICM ?**

- **Est-ce qu'une recherche forte dans le domaine des ICM appellerait une organisation particulière des moyens de recherches ?**

Précisément, les ICM sont nées de progrès technologiques et de la quête de nouvelles solutions thérapeutiques. Aujourd'hui, pour dépasser les limites des systèmes actuels, il faut renforcer le lien entre

objectifs cliniques et recherches fondamentales en neurosciences. Ainsi notre réflexion s'est articulée autour

des disciplines et aspects suivants :

- **Les techniques de mesures et de stimulation de l'activité cérébrale en temps-réel**

(neuroimagerie, électrophysiologie EEG, MEG, EEG intracérébrale, imagerie optique, neurostimulation, stimulation magnétique transcranienne... mais aussi le retour sensoriel);

- **Des approches expérimentales, à la fois chez l'homme (patients et sujets sains) et chez l'animal;**

- **Des applications et objectifs à la fois cliniques** (outils de rééducation : parkinson, douleur, épilepsie, autisme,

acouphènes, déficits attentionnels...), **sociétaux** (outils de communication) **et fondamentaux** (étude des mécanismes de

plasticité cérébrale, neurofeedback, nouveaux paradigmes expérimentaux en Neurosciences Cognitives).

- **Des recherches amont en traitement du signal, neuroimagerie, modélisation et neurosciences cognitives.**

Afin d'apporter un début de réponses aux questions évoquées ci-dessus, nous avons regroupé des intervenants

issus de ces différents champs de recherche plus un certains nombres de participants qui ont également



contribué aux débats (cf. liste des participants en annexe). Cette journée s'est articulée autour de cinq grands thèmes correspondant aux principales disciplines qui nourrissent ou seront appelées à nourrir la recherche sur les ICM. Le programme était le suivant:

9:30 *Accueil - Introduction (Jérémy Mattout & Olivier Bertrand)*

9:45 Session 1 - Traitement du signal (modérateurs: **Maureen Clerc** et **Antoine Souloumiac**)

Marco Congedo (Grenoble) 10'

Thoughts on Current and Future Research on BCI in France

François Cabestaing (Lille) 10'

Vers une recherche mono-disciplinaire ?

10:30 Session 2 - Systèmes d'acquisition et de stimulation (modérateur: **Olivier David**)

Anatole Lecuyer (Rennes) 10'

Problèmes logiciels, ergonomie et usage des BCI

Blaise Yvert (Bordeaux) et **Régis Guillemaud** (Grenoble) 20'

Dispositifs multi-électrodes in vitro et in vivo pour des études du Système Nerveux Central et des applications BCI

Boris Burle (Marseille) 10'

Est-ce moi ou le classifieur qui s'est trompé? Les potentiels d'erreurs: une aide pour le BCI?

11:30 Session 3 - Neurosciences cognitives (modérateur: **Karim Jerbi**)

Alexa Riehle (Marseille) 15'

Décodage des intentions motrices pour le contrôle du mouvement d'un effecteur artificiel

Jean-Philippe Lachaux (Lyon) 15'

Du contrôle d'un ordinateur au contrôle de soi : l'entraînement de l'attention grâce aux interfaces cerveau-machine

14

12:30 *Pause déjeuner*

13:30 Session 4 - Neurosciences computationnelles (modérateur: **Jérémy Mattout**)

Rémi Munos (Lille) 15'

Exploration/exploitation en apprentissage par renforcement

Viktor Jirsa (Marseille) 15'

Dynamic mechanisms underlying the emergence of function from neural network interactions

14:30 Session 5 - Neurosciences cliniques (modérateur: **Karen Reilly**)

Philippe Kahane (Grenoble) 15'

Neurofeedback invasif et non-invasif pour l'épilepsie

Jacques Luauté (Lyon) 15'

Rééducation fonctionnelle et interfaces cerveau-machine

15:30 *Pause*

16:00 - 18:00 Discussions – débats

ANNEXE 2 - LISTE DES PARTICIPANTS

Nom Affiliation Ville

AGUERA Pierre-Emmanuel INSERM U821 Lyon
 AKSENOVA Tatiana CEA-LETI, Clinatec Grenoble
 BERTRAND Olivier INSERM U821 Lyon
 BURLE Boris LNC, CNRS Marseille
 CABESTAING François LAGIS Lille
 CLERC Maureen INRIA Sophia-Antipolis
 CONGEDO Marco GIPSA-Lab Grenoble
 DAVID Olivier GIN, U836 Grenoble
 FREGNAC Yves UNIC, CNRS UPR 2191 Gif-sur-Yvette
 GUILLEMAUD Régis CEA-LETI, Clinatec Grenoble
 JERBI Karim INSERM U821 Lyon
 JIRSA Viktor CNRS Marseille
 JUTTEN Christian GIPSA-Lab Grenoble
 KAHANE Philippe GIN Grenoble
 LACHAUX Jean-Philippe INSERM U821 Lyon
 LECUYER Anatole INRIA Rennes
 LORENCEAU Jean RISC, PIRSTEC Paris
 LUAUTE Jacques INSERM U864, HCL Lyon
 MABY Emmanuel INSERM U821 Lyon
 MARTINERIE Jacques CNRS, CRICM Paris
 MATTOUT Jérémie INSERM U821 Lyon
 MESTAIS Corinne CEA-LETI, Clinatec Grenoble
 MUNOS Rémi INRIA Sequel Lille
 REILLY Karen CNRS UMR 5229 Lyon
 RIEHLE Alexa INCM, CNRS Marseille
 SOULOUMIAC Antoine CEA List Saclay
 YVERT Blaise CNIC UMR 5228 Bordeaux

Sciences et technologies de la cognition par la modélisation neuronale

par Frédéric Alexandre (atelier 22)

Compte-rendu de l'Atelier PIRSTEC-NeuroComp :
16 juin 2009

Participants : F. Alexandre, H. Berry, T. Boraud, L. Bougrain, P. Capdepuy, O. Coenen, J. Droulez, P. Gaussier, B. Girard, S. Girault, J. Henry, M. Maier, A. Palacios, H. Paugam-Moisy, N. Rougier, F. Ruffier, S. Saighi, J.-M. Salotti, T. Viéville

En complément des textes et des supports d'exposés, quelques notes sur nos débats.

En introduction, rappel du contexte de ce travail de prospective pour PIRSTEC avec en premier lieu des propositions de thématiques pour de futurs Appels à Projets de l'ANR, mais aussi des analyses des forces et des faiblesses de notre communauté. Egalement, rappel de la procédure suivie : enquête dans la communauté, réponses d'équipes représentant une centaine de permanents ; une dizaine de thèmes sélectionnés, préparés et présentés oralement à cet atelier pour initialiser les débats. Excellente ambiance et, surtout, consensus clair sur notre analyse du domaine.

Avant de reprendre les thèmes abordés, nous rappelons le positionnement de notre communauté et soulignons les sujets évoqués de façon transversale lors de l'atelier et qui nous semblent essentiels :

Positionnement de la communauté sur le sujet

"Aborder la cognition par la modélisation neuronale":

Le système nerveux étant le siège de la cognition, l'étude du cerveau et de ses fonctions (neurosciences intégratives) est au centre d'une compréhension effective de ces mécanismes. Un nombre important d'équipes de neurosciences computationnelles déclarent participer à cette approche (mais pas toutes: l'étude du cerveau a d'autres buts) et cette démarche a un certain nombre d'originalités, en particulier car elle propose d'aborder la cognition:

- avec une approche systémique où l'environnement est dans la boucle (quitte à commencer avec des systèmes biologiques rudimentaires);
- avec des formalismes de calcul solides (théorie de l'information, systèmes dynamiques, statistiques) sous leurs aspects théoriques aussi bien qu'expérimentaux (mathématiques, physiques, calcul scientifique, informatique);
- en proposant des cadres d'étude stricts (systèmes véritablement autonomes, en situation d'auto-apprentissage, définis par des modèles falsifiables);
- dans des coopérations multidisciplinaires (des sciences de l'information aux sciences biologiques);
- en association avec les sciences du vivant à de multiples échelles d'espace et de temps et avec une gamme très large de plateformes expérimentales;
- en proposant de valoriser ces recherches par des réalisations logicielles et matérielles avec des retombées potentielles dans le monde de la santé et de l'éducation (mais aussi bien sûr des STIC et des SDV).

Sujets évoqués transversalement lors de l'atelier:



-l'importance et la difficulté de la pluridisciplinarité :

L'importance : l'argument est simple : toutes les approches évoquées ici ne peuvent se développer qu'en synergie entre domaines des STIC et des SDV avec parfois besoin d'ouverture sur d'autres domaines.

La difficulté : appels à projets asservissant un domaine à un autre ; différence des critères d'évaluation entre les domaines ; importance de la durée (10 ans ?) pour construire une vraie collaboration entre STIC et SDV ; de telles difficultés impactent en particulier les jeunes chercheurs (une thèse avec expérimentation et modélisation est plus longue à mener ; évaluation biaisée des publications dans des domaines avec des critères différents) ; manque de formations réellement multidisciplinaires.

Remèdes proposés (en vrac): faire des appels à projets équilibrés où tous les domaines contribuent également ; imaginer des structures ou des modes de fonctionnement où des collaborations peuvent s'installer dans la durée ; encourager des Ecoles Doctorales multidisciplinaires ; créer des revues multidisciplinaires ou faire des « Special Issues » de grandes revues ; introduire des modules d'autres disciplines en Master (en particulier des enseignements « Comp » en Bio) ; Favoriser les « lieux » de formation, de recherche, de financement, d'échanges où ces domaines se rencontrent (ex : NeuroComp, Pgme NeuroInformatique du CNRS, appel à projets STIC-SDV, etc.)

-les discussions sur plusieurs thèmes mettent en avant le fait que « travailler à la marge de la cognition » peut aider à mieux comprendre la cognition dans un cadre moins complexe ou créer un environnement où des modèles cognitifs peuvent se développer plus facilement. C'est par exemple le cas de boucles sensorimotrices simples pouvant amorcer des comportements complexes ; de l'étude d'animaux jugés peu cognitifs (ex : unicellulaires, invertébrés) mais qui permettent d'aborder et de mieux comprendre (dans un cadre (relativement) simplifié) des phénomènes d'émergence ou d'interaction ; de toutes les approches « incrémentales » dont le but est de créer des « échafaudages » pour construire des niveaux plus cognitifs sur des bases plus réactives ; de sujets d'études multi-échelles conjoints avec des approches microscopiques (biologie cellulaire, moléculaire) ;

Les mots clés qui semblent émerger :

-Autonomie : on se pose des questions profondes et fondamentales sur la cognition en essayant de se donner les moyens de créer des systèmes physiques autonomes évolutifs capables de décision en interaction avec le monde

-Multi-échelle : besoin d'intégration, de passerelles entre les échelles de description ; ceci peut justifier l'intérêt du niveau neuronal qui offre aisément des ouvertures vers le moléculaire et le comportement ou vers la msec et l'année. Développer des démarches multi-échelles pertinentes pour l'étude de la cognition reste un enjeu important.

-Réfléchir sur la démarche de modélisation : liens mathématique-modélisation-expérimentation ; calcul distribué et embarqué ; couplage de formalismes ; rapport aux données et aux modèles ;

Thèmes abordés :

(se reporter également aux textes et aux supports d'exposés pour les détails)

* Cinq défis scientifiques:

les boucles sensorimotrices et les associations perception-action. Ruffier / Girard

En un mot, le but de cette approche : rendre la robotique réelle (voir des robots dans les rues) ; la méthode proposée : faire simple avant (ou en plus) de faire compliqué (comprendre des boucles sous-corticales simples, robustes, temps-réel avant de développer (ou venant en support de) des modèles cognitifs complexes. De plus, ces boucles simples peuvent servir de réflexes ou de mécanismes d'exploration élémentaire à ces modèles complexes.

Pour faire de la robotique réaliste sur des applications effectives, comment se donner les moyens technologiques ? Créer des plateformes mutualisées ? Convenir de standards et de matériels unifiés ?

Quelle est l'actualité de ces idées déjà anciennes ; comment convaincre les industriels et certains biologistes ? En insistant en particulier sur les nouvelles connaissances biologiques et sur des réalisations phares.

Problème de définition du domaine : « Robotique » n'est pas forcément le meilleur terme (déjà pris) pour évoquer le développement de systèmes autonomes cognitifs bio-inspirés : Neuro-robotique ?

Il faut développer en priorité cette approche qui peut fournir rapidement des systèmes efficaces et simples. De plus, comment développer des architectures "multi-boucles" à plusieurs niveaux si nous sommes encore en train de développer les fondements liés aux boucles locales primitives ?

La locomotion n'est qu'un exemple de familles de tâches (plus précoce phylogénétiquement) ; il faut aussi considérer les autres tâches, ex: manipulation, etc...

les mécanismes de sélection de l'action et de la décision. 'Girard / Boraud''

Importance du phénomène cognitif considéré (la décision) et compréhension actuelle trop rudimentaire

Il faut sortir de la restriction « processus action/décision corticale » et inclure les structures sous corticales (ganglions de la base) dans l'analyse.

Porter nos efforts communs sur la compréhension des ganglions de la base, domaine en plein développement (données, modèles, ..) et bien couvert en France devrait être une priorité, au niveau des appels et des moyens.

On note que l'observation des structures profondes (IRM, électrophysio) ne pose pas de problèmes qualitativement différents du cortex.

Impact pour les pathologies (ex : parkinson), mais aussi perspective d'utiliser les connaissances et modèles action/décision pour les aspects BCI dès que les aspects moteurs de base seront maîtrisés en BCI

la multimodalité et la fusion sensorielle. 'Gaussier / Droulez''

Une thématique classique et ancienne au niveau des cadres génériques, mais peut-être moins approfondie au niveau de la prise en compte des éléments concrets de chaque modalité.

Ou dans un cadre comportemental défini, qui est peut-être la perspective à mettre en avant.

Le lien entre fusion multimodale et boucles sensori-motrices est un point clé (il reste des problèmes ouverts : problème de codage, de trace des états passés)

Le problème systémique global (architecture, etc..) est devant nous.

des études multi-échelles (choix du niveau de description; interfaces entre ces niveaux). Berry / Alexandre

Comment utiliser au mieux des développements scientifiques (expérimental et théorique) à différents niveaux de description ? travailler aux interfaces ; faire des modèles multi-échelles ?

Comment faire circuler la connaissance entre les niveaux ? Approches bottom-up et top-down. En particulier, on ne profite pas assez de l'énorme source d'information des niveaux les plus microscopiques

Les comportements de base comme la locomotion, l'approche/répulsion méritent d'être étudiés sur des êtres très basiques: unicellulaires, animaux avec des neurones identifiés (10^3 neurones).

Développer des outils et des bases de connaissances standards en modélisation: au delà de ModelDB ou NeuroML

Ne pas oublier les différentes échelles temporelles qui accompagnent les échelles spatiales (mais sont orthogonales)

l'apprentissage sous plusieurs aspects: développemental; continu. Alexandre / Salotti

Améliorer les modèles d'apprentissage neuronaux (affiner les aspects spatiaux et temporels); savoir faire coopérer des systèmes de mémoires de types différents ; les implanter sur des systèmes physiques réellement autonomes.

Peut-on lancer le défi du robot entièrement autonome qui ne serait en rien supervisé, juste en interaction avec l'environnement (= sans [re]intervenir dans le substrat) ? Même si ça reste irréaliste à court terme, ça reste une cible à viser.

Approche incrémentale avec focus sur l'apprentissage développemental ou choix, comme brique de connaissance, des organismes simples : ver de terre, paramécie ou macrophage (qui ont les mécanismes moléculaires similaires aux neurones)

Mieux apprendre: peut on mieux enseigner aux humains à partir de ce que nous comprenons en neurocomp ? Neurosciences + IntelligenceArtificielle vers les neurosocio.

La multi-disciplinarité inclut ici aussi d'autres professions, ex: didacticiens: un carrefour de disciplines au delà des neuros/compts/etc..

* Quatre familles méthodologies:

L'utilité des propriétés physiques des systèmes hardware et robotique dans le calcul neuronal. Saïghi / Gaussier

tester la cohérence d'un modèle dans des conditions réalistes d'utilisation (pb d'intégration + pb de dynamiques émergeant des interactions avec l'environnement).

prendre en compte "l'intelligence" du hardware (selon le hardware utilisé, on peut avoir gratuitement un certain nombre de propriétés: le problème à résoudre change)

Profiter des lois physiques qui gouvernent l'électronique pour obtenir une simulation profonde des systèmes biologiques, avec des interfaces in-silico/in-vitro|in-vivo.

Profiter des lois de la mécanique (intelligence de la mécanique, des capteurs) pour faire des systèmes performants avec des systèmes de contrôle hybrides : le défi est de l'inclure dans du plus haut niveau: quelle formalisation ?

De nombreux aspects de la cognition reposent sur le couplage dynamique du corps et de l'environnement : importance de l'approche incarnée et de l'utilisation de robots.

Doter le robot de moyens de communication avec son environnement pour enrichir les interactions

expérimentations en électrophysiologie et comparaisons de modèles avec les données des neurosciences Maier / Boraud

Comment (bien) extraire des connaissances à partir des données ?

Optimisation des paradigmes expérimentaux et couplant analyse des données et modélisation pendant l'expérimentation, économie du matériel animal, introduction d'un nouveau lien modèle données.

Notion de modèle qui peut être réfutable expérimentalement, démarche de re-mathématisation à chaque boucle (modèle de modèle), modèle qui donne le nombre critique de paramètres

Enjeu technologique important de savoir enregistrer en multi (beaucoup)-électrodes

Importance de la formation pluridisciplinaire (bio et comp.)

Liens avec le BCI

imagerie humaine et constructions de dispositifs interactifs cerveau/ordinateur Viéville / Maier

Imagerie : vers le scanner neuronal multimodal (l'imagerie chez l'animal peut aider à progresser)

BCI : le faire pour de vrai (applications réalistes)

Transfert des techniques vers la clinique (au delà de Albani et Tubingen) avec la difficulté de sujets multi-lésés, d'environnements bruités et hostiles pour les signaux: gros enjeux technologiques et de coût de production

Forte pousée de l'industrie des jeux vers le BCI : un vecteur de développement. Quelle vraie plus value de l'interface BCI par rapport aux autres entrées/sorties pour l'informatique ?

Quel lien entre informations non invasives et mesures intra-craniennes ? Pour minimiser ensuite l'invasivité ?

L'analyse de l'imagerie optique est probablement une priorité.

formalisation dans des cadres rigoureux (ex: systèmes dynamiques, théorie de l'information)
Droulez / Viéville

On voit émerger des approches qui réconcilient les trois grandes classes de modèles géométriques / fonctionnels / probabilistes et cela est probablement la prochaine étape pour ce volet

Dans l'étude d'échelles spatiales, ne pas hésiter à aller voir « aux bords » : biologie moléculaire et comportement/neuropsychologie (cf multi-échelle)

La falsifiabilité reste un problème qui ne semble pas pris en compte sauf rare exception

L'innovation peut aussi venir de vrais mathématiciens qui vont ré-inspirer les modélisateurs: physique statistique, géométrie différentielle, etc..

Vive les modèles qui ne marchent pas: ils peuvent aider à remettre en cause les faits des biologistes; ne pas auto-censurer les modèles par [ce que nous croyons aujourd'hui des] modèles biologiques: de l'audace !

Imageries cérébrales pour les sciences cognitives : bilans et enjeux

Par Sylvain Takerkart (atelier 23)

1 Problématique générale

1.1 Texte d'intention

Les avancées scientifiques des 20 dernières années dans le domaine des sciences cognitives sont largement tributaires des techniques d'imagerie cérébrale (électrophysiologiques et métaboliques), tant d'un point de vue de la recherche fondamentale que technologique. D'un point de vue fondamental, l'exploration de l'activité cérébrale a permis de mieux comprendre les fonctions cognitives et leurs interactions. Ces techniques d'imagerie ont également conduit à l'émergence de technologies cognitives, telles que les interfaces cerveau-machine et le « mind-reading ». Ces différentes techniques d'imagerie atteignent maintenant une certaine maturité qui permet d'en évaluer posément les forces et les faiblesses, ainsi que les limitations qu'il serait important de dépasser. Faire l'inventaire de ces points et se projeter dans les dix ans qui viennent seront les buts de cet atelier.

Une telle réflexion implique d'asseoir à la même table neuroscientifiques, méthodologistes et mathématiciens. Fort de leur expérience interdisciplinaire, les équipes de l'IFR 131 (Sciences du Cerveau et de la Cognition, Marseille), en étroite relation avec les autres centres français impliqués dans la même démarche, proposent un atelier de réflexion sur le futur de l'imagerie cérébrale dans les sciences et technologies cognitives. Nous avons pour cela identifié les deux thèmes stratégiques suivants.

1.1.1 Multi-modalité

Il est désormais devenu classique de présenter la M/EEG et l'IRMf comme étant des méthodes

complémentaires d'investigation non-invasives chez l'humain, de part leurs avantages respectifs : résolution temporelle pour la M/EEG et résolution spatiale en IRMf. Pourtant, même si ces arguments théoriques sont avancés depuis les années 90, l'intégration multimodale est encore sous-utilisée en sciences cognitives. Une première explication réside dans les difficultés techniques à surmonter pour combiner plusieurs modalités d'imagerie avec succès (traitement mathématique conjoint, enregistrements simultanés éventuels). Une deuxième raison, plus fondamentale, vient du fait que les origines des signaux sont encore mal comprises ; il est donc encore peu clair si les deux types de modalités sont sensibles ou non aux mêmes activités cérébrales. De même, si la combinaison MEG/EEG semble théoriquement très pertinente, les méthodes pour fusionner ces deux techniques manquent.

Au delà de ces exemples, nous proposons d'évaluer de manière critique

1. quelles sont les combinaisons (parmi le spectre étendu des méthodes d'enregistrements de l'activité cérébrale) qui peuvent offrir une valeur ajoutée, et lesquelles ne semblent pas pertinentes,
2. quels sont les outils nécessaires pour de telles fusions, et
3. quelles sont les forces et les faiblesses des équipes françaises dans ce domaine.

1.1.2 Dynamique, variabilité et connectivité cérébrale

Dans leur grande majorité, les signaux acquis par ces différentes techniques d'imagerie possèdent des rapports Signal/Bruit très faibles. L'extraction de l'information pertinente est généralement effectuée par la répétition d'un grand nombre de d'essais afin d'extraire une réponse moyenne (GLM pour l'IRMf, moyennage pour l'EEG et la MEG etc...). Cette extraction de l'information moyenne limite considérablement la nature des traitements réalisables. Par exemple, dans un contexte d'interface Cerveau Machine, il est essentiel de pouvoir détecter en temps réel les activations cérébrales, ce qui est incompatible avec des processus itératifs. Pour ce qui est de la recherche cognitive et/ou clinique, l'estimation d'un paramètre moyen ignore la variabilité des réponses, rendant très difficile l'étude de la corrélation entre activités cérébrales et performance. De plus, au moins dans le cas de signaux électrophysiologiques, le processus de moyennage induit des distorsions temporelles, pouvant conduire à des conclusions erronées. Différentes techniques d'extraction de l'information essai-par-essai existent: analyse en composante indépendantes, apprentissage supervisé (ex. « mind-reading » en IRMf), décomposition du signal (transformée en ondelettes, matching pursuit etc...), et elles possèdent toutes des forces et des faiblesses, à la fois en termes d'efficacité d'extraction du signal, et en termes de charge computationnelle (critique pour les interfaces Cerveau-Machine).

1.1.3 Objectifs

Les objectifs de cet atelier sont de rassembler chercheurs, ingénieurs (issus de la recherche publique et de l'industrie) autour de ces deux problématiques fondamentales pour l'avenir des sciences cognitives. Nous nous proposons: - d'établir un état de l'art - d'évaluer le positionnement de la communauté française dans ces domaines, en mettant l'accent sur ses forces et ses faiblesses. - de fournir une analyse stratégique et des propositions concrètes sur les axes à privilégier à moyen et long terme en France pour répondre aux questions des sciences cognitives modernes.

1.1.4 Organisation

L'atelier aura lieu à Marseille, dans le cadre de l'IFR 131 (Sciences du Cerveau et de la Cognition), et sera organisé sur une journée. Chacun des deux thèmes sera traité pendant une session de trois heures, et une table ronde de synthèse conclura la journée.

- 9h-12h: session "Multi-modalité"
- 13h30-16h30: session "Dynamique, variabilité et connectivité cérébrale"
- 17h-18h: table ronde finale

Chacune des deux sessions se déroulera de la manière suivante:

- un invité, spécialiste du domaine, sera chargé de présenter (45mn) l'état de l'art des techniques existantes, en insistant sur les limites actuelles;
- une présentation (30mn) suivra, portant sur les applications et les enjeux scientifiques en sciences cognitives liés à ce domaine, ainsi que les conséquences scientifiques imposées par les limites des techniques actuelles;
- un membre du comité d'organisation présentera (30mn) ensuite la position de la recherche française au sein de ce panorama, pour permettre d'identifier les aspects stratégiques sur le plan prospectif;
- enfin, une table ronde (1h15mn) aura pour but d'identifier et de proposer les orientations stratégiques à développer en France.

1.1.5 Participants

Si cette proposition est acceptée, le comité d'organisation effectuera dans un premier temps un recensement des équipes françaises (publiques et privées) travaillant à l'interface entre développements méthodologiques et utilisation pratique en imagerie cérébrale. Une liste d'une trentaine d'invités, choisis pour leurs compétences et leurs capacités prospectives, sera ensuite établie, en veillant à assurer la représentativité des différents groupes et thèmes.

1.1.6 Comité d'organisation

. Bénar Christian (IFR 131, INSERM U751, Marseille) . Bertrand Olivier (IFR 19 - IFNL, INSERM U821, Lyon) . Burle Boris (IFR 131, UMR 6155, Marseille) . Clerc Maureen (CERTIS, INRIA, Sophia-Antipolis) . Pezard Laurent (IFR 131, UMR 6149, Marseille) . Schwartz Denis (CENIR, Plateau MEG/EEG, Paris) . Takerkart Sylvain (IFR 131, UMR 6193, Marseille)

2 Programme de l'atelier du 24 septembre 2009

1. Introduction
2. Multimodalité
 - EEG-IRMf (C. Bénar)
 - EEG-MEG (D. Schwartz & M. Clerc)
 - Optique/EEG ou Optique/IRMf (H. Benali)
 - Méthodes pour la fusion de données (J. Mattout)
 - Forces - faiblesses (Commun)
3. Dynamique, variabilité et connectivité
 - Dynamique et EEG (L. Pezard)
 - Connectivité EEG-MEG (O. David)
 - Connectivité IRM (H. Benali)
 - Essai par essai (B. Burle)
 - Forces - faiblesses (Commun)

3 Enjeux théoriques

3.1 Compréhension des signaux

Depuis une quinzaine d'années, les techniques d'imagerie cérébrale ont investi les sciences cognitives, et sont largement utilisées pour tenter de comprendre les fonctions mentales supérieures, telles que la mémoire, le langage etc... Cette ambition, légitime, contraste néanmoins avec les connaissances actuelles encore faibles sur la nature des signaux acquis avec ces techniques. En effet, leurs fondements théoriques et physique (nature physiques des signaux, distorsion/déformation par les instruments de mesures, quantification des erreurs de mesure etc...) sont encore parfois mal maîtrisés.

Outre ces aspects physiques, notre connaissance de la nature physiologique des signaux enregistrés reste encore très partielle. Par exemple, même si des progrès énormes ont été réalisés ces dernières années, il n'existe aucun modèle absolument clair de l'électrogénèse cérébrale, qui est pourtant à la base de l'EEG et de la MEG. A fortiori, la nature des signaux enregistrés en IRMf (et en imagerie optique) reste encore très floue. De plus, la nature exacte

du lien entre activité métabolique et activité nerveuse est loin d'être établie. Parmi les questions ouvertes on peut noter: la relation entre activité nerveuse et métabolisme est-elle linéaire ou non? Quel est le lien entre inhibition nerveuse et signal BOLD? Quelle est la contribution des astrocytes dans la genèse du signal BOLD?

Bien que ces questions ne soient pas directement des questions de sciences cognitives, elles conditionnent de manière critique les interprétations fonctionnelles que l'on peut faire des expérimentations de neuroimagerie. La notion générique "d'activation cérébrale", largement utilisée en neuroimagerie, semble désormais beaucoup trop floue et une meilleure compréhension des signaux semble indispensable (cf. élément de prospective).

Bien que nos connaissances sur ces techniques soient encore très parcellaires, il est évident que leur utilisation s'est révélée extrêmement fructueuse, et qu'il n'est pas question ici de remettre en cause leur intérêt. La démarche qui a prévalu jusqu'à maintenant, que l'on pourrait qualifier "d'exploratoire", ne doit pas être abandonnée, car, outre les résultats importants qu'elle a permis d'obtenir en sciences cognitives, elle participe à une meilleure compréhension des signaux. Il semble par contre essentiel, et d'actualité, que ces techniques soient renforcées par une meilleure compréhension des techniques et des signaux.

3.2 La fin du mur de Berlin de l'imagerie

La notion "d'imagerie cérébrale" est née des techniques basées sur le métabolisme (IRMf et TEP), qui permettaient d'obtenir des résolutions spatiales considérablement plus élevées que l'EEG conventionnelle. S'est alors mise en place, de manière plus ou moins explicite, une sorte de partage du monde de la neuroimagerie: d'un côté des techniques à haute résolution spatiale, mais faible résolution temporelle (IRMf, TEP) et de l'autre des techniques à haute résolution temporelle, mais (assez) faible résolution spatiale (EEG et MEG). Ainsi, les aspects temporels et spatiaux étant considérés comme relativement indépendants, selon que l'on s'intéressait plutôt à l'un ou à l'autre de ces aspects, il convenait de choisir l'une ou l'autre de ces techniques. Ce partage du monde est aujourd'hui, encore plus qu'hier, très largement critiquable, et ce pour au moins deux raisons.

La première est que, du fait des progrès techniques, il est désormais possible d'étudier la dynamique de l'activité cérébrale en IRMf (certes avec une précision moindre qu'en EEG ou en MEG), et la résolution spatiale de l'EEG, et a fortiori de la MEG, après résolution du problème inverse, atteint des niveaux de précision tout à fait honorable.

La deuxième raison est plus théorique: il apparaît de plus en plus évident que séparer la dimension spatiale de la dimension temporelle est parfaitement artificiel, et qu'il est indispensable d'appréhender les données de manière spatio-temporelle. Ceci implique à la fois de repenser les rôles respectifs des différentes techniques d'imagerie, mais aussi de développer les outils, tant conceptuels que logiciels, pour appréhender les données recueillies dans ce cadre spatio-temporel.

3.3 Questions et méthodes en sciences cognitives: vers des échanges symétriques

Les connaissances en imagerie cérébrale et en sciences cognitives dépendent d'avancées conceptuelles et théoriques, mais aussi de développement de techniques adaptées pour extraire l'information contenue dans les signaux recueillis. De ce point de vue, les échanges entre "méthodologistes" et "neuroscientifiques" restent encore trop peu nombreux. Mais si l'augmentation de ces échanges est nécessaire, c'est surtout la nature qualitative de ces échanges qui doit évoluer pour être plus symétrique, afin de développer des méthodes adaptées aux problèmes rencontrés par les neuroscientifiques, mais aussi de faire évoluer les questions neuroscientifiques afin que celles-ci intègrent pleinement les évolutions techniques

et théoriques. Comme indiqué précédemment, il semble fondamental que les interprétations des résultats d'expériences d'imagerie s'appuient sur des connaissances et des modèles beaucoup plus précis de l'activité (électrophysiologique ou métabolique) enregistrée.

Le rôle des modèles computationnels du fonctionnement cérébral est encore trop faible en imagerie cérébrale. Néanmoins, si tout le monde s'accorde sur l'intérêt de ces modèles, la question du niveau de modélisation dont l'imagerie a besoin reste largement ouvert: quel niveau de simplification, ou au contraire de réalisme, faut-il dans ces modèles? Peut-on modéliser à la fois les signaux et les processus qu'ils sous tendent? Où faut-il au contraire séparer ces deux types de modélisation? Ces questions ont un lien étroit et évident avec la NeuroInformatique.

3.4 Verrous et problèmes théoriques

L'atelier a identifié un certain nombre de problèmes/verrous en imagerie pour les sciences cognitives qui sont détaillés ci-dessous. Bien que l'atelier ait cherché à être le plus large possible dans ses réflexions, il est très probable que cette liste ne soit pas exhaustive.

3.4.1 Variabilité

Le problème de la variabilité se pose à différents niveaux, qui appellent des solutions différentes.

Non homogénéité des populations étudiées:

L'imagerie est souvent amenée à étudier des populations différentes. Se pose alors la comparaison entre ces populations. Par exemple, comment comparer les données obtenues chez des patients et chez des contrôles? Bien souvent, du fait même de leur pathologie, les patients diffèrent des contrôles bien plus que sur les paramètres pertinents pour l'étude. Le même problème se pose pour les études développementales, le cerveau d'un enfant n'étant, évidemment, pas un cerveau d'adulte plus petit.

Variabilité inter-sujet:

- La première variabilité intersujet à laquelle la neuroimagerie est confrontée est celle de la forme des cerveaux. L'approche traditionnelle de normalisation dans un repère standard ne se base que sur l'enveloppe du cerveau et ne prend pas en compte la surface cérébrale et ces circonvolutions.

Cette normalisation volumique devient inadéquate dès lors qu'on cherche à plaquer les solutions sur la surface du cortex afin d'augmenter la résolution spatiale (analyse surfacique en IRMf ou solutions distribuées contraintes par l'anatomie en EEG et en MEG). Les outils performants permettant une comparaison inter-sujet, et les statistiques qui vont avec, restent encore trop peu nombreux.

- Une deuxième source de variabilité inter-sujet est plus fonctionnelle. Lorsque les tâches demandées aux sujets se complexifient, il existe un risque important que tous les sujets n'utilisent pas les mêmes stratégies pour réaliser la tâche. Si ce problème se pose déjà dans les études comportementales, il a en imagerie des conséquences encore plus graves. En effet, si les différentes stratégies utilisées recrutent des aires cérébrales différentes, cela induit une perte considérable de puissance statistique. Analyser de telles différences de stratégies est aussi évidemment intéressant en soi. Arriver à repérer et quantifier de telles différences nécessite des outils de classification adéquats de type clustering. Mais de telles approches nécessitent souvent des échantillons plus importants, ce qui représente une masse de données extrêmement lourde à traiter. Des logiciels adéquats, tant pour simplifier/automatiser les procédures, que pour implémenter l'identification des "groupes" de sujets, restent à développer.

Variabilité intra-sujet:

Une dernière source de variabilité, rarement prise en compte, est la variabilité intra-sujet. A travers différentes répétitions d'une même condition expérimentale (i.e. différents essais), la performance varie, fruit d'une variabilité intrinsèque. De la même manière, la réponse cérébrale va varier d'un essai à l'autre. Cette variabilité, potentiellement source d'information, est souvent perdue dans les processus de traitement des données (moyennage pour l'EEG/MEG, régression linéaire multiple en IRMf).

Cette variabilité pose aussi des problèmes de non stationnarité des données, ce qui rend délicate l'utilisation de bon nombre de techniques classiques de traitement du signal, et complexifie l'extraction de l'information contenue dans les essais individuels. Des techniques de traitement du signal robustes à la non stationnarité restent rares.

3.4.2 *Corrélation vs. causalité*

Le problème de la relation entre corrélation et causalité n'est absolument pas spécifique à la neuroimagerie. Mais il prend ici des dimensions particulières. Il se pose tout d'abord dans le lien que l'on cherche à établir entre processus physiologiques et processus cognitifs. Il se pose également entre différents processus physiologiques.

Lien entre activités cérébrales et processus cognitifs:

Un des buts de la neuroimagerie est de mieux comprendre les processus cognitifs par l'étude des activités cérébrales qui les sous tendent. S'il ne fait pas de doute que tout processus cognitif est lié à un

état cérébral particulier, il n'est pas garanti qu'à chaque processus cognitif étudié correspondent une activité cérébrale enregistrable et une seule. En effet, certaines activités peuvent rester invisibles aux méthodes utilisées (e.g., activité des interneurons en EEG/MEG, activité anaérobie en IRMf...). A contrario, certains processus cognitifs peuvent être concomitants de plusieurs activités cérébrales, qui ne participent pas toutes de la même manière aux processus cognitifs étudiés. De manière générale, il n'existe que très rarement une bijection entre activités cérébrales enregistrées et états mentaux. Ce problème mériterait certainement une réflexion épistémologique plus poussée par la communauté des sciences cognitives en général, et de la neuroimagerie en particulier.

Lien entre activités cérébrales:

Après avoir longtemps analysé séparément les différentes activités cérébrales, les neurosciences cognitives s'attèlent désormais à comprendre les réseaux impliqués dans un processus cognitif, ainsi que leur dynamiques et les interactions entre les nœuds de ce réseau. Les outils sont assez nombreux

et variés pour s'attaquer à cette problématique, et posent des questions assez différentes, ce qui constitue un frein pour la lisibilité des résultats. Ainsi, on peut opposer les analyses de type "séparation de source aveugle" (comme l'analyse en composante indépendante), qui isole des réseaux aux comportements spatio-temporel cohérent, aux analyses basées sur l'ajustement de modèles, qui commence avec des mesures de corrélation (connectivité fonctionnelle estimée dans un réseau pré-défini) et vont jusqu'aux modèles de type Dynamical Causal Models (DCM), qui proposent des modèles génératifs de l'activité cérébrale dans un sous-réseau. Les limitations de ces méthodes sont justement qu'elles considèrent uniquement des sous-réseaux définis a priori.

Corrélation linéaire ou non-linéaire:

La plupart des mesures de "connectivité" se basent sur des mesures linéaires de corrélation. Ce type de mesures supposent la stationnarité des données, qui est souvent loin d'être garantie. De plus, des signaux peuvent être liés sans nécessairement l'être de manière linéaire. De manière générale, on peut dire qu'il existe un lien entre deux signaux et dès lors

qu'il existe une fonction, telle que, et ce quelle que soit la nature de. Si de nouvelles mesures non linéaires de couplage ont été proposées, elles restent encore mal comprises théoriquement, et restent encore trop peu nombreuses. De plus, des versions robustes (au bruit) de ces mesures ne sont pas toujours disponibles.

3.4.3 Le problème du nombre de données:

Le nombre de données nécessaires est à la fois "trop grand" et "trop petit". En effet, la taille des données acquises tend à exploser (grand nombre de capteurs, de sujets ..., données acquises dans plusieurs modalités etc...), ce qui impose des systèmes de stockage et de traitement adéquats. Or les solutions logicielles adaptées à ces grosses masses de données sont encore peu nombreuses, et rarement adaptées à l'ensemble des problèmes rencontrés.

Pourtant, le nombre de données acquises reste encore trop petit pour résoudre un certain nombre de problèmes théoriques. Ce problème de taille de données apparaît dans:

- les tests de modèles quantitatifs (qui, bien qu'étant théoriquement très différents, ne diffèrent souvent qu'à la marge en terme de prédiction)
- la robustesse statistique des données (notamment dans l'estimation des paramètres statistiques)
- l'estimation des paramètres d'interaction entre aires cérébrales (cf. ci-dessus), notamment dans la résolution temporelle de ces estimations.

4 Principaux éléments prospectifs

4.1 Interprétation des résultats issus de la neuroimagerie en

sciences cognitives

De nombreuses questions subsistent quant à l'origine physiologiques des signaux mesurés en neuroimagerie, ce qui pèse fortement sur la validité de certaines interprétations données en sciences cognitives. Le cas le plus typique est l'origine du signal BOLD, avec notamment la question du rôle des astrocytes dans sa genèse. Il est donc essentiel de soutenir les travaux portant sur la nature physique et physiologique des signaux enregistrés. Dans cette optique, l'utilisation de modèles animaux peut s'avérer primordiale.

Les résultats de l'imagerie cérébrale amènent aussi à questionner les modèles fonctionnels du fonctionnement cognitif. Ces modèles fonctionnels se basent exclusivement sur des architectures neuronales. Or, peut-on contraindre ces modèles neuronaux par des données issues, par exemple, de l'IRMf, alors que le lien entre activité neuronale et métabolique reste flou? De manière générale, les liens entre les différentes échelles d'analyses restent souvent les points faibles des modèles.

De plus, la nature purement neuronale des modèles peut elle même être questionnée. Doit-on intégrer l'activité astrocytaire dans nos modèles cognitifs. Quel est le rôle des systèmes neuromodulateurs diffus et des hormones?

Finalement, l'émergence du concept d'état de repos (ou "default mode") devrait amener à reconsidérer les modes d'interprétation et de relation entre "repos" et "activité cognitive". Le modèle additif, souvent implicite en neuroimagerie, qui suppose qu'un processus cognitif ajoute une activité cérébrale à un cerveau au repos, est profondément remis en cause par la mise en évidence de ces "états de repos" (même si ce concept nécessite encore d'être validé).

Enfin, il apparaît fondamental d'avoir une vision globale, associée à une maîtrise, au moins conceptuelle, de tous les éléments impliqués dans l'utilisation de la neuroimagerie en sciences cognitives. Cela va du modèle neuro-cognitif au paradigme expérimental, en passant par les techniques d'acquisition et les méthodes de traitement. Ceci nécessite donc une réelle formation inter-disciplinaire.

4.2 Multimodalité

La question de l'intérêt même d'acquisitions multi-modales simultanées pour les sciences cognitives reste aujourd'hui ouverte. En effet, de tels protocoles nécessitent des moyens, autant matériels qu'humains, très lourds, et le retour sur investissement n'a pas pour l'instant été très payant. Nous restons néanmoins convaincus de l'intérêt fondamental, à moyen

terme, de ces approches. Au niveau de l'analyse de données, le problème est celui de la fusion de données. On peut distinguer dans ce cadre la fusion asymétrique (où des informations extraites d'une modalité viennent informer l'analyse d'une autre modalité) et la fusion symétrique (où une véritable analyse conjointe a lieu). Dans le cas EEG/IRMf, l'intérêt de la fusion asymétrique a clairement été démontré (l'activité spontanée mesurée en EEG pour estimer l'état électrophysiologique du sujet contraignant l'analyse de l'IRMf). La fusion symétrique de l'IRMf avec la MEG ou l'EEG bute encore sur le problème conceptuel de modélisation du signal BOLD, ce qui rend son application difficile. Les aspects théoriques de la fusion symétrique MEG/EEG sont beaucoup mieux maîtrisés, mais les applications à véritable valeur ajoutée restent peu nombreuses. Le peu d'outils disponibles pour analyser les données issues de telles fusions symétriques rendent leur accès difficile pour l'"utilisateur moyen" en sciences cognitives, nécessitant là aussi des moyens humains supplémentaires. On peut aussi souligner l'intérêt de la Simulation Magnétique Transcranienne, qui, même si on ne peut pas la considérer comme une modalité d'imagerie à part entière, permet justement d'imager (grâce aux autres techniques classiques) les conséquences directes d'une perturbation du système, en ayant un lien de causalité explicite.

4.3 Réseaux, connectivité, ...

Le véritable challenge dans ce domaine est la fusion des mesures de l'activité cérébrale (IRMf, EEG, MEG) et des données de type anatomique (IRM anatomique et de diffusion). Dans ce cadre, les problèmes de fusion classiques sont valides: on commence aujourd'hui à voir apparaître des résultats issus de fusion asymétrique, mais ils sont encore trop peu nombreux. A plus long terme, le véritable enjeu pour les sciences cognitives réside dans le développement de modèles permettant une analyse conjointe et simultanée. On peut aussi mettre en avant le problème du choix de la mesure d'intérêt, qu'on pourrait aussi appeler "bio-marqueur", à la fois dans le cadre des neurosciences cognitives, mais aussi pour des applications médicales de type diagnostic / prédiction.

4.4 Non-stationnarités

Une des hypothèses fondamentales dans l'analyse de données en neuroimagerie est celle de la reproductibilité de l'état cognitif du sujet au travers des essais d'une même tâche, qui se traduit souvent par une condition de stationnarité imposée. La variabilité intra-sujet est alors considérée comme du bruit. L'émergence d'applications de type interface cerveau-machine a récemment mis en avant des techniques d'analyses de type "reconnaissance de formes / apprentissage statistique" qui sont encore trop peu utilisées en neuro-imagerie, et qui peuvent, dans certains cas, permettre de s'affranchir de cette hypothèse de stationnarité. Ces techniques, relativement sous-représentées en France, ont un gros potentiel en neuro-imagerie, d'une part pour l'analyse d'expériences issues de paradigmes expérimentaux classiques (où l'hypothèse de stationnarité entraîne l'estimation du "comportement moyen" du sujet), d'autre part pour permettre de développer des paradigmes qui s'affranchiront de l'hypothèse de reproductibilité de la réponse du sujet, et enfin pour traiter les problèmes de fouilles de données (voir l'aspect "base de données" décrit ci-dessous).

4.5 Traitements et logiciels

Les aspects de gestion informatique des données prennent une place de plus en plus importante. Le volume de données produit est à prendre en compte au niveau de la communauté scientifique dans son intégralité, les enjeux principaux étant l'inter-opérabilité des nombreux outils de traitement disponibles, la reproductibilité des résultats obtenus et la faisabilité de méta-analyses. Deux aspects techniques ressortent donc. Le premier est celui de la multiplicité des formats de données existants pour chacune des modalités. L'exemple de standardisation (à l'échelle internationale) du format de données NIFTI en IRM fonctionnelle est certainement un exemple à suivre pour les autres modalités. Le deuxième aspect est celui des bases de données, qu'il faut clairement développer. Les journaux scientifiques qui imposent la mise à disposition des données dans des bases de données libres d'accès en même temps que la publication des articles sont un exemple à suivre. Au niveau des outils d'analyse, il ne faut pas essayer de

tendre vers un outil unique pour une communauté donnée, mais il faut imposer que tous les outils disponibles utilisent un format standard, afin de favoriser l'inter-opérabilité. Au niveau national, l'existant logiciel se compose principalement de BrainVisa (CEA / Neurospin) pour l'IRM, et de Brainstorm (LENA) pour la MEG et l'EEG, ainsi que de nombreux autres outils plus pointus. Le caractère libre des logiciels est important pour assurer la reproductibilité et la fiabilité des résultats. Les initiatives de formations sont à encourager, et on peut ainsi noter la qualité et le succès des Journées Inter-Régionales de Formation en NeuroImagerie (JIRFNI) qu'il faut continuer à soutenir et à développer. Au niveau des traitements en eux-mêmes, les pratiques de pré-traitement en EEG/MEG (rejet d'artefacts) restent conceptuellement

problématiques, mais on note aujourd'hui une certaine convergence des méthodes de post-traitement statistiques au travers des différentes modalités d'imagerie, ce qui est positif.

4.6 Plateformes

Nous listons ci-dessous les plateformes de neuro-imagerie existantes en France:

- pour l'EEG, les installations sont trop nombreuses pour être listées. Il convient néanmoins de noter la grande diversité de ces installations (en terme de nombre de capteurs, d'utilisation - cliniques vs. recherche - etc...) et que le nombre de postes EEG permettant une réelle imagerie restent encore en nombre assez limité.

- pour la MEG: Paris, Orsay, Lyon, Marseille, Grenoble (en cours).

- pour l'IRM, nous listons uniquement les plateformes dédiées entièrement à la recherche (en sachant que les IRM cliniques utilisées très partiellement pour la recherche sont assez nombreuses): Paris, Grenoble, Lyon, Caen, Orsay, Strasbourg, Bordeaux, Marseille, Toulouse

A l'échelle nationale, il nous paraît aujourd'hui important de soutenir l'utilisation des plateformes existantes (par exemple en finançant des frais des transports), plutôt que d'augmenter le nombre de plateformes. En effet, au delà du coût du matériel en lui-même, l'installation d'une nouvelle plateforme impose la mise à disposition d'au moins trois ingénieurs pour un fonctionnement optimal, sans quoi le matériel sera

sous-utilisé (tant qualitativement que quantitativement parlant). Le manque de personnel limite aussi considérablement l'acquisition multimodale de données: plusieurs centres possèdent le matériel pour de telles acquisitions, mais n'en réalisent pas faute de personnel qualifié. Le rôle de régulation des instances nationales (CNRS, INSERM, GIS IBISA etc...) est donc primordial pour assurer le suivi d'une telle politique à l'échelle de la France. Il est à noter que l'imagerie chez l'animal se développe assez lentement.

L'organisation scientifique et logistique autour de nouvelles modalités émergentes (imagerie optique, invasive ou non, chez l'homme ou l'animal) devra capitaliser sur l'expérience acquise avec les autres modalités.

Ces plateformes fonctionnent sur un mode très ouvert vers l'extérieur, et sont souvent au cœur de réseaux inter-disciplinaires bien en place, comprenant physiciens, mathématiciens, psychologues, neuro-scientifiques et cognitivistes. Au niveau de la formation continue, l'initiative des JIRFNIs est exemplaire et doit être soutenue. A l'inverse, les cursus de formation initiale réellement inter-disciplinaires restent peu nombreux, ce qui explique la relativement faible implication des communautés de mathématiques appliquées et de physique en sciences cognitives.

The Biology of Decision Making

par Thomas Boraud (atelier 25)

Université de Bordeaux, Bordeaux
June, 9 – 10, 2009

Ce symposium a été sponsorisé par le Laboratoire franco-israélien de Neurosciences, l'IFR de Neurosciences de Bordeaux et PIRSTEC.

Participants

Thomas Boraud (CNRS, Bordeaux, co-organisateur), Serge Ahmed (CNRS, Bordeaux, co-organisateur), David Hansel (CNRS, Paris, co-organisateur), Etienne Danchin (CNRS, France), Alex Kacelnik (Oxford University, UK), Lars Chittka (University of London, UK), Sharoni Shafir (Hebrew University, Il), Jean-Paul Laumond (CNRS, France), Bernard Bioulac (Université Bordeaux 2), Emmanuel Procyk (CNRS, France) Matthias Pessiglione (INSERM, France), Giorgio Coricelli (CNRS, France), Paul Cisek (University of Montreal, Canada), Yonatan Loewenstein (Hebrew University, Israel), Sacha Gironde (ENS, France), Nathanael Daw (New York University, USA).
Environ 40 auditeurs.

Introduction

Toutes les espèces animales ont développé des systèmes rapides et efficaces pour résoudre des choix dans des situations complexes et conflictuelles, voire qui engagent parfois la survie. Cependant, ces processus ont atteint un haut degré de complexité chez l'homme, probablement au prix d'une plus grande vulnérabilité aux dysfonctions telles qu'elles peuvent être observées dans différentes pathologies neuropsychiatriques. Ce symposium visait à aborder cette complexité sous les angles de l'écologie comportementale, de la physiologie, des neurosciences computationnelles et de la neuroéconomie.

La première session s'est concentrée sur les déterminants écologiques et évolutionnaire des processus de prise de décision, en s'attachant à identifier les similitudes et les différences entre genres et espèces. Ont notamment été abordés les sujets suivants : la notion d'héritabilité extragénétique des comportements (par des phénomènes d'épimutation, par exemple) ; les difficultés conceptuelles d'aborder la prise de décision en soi sans évoquer les processus d'apprentissage ; la nécessité d'un équilibre permanent entre la précision d'un comportement social (dans une tâche de butinages, par exemple) et le temps d'exécution de la tâche ; et les différences d'appréciation de l'appétence au risque en fonction du protocole expérimental (test descriptif vs test comportemental).

La seconde session était dévolue aux circuits neuronaux impliqués dans les processus de prise de décision. Il en est ressorti qu'en ce qui concernait les processus de décision multimodaux, on ne pouvait ignorer le rôle des boucles sous corticales (cortex-ganglions de la base dorsaux et ventraux-thalamus-cortex). La spécificité du cortex préfrontal semble par contre plus décisive lorsqu'on la prise de décision implique des interactions sociales et la prise en compte des stratégies d'un individu tiers.

La troisième session était consacrée à plusieurs résultats théoriques récents concernant la prise de décision et la représentation de la valeur dans le système nerveux central. On peut citer par exemple le fait que des modèles mathématiques proposés ces dernières années pour rendre compte de résultats d'expériences psychophysiques, le 'urgency-gating model' est le plus approprié pour expliquer le comportement observé dans des conditions non-

stationnaires. La question de la formation des préférences ou biais dans la prise de décision a été également abordée dans cette session en montrant que les modèles neuronaux les plus simples prédisent l'existence de tels biais avant tout apprentissage ou conditionnement. Comment tester cette prédiction expérimentalement est une question ouverte. Une conférence grand public a exposé les applications dans le champ de la robotique.

Les Enjeux Majeurs et les verrous

Cette réunion a permis de dégager un certain nombre d'enjeux majeurs dans le domaine de la prise de décision :

Compréhension des mécanismes de décision chez les vertébrés et les invertébrés : décision humaine dans les applications critiques.

Difficulté à dissocier apprentissage et prise de décision en soi.

Origine des préférences.

Gestion des motivations multiples et conflictuelles.

Rôle des structures sous corticales souvent ignorées par les défenseurs du "tout cortical".

Prise en compte de la dimension cognitive (avec trouble de la prise de décision) des pathologies considérées comme motrices (Parkinson, Gille de la Tourette...)

Idem pour les pathologies de types addictives (drogues, alimentation, jeu pathologique...).

Modélisation des processus par des systèmes distribués, dont la propriété de prise de décision émerge des propriétés du système et n'est pas implémentée à priori.

Impact à 5-10 ans

Un certain nombre d'impacts sociétaux peuvent être envisagés à court à moyen terme :

Compréhension des mécanismes (objectif en soi !!!)

Mise au point de méthodes de rééducations cognitives basées sur des données expérimentales et non plus empiriques.

Technologie de la prise de décision (c.a.d. développement de logiciels d'aide à la décision)

Incitation publique plus efficace (car informée) pour favoriser sans les contraindre les choix individuels (c.a.d. santé publique ; lutte contre l'endettement ; orientation professionnelle)

Architectures de contrôle en robotique domestique

Moyens d'y parvenir

Ce symposium a mis en évidence la nécessité de promouvoir l'interdisciplinarité entre économistes, éthologistes, neuroscientifiques et modélisateur. La possibilité de parler un langage commun serait fortement renforcée par des rencontres fréquentes. Pour faciliter cela nous pensons qu'il est nécessaire que des moyens soit mis à disposition pour :

Organiser des rencontres

Financer des programmes interdisciplinaires (ANR, Programmes du CNRS)

Ouvrir des postes interdisciplinaires

Favoriser l'émergence d'instituts interdisciplinaires

Mettre en place des programmes de formation (License et Master) qui propose cette interdisciplinarité (ex: introduction à l'éthologie/les neurosciences computationnelles dans les filières de Math appli, d'économie, etc...)

Robotique Cognitive en 2009

par Benoît Girard (rapport du GDR Robotique)

Contributeurs :

A. Arléo (NPA), M. Chetouani (ISIR), P.F. Dominey (SBRI),
D. Filliat (ISIR / ENSTA ParisTech), F. Ruffier (ISM), Ph. Souères (LAAS)

1 Introduction

L'atelier de réflexion prospective PIRSTEC (Prospective Interdisciplinaire en Réseau pour les Sciences et Technologies Cognitives) a pour objectif de fournir, d'ici fin 2009, un état des lieux des recherches en sciences et technologies cognitives, permettant de guider l'élaboration d'appels à projets dans ces domaines par l'ANR.

Voir <http://pirstec.risc.cnrs.fr/news/afficher/22> pour plus de détails.

Un certain nombre de recherches menées dans le cadre de la robotique font partie intégrante des sciences cognitives. Le GDR Robotique souhaite donc participer à PIRSTEC par une contribution donnant un état de ces recherches en France, désignées sous l'appellation **Robotique Cognitive** dans le reste de ce document.

La communauté de robotique a été consultée afin de participer à l'atelier PIRSTEC via le GDR Robotique. Des fiches de questions sur la robotique cognitive ont été transmises à la communauté, fin 2008 et début 2009, via:

deux appels à participation lancés sur la liste de diffusion générale du GDR Robotique, un appel spécifique destiné aux équipes émergeant dans le sous-groupe "Robotique et Apprentissage" du groupe de travail "Méthodes pour la robotique" (GT4) du GDR, cette communauté semblant particulièrement concernée.

Les informations rassemblées ont permis d'identifier (1) les grandes thématiques de recherche abordées en robotique cognitive, (2) la force de travail globale engagée sur ces questions, (3) les disciplines des sciences cognitives avec lesquelles les roboticiens interagissent fortement, (4) les enjeux sociétaux et applications possibles de ces travaux.

Afin de compléter cette synthèse, six spécialistes ont été sollicités pour décrire de manière synthétique les questions et problématiques centrales des six grandes thématiques préalablement identifiées.

La dernière étape de l'élaboration de ce document a été sa diffusion sur la liste des chercheurs impliqués en Robotique Cognitive, pour commentaires et modifications.

2 Thématiques

Les thématiques liées aux sciences cognitives étudiées dans les laboratoires de robotique ayant répondu à l'appel sont très variées. On peut cependant identifier 6 grandes catégories permettant de couvrir l'ensemble des travaux : Perception, Interaction, Motricité,

Apprentissage, Robotique bioinspirée, Cognition spatiale. Pour autant, ces catégories indicatives ne sont pas exemptes de recouvrements (par exemple, la cognition spatiale use de divers types d'apprentissage et peut se faire sur la base de modèles neuromimétiques).

Ces 6 grandes catégories pourraient constituer les thèmes que la communauté robotique souhaiterait voir apparaître dans des appels à projets de l'ANR centrés sur les sciences cognitives.

2.1 Perception

Mots-clefs : Vision par ordinateur, Vision robotique, Vision cognitive, Perception active, Perception active multimodale, Perception visuelle bioinspirée.

Contributeur principal : M. Chetouani, ISIR.

La perception englobe la détection et l'interprétation de l'environnement, de l'utilisateur et du robot et constitue une des étapes préalables aux autres fonctions robotiques (interaction, navigation...). L'interprétation de données issues de capteurs le plus souvent hétérogènes ainsi que la conception de nouveaux capteurs adaptés à la robotique (mobilité, interfaces naturelles...) font partie des défis en perception pour la robotique. L'exploitation de la multimodalité (audio, vidéo) est un principe maintenant acquis en interaction homme-robot et s'étendant à d'autres applications comme la navigation par exemple. La perception de l'utilisateur, de l'environnement est enrichie par l'ajout de capteurs permettant d'intégrer d'autres informations sensorielles (capteurs physiologiques, haptiques, centrales inertielles...). Au-delà des problématiques technologiques, les verrous scientifiques liés à la mise en oeuvre de capteurs hétérogènes résident dans la caractérisation, l'interprétation et la fusion d'informations. Les modèles sont le plus souvent issus du traitement du signal et de la reconnaissance des formes avec plus ou moins d'intégrations de connaissances sur les phénomènes (physique, intégration cognitive, physiologie...). La perception en robotique, du fait de sa présence dans le même monde physique que l'humain, requiert le développement de capteurs spécifiques. On peut citer par exemple la vision omnidirectionnelle pour la navigation mais également la coopération entre le robot et des capteurs externes (wearable sensors, domotique...).

L'évaluation des systèmes de perception dépend évidemment de l'application. Les mesures de détection et de reconnaissance d'objets, de signaux sont largement utilisées dans les systèmes dits de perception passive. Cependant, ces mesures ne permettent pas de juger de la pertinence dans un système robotique.

La perception active est largement étudiée et permet le plus souvent de compléter la multimodalité. Par exemple, la réduction de l'ambiguïté d'un système de perception peut être réalisée par l'exploitation de la mobilité des capteurs. La perception active nécessite également la définition de critères d'évaluation adaptée (quantité de mouvement des capteurs, temps de recherche...).

Les défis majeurs en perception pour la robotique font appel à des formalismes avancés en traitement du signal, des images, de la reconnaissance des formes mais également la physiologie, de la psychologie ainsi que de la physique.

2.2 Interaction

Mots-clefs : Interactions homme-robot, Coopération homme-robot, Démarche de conception "ergonomique", Perception et Interprétation de signaux d'interaction, Assistance à la personne en perte d'autonomie, Modèles du contrôle et de l'apprentissage moteur pour la

robotique d'assistance et de rééducation, supervision de l'interaction, détection de conflits, BCI (brain-computer interfaces)

Contributeur principal : P. F. Dominey, SBRI.

Une question, qui suscite un intérêt croissant, est la planification et le contrôle de mouvements du robot dans un environnement humain et en interaction avec l'homme. Cette question est étroitement liée à celle de la communication (langage oral ou gestuel) avec l'homme.

Dans " la programmation par démonstration " les utilisateurs démontrent physiquement des actions, et par l'intermédiaire d'une capture et d'une segmentation de mouvement, le robot doit reproduire ces actions. Les défis ici sont de déterminer si c'est le mouvement lui-même qui doit être imitée, les résultats du mouvement ou encore une certaine combinaison des deux.

La parole est également un outil puissant dans l'interaction humain-robot. L'utilisateur a à sa disposition un ensemble de procédures comportementales qui peuvent être déclenchées par l'intermédiaire de la parole, et d'une grammaire simple qui permet la composition de ces primitives dans de nouveaux comportements.

Les systèmes hybrides permettent un mélange de démonstration et de parole. Une avancée récente dans ce domaine est le traitement explicite de la coopération. Dans l'interaction coopérative, le robot est censé représenter un plan partagé, qui code les actions appareillées que l'utilisateur et le robot exécuteront de manière coordonnée afin d'atteindre le but commun. Cette approche se fonde sur des données des études du développement cognitif chez l'homme, et le développement de ces capacités coopératives. Le but est d'atteindre les systèmes robotiques qui soient capables de déterminer des buts et des intentions par l'observation physique et la parole. Ceci leur permettra de participer activement à la réalisation coopérative de ces buts.

2.3 Motricité

Mots-clefs : Préhension et manipulation dextre, Modèles du contrôle et de l'apprentissage moteur pour la robotique humanoïde, Action motrice et boucles sensorimotrices, Modélisation de l'écriture.

Contributeur principal : Ph. Souères, LAAS.

2.3.3 Conception mécaniques bioinspirée des robots et leur actionnement

Les modèles issus de l'anatomie et de la biomécanique sont d'un intérêt fondamental pour guider la conception de la structure mécanique (type d'articulations, nombre de degrés de liberté, géométrie des segments, compliance,...) du robot et son mode d'actionnement (moteurs, systèmes de transmission, énergie,...).

Actuellement, un sujet d'intérêt est la conception de robots pouvant être commandés en couple (contrairement à la plupart des robots humanoïdes actuels qui sont commandés en position), ou plus idéalement encore, sur la base d'un mode d'actionnement antagoniste de chaque liaison, permettant la prise en compte la gravité et son utilisation.

2.3.3 Synthèse de la commande

Comment élaborer une architecture de commande permettant d'intégrer des boucles rapides d'asservissement bas-niveau, allant de l'arc réflexe à la notion de générateur central de rythme, des mécanismes proactifs et en feedback pour l'ajustement et le maintien de la posture, et différents niveaux hiérarchisés et distribués qui permettent d'aboutir à la commande du mouvement volontaire ? Cette question est centrale en robotique. L'étude des modèles neurobiologiques du système nerveux central peut suggérer des approches nouvelles pour relier les méthodes de régulation locales, comme la commande référencée capteur, et les approches plus globales qui reposent sur la planification de trajectoire et la commande par retour d'état et nécessitent la localisation du robot. Cette question est en lien direct avec celle de l'intégration multi-sensorielle pour la représentation de l'espace et la construction d'une métrique appropriée pour le codage du mouvement.

2.3.4 Ergonomie du mouvement

Un autre aspect concerne le lien entre robotique et ergonomie. Les modèles de plus en plus élaborés développés par les roboticiens pour simuler le comportement dynamique de mannequins numériques ou de robots humanoïdes sont d'un intérêt évident pour les ergonomes. La possibilité de simuler le comportement d'un opérateur en prenant en compte différents critères, allant de la cinématique des articulations à des modèles musculaires plus complets, ouvre une voie prometteuse pour la détection des troubles musculo-squelettiques.

En sens inverse, les techniques issues de la robotique peuvent aider les biologistes à interpréter des résultats expérimentaux pour élaborer des modèles. En étant directement confronté à des problèmes techniques liés à la perception, la commande et la prise de décision,

l'ingénieur est amené à définir différents concepts et formalismes mathématiques qui lui permettent de développer des méthodes. Ces méthodes sont souvent reprises par les neuroscientifiques pour tenter d'expliquer leurs résultats. Les exemples sont très nombreux: réseaux de neurones artificiels, filtrage et de fusion de données, traitement du signal, approches probabilistes,...

2.4 Apprentissage

Mots-clefs : Robotique développementale et sociale, Cognition située et incarnée, Exploration, Apprentissage par renforcement neuromimétique, Motivations intrinsèques, Modélisation de l'apprentissage moteur humain

Contributeur principal : D. Filliat, ISIR / ENSTA ParisTech.

L'apprentissage est une fonction transverse par essence, que ce soit du point de vue des sciences cognitives ou de la robotique. Il existe ainsi des applications de l'apprentissage dans tous les domaines mentionnés par ce document (perception, interaction, motricité, contrôle moteur, cognition spatiale). Les techniques utilisées peuvent être d'inspiration purement statistique et mathématique, mais peuvent aussi avoir des liens forts avec les sciences cognitives, en s'inspirant selon le cas de modèles psychologiques ou neurobiologiques.

Les techniques d'apprentissage utilisées ou développées en robotique sont très variées. Parmi les méthodes mises en oeuvre dans la communauté robotique française, il est par exemple possible de citer l'apprentissage par renforcement, l'apprentissage par imitation, l'apprentissage par démonstration, l'apprentissage non supervisé, l'apprentissage social, ... Dans un grand nombre de cas, l'application robotique de ces modèles poursuit le double but de valider ces modèles et de produire des systèmes robotiques intéressants.

2.4.1 Robotique développementale

Au delà des applications, l'apprentissage en robotique peut s'envisager selon différentes approches. Une première approche est celle de la robotique développementale, qui a pour objectif de reproduire certaines capacités de l'apprentissage et du développement humain afin de doter les robots de nouvelles capacités cognitives, sociales ou d'adaptation à des environnements complexes. Ce courant s'inspire essentiellement de la psychologie développementale (Piaget, Vygotski, Berlyne, Gibson...). Parmi les thèmes traités dans cette approche, figurent l'exploration et les motivations intrinsèques, l'apprentissage dans un cadre social, et la création de représentations sensori-motrices hiérarchiques et de complexité croissante.

2.4.2 Apprentissage neuromimétique

L'apprentissage neuromimétique en robotique tire ses modèles et ses inspirations des neurosciences computationnelles, pour lesquelles il constitue un champ d'application et un instrument de validation. La communauté des neurosciences computationnelles est par ailleurs animée par la structure NeuroComp. Les travaux en robotique portent notamment sur le développement et la validation de modèles d'apprentissage par renforcement neuromimétiques ou de modèles de conditionnement.

2.4.3 Cognition située et incarnée

Enfin, les applications de l'apprentissage en robotique fournissent un cadre idéal pour mettre en évidence l'apport de l'incarnation dans les sciences cognitives. L'utilisation de robots permet de mettre en évidence les interactions essentielles entre perception et action et le besoin de capacités d'apprentissage et d'adaptation pour le fonctionnement des systèmes naturels et artificiels dans des environnements complexes et évolutifs. Ainsi la robotique fournit une application permettant de tester de manière cohérente des modèles d'apprentissage du contrôle moteur et de représentation internes du corps, de l'environnement et de l'espace.

2.5 Bio-robotique

Mots-clefs : Modélisation du comportement animal, Modélisation du conditionnement animal, Modélisation neuromimétique, Sélection de l'action, Décision, Motivation, Modélisation du contrôle moteur humain, Emergence de fonctions cognitives à partir d'un calcul distribué, Emergence de représentations suffisantes à partir de boucles sensorimotrices et d'interactions avec l'environnement, Emergence de la cognition à partir d'émotions et à partir de stades de développement

Contributeur Principal : F. Ruffier, ISM.

S'inspirer des animaux pour faire des robots, c'est s'inspirer de systèmes qui fonctionnent parfois depuis plusieurs centaines de millions d'années. Ces animaux ont résolu les mêmes problèmes qui se posent aujourd'hui aux robots pour percevoir, pour se mouvoir, pour éviter les obstacles ou pour retrouver leur gîte...

On peut dégager trois axes principaux de recherches en robotique bio-inspirée³:

2.5.1 Perception

³ De nombreuses interactions existent entre ce thème et les activités de la communauté de neurosciences computationnelles en France, structurée autour de NeuroComp.

Dans le règne animal, les perceptions sont multiples : vision du mouvement, olfaction, sens haptique, lumière polarisée, écholocation, électrolocation... La robotique bio-inspirée cherche à mieux comprendre ces systèmes perceptifs pour conférer aux robots une perception plus naturelle, plus économe en énergie, plus sobre également en termes de ressources de calcul. Les animaux utilisent leur perception pour réaliser de nombreuses tâches intéressantes pour un roboticien : se guider, se nourrir, reconnaître un congénère, un intrus ou un danger, retourner au gîte... Il s'agit ensuite de reconstruire ces différents traitements (visuels, tactiles, olfactifs, sonores...) de manière précise ou bien de manière plus fonctionnelle. Souvent, ces traitements sensoriels bio-inspirés n'utilisent pas la même technologie que leur contrepartie dans le monde animal : ils peuvent être ainsi mis en oeuvre de façon électronique, microélectronique, informatique, optique, mécanique, pneumatique, chimique, ... Ces perceptions naturelles sont de plus en plus étudiées :

- pour trouver des alternatives aux capteurs traditionnels couplés à d'importantes unités de calcul souvent onéreuses,
- pour répondre aux besoins de miniaturisation des robots, en particulier les mini et microrobots.

2.5.2 Locomotion

Dans le règne animal, les locomotions sont également multiples : marche bipède, quadrupède, hexapode, octopode, décapode, nage anguilliforme, nage à réaction, vol plané, vol à ailes battantes ou vibrantes... La robotique bio-inspirée cherche à mieux comprendre ces systèmes de locomotion pour donner aux robots une locomotion plus efficace énergétiquement, plus compacte et surtout capable de venir à bout des milieux les plus difficiles. Ces milieux sont soit inaccessibles à l'homme, soit inaccessibles aux robots dotés d'organes locomoteurs classiques à base de roues ou d'hélices. Puis, il s'agit de re-construire ces locomotions terrestres, maritimes ou aériennes en utilisant des matériaux et des actionneurs disponibles, souvent très différents des matériaux et actionneurs utilisés par les animaux. Enfin, la robotique bio-inspirée s'efforce de proposer des solutions innovantes pour coordonner et pour automatiser ces actionneurs afin de générer la locomotion du robot.

2.5.3 Boucle sensori-motrices

À partir des études comportementales ou bien neurophysiologiques, on peut émettre des hypothèses sur les boucles sensorimotrices naturelles utilisées par les animaux. Ces hypothèses peuvent ensuite être testées sur des robots et conduire à des comportements innovants. Il s'agit souvent de bouclages et de réflexes intelligents dépassant la traditionnelle boucle « perception, modélisation, décision, action » qui demande souvent de trop grandes capacités calculatoires. Ces boucles sensori-motrices biomimétiques relient des capteurs et des actionneurs dont les fonctions sont biologiquement plausibles pour doter le robot d'un comportement à la fois connu chez l'animal et recherché par le roboticien.

2.6 Cognition spatiale

Mots-clefs : Navigation, Navigation visuelle par le flux optique, Localisation, Planification coopérative dans l'incertain, Coordination de stratégies de navigation multiples

Contributeur principal : A. Arleo, NPA.

La cognition spatiale offre un cas d'étude remarquable d'une fonction complexe de traitement d'informations polymodales issues de l'interaction entre un agent (animal ou robot autonome) et son environnement. En effet, afin d'obtenir un comportement spatial efficace, les animaux et les robots mobiles autonomes doivent interagir en permanence avec leur environnement, être en mesure de se repérer dans l'espace et de sélectionner, à tout instant,

la stratégie de navigation la plus appropriée à la complexité de la tâche à résoudre. Par exemple, naviguer vers une cible visible n'exige aucune représentation mentale de l'environnement, une simple « stratégie de guidage visuel » étant suffisante. Ce comportement est basé sur des associations de type stimulus-réponse et il en résulte une stratégie purement réactive : l'agent s'oriente et se déplace vers le stimulus (e.g. une source lumineuse). Par ailleurs, des tâches de navigation plus complexes font appel à des stratégies plus flexibles et puissantes, relevant de la capacité à « planifier mentalement » des multiples trajectoires et / ou des raccourcis vers plusieurs positions cibles non visibles. Cette fonction nécessite une « carte cognitive » permettant à l'agent d'inférer sa position et son orientation absolues dans l'environnement. Une représentation contextuelle est donc établie afin de permettre un encodage des propriétés spatio-temporelles de l'environnement et d'utiliser cette connaissance pour accomplir une navigation optimale (e.g. trouver des raccourcis).

Les animaux élaborent-ils des représentations internes de l'environnement ? Les expériences neurobiologiques soutiennent cette hypothèse. Quand la complexité et les capacités sensorielles des organismes biologiques augmentent, une représentation spatiale explicite semble sous-tendre la capacité à naviguer dans des tâches complexes. Les propriétés des cellules nerveuses enregistrées dans la formation hippocampique (principalement chez les rongeurs) font de cette structure du cerveau un substrat neuronal approprié pour cette représentation. En effet, il existe des neurones hippocampiques qui déchargent sélectivement selon la position de l'animal (i.e. cellules « de lieu » et cellules « de grille »), et selon l'orientation de la tête dans le plan horizontal (i.e. cellules « de direction de la tête »). Ces populations neuronales dotent les animaux d'un système de localisation spatiale de type allocentrique et d'un système d'orientation semblable à une boussole.

Il existe un grand intérêt scientifique centré autour des processus d'apprentissage sous-tendant la capacité des animaux à maintenir les activités des cellules hippocampiques cohérentes (par rapport à leurs corrélats spatiaux) dans multiples situations environnementales. Il s'agit, par exemple, de comprendre les principes réglant l'intégration de perceptions multimodales dans des représentations contextuelles cohérentes même en présence de conflits inter-sensoriels. Par conséquent, les questions suivantes demeurent centrales pour l'étude de la cognition spatiale : Quels sont les mécanismes sous-tendant l'intégration multisensorielle pour l'élaboration de mémoires spatiales ? Comment l'apprentissage spatial permet-il de pondérer dynamiquement l'importance des informations extéroceptives (e.g. vision, toucher) et proprioceptives (e.g. signaux inertiels et kinesthésiques) ? Quel est le rôle des mécanismes de plasticité synaptique dans ce processus de coopération et / ou compétition des différentes sources d'informations spatiales ? De plus, la problématique de l'intégration multisensorielle est aussi fondamentale pour comprendre la consolidation et la réutilisation de mémoires spatiales à long terme.

L'encodage neuronal de variables telles que la position et la direction absolues de l'agent constitue une fonction déterminante dans la cognition spatiale. Toutefois, la planification mentale de trajectoires de navigation et, de manière plus générale, la prise de décision adaptée au contexte nécessitent également l'intégration d'autres éléments importants. Par exemples, les relations topologiques entre les différentes zones de l'environnement et leurs corrélats motivationnels – aussi bien appétitifs (récompense) que aversifs (coût, danger) – doivent être intégrés dans une description, abstraite et compacte, de l'interaction entre le sujet et l'environnement. Les observations neurobiologiques suggèrent qu'une telle représentation multidimensionnelle pourrait être élaborée grâce aux interactions anatomo-fonctionnelles au sein d'un réseau de structures neuronales incluant la formation hippocampique, les aires neocorticales comme le cortex préfrontal et pariétal, et les ganglions de la base.

2.6.1 Vers une cognition spatiale en neuro-robotique

En parallèle avec les études de neurosciences expérimentales, des nombreux modèles théoriques ont été réalisés pour élucider les propriétés et le fonctionnement de la cognition spatiale des animaux. D'une part, cette approche, qui relève des neurosciences computationnelles, a comme objectif l'établissement d'une théorie cohérente avec les données expérimentales et la production de nouvelles hypothèses concernant les aspects neurophysiologiques, anatomiques, et comportementales de la cognition spatiale. D'autre part, le but de cet effort de modélisation neuro-mimétique est la réalisation de robots autonomes capables de résoudre des tâches de navigation complexes.

En effet, dans le domaine de l'automatique, la synthèse de systèmes de navigation autonomes demeure un problème ouvert, l'Intelligence Artificielle (IA) « traditionnelle » n'ayant pas rempli toutes ses promesses. Les méthodes d'IA – basées sur la définition à priori de modèles internes dotant un robot de capacités d'inférence symbolique inspirée par la logique mathématique – ont produit des solutions très performantes dans des environnements parfaitement contrôlés mais souvent inadaptées aux applications réelles. Plus récemment, la recherche en robotique autonome a été inspirée par une approche non-symbolique où l'ensemble des règles définissant le système de contrôle du robot doit « émerger » grâce à l'interaction continue entre le robot et son environnement. Les principes de cette approche s'inspirent souvent de la biologie et ils ont favorisé le développement de systèmes adaptatifs capables de résoudre des tâches de navigation dans des environnements réels. Par ailleurs, la plupart des solutions de navigation autonome proposées par cette approche engendrent un comportement purement réactif – c'est-à-dire basé sur des simples associations stimulus-réponse – sans créer aucun modèle spatial de l'environnement. C'est pourquoi ces paradigmes d'apprentissage ne peuvent qu'émuler des stratégies de navigation relativement simples comme, par exemple, la stratégie de « guidage » vers une cible visible. Par conséquent, la modélisation des processus neurobiologiques sous-tendant la mémoire spatiale – c'est-à-dire la mise en oeuvre d'une représentation des relations spatio-temporelles caractérisant les interactions entre un sujet et son environnement – offre la perspective de développer des systèmes de contrôle plus cognitifs aussi robustes et flexibles que ceux des animaux plus évolués.

3. Force de Travail

Une vingtaine d'équipes s'est manifestée, elles représentent une force de travail de plus de 100 permanents au moins autant de non-permanents (doctorants, post-doc, etc.). Le tableau ci-dessous recense ces équipes et leur effectif chaque fois qu'il a été communiqué.

| Equipe - Labo | Tutelles | Localisation | Perm. | Temp. |
|--------------------------------------|--|----------------|-------|-------|
| Biorobotique - ISM | Univ. Méditerranée - CNRS | Marseille | 5 | 2 |
| Cognition et Facteurs Humains | Univ. Bordeaux 2 | Bordeaux | 2 | 2 |
| Cortex | INRIA | Nancy | 9 | 13 |
| Bayesian Programming - Emotion | CNRS - INRIA - Univ. Grenoble | Grenoble | 6 | 20 |
| ETIS | Univ. Cergy-Pontoise - ENSEA - CNRS | Cergy-Pontoise | 9 | 6 |
| FLOWERS | INRIA | Bordeaux | 2 | 2 |
| Handicap et Santé - IBISC | Univ. Evry Val d'Essonne - CNRS - Genopole | Evry | 4 | 5 |
| Information, Multimodalité et Signal | Supélec | Metz | 3 | 10 |

| | | | | |
|---|---------------------------------|-------------|-----|-----|
| Perception et Mouvement - ISIR | UPMC - CNRS | Paris | 10 | 12 |
| Systèmes Intelligents Mobiles et Autonomes - ISIR | UPMC - CNRS | Paris | 8 | 8 |
| Intelligence Sensori-Motrice - IRIT | INPT - UPS - UT1 - UTM - CNRS | Toulouse | 2 | 2 |
| Gepetto - LAAS | CNRS | Toulouse | 7 | 13 |
| Robotique et InteractionS - LAAS | CNRS | Toulouse | ? | ? |
| Lagadic - IRISA | INRIA | Rennes | 4 | 9 |
| LIRMM | UM2 - CNRS | Montpellier | ? | ? |
| Machine Learning and Evolutionary Computation - TAO - LRI | Univ. Paris Sud - CNRS - INRIA | Orsay | 3 | 3 |
| Mecanismes et Robotique - LMS | Univ. Poitiers - CNRS | Poitiers | 4 | 3 |
| NeuroComputation Adaptative - NPA | UPMC - CNRS | Paris | 1 | 5 |
| Perception Située - LIMSI | UPMC - Univ. Paris Sud - CNRS | Orsay | 7 | 5 |
| Robot Cognition Laboratory - U846 | INSERM | Lyon | 3 | 7 |
| Équipe Robotique - IRCCyN | CNRS - ECN - Univ. Nantes - EMN | Nantes | 3 | 2 |
| Robotique Cognitive - LEI | ENSTA ParisTech | Paris | 2 | 4 |
| ROBOTIS | ONERA | Toulouse | 16 | 8 |
| Total | | | 110 | 141 |

4. Disciplines

Les sciences cognitives sont par essence multidisciplinaires, la Robotique Cognitive ne déroge pas à cette règle. Les équipes recensées travaillent en interaction avec diverses disciplines des Sciences Cognitives. Au vu des interactions déclarées par les laboratoires, il apparaît qu'elles concernent en particulier les sciences de la vie (neurosciences en tête) et la psychologie.

Occurrences des différentes disciplines dans les fiches-réponses :

- Sciences de la Vie (15)
- Neurosciences (11)
- Bio-mécanique (2)
- Biologie du comportement (2)
- Psychologie (8)
- Psychologie expérimentale (2)
- Psychologie développementale (3)
- Psychologie cognitive (2)
- Intelligence artificielle (2)
- Traitement du Signal (2)
- Linguistique computationnelle (1)
- Philosophie (1)

5. Enjeux sociétaux et Applications

Plusieurs grands objectifs se dégagent des réponses obtenues. La robotique cognitive s'intéresse à l'insertion des robots dans le monde humain, à une meilleure compréhension de la cognition dans le vivant (par une approche synthétique qui se positionne en complément des approches expérimentales) et enfin à l'utilisation de ces capacités cognitives synthétisées pour des robots opérant dans des environnements inaccessibles ou dangereux pour l'humain.

5.1 Des robots au quotidien

Dans le cadre de l'entrée des robots dans le monde humain, de nombreuses applications relèvent de la santé. Il peut s'agir d'une part de participer à la réhabilitation de patients pour lesquels une amélioration de l'état de santé est possible, par exemple après une attaque cérébrale. Il peut s'agir également d'un robot coopératif qui n'a pas pour but d'aider à restaurer une fonction, mais fournir une assistance, par exemple au geste pour augmenter la force ou la précision. Enfin, il peut s'agir d'un robot exécutant des tâches que le patient n'est plus en mesure de réaliser, par exemple pour faciliter le maintien à domicile d'un patient en perte d'autonomie. Ceci peut passer par l'usage de technologies de type BCI/BMI (Brain Computer/Machine Interface)

L'interaction quotidienne avec un robot est aussi envisagée dans le cadre de la robotique de compagnie, domestique ou encore ludique.

Naturellement, un préalable à l'arrivée massive de robots dans un environnement humain est la protection des humains par une maîtrise de la sûreté du comportement du robot.

5.2 Des robots pour comprendre la cognition

La robotique cognitive est également un outil de compréhension du vivant : la mise en œuvre sur des plateformes intégrées de modèles théoriques de la cognition, dans des boucles sensori-motrices fermées, permet d'évaluer leur efficacité et leurs limites à l'épreuve de la réalité, et, partant, de les rejeter ou de les améliorer. Ces expérimentations synthétiques sont aussi sources de prédictions, par exemple comportementales, susceptibles en retour d'être testées in vivo par les expérimentateurs.

5.3 Des robots pour suppléer l'humain

La robotique cognitive ouvre la voie à la conception de robots pleinement autonomes, utilisant leurs capacités cognitives pour s'adapter à des environnements complexes et dynamiques. Cette autonomie peut connaître en particulier des applications pour l'opération de robots terrestres, drones, sous-marins ou spatiaux, dans des milieux dangereux ou difficilement accessibles à l'humain tout en exhibant une souplesse de comportement similaires à celle que pourrait y déployer un humain.

Contacts

Liste de contacts pour l'ensemble des équipes recensées :

- Rachid Alami (RIS-LAAS) : rachid.alami@laas.fr
- Frédéric Alexandre (Cortex-INRIA) : frederic.alexandre@loria.fr

- Pierre Andry (ETIS) : andry@ensea.fr
- Angelo Arleo (NCA-NPA) : angelo.arleo@upmc.fr
- Marc Arsicault (Mécanismes \& Robotique-LMS) : marc.arsicault@lms.univ-poitiers.fr
- Ryad Benosman (SIMA-ISIR) : ryad.benosman@upmc.fr
- Pierre Bessière (E-Motion-LIG) : pierre.bessiere@imag.fr
- Frédéric Boyer (Robotique-IRCCyN) : frederic.boyer@emn.fr
- Nicolas Bredèche (TAO-LRI) : nicolas.bredeche@gmail.com
- Jean-Christophe Buisson (RPDMP-IRIT) : Jean-Christophe.Buisson@enseeiht.fr
- Raja Chatila (LAAS) : raja.chatila@laas.fr
- Mohamed Chetouani (P\&M-ISIR) : mohamed.chetouani@upmc.fr
- Etienne Colle (Handicap-IBISC) : Etienne.Colle@iup.univ-evry.fr
- François Chaumette (Lagadic-IRISA) : Francois.Chaumette@irisa.fr
- Etienne Dombre (GDR Robotique, LIRMM) : etienne.dombre@lirmm.fr
- Peter Ford Dominey (Robot Cognition Laboratory) : peter.dominey@inserm.fr
- Patrick Fabiani (ROBOTIS-ONERA) : Patrick.Fabiani@onera.fr
- David Filliat (Robotique Cognitive-ENSTA ParisTech) : david.filliat@ensta.fr
- Nicolas Franceschini (Biorobotique-ISM) : nicolas.franceschini@univmed.fr
- Hervé Frezza-Buet (IMS) : Herve.Frezza-Buet@supelec.fr
- Bruno Gas (SIMA-ISIR) : bruno.gas@upmc.fr
- Philippe Gaussier (ETIS) : gaussier@ensea.fr
- Jean-Pierre Gazeau (Mécanismes & Robotique-LMS) : Jean-Pierre.Gazeau@lms.univ-poitiers.fr
- Georges Giralt (LAAS) : giralt@laas.fr
- Benoît Girard (SIMA-ISIR) : benoit.girard@isir.fr
- Agnès Guillot (SIMA-ISIR) : agnes.guillot@upmc.fr
- Jean-Paul Laumond (Gepetto-LAAS) : jpl@laas.fr
- Pierre-Yves Oudeyer (FLOWERS) : pierre-yves.oudeyer@inria.fr
- Olivier Pietquin (IMS) : olivier.pietquin@supelec.fr
- Franck Ruffier (Biorobotique-ISM) : franck.ruffier@univmed.fr
- Jean Sallantin (LIRMM) : jean.sallantin@gmail.com
- Jean-Marc Salotti (Cognition \& Facteurs Humains) : jean-marc.salotti@idc-bordeaux.fr
- Olivier Sigaud (P\&M-ISIR) : olivier.sigaud@upmc.fr
- Philippe Souères (Gepetto-LAAS) : soueres@laas.fr
- Philippe Tarroux (Perception Située-LIMSI) : philippe.tarroux@limsi.fr
- Stéphane Viollet (Biorobotique-ISM) : stephane.viollet@univmed.fr
- Saïd Zeghloul (Mécanismes \& Robotique-LMS) : Saïd.Zeghloul@lms.univ-poitiers.fr

Compte-rendu de la réunion GDR-vision

par Pascal Mamassian

Personnes présentes :

Laurent Blondé (Thomson R&D)
Jean-Louis Divoux (MXM)
Michèle Fabre-Thorpe (CNRS Toulouse)
Ken Knoblauch (INSERM Lyon)
Jean Lorenceau (CNRS Paris)
Pascal Mamassian (CNRS Paris)
Christian Marendaz (Univ Grenoble)
Guillaume Masson (CNRS Marseille)
Guillaume Thibault (EDF)
Françoise Viénot (Muséum Paris)

Date de la réunion : le 4 mars 2009 à l'INRIA Sophia-Antipolis

Rapport écrit par Pascal Mamassian et visé par les personnes présentes

Date : le 11 juin 2009

Les membres du conseil scientifique du GDR-vision et certaines personnes invitées se sont réunies en table ronde pour identifier les pôles d'expertises en recherche visuelle en France. La discussion a aussi porté sur les enjeux scientifiques à court et moyen terme de cette recherche en sciences visuelles. Le rapport se décline en quatre sections : (1) les thèmes de recherche des membres du GDR-vision, (2) les liens industrie et clinique, (3) la veille scientifique et les verrous technologiques, et (4) quelques propositions concrètes pour PIRSTEC.

1. Thèmes de recherche des membres du GDR-vision

Le GDR-vision est un Groupement de Recherches, structure du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS GDR 3045) qui permet d'associer les différents acteurs français qui travaillent sur les sciences visuelles. Ses membres couvrent plusieurs champs disciplinaires de la recherche sur les sciences de la vision, en particulier les neurosciences, la psychologie expérimentale et la modélisation.

1.a. Images et vision naturelle

- synthèse et compression d'images, textures (restauration d'œuvres cinématographiques, réalité virtuelle, immersion)
- acquisition d'images « high dynamic range », d'objets et de scènes 3D (scanner laser (e.g. Riegl), statistiques de scènes naturelles), flux dynamique ; verrou sur le point d'être résolu :

densité, résolution (mais avec problème de volume de données) ; applications : effets spéciaux

- analyse et catégorisation de scènes naturelles, d'images complexes (liens avec 3D, couleurs, ainsi que mouvements oculaires, pathologies) ; application : système de visualisation 3D, immersion (présence)
- dimensionnalité (espace utile : 2D) de la perception des couleurs, liens entre reproduction et perception des couleurs, liens avec les cercles de couleurs utilisés par les artistes
- phénomènes de transparence (luminance, couleur, mouvement, stéréo) ; ombres (élimination ou utilisation) ; stabilité des attributs d'apparence (élimination de l'illuminant)
- rendu des scènes, apparence, aspect naturel des images, aspect naturel de la lumière (éveil, émotion), restitution du réalisme, esthétisme
- cartes de saillance images (modèle d'attention involontaire [LB]), informations de haut-niveau pour mieux comprendre la scène (approches signal, système visuel), expertise de l'observateur, applications en compression et robotique
- analyse de flux d'images, de vidéo
- interaction des différents attributs visuels, problème du liage
- influence de la stimulation périphérique sur la perception centrale

1.b. Espace et forme

- indices 3D : stéréo (disparités horizontales, verticales), mouvement (parallaxe, effet cinétique de profondeur)
- indices picturaux : ombres, ombrages, texture, brillance, occlusion
- modèles d'interaction d'indices 3D, fusion de capteurs, immersion réalité virtuelle, vision augmentée
- transparence (ordre de profondeur de surfaces)
- représentation d'une carte cognitive 3D préalable à la navigation (application GPS navigation) ; application aux jeux vidéo
- différenciation entre espace 3D et forme 3D
- reconnaissance d'objets, de scènes 3D (de la catégorisation à l'identification de l'exemplaire unique) ; besoin pour la structuration de bases de données
- interaction entre perception forme et perception mouvement
- angles de vue, contraintes physiques & biomécaniques
- mouvements biologiques
- représentation de la forme, des objets (quid de Biederman's RBC ?)
- perception de la forme d'un phénomène physique (perception pour la visualisation scientifique [GT]) ; visualisation de champs probabilistes
- évaluation de l'expérience de visualisation 3D (qualité, confort, fatigue, variabilité inter-individuelle)
- interactions entre perception de l'espace et du temps

1.c. Décision perceptive

- théorie de la détection de signal pour les tâches de détection, discrimination, de catégorisation, échelonnement (scaling)
- images de classification ; analyses statistiques (par exemple : modèles linéaires généralisés) ; applications de techniques de « machine learning »
- modèles de prises de décision (e.g. « diffusion to bound »), dimension temporelle (temps de réaction, ...)
- observateurs idéaux, modèles d'incertitudes (Bayesiens), fusion d'indices (maximum de vraisemblance)
- connaissances à priori ; expertise

- utilisation des changements de taille des pupilles pour comprendre différentes prises de décision perceptives
- traitement implicite vs. explicite ; décision sous incertitude ; fonctions d'utilité (récompense, coût)
- aspects multi-tâches (« task switching »)
- phénomènes attentionnels ; amorçage, perception subliminale
- imagerie mentale
- phénomènes mnésiques, émotionnels (troubles de l'humeur)

1.d. Interactions

- mouvements oculaires (poursuite lente, saccades, vergence, mouvements miniatures)
- exploration (oculaire) de scènes ; saillance des images ; importance des consignes
- contrôle volontaires d'actions (saccades, main) vs. mouvements reflexes
- utilisation des mouvements oculaires pour l'étude des décisions perceptives
- exploitation des mouvements oculaires pour le contrôle
- rééducation fonctionnelle des mouvements oculaires pour faire face à des déficiences visuelles de bas-niveau
- vision active : comment le mouvement des yeux structure l'information afférente, sélection de l'information pertinente
- changements de référentiels
- perception et action (goal-directed actions, préhension, locomotion)
- perception multi-modale (vision-audition-touché-proprioception)
- substitution sensorielle, suppléance, neuro-prothèse, neuro-feedback
- évaluation (et effets) de la fatigue par quantité de clignotements
- réalité virtuelle et augmentée, robotique

2. Liens industrie et clinique

La communauté du GDR-vision s'appuie sur des liens forts entre recherche fondamentale, industrielle et clinique. Cette section rassemble quelques exemples de succès de transferts entre recherche fondamentale et appliquée.

2.a. Formats possibles

- suivi de thèses (bourses CIFRE)
- junior entreprise
- recherche de stagiaires (hébergements web des projets)
- interaction avec post-doctorants (besoin de clarification du profil « CDD chercheur ») ; entreprise finance un laboratoire qui ensuite paye un post-doc
- détachement, invitation d'un chercheur dans une entreprise (plusieurs mois)
- détachement d'un chercheur d'entreprise dans un laboratoire
- postes de professeurs invités
- contrats d'experts [LB], consulting, compensation à la journée
- contrats d'expertise sur une tâche précise (sous-traitance)
- organisation de workshops intra-GDR

2.b. Entreprises et milieux hospitaliers

- EDF (rd.edf.com)

- Guillaume Thibault
- Stéphane Ploix
- Christian Boucheny

- Thomson R&D (<http://www.thomson.net>)
 - Laurent Blondé
 - Philippe Guillotel
 - Olivier Le Meur
 - Didier Doyen

- MXM (www.mxm.eu)
 - Guy Charvin
 - Jean-Louis Divoux

- France Télécom
 - Jérôme Fournier

- Let-it-wave (www.letitwave.fr)
 - Stéphane Mallat

- SpikeNet Technology (www.spikenet-technology.com)
 - Simon Thorpe

- Renault

- Essilor (www.essilor.com)
 - Muriel Semeneri

- Institut de la Vision

- TRIMBLE (scanner laser, www.trimble.com)
 - Thomas Chaperon

2.c. Exemples d'applications

2.c.1. Ingénierie

- compression d'images et de vidéos (par exemple ondelettes)
- reconnaissance automatique de scènes, de situations, de visages, de phénomènes physiques
- fouille d'images, indexation de bases de données d'images et de vidéos
- aides optiques, simulation (réalité augmentée)
- suppléance visuelle, rétines artificielles, prothèses (locked-in syndromes)
- informatique bio-inspirée pour traiter la couleur dans les systèmes artificiels [David Alleyson]
- robotique (aide à la navigation)
- effets spéciaux (outil puis service)
- traitement basée sur la qualité perçue
- système de visualisation 3D, immersion (présence)
- interface homme-machine basée sur l'oculomotricité (ou l'activité cérébrale)

2.c.2. Services

- normes d'éclairages (CIE), diodes
- prismes pour rééducation héli-négligence [Yves Rossetti]
- compréhension de la variabilité inter-individuelle et fatigue visuelle (service suivi d'un produit)

2.c.3. Pathologie

- évaluation, diagnostique
- remédiation
- vieillissement (exemple de « segment »)

3. Veille scientifique, verrous technologiques

Le GDR-vision a identifié certains thèmes forts, en plein essor, ou des problèmes clés sur le point d'être résolus.

Ces différents projets se déclinent suivant les méthodologies suivantes : électrophysiologie unitaire et population, perturbation (cooling, lésion), imagerie (optique, EEG, MEG, IRMf), psychophysique (psychologie expérimentale, cognitive, neuropsychologie, psychiatrie), modélisation (neuronale, probabiliste), neuro-modulation (TMS, stimulations, prothèses).

- dispositifs médicaux : stimulation cérébrale ; implants rétiniens ; stimulation cortex
- bases neurales de la conscience perceptive, « mind reading »
- le système visuel comme modèle pour mieux comprendre le fonctionnement du cerveau
- représentation neurale de certains attributs (en particulier 3D, couleur)
- étude de la fatigue et de la variabilité inter-observateurs ; mesure objective de la qualité perçue d'une image, d'un film
- connaissances à priori, contexte, mémoire pour la compréhension d'une image, état émotionnel

4. Propositions concrètes pour PIRSTEC

Le GDR-vision propose les thèmes suivants qu'il considère comme prioritaires pour un futur appel d'offre de l'ANR. A cette fin, le réseau PIRSTEC (Prospective interdisciplinaire en réseau pour les sciences et technologies cognitives) a été créé pour identifier certains de ces thèmes importants pour les sciences cognitives.

3.a. Images et vision naturelle

4.a.1. Traitement d'images

- identification, caractérisation d'images : flux, synthèse, compression, stockage

4.a.2. Perception

- analyse et catégorisation de scènes naturelles, saillance

4.a.3. Restitution

- qualité, apparence, réalisme, rendu, exploitation

4.b.1. Traitement d'images

- indices 3D, transparence, interaction, représentation formes 3D

4.b.2. Perception

- analyse et catégorisation de scènes 3D et d'objets, de localisation et navigation

4.b.3. Restitution

- qualité, apparence, réalisme, rendu, fatigue liée aux conflits d'indices

4.c.1. Objectif

- tâche, task switching, implicite vs. explicite

4.c.2. Observateurs

- attention, connaissance à priori, expertise, état émotionnel, acuité

4.c.3. Performance

- observateurs idéaux, modèles Bayésiens, images de classification

4.d.1. Exploration

- mouvements oculaires, vision active

4.d.2. Perception et action

- préhension, navigation, réalité augmentée

4.d.3. Multi-sensorialité

- intégration multi-modale, substitution, suppléance

B. Interfaces et secteurs d'application : les sciences cognitives dans la société

IV. Technologies et usages, ingénierie

Cognition, éthique et société

par Colin Schmidt (atelier 18)

Thème : Cognition et technologies ; Cognition, éthique et société

Atelier n° 18

“Convergences”

Mutations physiques et cognitives chez l’homme et la machine

24-25 avril/09

Ce projet sur les « CONVERGENCES » entre la technologie et l’Homme relève d’un domaine résolument stratégique, et ce, sur trois plans que nous pouvons hiérarchiser de la manière suivante :

1. La matière traitée soulève naturellement des questions d’éthique concernant notre Science ainsi que les technologies qui en découlent. Suscitant les niveaux supérieurs de la cognition humaine (affectivité, croyances, intentions, désirs...), les technologies cognitives ont tendance à transformer notre vision du monde et nos possibilités d’action. Cela change notre rapport aux sciences. Les couches hautes de notre activité mentale sont la visée de ces technologies.

2A. Les thèmes abordés sont accessibles aux jeunes qui hésitent encore à se tourner vers la recherche ainsi qu’aux scientifiques en début de carrière. Il s’agit d’un domaine dans lequel le rêve a sa place : c’est essentiel pour l’image de la Science, et par conséquent, son avenir.

2B. Le sujet est également stratégique en ce qui concerne les applications qui deviendraient réalisables, elles seront davantage en phase avec la société si notre activité mentale est façonnée de telle sorte que nos technologies cognitives restent fonctionnelles sur un plan éthique.

Une sélection d’articles fera l’objet d’un ouvrage de qualité (en-ligne et imprimé, cf. plus bas).

Nous avons intégré les enjeux sociétaux ainsi que les bouleversements possibles dans notre domaine dans la description plus bas de cette conférence —il s’agit d’un extrait de l’Appel de communications, ainsi que le programme final. Ceci dit, l’intégration des éléments artificiels dans le corps humain semble être le plus spectaculaire (cf. la médiatisation que reçoit chacun des membres de notre Comité scientifique —liste plus bas—), mais le comportement humain ou animal de certaines machines l’est autant par son effacement de la frontière entre le croyable et l’incroyable.

Il s’agissait à cette occasion d’affirmer la reconnaissance de notre établissement universitaire à l’échelon mondial. Dans le cadre de ce projet, des scientifiques du monde entier et de grand renom en informatique, en philosophie analytique, en réalité virtuelle, en robotique, transhumanisme et en sciences cognitives ont apporté leur contribution à ce colloque (cf. l’ampleur du comité du programme). L’enjeu n’était pas seulement pour le LAMPA Arts & métiers ParisTech d’affirmer sa renommée internationale, il l’était aussi pour l’ensemble des acteurs régionaux face à l’avenir et à l’évolution des nouvelles technologies. Il s’agissait

ainsi de favoriser l'excellence dans les études portant sur des activités économiques nouvelles.

Cet atelier de réflexion international dans une série de conférences d'un genre original visait aussi à intéresser le CNRS programme Pirstec à la recherche universitaire présente dans notre établissement. Cet événement s'est intitulé - audacieusement - Convergences, une conférence internationale afin de « provoquer » des discussions interdisciplinaires. Il s'est tenu du 24 (après-midi) au 25 (journée) avril 2009 en langue anglaise principalement avec quatre interventions plénières, notamment du Professeur de computationnalisme L. MAGNANI de l'université de Pavie Italie. Les autres intervenants avaient tous au moins le statut d'enseignant-chercheur. L'audience comportait des spécialistes pluridisciplinaires. Colin SCHMIDT, Maître de Conférences enseignant principalement à l'université du Maine fut le président du comité de pilotage.

Brièvement, les sujets abordés par les conférenciers étaient en accord avec la demande de l'appel à communications :

Appel à communications

RISC-CNRS (PIRSTEC) PROSPECTIVE THINKING PROJECT,
A WORKSHOP SPONSORED BY THE FRENCH NATIONAL AGENCY FOR RESEARCH
(ANR)
24 (AFTERNOON) – 25, APRIL 2009, LAVAL, FRANCE

CALL FOR INFORMAL COMMUNICATIONS (100-300 WDS)

SYMPOSIUM: 24-25 APRIL 2009 (1.5 DAYS FOLLOWING LAVAL VIRTUAL)

=====

.MERGERS.

Physical and Cognitive Mutations
in Humans and Machines

INVITED SPEAKERS

LORENZO MAGNANI, PROFESSOR & DIRECTOR OF THE COMPUTATIONAL
PHILOSOPHY LABORATORY, UNIVERSITY OF PAVIA (IT)
"Knowledge as Duty. The Mediating Effect of Technological Cultures as Human
Hybridization"

VIOREL GULICIUC, PROFESSOR AT UNIVERSITY OF SUCEAVA, ROMANIA
"Wisdom of Digital Homo Sapiens. Wisdom as Negotiated Identity"

Biological and mechanical components are merging. The 'technological artefact' has become a relative notion. Computer-compelled technology is drawing closer to human life as we experience it. Human Life will undergo further movement towards technology. It would seem that the further scientists humanise technology, the more making humans into artefacts becomes possible. Since the outburst of the Industrial Revolution in Europe, attempts to explain human cognitive life away have been on the increase; the idea is to render acceptable the organisation of manifest (more or less biological) components whose human-like behaviour is guided thanks to various calculations. Whether 'building up' the Machine or 'breaking down' the human being, ambivalence prevails in the hearts of all when it comes to

future issues: do we or don't we have the right to create certain things? What are the key future issues that involve the evolution of our machines and our very persons? And what do we wish to become tomorrow? Surely there are realistic goals to the activities listed above. It has now become necessary to seriously analyse the "fringe-like aspects" of the use of technology to modify human life (emergent future states & immersion into the unknown). For many, the humanisation of technology and rendering human life more technical in nature go hand in hand, constitute opposing forces, or at least occur on the same practical terrain.

Therefore, over and beyond confirmations and refutations of the humanisation-technicisation relation that exists between Society and Technology, whatever its nature, we solicit papers exploring the Philosophical, Ethical and Epistemological aspects of the simulation/modification of human cognitive and physical processes and states for this informal Symposium to be held in Laval France. The most promising will be reviewed in view of being published as book chapters in a quality publication.

The following are only examples of relevant topics:

RELATED TO "MACHINES"

- Artificial Autonomy and Identity
- Beliefs about Androids (having beliefs)
- Humanoid Robotics and Will
- Bringing Inert Matter to Life (from Galvanism to modern-day approaches)
- Mechanical Playmates and Emergent Affectivity
- Authentification of "Soul" in Artificial Creatures

RELATED TO "HUMANS"

- Cyborgs and Problems of Trans-humanism
- Bionics, Augmented Human Cognition and Consequences
- Mutations, Cloning and the (Im)possibility to Socialise Evolutionary Beings

RELATED TO COMMUNICATION

- Problems of Communicability with Artificial Creatures (incompatibility, theories of Reference)
- Personification of Non-persons
- Acceptance of Inorganic Individuals
- Artificial Intentions and Human Intentionality: Limits and Barriers to Establishing Co-intentionality
- The Social Status of Agents and Robots, Legal Issues (rights, personal obligations and morals)
- Human Digitalisation (difficulties related to the de-incarnation of the Self; personhood, otherhood and sense of community in virtual settings)
- Technology-induced Indecidabilities, Multiple Personalities, Existential Trauma
- Suspended Beliefs Hindering Contact with the "Other"

LOGIC, CATEGORISATION & INTERROGATIVE ARGUMENTATION

- Un-technicisation of Humans
- Possibilities and Reasons for De-humanising Technology
- Classification(s) of Humanoid Robotics, Artificial Life, Self-transformed Humans, etc. (conceptual graphs, typologies)
- Post-cognitivism, Discursive Mind Theories and Post-humanoid Robotics
- Statements on What Humans or Society Might/Should Become
- Technological Era Positioning or Pragmatic Contextualisation (of all the above)
- Re-definitions and Life

All other analyses of formidable, incongruous or complacent amalgams between humanity and technological matter are welcome. We also wish to discover texts referring to European

Projects (FET Programme, ESF Forward Look Workshops, etc.) on like matters. Position-type statements (1-2 pages or a simple expression of interest) with respect to the concepts eluded to here are particularly encouraged in this forum as well as historical accounts as a basis for extrapolating into the future. Although attendance will be subject to relevance with the Mergers Technical programme, the entire event will benefit from the finest media coverage.

IMPORTANT DATES

STATEMENT DEADLINE NOW TILL MARCH 5TH, 2009 -->
 COLIN.SCHMIDT@UNIV-LEMANS.FR
 NOTIFICATION OF ACCEPTATION MARCH 15TH, 2009
 CONFERENCE 24-25 APRIL 2009 (1.5 DAYS FOLLOWING LAVAL
 VIRTUAL)

=====

SCIENTIFIC COMMITTEE

COLIN SCHMIDT, Chair. Cognition, Communication, Philosophy, Le Mans University/LAMPA ParisTech (FR)

MARIA-CATERINA MANES-GALLO, Professor of Information and Communication Sciences, Bordeaux University (FR)

SERGE PROULX, PROFESSOR AT UQAM MONTREAL, DIRECTOR OF GRM, DIRECTOR OF LABCMO, LCP-CNRS PARIS, ENST TELECOM PARISTECH (CA)

SHAHID RAHMAN, Professor of Logic and Epistemology, MSH du Nord-Pas de Calais & Lille III University (FR)

SIMON RICHIR, Professor in Virtual Reality at ENSAM/LAMPA ParisTech (FR)

PETER-PAUL VERBEEK, Assoc. Professor, Philosophy of Science, Technology and Society, University of Twente & Society for Philosophy and Technology (SPT) (NL)

KEVIN WARWICK, Professor of Cybernetics, Reading University (UK)

Voici le programme de cet événement scientifique :

Mergers 2009 Laval, France
 International Prospective Research Seminar in Cognitive Technologies

is organised by
 ParisTech (LAMPA) & Pirstec CNRS

Auditorium, Salle Polyvalente, Place de Hercé, Laval (on the « rue de la Halle aux Toiles » side)

Sponsored by PIRSTEC/CNRS – l'Agence national pour la recherche (ANR) – Institut des Sciences de la communication du CNRS

Held in cooperation with Laval Virtual Plenary Speakers

To telephone the site: +
 Session I Session II Session III Session Presentations



session one
 Communication
 &
 Logic
 session two
 Humans

session three
 Machines

14:00-14:45
 Friday April 24th 2009
 Afternoon Registration in the main hall

Plenary Session Chair: Colin SCHMIDT

\$
 14:45-15:35
 Topic Stimulator

Lorenzo MAGNANI
 Professor & Director of the Computational Philosophy Laboratory,
 University of Pavia, Italy

"Knowledge as Duty.
 The Mediating Effect of Technological Cultures as Human Hybridization"

15:40-16:25
 Coffee Break –Chateau le Bas du Gast, Gîte, 6 rue de la Halle aux Toiles, Laval (across the street)

Session I, Communication & Logic
 Chair: Colin SCHMIDT Session II, Humans (same room)
 Chair: Colin SCHMIDT
 16:30-17:10 Michel FAUCHEUX, INSA LYON
 "Cybernetics & Golem Inc."

17:15-18:00 Alexander VOISKOUNSKY, Moscow State University
 "On Psychic Development in the IT Environments"

18:05-18:45 Olga LODOMBE, POITIERS UNIVERSITY
 "From The Technological Bluff to Building a Cybernetic Human : Which Epistemological Approach for Improving the Human-Machine Relationship?"

18:50

Cocktails, drinks

Chateau le Bas du Gast, Gîte, 6 rue de la Halle au Toiles, Laval (across the street)

20:00

Off-site Dining and Bar Experience

(Restaurant address: Le Petit Perigord, 63 Grande Rue, Laval; Tel. : 02 43 53 29 43)

session one
Communication
&
Logic
session two
Humans

session three
Machines

Saturday May 25th 2009

Morning

%

9:00am

Informal Discussion Groups on Science Policy Issues from 8:45am in the auditorium

Laval Virtual Exhibition -upstairs Salle Polyvalente-

10:20-11:05

Coffee Break –Chateau le Bas du Gast, Gîte, 6 rue de la Halle aux Toiles, Laval (across the street)

\$

11:10-12:00

Auditorium

Plenary Session Chairs: Andrews-Junior KIMBEMBE & Colin SCHMIDT



Topic Stimulator

Professor Viorel GULICIUC
University of Suceava, Romania

“Wisdom of Digital Homo Sapiens. Wisdom as Negotiated Identity”

12:15-14:15 Æ
(À proceed together to the « Capucin Gournand »)
Lunch

Afternoon – 2:30pm

Session I & III
Chair: Colin SCHMIDT Session III, Machines
Chair: Colin SCHMIDT
14:30-15:10 Eliano PESSA
“Quantum Theory of Mind and Human-Machine Interactions”

15:15-15:55 Jacques LABICHE, Maryvonne HOLZEM, Dominique DIONISI, University of Rouen
““Heterogenous society” constituted of people and of interactive computerised devices may reveal itself to be very creative”

16:00-16:40 P.A. ZIZI, Padova University
“Quantum Cyborgs”

Networking session and Workshop closure

Mergers 2009
is organised by
ParisTech (LAMPA) & Pirstec CNRS

Nous pouvons faire mention ici de deux idées, les « Eclats sociétaux » et les « Enjeux importants ».

Eclats sociétaux.

La différence dans l'intégration de la technologie dans la vie-même est parfois flagrante entre générations.

Un exemple exposé par l'intervenant V. Guliciuc mentionne le phénomène des « digital natives » dans notre jeune population d'aujourd'hui, leurs caractéristiques etc. sans trop insister sur la question « est-ce bien ou pas d'être si numérique ? »

Le but était de dire que l'on a le choix de composer avec ce phénomène (entreprendre des actions positives) ou simplement de rester à le déplorer, le contester. Dès que la société se retrouve face à des questions générées par l'arrivée d'une nouvelle technologie, nous avons toujours le même type de réactions, d'interrogations, de compensations, et les âges se divisent sur les questions, mais c'est toujours une affaire de degré ou de calcul prospectif. Entre les âges, l'acceptation d'un phénomène est plus, ou moins, une possibilité innée.

Tout les scientifiques présents à cet atelier s'accordent à dire que, grâce aux avancés en Sciences Cognitives (expérimentales), en computationalisme, et plus généralement en théories sociales et représentationnelles de l'esprit, les émergences des nouveaux « êtres » dans notre société est possible, voire en cours de réalisation :

- Robotique intelligente imperceptible = confusion, impostures authentiques
- Intégration d'organes humains dans des machines pour améliorer leur assimilation en société
- artefactualisation de l'homme par l'introduction des éléments artificiels inédits dans le corps (cf. travaux expérimentaux sur des puces de K. Warwick)
- Procréation assistée, avancée ou augmentée en laboratoire, clonage
- Rôles de mondes virtuels : Réalité virtuelle ou augmentée. Importation d'autrui dans son monde, la « téléportation » de Soi dans un autre lieu ou temps = représentations fausses rendues véridiques

Enjeux importants

Voici quelques enjeux soulevés dans le cadre de notre atelier :

- problèmes d'identité personnelle
- manipulations par avatars imposés
- accélération du mouvement transhumaniste
- Questions de propriété physique et IPR (droits d'auteur, brevets)
- Droits de la personne (modification éventuelle de la définition de la personne)
- Modification de la définition de la machine
- remise en question de la métaphore du « cerveau » dans l'ordinateur et des « comportement machinaux » chez l'homme

Projet de livre collectif. LA CONVERGENCE, De la théorie à la pratique

Le constat général de l'atelier n° 18 était que l'illustration des phénomènes personne(s)-machine(s) est souvent parlante mais la description formelle des mutations chez l'homme ou la machine reste subordonnée à des difficultés de langage. L'outil de rédaction que nous adoptons donc pour bien préciser nos propos dans le cadre de notre co-écriture présente pourrait se visualiser comme suit :

Identité

Différence

Relation

On recourt donc au triangle conceptuel de dépendance « Différence|Identité|Relation » pour indiquer l'objectif des descriptions en question pour chaque chapitre. Il s'agit donc d'une

prise de position descriptive, utilisant éventuellement les formules suivantes : Distinction de... Adhésion à... Liaison avec...

Un accord a été trouvé avec la maison d'édition Bentham Books pour une double publication papier et E-Book de ces travaux pour l'année 2010.

Les textes suivants ont été sélectionnés et seront retravaillés avec leurs auteurs :

Human Hybridization and the Mediating Effect of Technological Cultures

Lorenzo Magnani

Department of Philosophy and Computational Laboratory, University of Pavia, Pavia, Italy and lmagnani@unipv.it

Abstract: We are hybrid humans, fruit of a kind of co-evolution of both our brains and the common, scientific, social, and moral knowledge we have produced by ourselves starting from the birth of material culture with our ancestors until the recent effects generated by the whole field of information and communication technologies (ICTs) and of the other technologies. So to say, we are biotechnological hybrid minds. Our minds should not be considered to be located only in the head: human beings have solved their problems of survival and reproduction, "distributing" cognitive and ethical functions to external non-biological sources, props, and aids, which originate cultures and technological cultures. The second part of the paper is related to the analysis of the interplay between cultures and cognition and of some consequences concerning the problem of intercultural communication in the light of the role of moral mediators and docility.

hybrid minds and technological cultures

Following Clark's conclusions on the relationships between humans and technology, especially information and communications technologies (ICTs), we all are "constitutively" natural-born cyborgs – that is, biotechnologically hybrid minds (2003). Less and less are our minds considered to be in our heads: human beings have solved their problems of survival and reproduction by "distributing" cultures and cognitive functions to external non-biological sources, props, aids and technological tools. Our biological brains have delegated to external tools many activities that involve complex planning and elaborate assessments of consequences (p. 5). A simple example might be how the brain, when faced with multiplying large numbers, learns to act in concert with pen and paper, storing part of the process and the results outside itself. The same occurred when Greek geometers discovered new properties and theorems of geometry: they manipulated external diagrams to establish a kind of continuous cognitive negotiation with a suitable external support (like sand or a blackboard), to gain new important information and heuristic suggestions. The use of external tools and artifacts is very common: cognitive skills and performances are so widespread that they become invisible, thus giving birth to something I have called "tacit templates" of behavior that blend "internal" and "external" cognitive aspects (Magnani, 2007, chapter six).

New technologies will facilitate this process in a new way: on a daily basis, people are linked to non-biological, more-or-less intelligent machines and tools like cell phones, laptops, and medical prosthetics. Consequently, it becomes harder and harder to say where the world stops and the person begins. Clark contends that this line between biological self and technological world has always been flexible and that this fact has to be acknowledged both from the epistemological and the ontological points of view. Thus the study of the new anthropology of hybrid humans becomes important, and I would add that it is also critical for us to delineate and articulate the related ethical issues.

I certainly share Clark's enthusiasm in philosophically acknowledging our status as "cyborgs," but I would like to go further, to do more than just peer through the window of his book at the many cyberartifacts that render human creatures the consumers-cyborgs we are. Our bodies and our "selves" are materially and cognitively "extended," meshed, that is, with external artifacts and objects, and this fact sets the stage for a variety of new philosophical and moral questions related to the role of cultures in our technological world. For example, because so many aspects of human beings are now simulated in or replaced by things in an external environment, new ontologies can be constituted – and Clark would agree with me. Beyond the supports of paper, telephone, and media, many human interactions are strongly mediated (and potentially recorded) through ICTs, for example the Internet. What about the concept of identity, so connected to the concept of freedom? At present identity has to be considered in a broad sense: the externally stored amount of data, information, images, and texts that concern us as individuals is enormous. This storage of information creates for each person a kind of external "data shadow" that, together with the biological body, forms a "cyborg" of both flesh and electronic data that identifies us or potentially identifies us. I contend that this complex new "information being" depicts new ontologies that in turn involve new moral problems. In turn these new ways of building intercultural relations tend depict uniform behaviors and habits because of the effect of their globalization. We can no longer apply old moral rules and old-fashioned arguments to beings that are at the same time biological (concrete) and virtual, situated in a three-dimensional local space but potentially "globally omnipresent" as information-packets. For instance, where we are located cybernetically is no longer simple to define, and the increase in telepresence technologies will further affect this point. It becomes clear that external, non biological resources contribute to our variable sense of who and what we are and what we can do.

technological Artifacts and intercultural communication

In the light of the considerations illustrated in the previous section we can see every technology (and obviously ICTs, information and communication technologies, which are expressly built to carry information) as strictly intertwined with human beings through a continuous interplay of semiotic activities. In our era of increasing globalization ICT artifacts, like Internet, databases, wireless networks, etc. become crucial mediators of cross-cultural relationships between human beings and communities. I will treat this problem in this and in the following sections dealing with some effects of ICT technologies on the concept of human "docility" and with respect to the properties of what I call moral mediators.

Clark correctly depicts a Nokia mobile phone as something that is "part of us," taken for granted, an object regarded as a kind of "prosthetic limb over which you wield full and flexible control, and on which you eventually come to automatically rely in formulating and carrying out your daily goals and projects" (Clark, 2003, p. 9). It is well-known that Heidegger distinguished between a tool's or artifact's being "ready-to-hand," like the hammer and the cell phone, and its being "present-at-hand." A ready-to-hand tool does not demand conscious reflection. "We can, in effect, 'see right through it,' concentrating only on the task (nailing the picture to the wall) [or writing a SMS message on a cell phone, we can add]. But, if things start to go wrong, we are still able to focus on the hammer [or on the cell phone], encountering it now as present-at-hand that requires our attention, that is, an object in its own right. We may inspect it, try using it in a new way, swap it for one with a smaller head, and so on" (p. 48). Using a tool becomes a continuous process of engagement, separation, and re-engagement. Just because "ready-to-hand," these tools are called "transparent" or "invisible" technologies. Tools of this type express cultures which we call "implicit".

This brings me to the following point: okay, I also possess a Nec mobile phone and have, consequently, gained a new degree of "cyborgness." I am no longer only intertwined with classic tools like hammers, books, and watches, but I am also "wired" to a cell phone through which I work, I live, and I think. The problem is that our enthusiasm for information and communication technological advances may blind us to the inter-cultural and ethical aspects of the processes of engagement, separation, and re-engagement they make possible.

To heighten my awareness of such processes, I, as I use my cell phone and other tools yet to come, hope to acquire the moral knowledge necessary to maintain and even reinforce my identity, freedom, responsibility, and the ownership of my future; I would hope for the same

for all other hybrid humans. I respect the new object or artifact that integrates its cognitive abilities with its users', but we must be mindful of the responsibilities technology brings so that it enhances rather than diminishes us. Moreover, does the cognitive value of the artifact count more than some basic biological cognitive abilities of the human body? What is the dignity of human beings, as special brain/body cultural "materials" with respect to the remaining externalized cultural objects and structures?

Everyone has experienced the difficulty and complexity of unsubscribing from some cyber service suppliers like cell phone companies or Internet providers. Such obstacles testify to the fact that even if they are effective tool-based cognitive extensions of our bodies, they also are tool-based economic institutions aiming to cast themselves as cognitively necessary and irreplaceable things. Because they satisfy market needs, which can be highly aggressive, they in some sense acquire more importance than the biological life itself.

As I have illustrated above, new technological artifacts become "ready-to-hand," but at what ethical and cultural cost? We must still be able to extricate, if we so choose, the technology that has appeared into our lives. Terminating a cell phone service contract, for example, should be an easy process without extended hassles or unexpected costs. What way of ethical thinking fully explicates that right and will lead to new policies and laws that will protect human dignity in the future technological world? What "countercultural" strategies and cognitions I need if a sophisticated new neurophone (Clark, 2003, chapter one) is wired into my cochlear nerve as a direct electronic channel? Or how will one get rid of an "affective wearable" that monitors your stress levels and provides daily profiles and other data to you, but in the meantime is generating an intolerable information overload? (Picard, 1997, p. 236). You start to think you have another "self," and it feels as if you no longer own some of the information about yourself – that damn affective wearable also monitors all your frustrations and shows you an interpretive narrative on how things went. It is not simple to have the maturity necessary to deal with a kind of another "self", fruit of technology, that monitors and tells us another story about us. And certainly, scientific advances like the neurophone Clark describes and the "affective wearable" "will come first, and only later on the moral and legal rules." As I will better illustrate in the following section, the production of an appropriate counterculture is central to avoid the blindness to the dangerous ethical consequences of ICTs and other technologies.

There is a profound tension between the biological and the cultures engendered by technological spheres of human hybrids, who are composed of a body plus cell phone, laptop, or the Internet, etc. Sometimes the two aspects can be reconciled by adjusting and redistributing various new cultural and ethical values, but the struggle is ongoing and the final results are unknowable: the outcome simply depends on the moral targets hybrid people identify and advocate. Do the cultural functions spontaneously engendered by a the cell phone count more than some preexistent cultural values related to the biological body "without" that artifacts, or "with" other old-fashioned artifacts? Is the new delegation of tasks to the cell phone, and the consequent cultural modifications, really compensated by new positive capabilities and chances, or does a biological body's lack of cognitive autonomy become intolerable at some point?

In my book (Magnani, 2007) I describe in details how the economic value of technological objects that are "grafted" onto human beings makes it dangerously easy to produces cultures where people are treated people as means, and it is well-known that the market economy is inherently inclined to regard human beings this way. In a market economy, qualities and worth of human beings – their intelligence, energies, work, and emotions, etc. – can be "arbitrarily" exploited and/or disregarded in favor of solely promoting the sales of artifacts, items which may or may not be that useful. Situations like these, of course, inevitably generate frustration. Central to this issue is the fact that many people are used to being considered things: they are, in Kantian terms, "treated as means (and only as means)." In the book I offer a way to recalibrate the cultural and ethical value of things so that "respecting people as things" becomes a positive way to regard them.

To give an example, one day it may happen that people, after having lost in the potential new cultures engendered by technology a great part of their biological cognitive qualifications because of their technological alienation of them would yearn to be as respected as a cell

phone – perhaps the expensive one of the future that I mentioned before, the direct electronic channel wired into my cochlear nerve that features a sophisticated processor with spectacular AI tools and a direct Internet connection. In that cultural framework, the hybrid person at hand will feel herself dispossessed of the moral cognitive worth already attributed to nonbiological artifacts. It is very simple to imagine how this situation will be much more complicated by the appearance of future super-cyborgs endowed with huge extra memory, enhanced mathematical skills, extrasensory devices, and – why not - able to communicate “by thought” various signals. They will be more powerful than humans, with brain that are directly part human and part machine, so as the “epicentre of moral and ethical decision making will no longer be of purely human form, but rather it is a mixed human, machine base” (Warwick, 2003, p. 136).

Being cared for and valued is not always considered a human right, for instance collectives do not have moral (and legal) rules that mandate the protection and preservation of human beings’ cognitive skill. As a result, we face a paradoxical situation that inverts Kant’s thinking, one involving people who are not “sufficiently” or appropriately treated as means, as things. Yet people’s biological cognitive skills deserve to be valued at least as much as a cell phone: human cognitive capacities warrant moral credit because it is thanks to them that things like cell phones were invented and built to begin with. In this way, human hybrids can reclaim “moral” recognition for being biological carriers of information, knowledge, know-how, autonomy, cultural traditions, etc., and gain the respect given to cognitive artifacts for being external cultural repositories: books, for example, PCs, or works of art. That human hybrid, who exhibits knowledge and capacity to reason and work, will expect to play a clear, autonomous, and morally recognized role at the level of his/her biological intellectual capacities.

What I have just illustrated will hold also in the case of the future super-cyborgs I depicted above, fruit of the most advanced ICTs revolution, just with slight modifications. Two moral problems will still be at stake: 1) the problem of the “equal” distribution among human beings/brains of those sophisticated artificial endowments like extrasensory devices; 2) the fact that super-cyborgs possess biotechnological cognitive skills deserves to be valued in a very balanced way: super cyborgs’ “biological” cognitive capacities will have to be valued very much, not to consent the priority and the dominance of the artificial aspects, so determining cyborgs with intelligent prostheses but dull brains.

Technological Cultures and countercultures and the role of docility:

I contend that technological cultures are formed through semiotic anchorage of informational content to external material objects and structures. I have described this process as a kind of disembodiment of mind in my (Magnani, 2006). I also think the disembodiment of mind can nicely account for semiotic processes of creation of countercultures.

Moral Mediators and Technological Cultures

I maintain that cultural representations are external and internal. We can say that

- external cultural representations are formed by external cultural materials that express (through reification) concepts and problems that are not necessarily present in the brain of some human beings;

- internalized cultural representations are internal re-projections, a kind of recapitulations, (learning) of external representations in terms of neural patterns of activation in the brain. It is in this way that human beings take part in a culture or in a new culture. The representations can sometimes be “internally” manipulated like external objects and can originate new internal reconstructed representations through the neural activity of transformation and integration. It is at this level that a “countercultural” effect can be activated. When the fixation of external [new] cultural units - derived from the interplay between the two levels - is reached, they can be in turn externalized to the aim of constituting new cultural devices open to a further possible diffusion.

In our technological world there is a huge expansion of private and public “objects” and “artifacts” that have gained a great importance in everyday life and for the self-definition of people, especially in industrialized societies. The global trade and the continuous exchange of commodities is one of the central aspects of our lives in the cyberage. Regional and national

products have become available worldwide, and some of them have become international commodities, marketed and consumed globally.

I have illustrated how these artifacts play the role of “cultural mediators”. Let us now describe some details of this effect of mediation, paying special attention to some ethical consequences. All technological artifacts embed a fragment of cultural knowledge and experience, and are the fruit of complicated cognitive delegations. These delegations explain, in the case above of the cell phone – explicitly related to ICTs – but also in the case of furniture or food, why artifacts can influence many communicative processes. Roth (2001, p. 567) illustrates some important cultural roles played by artifacts. Artifacts can be: 1) topics or themes of (intercultural) communication, which carries internationally the know-how about products; 2) material contexts that “wrap” each act of communication; 3) media for intercultural communication; 4) transferred and communicated across cultural boundaries, as merchandise; 5) entertainers of various relationships with humans, related to the available culture specificity; 6) used symbolically; 7) ways of overcoming the difficulties in interpreting foreign cultures.

Furthermore, artifacts (included the less technologically structured) play a spatial role in separating public and private spaces, workplaces, etc., like in the case of buildings and streets, chairs and table in houses and offices; they also have a personal dimension at the communication level, like in the case of clothes, utensils, ritual objects, fences, etc., and an actional dimension, in eating, working, celebrating, etc. These dimensions are usually related to standard roles the artifacts play, and only special interactions with humans can change these default characters. In the case of globalized artifacts it is through the cyclic process of internalization/externalization described above that they can culturally acquire new ethnic, regional, or national ethical values and new identifications and meanings (Teuteberg, Neumann, and Wierlacher, 1997), in a process which sometimes is clearly characterized by a countercultural disposition, that can arise both at cognitive and emotional level (Lindner, 1997). In EU the controversies about Italian pasta, Dutch clogs, French champagne and German beer have demonstrated “the extent to which regional and national identities are tied to material cultures and local cultures are used as countercultures to globalization” (Roth, 2002, p. 573).

The insistence on the home country artifacts in the case of the emigrants demonstrates how values of objects can acquire new meanings and change their disposition once removed from their standard places; in other cases foreign objects and artifacts are often responsible of a kind of culture shock. The so-called countercultural effects of creolization (Howes, 1996) and localization (Lindner, 1997, Roth, 2002, p. 571) have affected the international cultural identity of goods like Coca-Cola, that certainly represents the symbol of globalization of products.

Similarly, in the case of new media and technical instruments which work at the level of worldwide transmission of information and/or at the level of global communicative networks, there is evidence (Bredin, 1996) that in their use (but also in the use of technological equipments like cell phones and laptops) there are significant cultural differences. In some cases the transfer of technology might not appreciate local values and it might also later on undermine those values (Moss, 2005), so that a great part of the globe, as well as the majority of the world population, do not enjoy the fruits and benefits that information technologies are supposed to bring (Hongladarom, 2005). In other cases, some positive impacts have been experienced.

In this domain of the complex interaction between technological cultures and intercultural communication the literature of the so called Social Construction of Technology (SCOT) is also relevant (cf. Sismondo, 1993 and Winner, 1993). It is in this area of studied that Latour’s notions of the de-humanizing effect of technologies emerge and are based on the so-called “actor network theory.” The actor network theory basically maintains that we should think of science, technology, and society as a field of human and non-human (material) agency. Human and non-human agents are associated with one another in networks, and they evolve together within these networks. Because the two aspects are equally important, neither can be reduced to the other: “An actor network is simultaneously an actor whose activity is networking heterogeneous elements and a network that is able to redefine and transform

what is it made of [...]. The actor network is reducible neither to an actor alone nor to a network.”

A different but related perspective – one that, like Latour’s, avoids anthropomorphic prioritization of human agency and addresses the dissolution of boundaries between things and people – is offered by Andrew Pickering in his writing on science-studies of post-humanism. He describes externalities (representations, artifacts, tools, etc.) as kinds of non-human agencies that interact with a decentered human agency in a dialectic of “resistance” and “accommodation” called the mangle of practice. The resistance is a failure to capture material agency in an intended form, while accommodation amounts to a reconfiguration of the apparatus that might find a way through its resistance. When human-and non-human agencies are brought together, as has often occurred in mathematics, natural sciences and technology throughout history, it is impossible to predict the results.

An example of a positive impact and of reinvention of roles of western technology in a developing country is given by the substantial role played by cell phones in ensuring, in the Republic of the Philippines, the success of the EDSA II people power revolution in 2001, which forced President Joseph Estrada to resign (Valdez, 2005). In this case technology was effectively used by civil society in raising new cultural consciousness of the Filipino people. During the height of the impeachment trial against president Estrada the total volume of the SMS text messages exchanged by Filipinos in a single day exceeded the total volume of text messages in the whole Europe. A similar event is of course unconceivable in western countries.

Another example of cross-cultural positive employment of technology is given by young women’s exploitation of Internet booths in Indian villages to the aim of improving not only information and education but also effective economical growth in rural transformation. Internet booths played a fundamental role in making those women able to overcome their personal and cultural borders.

In my book *Morality in a Technological World* (Magnani, 2007) I have introduced the concept of moral mediator. A moral mediator is a cultural mediator where ethical aspects are crucial and the importance in potential intercultural relationships is central. What exactly is a moral mediator? Morality, is often performed in a tacit way, so to say, “through doing”. Moreover, part of this “doing” can be seen as an activity of cultural manipulation of the external world for just building “moral mediators”. They can be built in the aim of getting ethical effects, but they also consist in beings, entities, objects, structures, that objectively, beyond the human beings’ intentionality, carry ethical or unethical consequences. Hence, a significant portion of manipulations is also devoted to building that vast new source of distributed information and knowledge that originates external moral mediators.

Moral mediators represent a kind of redistribution of the moral effort through managing objects and information in such a way that we can overcome the poverty and the unsatisfactory character of the moral options immediately represented or found internally (for example principles, prototypes, etc.). I also think that the analysis of moral mediators can help accounting for the mechanisms of the macroscopic and growing phenomenon of global moral actions and collective responsibilities resulting from the “invisible hand” of systemic interactions among several cultural agents at local level (Floridi and Sanders, 2003). A cultural object, like an Internet web page where some commodities are sold online, not only realizes an economical transaction but also carries ethical effects in so far as it implies certain customer’s behaviors related to some policies and constraints.

Natural phenomena can also serve as external artifactual moral mediators: many external “natural” objects, animals for example, create opportunities for new ethical knowledge, as in the case of endangered species. Thanks to utilitarianism and environmentalism some animals have acquired the moral definition of “endangered”: in turn people learnt something new by discovering – through those animals as moral mediators - how also human beings can be redefined as “endangered”. Many external things that have been traditionally considered morally inert can be transformed into moral mediators. In general, we can use animals to identify previously unrecognized moral features of human beings or other living creatures, as we can do with the earth, or (non natural) cultural entities; we can also use cultural external “tools” like writing, narrative, ritual, and various kinds of pertinent institutions to

reconfigure unsatisfactory social orders. Hence, not all moral tools are inside the head – many are shared and distributed in external objects and structures that function as ethical devices.

External moral mediators function as components of a memory system that crosses the boundary between person and environment. For example, they are able to transform the tasks involved in simple manipulations that promote in an agent further moral inferences. When an abused child is moved to a house to reconfigure her social relationships this new moral mediator can help her to experience new inferences (for instance new emotions concerning adults and new imageries about her past abuse).

Moreover, I can alter my bodily experience of pain through action by following the template control of sense data, as we previously outlined, that is through shifting – unconsciously – the position of my body and changing its relationships with other humans and non-humans experiencing distress. Mother Theresa's personal moral rich feeling and consideration of pain had been certainly shaped by her closeness to starving and miserable people and by her manipulation of their bodies. In many people, moral training is often related to these kinds of spontaneous (and "lucky") manipulations of their own bodies and sense data so that they build morality immediately and non-reflectively "through doing." It is obvious that these processes involve a cultural (often countercultural) redefinition of the role of bodies with respect to the received perspectives.

What is the suggestion we can get from the concept of moral mediator with respect to the problem of intercultural communication? I think that the main teaching regards the need to understand the "language of objects" of other cultures. Given the huge cognitive and emotional role played by things and external representations, it is through them we can increase the effects of commensurability even in the hardest cases of conflicting cultures. Let us illustrate the example of Islamic fundamentalists and Western capitalist culture, where a counterculture is activated, to the aim of reinterpreting capitalistic rules, transactions, and loans.

Islamic fundamentalists have resumed medieval objections to the charging of financial interest as part of a more extended attack on Western influences, and look for different ways of financing commerce and industry that in their eyes do less violence to Islamic society and countries. They consider international loans from Western governments and banks as basically exploitive, but expect to find and retain elements of capitalism within their domestic economies as tools for promoting development within the family: "So the medieval debate about the clever new forms of contract, aimed at circumventing the moral objection to interest, is being repeated in contemporary Islam, in the hope of squaring the needs of commerce with the traditional injunctions of the Sharī ya" (Jonsen and Toulmin, 1988, p. 310).

Here we see that using an old financial practice in a new context (modern Islam) generates problems; difficulties arise when international loans are made between countries with different cultures. The medieval conflict between "moral" investing and immoral money lending acquires new relevance. Simply applying a general principle against usury is not particularly productive, for it limits opportunities for commerce between Muslim nations and the rest of the world; instead, new ways of conducting business must be considered able to act as moral mediators of the puzzling situation. The underlying lesson here is that the concrete case – the seemingly irreconcilable conflict between cultures – takes agents beyond the reach of rules and compels them to take into account a particular set of circumstances – the fact that there are other commercial practices that are acceptable in Islamic business communities. In other cultural cases, similar situations can be found, when some abstract principles are not always universally "good" principles to use when deciding how (and whether) to treat particular cases, because their application can be techniques that can often be very useful but can have unacceptable negative side effects for both the children and their families. In the usury problem abstract rules must be suitably modified and mediated to fit particular circumstances.

Externalization of Cultures in Docile Humans

Following Simon's perspective, human beings first of all always and constitutively operate in a situation of "bounded rationality": human beings and other creatures do not behave

optimally for their fitness, because they are not able to get knowledge and making inferences which would support optimization. Moreover, in order to survive, humans are “docile”, in the sense that our fitness is enhanced by “the tendency to depend on suggestions, recommendations, persuasion, and information obtained through social channels as a major basis for choice” (Simon 1993, p. 156). In other words, we support our limited decision-making capabilities counting on external data obtained through the senses, from the social environment. The social context gives us the main data filter, available to increase individual fitness (Secchi, 2006).

The concept of “docility” is related to that of altruism, in the sense that one cannot be altruistic if s/he is not docile. In this perspective the intelligent altruist is the fittest. However, the most important element seems to be docility more than altruism, because docility is the condition of possibility of the emergence of altruism. In Simon’s work docility is also related to the idea of “socializability”, and certainly it is an aspect of both the human beings’ continuous cognitive delegations to the external environment and to other social members.

The problem here is twofold. First, people delegate data acquisition to their experience and to the external cultural resources and individuals, as I have illustrated in the first three sections of this paper. Second, people do trust others to learn. I have illustrated above how a big cortex, speech, rudimentary social settings, and primitive material culture furnished the conditions for the birth of the mind as a universal machine. I contended that a big cortex can provide an evolutionary advantage only in presence of a massive storage of meaningful information and knowledge on external supports that only an already developed small community of human beings can possess. If we consider high-level consciousness as related to a high-level organization of human cortex, its origins can be related to the active role of environmental, social, linguistic, and cultural aspects. It is in this sense that “docile” interaction lays on the very basis of our social (and neurological) development.

It is obvious that docility is related to the development of cultures, their availability, and to the quality of cross-cultural relationships. Of course the type of dissemination of cultures and their possible enhancement affect the chances human collectives have to exploit docility and so to increase their fitness. I guess the conflicts and lacks of dialogue between cultures, and the excessive normalization generated by globalization, can diminish the positive effects of docility. I strongly think research on these and similar aspects have to be established and encouraged.

Conclusion

I think the role of what I call “cultural mediators” can be further studied also taking advantage of the research on the interplay between technological cultures and distributed cognition and appropriately stressing the problem of the co-evolution between brains and cultures. The final part of the paper aims at offering new suggestions related to the analysis of the interplay between technological cultures and cognition and of some consequences concerning the problem of intercultural communication in the light of the role of “moral mediators” and docility, with respect to the effects of ICTs. I think that because of the relationship between docility and culture, further research has to be promoted on the chances human collectives have to exploit docility and thus to increase their fitness, with respect to the role of intercultural communication.

REFERENCES

- Bredin, D. (1996). Transforming images: communication technologies and cultural identity in Nishnawbe-Aski. In D. Howes (Ed.) (pp. 161-177).
- Callon, M. (1994). Four models for the dynamics of science. In S. Jasanoff, G.E. Markle, J.C. Petersen, and T.J. Pinch (Eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Los Angeles, CA: Sage.
- Callon, M. (1997). Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In W.E. Bijker, T.P. Hughes, and T. Pinch (Eds.), *The Social Construction of Technological Systems* (pp. 83-106). Cambridge, MA: MIT Press.
- Callon M. and Latour, B. (1992). Don’t throw the baby out with the bath school! A reply to Collins and Yearley. In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 343-368). Chicago and London: The University of Chicago Press.

- Clark, A. (2003). *Natural-Born Cyborgs. Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Floridi L. and J.W. Sanders (2003). The method of abstraction. In M. Negrotti (Ed.), *Yearbook of the Artificial. Nature, Culture, and Technology. Models in Contemporary Sciences* (pp. 177-220). Bern: Peter Lang.
- Hongladarom, S. (2005). The digital divide, epistemology and global justice. In *Papers. The 2nd Asia-Pacific Computing and Philosophy Conference*. Chulalongkorn University, January 7-9, 2005.
- Howes, D. (Ed.) (1996). *Cross-Cultural Consumption. Global Markets, Local Realities*. London and New York: Routledge.
- Jonsen, A.R. and Toulmin, S. (1988). *The Abuse of Casuistry. A History of Moral Reasoning*. Berkeley and Los Angeles: University of California Press.
- Latour, B. (1987). *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Latour, B. (1988). *The Pasteurization of France*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Law, J. (1993). *Modernity, Myth, and Materialism*. Oxford: Blackwell.
- Lindner, R. (1997). Global logo, local meaning. *Focaal*, 30/31, 193–200.
- Magnani, L. (2006). Mimetic minds, meaning formation through epistemic mediators and external representations. In A. Loula, R. Gudwin, and J. Queiroz (Eds.). *Artificial Cognition Systems*. Hershey, PA: Idea Group Inc., forthcoming.
- Magnani, L. (2007) *Knowledge as a Duty. Distributed Morality in a Technological World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Moss, J. (2005). Fixing the digital divide; sustaining or undermining local values? In *Papers. The 2nd Asia-Pacific Computing and Philosophy Conference*. Chulalongkorn University, January 7-9, 2005.
- Norman, D.A. (1999). *The Invisible Computer* Cambridge, MA: The MIT Press.
- Perkins, D. (2003). *King Arthur's Round Table. How Collaborative Conversations Create Smart Organizations*. Chichester: Wiley.
- Picard, R.W. (1997). *Affective Computing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Roth, K. (2001). Material culture and intercultural communication. *International Journal of Intercultural Relations*, 25, 563-580.
- Secchi, D. (2006). A theory of docile society. Submitted to *Sociological Forum*.
- Simon, H. (1993). Altruism and Economics. *The American Economic Review*, 83(2), 156-161.
- Sismondo, S. (1993). Some social constructions. *Social Studies of Science*, 23, 515-553.
- Teuteberg, H. J., Neumann, G., and Wierlacher, A. (Eds.) (1997). *Essen und kulturelle Identität. Europäische Perspektiven*. Berlin: Akademie.
- Valdez, V. J. (2005). Technology and civil society. In *Papers. The 2nd Asia-Pacific Computing and Philosophy Conference*. Chulalongkorn University, January 7-9, 2005.
- Warwick, K. (2003). Cyborg morals, cyborg values, cyborg ethics. *Ethics and Information Technology*, 5, 131-137.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st Century. *Scientific American*, September, 99-110.
- Winner, L. (1993). Upon opening the black box and finding it empty: social constructivism and the philosophy of technology. *Science Technology and Human Values*, 18(3), 362-378.

WISDOM OF DIGITAL HOMO SAPIENS. WISDOM AS NEGOTIATED IDENTITY

VIOREL GULICIUC

“Stefan cel Mare” University of Suceava
13, Str. Universitatii, 720229, Suceava, Romania
viorel_gulicicu@yahoo.com

Abstract

Anyone could observe the huge debate nowadays on the influences of the digital on the education. Example: Marc Prensky's concepts («digital natives»/«digital immigrants», «digital multiplier», «digital wisdom» etc.), were followed by sharp reactions (ex.: Timothy VanSlyke), confessing, different approaches of the identity of the being (Human Being) under education, finally.

In the Academe, technology has to be studied as one of the essential modes of being human. We have to guide our students to be digitally wise and to attain digital wisdom.

There is a real multiplication of the dimensions of the human being, when Singularity is more and more near. We deal with a whole set of different identities [plural (?), multiple (?), alternative (?), concurrent (?), divergent (?), virtualising (?)]. Yet we are more and more often discussing about the process of merging of humans with their machines. Because there are several different perspectives on the merging process, we have to manage a scale of merging, as we may have to manage a scale of wisdom

and the problem of a specific form of the wisdom of the homo sapiens digital.

In our society, we have just passed from individual having a dominant identity, crashing its recessive identities, his “shadow(ed) identities, toward a constellation of concurrent and sometimes alternatives identities, engaged in a permanent negotiation, that could, may be the sign of the wisdom appropriate for our Digital Era. From human wisdom, we have passed toward digital human wisdom / human digital wisdom - a symbiotic, non-generic and un-unitary wisdom.

The merging process analysis engages the search for the identity and a discussion on the identity/sameness relationship and leads us

from „no entity without identity” to „no identity without a process”, because in the Digital Era, our identities are negotiated.

Keywords: wisdom, digital wisdom, homo sapiens digital, identity, merging of humans and machines

PRETEXT OF THE DISCUSSION: IDENTITY OF THE HUMAN BEING AS SUBJECT OF EDUCATION

In the age of spiritual machines, we have to deal with the Idea of an inexorable process of humans and machines merging.

William Nelson Joy confessed, in Wired Magazine, in the very first lines of his highly quoted paper Why the future doesn't need us: “From the moment I became involved in the creation of new technologies, their ethical dimensions have concerned me, but it was only in the autumn of 1998 that I became anxiously aware of how great are the dangers facing us in the 21st century. I can date the onset of my unease to the day I met Ray Kurzweil, the deservedly famous inventor of the first reading machine for the blind and many other amazing things. Ray and I were both speakers at George Gilder's Telecosm conference, and I encountered him

by chance in the bar of the hotel after both our sessions were over. I was sitting with John Searle, a Berkeley philosopher who studies consciousness. While we were talking, Ray approached and a conversation began, the subject of which haunts me to this day."

Something essential is happening when approaching to Singularity.

Our thesis is that we are experiencing the passage from the understanding of [human] identity as status to the understanding of the [human] identity as process.

Experiencing the embodiment of the artefacts and the embodiment into the artefacts, the dimensions of being human are changing as we are passing from humanism to symbionism.

In the same time, we are also passing from human wisdom to digital human wisdom / human digital wisdom, toward a symbiotic, non-generic and un-unitary wisdom.

WISDOM AND DIGITAL HOMO SAPIENS

The young human beings having to be educated nowadays are different, from those only from a quart of century ago, because our Digital Native student has a special relationship with his machines/tools.

These Human Beings became Digital Human Beings.

On September 19, 2008, Marc Prensky used a series of four questions to challenge the audience, participating to the 25th Anniversary Celebration of NJECC: Are today's students different? What should our students know? How should we teach them? Is technology in class a help or a curse?

The challenge worked, not only because its concepts have already a history behind them, but because they are engaging a deeper discussion, on the identity of the human being's identity in our society.

The simplest enumeration of the concepts he introduced / promoted in the last decade will consider: digital natives / digital immigrants ; herding ; digital multipliers ; 21st Century Skills ; digital wisdom .

We could try to resume grosso modo his ideas as it follows. Our students "are no longer the people our educational system was designed to teach" . Our "schools are stuck in the 20th century", meanwhile „students have rushed into the 21st". So, the following issue arises: „How can schools catch up and provide students with a relevant education?" This is why "we must find alternatives to our primary method of education organization" called by Prensky herding. The "teacherds" have to become teachers. "Today's students think and process information fundamentally differently from their predecessors (Prensky is using the observations and conclusions of Dr. Bruce D. Perry of Baylor College of Medicine): "Different kinds of experiences lead to different brain structures", "it is very likely that our students' brains have physically changed – and are different from ours – as a result of how they grew up. But whether or not this is literally true, we can say with certainty that their thinking patterns have changed". The education's problem now is that "our Digital Immigrant (DI) instructors, who speak an outdated language (that of the pre-digital age), are struggling to teach a population that speaks an entirely new language". Distinct of the DI Digital Natives (DN) "are used to receiving information really fast"; "like to parallel process and multi-task"; "prefer their graphics before their text rather than the opposite"; "prefer random access (like hypertext)"; "function best when networked"; "thrive on instant gratification and frequent rewards"; "prefer games to "serious" work". Digital Immigrants: "have very little appreciation for these new skills that the Natives have acquired and perfected through years of interaction and practice". "These skills are almost totally foreign to the Immigrants, who themselves learned – and so choose to teach – slowly, step-by-step, one thing at a time, individually, and above all, seriously". "Digital Immigrants don't believe their students can learn successfully while watching TV or listening to music, because they (the Immigrants) can't". "Digital Immigrants think learning can't (or shouldn't) be fun."

Prensky believes „the single skill that will, above all others, distinguish a literate person is programming literacy, the ability to make digital technology do whatever, within the possible, one wants it to do – to bend digital technology to one's needs, purposes, and will, just as in

the present we bend words and images. Some call this skill human-machine interaction; some call it procedural literacy. Others just call it programming” .

He notes: “if we (and our students) are willing to be creative, I see no reason why there should be a digital divide at all anywhere”. “I suggest we begin thinking of ourselves as “digital multipliers” – i.e. people who find creative solutions that bring every student, no matter what his or her background on income level, into the digital world – and get the job done”.

From this perspective, in a technological world, we have to re-invent wisdom, around the digital wisdom.

As Mircea Eliade observed, we can explore and assume, experience Being, the fact-of-being, in several very different and irreducible ways: as a scientist searching for truth, as an aesthete searching for beauty, as a moral person searching for the good, as a philosopher searching for essence, or as religious people searching for the sacred. We understood, in the last decades, that we could interface, experience Being in very various new fundamental ways, as engineers - searching for the design and expansion of human order, or as digital natives, searching the digital wisdom in order to become homo sapiens digital.

We have to guide our students to be digitally wise and to attain digital wisdom in such an intimate way as to be able to use the technology and its Digital Tools as an essential part of being human – and so naturally, that as Digital Natives they will not even be aware of it .

However, the problem of the wisdom in the Digital Age could have another, more radical sense, too, because directly related to the special identity of the human merged with the machine.

DIMENSIONS OF mERGERS

In various dictionaries, we will find that to merge means: to combine (be combined) / to join together into a whole / to cause things to do this and that the result of the merging of two entities, into one is called merger.

A synopsis of the “merge” senses will retain:

Merging as combination:

Merging as... Synonyms: to... Human & machine
(H&M)

collision H&M collide

interpenetration mix or merge together H&M merge

amalgamation combine, merge, unite, integrate, fuse, blend, mingle, intermingle, mix, intermix, incorporate H&M amalgamate

band join, group, unite, merge, combine, team up, gather, ally, affiliate, associate, federate, consolidate H&M band

blending mix, combine, admix, mingling, commingling, amalgamate, unite, merge, compound, alloy, fuse, compose, homogenize H&M blend

mingling mix, blend, combine, compound, homogenize, merge, unite, join, amalgamate, fuse H&M are mingling

composing H&M compose

mix H&M are mixing

condensation lose separate identities and merge into a single entity H&M condensate

convergence meet, join, merge, unite, come together, become one, coincide, concur H&M converge

homogenization make uniform, combine, coalesce, fuse, merge, blend, emulsify H&M

homogenize

uniformization H&M reach a unique form

Merging as collaboration:

Merging as... Synonyms: to... Human & machine
(H&M)
cooperation working or act together H&M cooperate
symbiosis live together of organisms of different species

Merging as integration:

Merging as... Synonyms: to... Human & machine
(H&M)

concatenation

assimilation merge or "blend," individuals from one cultural group into a second group

H assimilated by M

M assimilated by H

incorporation

integration

Merging as melding:

Merging as Synonyms: to... Human & machine
(H&M)

melding join, blend, combine or merge things into one H&M meld

coalescing unite, join together, combine, merge, amalgamate, integrate, affiliate, blend, fuse

H&M coalesce

Merging as becoming one:

Merging as Synonyms: to... Human & machine
(H&M)

becoming one H merge into M

M merge into H

unity

unification unite, bring together, merge, fuse, amalgamate, coalesce, combine, blend, mix, bind, link up, consolidate. H&M are unifying

synthesis combine, unite, unificate, merge, amalgame, fuse, coalesc, integrate

The synonymy is a mechanism for introducing a well indexed multiplicity, as it confesses several different perspectives on the merging process - in the above synopsis: merging as combining, collaborating, integrating, melding and, finally, becoming one.

Yet, those various perspectives on merging, are suggesting the existence of various degrees of merging.

That is why we have to formulate the idea that, in fact, we have to manage a scale of merging or even a whole table of Mendeleev for merging.

Humans and machines merge. Considering this reality from those different degrees and forms of merging, only in some cases the merging as cooperation or, better, symbiosis seems to be more appealing :

In the case of cooperation, we have to expand the possible cases with the cooperation of humans and machines (not enough clearly included as possible, in the current definitions) and to consider the voluntary or even unintentional human cooperation with machines, but not the coerced (forced) cooperation.

In the case of symbiosis, we have to include among the possible cases the collaboration of living beings with non living beings, continuing and expanding the idea of the symbiogenesis (= symbiosis is a major driving force behind evolution) of Lynn Margulis. Ad limitum, symbiosis as mutualism (and not as parasitism or even helotism) will lead us toward the idea that the complex living systems (as we may could consider the merger of humans and machines) could also illustrate that "life did not take over the globe by combat, but by networking" (Lynn Margulis and Dorion Sagan).

Those observations are enforcing us to be more aware about the merging as process.

Yet, a merging process could be complete or not, total or partial.

Thirdly, in order to have a merging process, there have to be some common characteristics of the beings and/or things collaborating in it. Humans and machines merging should favor those humans having different characteristics from those of them living during, let's say, the beginning of the 20th century.

Here, we meet again Marc Prensky, who suggested among the essential 21st century skills: knowing the right thing to do; getting it done; doing it with others; doing it creatively; constantly doing it better .

Let us observe and agree that some of those skills are characteristics of the intelligent machines, too.

From this perspective the merging of humans and machines is a natural process.

However, is / will be the human identity preserved, is it / will be lost in the merging process?

IDENTITY VERSUS IDENTITIES FOR DIGITAL HUMAN BEING?

Identity can be explored from several perspectives: philosophic (metaphysic), mathematic, logic, genetic, legal, psychologic a.s.o. because the common, natural use of the notion of identity is a real polysemic one .

The Latin etymology of *identitas* is from *id* and *ens* (= a pronoun and a noun) that, as notion, describes the essence (*ens* = what is in itself and what it shows as being) .

Identity is, commonly considered as whatever makes an entity definable and recognizable, as the possession of a set of qualities or characteristics that distinguish that entity from other entities. In philosophy, we are used to call/to consider identity as sameness. However, let us observe that sameness only corresponds to the numerical identity , which can be hold between an entity and itself. In the case of a qualitative identity, there is about the common character of two objects of our thought, distinct in space and time, but sharing the same qualities and why the entities can be more or less qualitatively identical .

Considering the link between the identity and the nature (of something) it is difficult to say, with Harold Noonan, that the meanings of „identity“ and “sameness“ are identical. (SEP) and immediately after that to observe they have more than one meaning, if accepting synonymy as a complexity generating machine (as we saw in the exploration of the meanings of “merge”).

It is not oriented toward the surface of an entity or a process but toward its content, its essence (if it is to use an old style of referring to it). This is the inner, the ipse side of the identity.

From this perspective, the different identities of the digital natives and machines, that are sharing some common characteristic, are permissive to the process of the merger creation as a sort of half symbiosis half synthesis of the humans and machines.

Yet, the identity of an entity exists from its very beginning, as power to become the same when becoming in the future. It is linked to the power of being, considered by Aristotle who observed, for the first time, that no being could be (exist) without the power of being, because every past time is already a future.

Even Sir William Hamilton had right to observe that "identity is a relation between our cognitions of things, not between things themselves", the merging process of Humans and Machines, implies the physical melding of the Humans with Machines which makes relative their nature (identity). So, considering identity as “nature”, as “defining characteristics” etc. we have to admit the capital importance of the physical process itself, because our ground intentionality is always confessing something essential about the world (as it challenges the problem of referentiality). That is why Colin T.A. Schmidt observes “What percentage of human does one need embedded in oneself in order to be considered human?

The relative identity (nature) of the entities are leading our analysis toward the relativism of the values itself. Or that is deeply related to what we commonly call “wisdom”.

The multiplication of the dimensions, horizons and levels of the human being today requires a better management of the complexity of our identities and a table of Mendeleev for the those identities.

Managing these plural / multiple / alternative / concurrent / divergent etc. identities lead us toward the problem of the wisdom in the Digital Era, as we have many identities, sometimes concurrent: we are those multicell organisms participating in this conference, we also are the owners of some bank accounts, lands, building, cars etc., we are the sets of data associated with an/some online ID(S), we are the avatars from the Second Life, we are the collection of social roles in our cities or workplaces, we are our dreams and/or our sexuality etc. . Let's remember: "Digital wisdom means not just manipulating technology easily or even creatively; it means making wiser decisions because one is enhanced by technology."

The Digital Natives have a natural, increased capacity to manage complex sets of identities, without loose the coherence of their identity. Its natural capacity to manipulate in a multitasking way, multiple set of data, changing / switching permanently and continuously its various virtual identities seems to favor / to privilege the capacity of the human being to have a mutualist symbiotic relation with the machine and not necessarily t be integrated into a machine (or Singularity).

Moreover, they seem to be naturally adapted to manage multiple simultaneous changes in the very core of each of their identities, to manage identity as process and not as a set of characteristics. They are passing from „no entity without identity“ to „no identity without a process“.

This is why it seems the notion of wisdom itself has to be reconsidered when it is about the Digital Native, as we will see in the next section.

WISDOM AS NEGOTIATED IDENTITY

We observed that the problems posed by the identity of the Digital Homo Sapiens, the human being privileged in the merging process of humans and machines have clear metaphysical dimensions.

We also saw that the discussion's aim is about overpassing the natural taxonomy and about demanding real changes of perspectives and critics.

Can we consider a specific wisdom of the Digital Era?
Is a Digital Native of the 21st century able to be wise?

The whole discussion leads us toward redefining the wisdom itself.

Wisdom is usually understood as "quality or state of being wise; knowledge of what is true or right coupled with just judgment as to action; sagacity, discernment, or insight"

Thomas W. Meeks and Dilip V. Jeste, in a recent but already very quoted paper that landmarks the neurobiology of wisdom, have considered several "subcomponents of wisdom" as they were identified in "several published definitions/descriptions of wisdom by clinical investigators in the field", as are the "prosocial attitudes/behaviors, social decision making/pragmatic knowledge of life, emotional homeostasis, reflection/self-understanding, value relativism/tolerance, and acknowledgment of and dealing effectively with uncertainty" .

My suggestion is that we could re-define of the wisdom as capacity to manage fine / delicate / ineffable equilibriums . From this perspective, in the symbiotic relationship with the machine, the humans will bring with them not the intelligence, but the wisdom, the intuition a.s.o. so a valuable added values.

Concluding, let us observe that in our society, we have just passed from individual having a dominant identity, crashing its recessive identities, his "shadow(ed) identities, toward a constellation of concurrent and sometimes alternatives identities, engaged in a permanent negotiation, that could, may be the sign of the wisdom appropriate for our Digital Era.

From human wisdom, we have passed toward digital human wisdom / human digital wisdom - a symbiotic, non-generic and un-unitary wisdom .

REFERENCES

- [1] xxx 21st Century Learning Initiative, at URL: <http://thumannresources.com/tag/21stcenturyskills>
- [2] xxx What does `identity` mean? in Encyclo website: <http://www.encyclo.co.uk/define/identity>
- [3] xxx Dictionary.com website: <http://dictionary.reference.com/browse/wisdom>. On the
- [4] HOLLWAY, WENDY - Defining Identity - There's More than one 'I' in Identity: An Etymological Search for a Link Between Identity and Identification. http://www.open.ac.uk/socialsciences/identities/pdf/i_in_identity.pdf
- [5] JOY, WILLIAM NELSON - Why the future doesn't need us, in the WIRED Magazine, http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy_pr.html
- [6] MEEKS, THOMAS W. & JESTE, DILIP V. -The Neurobiology of Wisdom: A Literature Overview, in Archives of General Psychiatry, 2009; 66(4), pp. 355-365.
- [7] PRENSKY, MARC - Writings, accessible starting from: <http://www.marcprensky.com/writing/>
- [8] PRENSKY, MARC - Digital Natives, Digital Immigrants, In: On the Horizon (MCB University Press), vol. 9, no. 5, Oct. 2001; Digital Natives, Digital Immigrants. Part II: Do They Really Think Differently? In: On the Horizon (MCB University Press), vol. 9, no. 6, Dec. 2001.
- [9] PRENSKY, MARC - Listen to the Natives, In: Learning in the Digital Age, Dec. 2005, vol. 63, no 4, pp 8-13.
- [10] PRENSKY, MARC - Essential 21st Century Skills: http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-Essential_21stCenturySkills.pdf
- [11] PRENSKY, MARC - H. Sapiens Digital: From Digital Immigrants and Digital Natives to Digital Wisdom, accessible starting from: <http://www.innovateonline.info/index.php?view=article&id=705&action=article;> In: Journal of online education, vol. 3, no 3 Feb./March 2009.
- [12] PRENSKY, MARC - Let's Be "Digital Multipliers". Eliminating the Digital Divide Is Something Educators Can Do, accessible at: <http://www.innovateonline.info/index.php?view=article&id=705&action=article;> In: Educational Technology, Jan-Feb 2009.
- [13] PRENSKY, MARC - Programming: The New Literacy. In: EDUTOPIA Magazine, Feb. 2008.
- [14] PRENSKY, MARC - Let's Be "Digital Multipliers". Eliminating the Digital Divide Is Something Educators Can Do, In: Educational Technology, Jan-Feb 2009.
- [15] PRENSKY, MARC - H. Sapiens Digital: From Digital Immigrants and Digital Natives to Digital Wisdom, In: Journal of online education, vol. 3, no 3 February/March 2009, URL: <http://thumannresources.com/tag/21stcenturyskills>
- [16] SCHMIDT, COLIN T.A. - Having Difficulty with Identity, in Teoria, no 2/2007, pp. 77-84

Can robots interpret texts?

Labiche Jacques, Holzem Maryvonne, Saidali Youssouf, Dionisi Dominique
Université de Rouen, Laboratoires LITIS et LIDIFRA

I. Introduction : phenomenology, hermeneutics and enaction paradigms

While corpora become digital, we propose to begin this paper with a flashback to the foundations of enaction paradigm. Enaction paradigm is based on a theory about living systems whose founder, the biologist F. Varela, has introduced in cognitive science in order to overcome the difficulties associated with computational approaches. Next we will make a brief review of theories about interpretation and phenomenological approaches in order to

understand their interest in the comprehension of digital environments for the future of man. We can then consider particular applications requiring a situated interpretation of numerical documents with the help of computerized tools. Thus, we are confronted with the border between reality and "virtuality" and so between man (his embodiment) and system (his numerical environment), i.e. between a man and an artificial entity (computer equipment) which in no way can make of him a robot because it is only a technical artefact that "organize sensory experience" (Stewart 2004).

I.1. Some elements about history of hermeneutics.

It is in the historicity of reception process (and not of emission) that Thomas Aquinas considered the interpretative intelligence according to "that which is received, it is received according to the method of the receiver" (1272). After the translation of the New Testament from Latin into the vernacular by Luther in order to make it more accessible to all in the 16th century, the 19th century German theologian Schleiermacher, will develop this point of view while giving to hermeneutics, conceived like the art of comprehension, a truly cultural dimension. The reader "must know that the author lived in another world, wrote in another language" (Schleiermacher 1813). So, translation, like an interpretative activity, is equivalent to a re-creation, always opened to "the otherness of the text", (Gadamer 1976) and is not the search of a sense which would miraculously be deposited in a text by its author. Consequently, the interest of hermeneutics point of view focuses on human environment and on context.

I.2. Hermeneutics and phenomenology: distance and incarnation for an obviously subjective interpretation

"The understanding is always the understanding". This assertion is also shared with Ricoeur, considering that the text is the support of communication within and by the distance, in *mediae res*, i.e. neither at the beginning nor at the end but in the center of the historicity of the human experience (Ricoeur 1986). The present invitation at a full and whole participation of the reader is compared by the hermeneutes to a play, to a particular achievement. To be a spectator is determined by the fact of attending the spectacle; it goes along with a lapse of memory (a self denial) which is the *sine qua non* condition for entirely attending the play. For the arts based on representation, works enrich themselves by the fact of being carried out, made present, performed. One can find the same approach as Merleau-Ponty in connection with the perception of the painter Cézanne who questions the Sainte Victoire Mountain with a glance. By its light, lighting, shades or reflections, it has become a mountain for the painter who lives nearby "and who invites us to find behind his vision, a community of texture, the flesh which connects people to people and to the things of the world" (Merleau-Ponty 1964).

I3. Enaction as a phenomenology in praxis

In the lineage of the phenomenology of (Merleau-Ponty 1945) the enactive approach which takes into account the body (vehicle of being in the world) obtains an embodied perception, recalling that "the body sees the things, because it is located within them" (Merleau-Ponty 1964). But it will register this perception as a temporal experiment: that of a world that arises by itself thanks to action. "The world of action and the world of perception form together a closed totality: the *Umwelt*". While being interested more by the co-determination than by the connected parts analysis, this position exceeds on the one hand behaviorism like a behavior which can be observed by another person, but also a certain constructivism for which the tools supporting the field of the experiment are constitutive of our knowledge. The world is co-constitutive to us, subject and *Umwelt* emerge together allowing the enactive coupling to go beyond in a way "beyond the hen and the egg", which "are defined by each other" (Varela 1997), while being focused on the "between two" (the average way according to Varela). Questioning the subject, like the location of cognition is here challenged and replaced by a phenomenological space, an essential interval (Holzem 2009) for the work of interpretation.

II. How do interactions with computers work: what is the user's role?

II.1. Systems known as « input-output » systems

Modelling by means of "systems" consists not only in the identification of various component parts, but needs also to consider the relationships between these component parts and therefore to analyze the interactions which induce a certain level of complexity. That is the

only manner, according to Ludwig von Bertalanffy (von Bertalanffy 1986) to understand the correct operation of systems (theory based on the study of biological systems).

Thus, the users of computerized systems may be viewed like the system's special component parts and their interactions with the system are of the same nature as interactions between the other component parts. This reinforces the computational approach which postulates that brains are organized like computers so that user's interactions ensue from purely rational behaviours (cognition is a computation).

The systemic approach related to cybernetics, has had a significant development by connecting to automation which aims at the command of systems in particular. However the underlying model is for Varela (1996b) only an external point of view on systems viewed like "black boxes" provided with "input-output" which act in accordance with their ambient conditions.

11.2. « Obstinate » research foundation coupled with a "Stubborn search" of a predictable behavior

Paradoxically, if the computing and algorithmic methods used by search engines are optimized and reliable, we see that they are linguistically very poor, in their own functioning but also during interaction with users. The user request is considered as a list of keywords (with breaks and emphasis included, rarely taking into account the writing order) whose words are lemmatised before being sequenced (all requests are processed independently of each other).

In man machine interaction, designers try to put user's intentions in the software and this thanks to ontologies able to convey any kind of intentions and able to last a long time. Consequently during the use of web browsers, the challenge is to create a user profile and then to match it with a knowledge data base.

This approach makes the assumption that the semantic value of a passage of text is only the result of its writing by the author and then in the algorithms that just recognize a words meanings which have been fixed forever in an ontological network. If we take the contribution of hermeneutics and of phenomenology into account, this is a mistake: sense does not lie in the text but rather in the reader's context.

We build and we use ontologies, like a librarian who, for decades, indexes books with a static reference frame to determine once and for all its representations . This, because access to complete texts was impossible, (i.e. to forget text in fact). This is a very old practice which carries on today, because it offers the illusion of an easy mastery of the information content and it controls over shifts of meaning. We do not forget that mastery of information content has become strategic for business intelligence.

From an epistemological point of view, these conceptions lead to a behavioral formatting. In order to succeed this formatting of human behaviour and in order to be able to predict it, the ontologies have to dissolve the difference between languages. A hub for an international language, as Wordnet created by Miller and his team is therefore a perfect tool for this formatting. "They reduce language to a nomenclature which describes neither textual structures nor the considerable variation of genres and discourses" (Rastier 2008). Indeed, if we consult Wordnet web site we could see concrete effect of that position: for instance consulting of the Topic "French recipe coq au vin": we can read "cooking recipes" "(chicken and onions and mushrooms braised in red wine and seasonings)" (Wordnet source). But everyone knows that a chicken is not a rooster and we can not cook a chicken like a rooster (except for the boiled chicken). That is not important for Miller and team, because the world is the same for everyone on the web planet. Then, we wonder about the current status of vehicular language today . We are now in a situation of standardization based on the principles of the cognitive universals, very convenient to build categorization with which users are encouraged to conceptualize and to think.

No doubt that this standardization facilitates the profiling of less human users with their diversity than increasingly robotized in their consumer behavior.

11. 3. Men, machines and neuronal operation

In the field of theory of mind, research studies were first devoted to cybernetics and then to cognitive sciences. The roots of this scientific work has been a communication from McCulloch & Pitts (1943) titled "A Logical Calculus Immanent in Nervous activity". In this

paper they suggest that logic is the fundamental principle of the brain mechanism. This one would be composed of parts that embody logical principles. The whole brain would be a deductive engine (Varela 1996b). These ideas with Von Neuman's work, and linked with the Turing machine, will give birth to the computer.

The basic hypothesis of computationalism is that there is not only a behaviour similarity between the living human brain and the computer, but more an identity in the functioning principles: logic implemented with a finite state machine.

According to Jean-Michel Roy (Roy 1999): "In the late 1970s, connectionism introduced a novelty by proposing that the cognitive machinery is not a system of rules for the manipulation of symbols, but a system of networks that give rise to typical and regular dynamical behaviour that can be interpreted as rules at higher levels of description. ... However, connectionism shares with computationalism an unquestioned representationalism according to which internal entities stand for or correspond to world properties and events."

But the embodied-enactive view questions the relevance of representations as the explanatory device for cognition and has been taken up with vigor in various areas generating lively philosophical debates (Clark 1997).

III. Outline of a digital hermeneutics

III.1. "Abolishing text amnesia" (Rastier 2008)

To better understanding, we will compare digital and traditional reading (a human in front of a screen versus a human in front of a lot of texts or books opened up put on a desk or a lectern. Opening many books put on a desk is not very easy, even when the desk is large. From this point of view, the screen seems much more attractive to browse from a text to another without having to turn pages. Nevertheless, seeing a book, a periodical or other publication which you are used to, you can say if its is a research publication or a scholar book, simply because you recognize the logo of the editor, the color of the cover etc..according to our practice of the textual genre. But, while browsing through the web we are not in front of texts with their peritext (elements of interpretative guidelines), but in front of data. Among (Rastier 2008) we do not know "the context of the corpus within which texts and the information they contain take on meaning, the points of view which shaped information and on which it depends, the various groups for whom the information is destined..." Those elements are taken into account neither in web data, nor in knowledge representation. Consequently we uphold here the François Rastier 's discourse for the defence of data attestation on the web and for replacing the semantic web by semantics of the web (for a recontextualisation of the notion of data). It is for us a prerequisite condition which involves ethic behaviour in digital hermeneutics, in order to control the linking of numerical data.

What does taking into account the textual data exactly mean? If we consider that the meaning does not lie in a text but in the condition of interpretation, why is taking textual data into account so important?

- First, because, in agreement with the hermeneutics theory, the textual context (structure which indicates paths, waystage of interpretation), philological context (the whole corpora within which text is extracted) and historical context (philology in the lineage of other texts from the same genus), are all interpretative elements.

- Secondly, because with digital documents, we can now access through textual requests (versus access to content through keywords). We can use language text software tools (browsing through a very large corpus- increasing our connecting texts ability and therefore their understanding).

- Thirdly, according to hermeneutics and phenomenological position and particularly to enactive position, we shall be careful in making up a corpus of documents because this constructs our understanding (such as the enactive coupling between subject and his Umwelt: here surroundings of texts) while building up corpora. This dialectic takes Ricoeur's notion of ethic and ipseity into account. Unlike idem identity, ipse identity does not depend on something permanent (reproduction of sameness exactly) rather it depends upon narrative identity which involves otherness. In other words the community of the others: the authors (identifiable by textual attestations, see above) with whom you are in textual

interrelationship, and with whom you share your personality. We are particularly interested by the interplay between readerships and texts in identity formation. Furthermore in Ricoeur's theory, there is no entity called self, only selfhood constituted by intersubjectivity. Now, we have to look into parallels between the notion of ipseity i.e. selfhood-identity (Ricoeur in hermeneutics) and the notion of person (Varela, Vermersch, Petitmengin, Depraz in neurophenomenology) in order to draw up our field of research in human epistemological position before conceiving a new numerical interface.

III.2. In order to complete a technological achievement by means of an epistemological thought about humans standing in front of a screen.

- An ethical position.

Considering that individual human consciousness is formed in dynamic interrelation between self and the others (therefore inherently intersubjective), we use Ricoeur's hermeneutic of selfhood in order to develop an epistemological reflexion on human position in front of a screen during a digital browsing among a corpus of documents supplied with linguistics and statistic software for exemple. By characterizing ipseity as the capacity to interrogate himself, Ricoeur argues that a person's narrative identity lies between an idem (sameness) and an ipse (selfhood). For us this question seems very relevant to digital document time. Indeed, hypertextuality allows the activation of the reflexive dimension of the corpus (the texts are reflected in each other, according to the user's navigation: revolutionizing his relation to texts and to textuality).

According to Ricoeur's hermeneutic posture, the process of self identification is dynamic and fluid based on interaction with the communities of which we are parts. He takes into account the fertile precariousness of life which, (because we are never the same, but we become another) outstandingly illustrated in biology by Danchin in "the Boat of Delphi "in order to understand the unstable equilibrium of living system. The myth of the Boat raises the disturbing question of the ceaseless change necessary for life and thus that of ageing and degeneration. The individual ceases being apprehended in a cumulative process from a cognitive point of view, and his intellectual abilities then depend largely on stimulations (disturbances) in his environment. This invites us to take interest in the conditions of couplings (socially, economically, culturally) which constitute the context in the broad sense (historical transmission) and narrow (hic et nunc).

The ethical, or rather deontological position fits what Rastier names a praxeology or theory of the action (Rastier 2001). We cannot separate interpretation from the conjunction of a text with the cultural point of view of the reader. This point of view belongs to the "identity zone" (Rastier: the semiotic of anthropic zones) where men act (hic et nunc) and perceive their own acts through environment (Umwelt in phenomenology).

- A first person experimentation

This kind of intersubjectivity makes the place of the person (versus myself) clear, i.e. ipseity in Ricoeur theory. "Between my body and this other: my person," writes Nathalie Depraz (Depraz, 2008) who suggests a definition of "person" as an embodiment of our attentive and temporal human being (linking corporeity with intersubjectivity). The person is unstable, does not exist permanently, he is a social instance, who actualizes him in context during interaction with others: like a character in literature who exists only in the present time of reading (by and for the readership).

How could taking "the first person point of view" help in an assessment of the relevance of enaction theory in which the inside and the outside, the man who knows and his knowledge, the mind and the world, determine each other? (Petitmengin 2006) We ask the same question, in the context of digital work environment, in order to get a better understanding of interpretive space resulting from subject / world pairing.

Focusing on the ongoing experimentation by a user browsing, he could be offered the possibility to experiment his own understanding by returning afterwards to his own interpretive trail: capturing traces of his navigation, constituting a material of choice for first-person experience.

Gathering observable traces and breaking with the "third person" interviews of cognitive theories (because we refute the observer's neutrality), we agree with Vermersch when he speaks about experiential possibility (i.e. consciousness reflected by Vermersch who follows

Varela's theory). By seeing oneself act retrospectively while using software-tools and with passages he has picked and with the moments when they appear on the screen, we could understand better both human experience in action, and the process of interpreting in a praxeological perspective.

This approach refers to the "ipse" as defined by Ricoeur as reflexivity (What we are trying to do is aid to become aware of moving from what is implicit lived to his own explanation) as Vermersch writes "We are unaware of what we do not understand" (Vermersch 2000). Phenomenology coupled to hermeneutic approach responds to this: we perceive only what we can interpret and "it is before the text that we understand ourselves" (Gadamer 1976).

III.3. Microworlds

According to Francisco Varela (Varela, 1999), "lived time is not physical-computational. ... the exploration of time entails the gesture of reduction and the identification of descriptive invariants time in experience is quite different from time as measured by a clock". So during a human experience putting computer at stake, we are able to describe processes and their duration when they run in the computer. But for cognitive processes we can speak only about "microworlds" and "micro-identities" (Varela 1996a) which induce the different behaviour that arises and disappears. Coupling between users and context is here a coupling between computational processes which can run in parallel, or in the background, and this behaviour which occurs and allows a very useful serendipity.

III.4. On the interest of enaction paradigm?

For the enactive approach, which is non representational in essence, the problem to address is not to represent a predefined world viewed by an observer, but is to conceive an artificial system viewed from its own point of view. And that does not allow considering "input-output" systems. The relations with the environment are therefore seen as "perturbations". According to this approach, to conceive aid by computer systems we must first consider software processes like processes used during experimentations in such a manner that inside and outside are indissociable from the system point of view.

While conceiving computer aided resources to browse the web or a corpus of documents we have to consider that human-computer interfaces are "visible" only when they are unused and are not visible (but very useful) when they are in use, like spectacles: "put down" mode versus "in-hand" mode (Havelange 2003).

A dominant feature such artificial systems intended to take part in the cognitive experiment relate to their capacity of coupling due to their properties of self-organization. This question is no longer within the competence of the "resolution of problems", but of that of the "definition of problem", such as Varela proposes (Varela 1996b). And this is achieved by the coupling of men and machines with this particular environment. Intelligence is no longer defined as the ability to solve a problem, but as ability to penetrate a divided world." (Varela 1996b). We propose to set up the structural coupling which enables to integrate software technique into cognitive practice. In fact, this structural coupling implemented by the data-processing experimental device will make it possible to associate him in particular: "... this strange faculty of the human mind which is to connect..." Gianbatista Vico (Vico1744).

Here we encounter an aspect of serendipity that is the "sagacity" of being able to link together apparently innocuous facts to come to a valuable conclusion. And this competence is a very useful one for browsing, navigating or interpreting corpora.

To bring this competence to our system's users we may use algorithms developed initially for very sophisticated retrieval pieces of software. This software "... forces us to view data mathematically first and establish a context for it later" and so "...Google founding philosophy is that we don't know why this page is better than that one: If the statistics of incoming links say it is, that's good enough ... No semantic or causal analysis is required" says Chris Anderson (Anderson 2008). Then sense making is really brought by the user and above all by his cognitive competences.

IV. About a customizable digital environment

For our first experimentation we aim to improve human interactions of various professional categories with an information system dedicated to transport law and logistics. The goal is to exploit a digital environment of work for professionals (logistic companies, lawyers, risk managers, insurers...) and non-professionals (users). Our system privileges an interpretative

approach in the formulation/reformulation of requests, as well as data visualization. Finally, this digital environment can increase thanks to successive contributions due to dense and complex interactions with users (or groups).

Our positioning is based on the interworking of operational tools to discover new practices of navigation in a textual corpus. It is also based on our preceding search results. We already developed a system called ACTI_VA (Saidali 2007), allowing the acquisition and the valorization of knowledge in the field of document image processing. This software exploits a library of tools to link up during a complex process of image interpretation (that could be used with text). The originality of the ACTI_VA model in terms of interaction is the presentation of sequence of tools use with a management of historic. The user has the possibility to test different kinds of presentations and does not have to reformulate his whole request in case of nonrelevant result, while keeping traces of already played scenarios. ACTI_VA gives access to large capitalized informations, to present relevant documents in answer to a user request.

The experiment of documentary cartography in the ProxiDocs (Roy, 2007) project will also be used and exploited for the design of a digital environment of work. The goal of ProxiDocs software is to immerse the user (or a small group of users) in interactions that enable to highlight the corpus density, to extract principal themes (among those that he chose according to his own interest) of each document and to allow a fast access to each document or passage of document. Within these interactions this tool enables to produce and then navigate into personalized graphic representations (Fig 1).

Figure1: Graphic representation of documents

Currently our strategy for improvement of information research, we offer the user several approaches to browse whole documents, to display, handle and organize the result of his research. In particular, he will be able to use the history of his navigation, his own traces, but also those which are related to his sphere of activity. It will thus be a question of observing the user in his activity, and of enabling him to exploit this observation dynamically. With these traces (voluntary or involuntary), we do not seek to model a behaviour to make prediction, but to have description and analysis tools of intertextual navigation in real situation.

Visualization and analysis of the results of research are necessary steps which follow the total process of information research. The information perception is linked to decision making in the context of use of the proposed system. It is thus initialized by a trade task or a personal motivation; it reflects a culture and organisational constraints, or social norms. Interpretation tasks evolve with the progress of recognition/satisfaction in information need. In this context the user identifies the documentary sources, formulates requests and examines the results; he appears in the middle of an iterative loop "formulation-analyse-visualization-reformulation".

The process is thus initialized when a user identifies an information need and tries to satisfy it by undertaking one or more research tasks. He takes decisions on the strategies to adopt, the tools to exploit and the corpus or part of the corpus to consult. Each information unit discovered can set off new ideas; suggest new directions and change nature even need for information. Then we emit the assumption that, management in a form of histories of traces left by different users can help to discover new strategies and new information.

About information extraction, each action implies a cognitive and physical engagement, and can induce a dynamic evolution of the interface or emerging knowledge. We try to facilitate the coupling and engagement of the user by offering him simple tools for handling/selection/moving the documents results, also for the dynamic expression of requests. The digital environment of search and visualization for information that we propose, presents the following services:

- Interactive definition (graphic or not) of the requests.
- Classification according dynamically definite attributes and items by the user or the user group.
 - o With a hierarchical display that the user can easily reconfigure
 - o With different points of view of (Topics, categories, dates of edition, size, number of card....etc) expressed and re-organisable by the user. These points of view make the user able

to add appropriate constraints to its research context (problems to be solved and competences).

- o With the whole or part of visualized documents, the user requires similar documents.
 - Visualization of research results:
- o List, 2D presentation in the form of hyperbolic clusters, 3D space as the cone trees or Semantic Zoom.
 - Tools for extraction and analyzes whole or part of a document in the corpus.
 - Dynamic refinement of the research context in a filtering zone.

So our experimental approach consists in using dynamic space representations to design and implement a generic platform in personalization of visualization and integration of various and heterogeneous methods. Navigation in data and visualization at different levels of the whole documents enable the user to create his own interpretative course. In the human-machine coupling, the user's interpretations and machine calculations are not in competition, they are actually complementary. The goal of machine activity is to produce by interaction; the traces which will be used in user's interpretations.

V. Conclusion: Interpretation as « enaction of » :

According to Stewart for artefacts, and in our case, for computers or for computerised system which may be linked to the web "... it is the human subject, using an (appropriate, well-designed) interface who enacts a world". And we have addressed here the problem of interpretation aided by a computerized system in such a manner that we have developed a position (digital hermeneutics like?) to conceive a "well-designed" interface, or more exactly, to conceive the way a user can interact with a computerized system composed of existing mathematical tools of which he is really the "cre-actor" (Stewart 2004).

Some examples have been given here which show that interpretation (in a cognitive sense) needs human abilities which may be helped by an opened system giving them the maximal autonomy.

From this point of view, robots cannot interpret texts. During our interaction with a numerical environment we do not become half robot but more human by developing our abilities to connect and therefore suggest.

Our communication is intended to be a reflection on the position and role (prosthesis) of tools which surround us: a reflection to understand what the user becomes by conceiving this new type of digital interface.

Bibliography

- Anderson C. (2008), What Science can learn from Google? Interdisciplines: Scientific publications, [<http://www.interdisciplines.org/liquidpub/papers/3>] (consulté août 2009)
- Clark B.L. (1997), Being there: putting brain, body and world together again; Cambridge : MIT Press/ Bradford books;
- Depraz N. (2006), Comprendre la phénoménologie : une pratique concrète, Coll. Cursus Philosophie, Ed. Armand Colin, Paris
- Gadamer H.G. (1976), Vérité et méthode : les grandes lignes d'une herméneutique philosophique, Paris : Editions du Seuil
- Havelange V., Lenay C. & Stewart J. (2003), Les représentations : mémoire externe et objets techniques. *Intellectica* 35, 115-131
- Holzem M., Labiche J. (2009) Couplage et perturbation versus boîte noire et entrée sortie ou pour un usage pertinent des ontologies et des modèles pour les systèmes informatisés in XVIèmes rencontres de Rochebrune 2009 : ontologie et dynamique des systèmes complexes, perspectives interdisciplinaires, in press Editions des Telecoms
- Merleau Ponty M. (1945), Phénoménologie de la perception. Paris : Gallimard, collection « TEL ».
- Merleau-Ponty, M. (1964), Le visible et l'invisible. Paris : Gallimard, collection « TEL ».
- Petitmengin, C. (2006), L'enaction comme expérience vécue, *Intellectica* 43, 85-92
- Rastier, F. (2001). L'action et le sens pour une sémiotique des cultures. *Journal des anthropologues*, n°85-86 pp 183-219
- Rastier, F. (2008). Que cachent les « données textuelles » ? *JADT 2008 : 9ème journée internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles* pp 13-26

- Ricoeur, P (1990) *Soi-même comme un autre*, Le Seuil,
- Ricoeur, P. (1986) *Du texte à l'action : essais d'herméneutique II*. Paris : Seuil, collection « Point »
- Roy J-M., Petitot J., B. Pachoud & F J. Varela (1999) *Beyond the gap : an introduction to naturalizing phenomenology*, in *Naturalizing phenomenology*, edited by Jean Petitot, Francisco J. Varela, Bernard Pachoud, Jean-Michel Roy, 1999, Stanford University Press, Stanford, California, US pp1-80
- Roy, T. (2007). *Visualisations interactives pour l'aide personnalisée à l'interprétation d'ensembles documentaires*. Thèse d'informatique. Université de Caen.
- Saidali, Y., Trupin, E., Holzem, M., Baudouin, N. (2007) *Pour une aide à l'interprétation de connaissances traiteurs d'images : une approche terminologique*, EGC 07 : 7ème journées francophones : Extraction et gestion des connaissances.
- Stewart J, Katchatourov A., Lenay C.(2004) *Enaction and Engineering; Interdisciplines: Scientific publications*, [<http://www.interdisciplines.org/enaction/papers/7>] (consulté août 2009)
- Varela F.J (1999) ; *the specious present: a neurophenomenology of time consciousness*, p267-268; in *Naturalizing phenomenology*, edited by Jean Petitot, Francisco J. Varela, Bernard Pachoud, Jean-Michel Roy, 1999, Stanford University Press, Stanford, California, US
- Varela F.J. (1996a) *Quel savoir pour l'éthique ? action, sagesse et cognition*. Paris, Ed La découverte
- Varela F.J.(1996b) *Invitation aux sciences cognitives*, Editions du Seuil
- Varela, F.J. & Shear J. (1999) *First person methodologies : What, Why, How*, in *Journal of consciousness studies*, 6, n°2-3, pp1-14
- Vermersch, P. 2000. *Conscience directe et conscience réfléchie*, *Intellectica*, n°31 pp 269-311
- Vico G (1744) *Principes d'une science nouvelle* (trad JL. Lemoigne) ed Nagel 1986 pp. 136
- von Bertalanffy L. (1986)

Cybernetics & Golem Inc.
Michel Faucheux

In 1964 Norbert Wiener writes a small book the title of which is *God & Golem Inc*. He makes a link between cybernetics and the myth of the Golem. For him, the machine is the modern counterpart of the Golem of the Rabbi of Prague. This analogy is provocative. Why is it useful for a scientist such as Wiener to make a link between cybernetics and a myth? Is the myth a tool itself which gives us the ability to understand the true nature of the relationships which exist between human beings and machines, especially since cybernetics builds a new interplay between them?

So, in this chapter, we will try to examine the use of the legend of the Golem by Wiener and the mythical aspects of cybernetics.

Then, we will be led to study the concept of mediation which can be extracted from this relationship between cybernetics and legend on the one hand, and, more generally, between myth and technology on the other hand. We will try to show that this dimension of mediation is essential to think technology for it belongs to culture and is bound with the imaginary. We often see technology as a production of mere, concrete, technical objects without a symbolical dimension. As suggested in the word techno-logy, there is "logos" in the technical process, there is language, and more precisely, there are narratives.

This is why the Golem's legend appears as a way to understand the deep stakes of cybernetics, the new relationships between human beings and machines, but also as the new paradigm of reality which is set up by this new science. Giving a mythical aspect to cybernetics, Wiener shows us that we are now entering a new era of knowledge: the artificial era.

Cybernetics and the legend of Golem

Cybernetics science has military origins. Norbert Wiener, during WWII, has participated to the war project AA Predictor, While studying anti-aircraft fire control, Wiener has conceived

the idea of considering the operator as part of the steering mechanism and of applying to him such notions as feedback and stability, which had been devised for mechanical systems and electrical circuits.

I had become engaged in the study of a mechanico-electrical system which was designed to usurp a specifically human function –in the first case, the execution of a complicated pattern of computation, and in the second, the forecasting of the future (Wiener, 1948, 1961:7).

The word Cybernetics comes from the Greek word *kubernetes* which refers to the action of governing a ship. It refers itself to a logico-mathematical approach which deals with process of communication and command which is the basis of computer science and artificial intelligence. "We have decided to call the entire field of control and communication theory, whether in the machine or in the animal, by the name Cybernetics" (Wiener, 1948, 1961:11)

The field of cybernetics is the study of how information circulates and gets organized, what allows to control and to govern the whole process, with its effect of feedback. One of the main contribution of cybernetics is to find out a new dimension of reality as underlined by Mathieu Triclot (Triclot, 2008). According to him, cybernetics is a scientific revolution which has discovered a new dimension of the world: the dimension of information, another constituent of reality such as matter or energy. Information which is common to human beings and machines finally erases the difference between them.

Besides, as said by Wiener, the aim of cybernetics is to build a mechanico-electrical system designed to usurp a specifically human function. In this way, it also proceeds to an elimination of the difference between human beings and machines which explains the symbolical reference to the myth of Golem.

The Golem is a creature of clay created by magic. The word *golem* comes from the Hebrew word *gelem*, meaning raw material which appears in the Psalm 139 in the Bible. The word refers to the "shapeless mass" to which God would have given the breath, allowing it to become "Adam", the first being who is made of clay, blood and of the divine spark (the letter aleph).

There are many versions of the Golem's legend. In the Polish version, the Golem is a creation of the rabbi of Chelm who engraves the word *Emeth* (truth) on the forehead of the Golem. The word *Emeth* gives life to the Golem. When the letter aleph is rubbed off, the word *Meth* only remains. And then, the Golem is reduced to dust.

In the version of Prague, which appears during the eighteenth century and which is popularized by Berthold Auerbach in his book *Spinoza* and by the journalist Franz Klutshak, the golem is created by the rabbi Loew of Prague (1513-1610) (who is a historical figure living during the sixteenth century) in a different way. The rabbi Loew puts in the mouth of the Golem a piece of paper where is inscribed the sacred name of God. This version of the myth is used by Gustav Meyrinck in his novel *the Golem*.

In the legend, the Golem gets through a lot of works instead of his master and puts itself in the service of the Jewish community of Prague. He can defend the community but he cannot speak. The day of the Shabbat, the rabbi takes off from the golem's mouth the sheet of paper where is inscribed the word of God. The day he forgets it, the Golem destroys everything. When the rabbi finally succeeds in taking off the sheet of paper from the Golem's mouth, it is immediately reduced to dust.

Wiener's reference to the legend of Golem is confirmed by Gershom Scholem, the great specialist of Jewish mysticism and kabala who, in 1965, in an official speech in Rehovot, during the ceremony of inauguration of a new computer built by Dr Haim Pekeris, gives to this computer the name of Golem. Scholem, in the same speech, also adds that rabbi Loew was the Spiritual ancestor of Norbert Wiener. (Scholem, 1974:472)

Thanks to this reference, Wiener registers computers in the long genealogy of the artificial beings which have been imagined by humans and gives a new existence and a new meaning to the legend when applying it to cybernetics. But, if cybernetic machines can be a materialisation of the Golem, it also means that the story of the Golem plays a role of

symbolical foundation of cybernetics. This legend is the way which makes it possible to give a mythical dimension to cybernetics and to think technology otherwise.

According to Wiener, there are three precise reasons why a comparison can be done between the computer and the golem: the ability to learn, the ability to reproduce themselves, the new coordination of machine and man which is implied. "One of these concerns machines which learn; one concerns machines which reproduce themselves; and one, the coordination of machine and man." (Wiener, 1961:11). We must now try to study these three aspects of Wiener's comparison.

The mythical aspects of cybernetics

The Golem is the being who is created by magical and artificial means which are a reproduction of the divine act of creation, as if, according to Wiener, the human attempt to make doubles, reproductions of him-self, referred to the creation of Adam who was made in the image of God. Cybernetics opens the path to build artificial creatures which are man's image.

Man makes man in his own image. This seems to be the echo or the prototype of the act of creation, by which God is supposed to have made man in His image. Can something similar occur in the less complicated (and perhaps more understandable) case of the nonliving systems that we call machines? (Wiener, 1964: 29).

But the word image has to be defined. The Golem machine is not a pictorial image but an "operative image" (Wiener, 1964: 31) of man. It reproduces some of his functions.

Besides pictorial images, we may have operative images. These operative images, which perform the functions of their original, may or may not bear a pictorial likeness to it. Whether they do or not, they may replace the original in its action, and this is a much deeper similarity. (Wiener, 1964:31)

However, what is a machine? According to Wiener, "a machine is a device for converting incoming messages into out-going messages. A message, from this point of view, is a sequence of quantities that represent signals in this message." (Wiener, 1964: 32) This definition has a philosophical implication. It erases the human-machine difference. Humans and machines obey a logic of communication. They have the same informational being. They receive and transform information. Communication is the new paradigm which enables us to describe mankind, as mechanics and watch making in the seventeenth century, for instance. At last, what characterizes machines themselves is, as underlined by Wiener, their ability to reproduce themselves just as humans. Wiener, for instance, gives the example of the "transducer": "it is possible to multiply a machine, say a linear transducer, by a constant and to add two machines." (Wiener, 1964:39)

The reference to the Golem, for Wiener, can also be understood otherwise. Machines are not only automats, they can replace human beings. Because of their ability to learn by themselves, they can compete with humans, like game machines. Wiener gives the example of a program written by Dr A.L Samuel from IBM Corporation which allows a computer to play a game of checkers and to learn by improving its playing with its own experience. (Wiener, 1964:11). By pointing out the ability of machines of reproducing and learning by themselves, Wiener updates the myth of the replacement of man by machine popularized in the XIXth century and XXth century literature. Moreover, his example of a computer joins the popular imagination, where there is often confusion between cybernetics and robotics. In 1960, Manfred Clynes and Nathan Kline invent the word cyborg (« cybernetic organism ») to refer to a being that, instead of man, could live in the extraterrestrial space. And as we have already seen, Gershom Scholem himself identifies a robot and the Golem. Wiener himself, in his book *God & Golem inc.*, refers to the play *RUR* (1921) by Karel Capek (who invented the word "robot"), which deals with a revolt of robots against human beings (Wiener, 1964: 55).

He also insists on the fact that if human beings can be replaced by machines, the social consequences of such a situation could be catastrophic:

We are already in a position to construct artificial machines of almost any degree of elaborateness performance. Long before Nagasaki and the public awareness of the atomic bomb, it had occurred to me that we were here in the presence of another social potentiality of unheard of importance for good or evil.(...) the modern industrial revolution is similarly bound to devalue the human brain, at least in its simpler and more routine decisions." (Wiener, 1948-1965: 27)

This situation is the result of man's attitude that abdicates his responsibility and transfers it to machines. Man is characterized by his desire "to avoid the personal responsibility for a dangerous or disastrous decision by placing the responsibility (...) on a mechanical device which one cannot fully understand but which has a presumed objectivity." (Wiener, 1964: 54) So, if the cybernetics machine embodies two human characteristics, the ability to learn and the ability to reproduce, the problem which is raised is the nature of the relationship between humans and machines, the coordination between them. This coordination can be thought through a myth which is typical of the nineteenth century: the myth of the sorcerer's apprentice.

In his book *God & Golem* Wiener refers to this myth (Wiener, 1964:57) and writes : "I have said that the reprobation attaching in former ages to the sin of sorcery attaches now in many minds to the speculations of modern cybernetics." (Wiener, 1964:49). He refers also to the Goethe's poem, "The sorcerer's apprentice". (Wiener, 1964: 49)

The specific link which is made between cybernetics, the legend of the Golem and the myth of sorcerer's apprentice is meaningful. The Golem escapes from his creator and causes destruction and disorder. Indeed, the legend can also be understood as a denunciation of the risk of machines which have become autonomous. Wiener denounces the danger of an autonomous machine, rigid, mechanically programmed, reacting literally and unable to face the unforeseen just as the Golem which is as suggest the Hebraic word, an "idiot".

This rigid logic characterizes human behaviour when a complex technological process is used, as if mankind was already mechanized. An example of such a situation is given by the making of the atomic bomb: the scientists of the Manhattan Project continue to fabricate the bomb whereas Nazis were defeated. The atomic bomb was used for another aim than the initial one. As underlined by Wiener, the theme of the myth of the sorcerer's apprentice is the danger of magic which implies literal-minded reactions. "This (danger of magic) lies in the fact that the operation of magic is singularly-minded, and that if it grants you anything at all, it grants what you ask for, not what you should have asked for or what you intend." (Wiener, 1964:59)

By referring to the myth of Sorcerer's apprentice, Wiener anticipates not only the danger of relation between humans and machines in which humans leave their responsibility and intelligence to machines, able to act only on a literally way. But he also puts in light the aim of technology which is to think and invent a coordination between humans and machines. "Render unto man the things which are man's and unto the computer the things which are the computer's. This would seem the intelligent policy to adopt when we employ men and computer together in common undertakings." (Wiener, 1964:73)

Cybernetics mediation and the paradigm of the artificial

The legend of the golem, when applied to cybernetics, raises a problem that drives us to question technology, its impact on our world and us: the problem of mediation.

Why does Wiener refer to a legend to describe the nature and the consequences of cybernetics? What can be the role of technology? Mediation is perhaps a way to underline that technology, as seen in the formation of the word, is also made of "logos", narratives, legends, myths...There is, in other words, a symbolic dimension of techniques and the process of mediation is a component of techniques. Technology and narration are linked. Narration is a way to give a meaning to the artefact, the tool, the machine. To conceive a

technical object implies to tell a story which permits to give sense to this object. Narration makes sense. Tools or machines bring with them some meanings, they tell a story. In other words, the process of technology is also a process of symbolisation. Of course, this philosophy of technology implies a specific representation of narratives. Narration is not seen as specific to literature, written or oral literature. It is seen as a universal way of knowledge. There are narratives in the every day life but also in the scientific process, the technological process, the philosophical process ...etc There is a fundamental aptitude of human beings to make knowledge by inventing and telling stories. As underlined by Lorenzo Magnani, if human beings have solved their problems of survival and reproduction by distributing cognitive and ethical functions to external non-biological sources, props, artefacts, it seems that myth and narration are the mediation which makes possible this transfer of competences. Myth is the way used by humans to put their imprint on artefacts in order to use and think them as a continuation of themselves.

Besides, the legend of the Golem is by itself a legend of mediation. The Golem, created by human beings, has a function of mediation:

- between the humanity and the divine who have a power of creation.
- between human beings themselves. Indeed, the Golem, in some versions of the legend, can play the part of defending the Jewish community. It expresses the social role of techniques which produce social links and help to structure society.
- between humans and technique. The golem suggests that the destinies of mankind and techniques are connected.

This legend expresses the technological essence of the human being, who is a creator, who uses technology as mediation with nature. It shows the link which can exist between technology and mediation. But, the reference to the myth of Golem has another interest: It expresses a specific kind of mediation, introducing us to the specific essence of modernity, its strangeness.

Walter Benjamin uses the concept of phantasmagoria to describe the transformation of industrial reality (Benjamin, 1972:375). He means that, in the industrial context where the dynamics of reality is both economical and technological, humans are transformed in things whereas things become subjects. The fetishism of the goods engenders an effect of phantasmagoria. This process of symbolical transformation can be illustrated by the legend of the Golem as far as the Golem itself is a thing, made of clay, an artificial creature. The legend of the Golem may be read in a new sense: it can illustrate this transformation of the human in a thing and reciprocally, the animation of things, which is the characteristic of phantasmagoria.

It can also illustrate the feeling of an "uncanny strangeness" described by Freud which is created when you doubt if an animated being is living or not. Indeed, one of the characteristics of industrial technology, from photography and cinematograph to virtual reality, is the ability to make artificial reproductions of reality (just as the rabbi Loew who makes a reproduction of the human creature by creating the Golem) which can create this feeling of "uncanny strangeness". This strangeness is caused by our shift from a natural world only transformed by techniques to a new artificial world in which the human is becoming a thing, where there is no longer difference between mankind and machines and where the imprint of humanity on the world is disappearing: a world created by techniques, by the dynamics of technology. This shift raises the fundamental question of identity which is central in the human-machines interaction, as shown by Colin Schmidt in his research works. Indeed, we are entering a new era, the artificial era, and we need to fabricate the philosophical, epistemological tools to think this new paradigm of the artificial which replaces the ancient paradigm of nature.

The first step to develop a philosophy and sciences of the artificial (Simon, 1996) is to think technology itself. Wiener, when he writes his book *God & Golem inc*, makes an unusual link for a scientist between myth, legend and technology. Wiener's purpose in his book is to make a link between science, myth and religion.

Wiener, by giving to his book the title *God & Golem Inc*, suggests that the idea of God and the character of the Golem are incorporated in science and technology, that, in other words, there is a symbolic dimension of science and technology. He suggests that technology has not only a power of material but also of symbolical transformation.

This link, however, appears as a kind of "collision" an "impingement". Precisely, the under-title of the book is "a comment on certain points where cybernetics impinges on religion". This word suggests that this link is creating violence, semantic disturbance. But, precisely this disturbance appears as a way to think the new paradigm of the artificial by thinking technology as an activity which can create its own reality. In other words, Wiener shows us that technology has a symbolical impact on spirits which prepare them to accept the shift to a new era where human beings can be replaced by machines, but also where there is no difference between mankind and machines, where biological and mechanical components are merging.

For this reason, we can understand the title of the book otherwise. We may indeed consider that this title also suggests that legend and machines, myth and techniques are incorporated. Machines are not pure material tools but meaningful artefacts. They are semiotic. This is a path to understand the new paradigm of the artificial.

Myths, and more precisely, narration, are used by mankind to speak of technology but also to make a deep understanding of its potentialities. Myth can be seen as a way of understanding artefacts by using them as semiotic machines. It does not have to surprise. Language and technology which are produced by the same cerebral activity are linked together. "Man makes concrete tools and symbols, both recovering from the same (cerebral) process." (Leroi-Gourhan, 1964: 162-163). Narration is the tool mankind uses to integrate technology in his world, to measure the dangers or potentialities of a technique and finally to accept the shift to the artificial era where the border between humans and machines falls out.

Narration has a function of mediation between humans and technologies. Thinking this symbolical mediation is to try to think the passage from the animal to the human, from nature to culture. That's the reason why myth, paradoxically, when referred to tools and techniques, can be seen as the way to build technological wisdoms. No doubt that the necessity of a digital wisdom defended by Viorel Guliciuc may pass by the appeal to the myth. This is why cybernetics and Golem can be incorporated. We do not interpret Wiener's reference to the Golem as a bridge built over the gap which separates science and religion but as a way of thinking technology, of showing the semiotic dimension of techniques, the linguistic dimension of them.

More precisely, the myth of the Golem is the way to show the merging of humans and machines and the passage in the new artificial era. This myth allows to raise the problem of the human-machine relationships which is more largely studied in this book by Olga Lodombe.

Understanding the new artificial era, the new relationships between humans and machines, begins by thinking the semiotic value of machines which, at the same time, produce a wide range of meanings and a new kind of reality.

References

- Benjamin, W., (1972) : *Ecrits français*, Paris, Gallimard.
 Faucheux, M, (2008), *Norbert Wiener, le Golem et la cybernétique, éléments de fantastique technologique*, Paris, Editions du Sandre
 Leroi-Gourhan A (1964), *Le geste et la Parole, technique et langage*, Paris, Albin Michel.
 Masani P, (1985), *Norbert Wiener, Collected works with commentaries, volume IV*, Cambridge, The MIT Press.
 Masani P, (1990), *Norbert Wiener 1894-1964*, Bâle, Birkhäuser Verlag.
 Simon H, (1996), *The sciences of the artificial*, Cambridge, The MIT Press.
 Scholem, G, (1974), *Le messianisme juif*, Paris, Calmann Levy
 Schmidt, C (2007), « having difficulty with identity », *Ethibots, Teoria*

Triclot, M (2008) *Le moment cybernétique*, Paris, Champ Vallon.
 Wiener, N, (1948-1961). *Cybernetics: or control and communication in the Animal and the Machine*, Cambridge, The MIT Press
 Wiener, N (1964), *God & Golem, Inc*, Cambridge, the MIT Press

BRAIN-COMPUTER INTERFACES AND QUANTUM ROBOTS

Eliano Pessa

Centro Interdipartimentale di Scienze Cognitive, Università di Pavia.
 Piazza Botta 6, 27100 Pavia, Italy. Email: eliano.pessa@unipv.it

Paola Zizzi

Dipartimento di Matematica Pura e Applicata, Università di Padova.
 Via Trieste, 63, 35121 Padova, Italy. Email: zizzi@math.unipd.it

1. Introduction

The Brain-Computer Interfaces (BCI) are systems that acquire and analyze brain signals (typically of electromagnetic nature) to create high-bandwidth communication channels in real time between the human brain and a computer (see for an overview, e.g., Dornhege et al., 2007). Most often BCI are designed to capture subject's intentions in order to drive suitable actuators, performing the actions wanted by the subject himself. However, even if BCI seem to open the way for a deep merging between human minds and computers, their actual implementations still appear as unsatisfying and very far from reaching the goal of a complete integration between human beings and artificial devices.

In this paper we will introduce some arguments supporting the impossibility of reaching this goal within the design framework actually used for BCI. In short, this impossibility is due to the fact that actual BCI are designed to allow a computer-to-computer communication within a classical context. However, recent studies lead to the conclusion that the human mind is not a classical computer, and, in general, not completely reducible to any kind of computer (not even classical) because of the non-algorithmic nature of some mental processes. Moreover, we will argue that most mental processes should be described by Quantum Physics. Among these processes there are control processes acting on most mental operations which, otherwise, could not be performed. As control processes can be seen as a sort of metathought, the logic underlying them can be viewed as the one of a (quantum) metalanguage describing most high-level mental processing, such as reasoning, decision making, recalling from memory, and the like. A quantum metalanguage reflects into a quantum object language, and controls the latter.

If we adopt this theoretical framework, it follows that, provided we have at disposal new kinds of BCI, allowing a quantum-computer-to-quantum-computer communication, we could use human mind to control, through its quantum metalanguage, the operation of an artificial quantum computer. The whole system constituted by a human subject and an artificial quantum computer (controlled by the quantum metalanguage of the subject himself) is a new kind of cyborg, called Quantum Cyborg (QC). The latter (see Zizzi, 2008) would allow a deeper integration between human mind and artificial devices. As the practical implementation of a QC requires to solve a number of difficult problems, such as the one of avoiding decoherence induced by external environment, in the final part of this paper we will shortly outline some possible strategies for coping with these difficulties.

2. The conceptual problems underlying BCI design

The design of a BCI requires the solution of a number of hard problems:

- 1) Knowing what features of brain signals are associated to specific kinds of intentions or of mental states.
- 2) Selecting the best techniques to detect these features in presence or noise and artefacts.
- 3) Finding the best way to implement online the sequence detection-action performance.

So far these problems have been dealt with by resorting, on one hand, to experiments on human subjects which imagine to perform a given action, and, on the other hand, to soft computing algorithms, like the ones allowing artificial neural networks to learn, relying only on examples, to mimic whatever kind of input-output relationship (see, in this regard, Bishop, 1995; Rojas, 1996; Bartlett and Anthony, 1999).

This strategy, of course, is based on the hypothesis that mental states are fully characterized by specific activation patterns of brain neurons, where the attribute 'specific' is to be understood in a functional sense. This means that, while the same mental state is not necessarily associated to the activation of the same brain neurons, what matters is that, whatever be the neurons activated, each time, in correspondence to this state, they give rise to the same input-output behavioural patterns of the subject lying in this mental state itself.

Within this functionalist framework the problem arising from the fact that the same mental state is, each time, associated to different patterns of neural activation is avoided by supposing that all these different patterns are characterized, if associated to the same mental state, by a sort of invariant "signature". The latter can be conceived as defined by a set of invariant features characterizing these patterns, and whence also the electromagnetic signals emitted by the brain and detected, for instance, through electroencephalograms (EEG). These features, in principle, could be found through a suitable analysis of the observed EEG. However, as this analysis should, with high probability, be very difficult to implement, the best strategy seems to be the one of collecting the highest number possible of associations between EEG signals and motor outputs, so as to train, through a supervised learning procedure based on known examples, an artificial neural network to produce the output only when the presented EEG corresponds to the intention. Thus, if the learning would be successful, the network weight distribution found after the completion of learning itself, would automatically give an implicit description of the procedure to be used to analyze the EEG signal to extract the 'signature' of the intention.

Without entering into technical details about the implementation of this strategy, widely used to design the actual BCI, we will limit ourselves to remark that it is, in principle, destined to fail, owing to the existence of two main conceptual difficulties. The first one stems from the fact that, given a whatever supervised learning procedure, its performance in the test phase (that is, after completing the initial training phase) depends in a crucial way on the training examples used during the learning. Namely, not only their number must be high enough, but we also need that they are representative of the possible kinds of situations occurring within the whole sample from which training examples themselves have been extracted. Unfortunately, both conditions will never be satisfied in the case of EEG signals (or of whatever other kind of brain signal), first because the number of available data is severely limited (for practical reasons connected to the way through which experiments on human subjects are performed), and, in the second place, because we do not know (and we will never know) how the whole sample of possible EEG is structured. The latter circumstance precludes any possibility of assessing the representatives of chosen training examples, so that, for every supervised learning procedure, we will always be unable to grant its reliability. However, even if this difficulty could be avoided, we could never overcome the second main conceptual difficulty, arising from the fact that, in principle, mental states cannot be defined only in terms of input-output associations. The number of different possible input-output relationships associated to the intention is virtually unlimited, just because the number of different possible contexts is unlimited. We stress here that the word 'context' includes not only states of the environment, but also the occurrence of other, contemporarily present, mental states. To conclude this section, the previous arguments show that the actual strategy used to design BCI is unsuited to capture the occurrence of intentional states in the minds of subjects. This means that the main goal underlying the introduction of BCI will never be reached in this way. In the next sections we will explore a possible alternative.

3. Metathought

Before going further, we remark that intentions can be hardly conceived as mental states. Namely the concept itself of mental state is useless when dealing with adaptive mechanisms, such as intentions, which underlie a number of control processes, in turn acting on mental

operations, such as reasoning, deciding, recalling, and the like. If we generically denote the whole set of usual mental operations through the word 'thought', we should denote intentions, and other control mechanisms, through the word 'metathought', to stress the fact the latter acts on, controls, and drives the ordinary thought.

Within the history of Psychology the concept of metathought has not been very popular. In the Seventies Flavell introduced an analogous concept under the name 'metacognition' (Flavell, 1976). The study of these kinds of topics has been pursued mostly within the domain of Developmental and Educational Psychology (see, for instance, Weinert and Kluwe, 1987; Crowley et al., 1997). Only in more recent times some authors began to introduce computational models of the operation of prefrontal cortex, considered as the seat of control processes within the brain (Becker and Lim, 2003). Anyway, all metathought processes could be interpreted as aiming to keep some sort of equilibrium or, more in general, of coherence. Therefore, in order to describe metathought and intentions, the problem is to find what are the best models, as regards both the physical basis of these processes and their logical nature. Of course, the generally adopted solution of this problem consists in resorting to classical physics and to classical logic. Unfortunately both are ruled out by theoretical arguments as well as experimental findings. On the theoretical side, we know from long time that classical physics is not endowed with coherence-keeping mechanisms. The latter are forbidden by Second Principle of Thermodynamics or, what is equivalent, by the so-called Correlation Weakening Principle, stating that whatever long range correlation will die away after a long enough evolution time. On the experimental side, a large number of experiments performed by psychologists evidenced that most mental processes, including semantic memory search, problem solving, reasoning, cannot be described by classical logic, which, rather, appears to be more suited to describe the operations performed on bits within a digital computer (see Adler and Rips, 2008).

On the contrary, Quantum Theory appears as endowed with powerful coherence-keeping mechanisms, whose efficiency is, in rough terms, due to the fact that within it whatever entity is not spatially and temporally localized but rather described by a probability distribution ranging over the whole space-time. Thus, the superposition of different probability distributions associated to different entities gives rise to a sort of long range correlation between these latter which counteracts the disturbing influences produced by heat, noise, and other coherence-destroying mechanisms. Among the coherence phenomena of quantum nature we can quote ferromagnetism, super fluidity, laser effect, superconductivity, and many others. Some of the latter occur only below a very low critical temperature, close to the absolute zero, but others take place even at high temperature.

It is, however, to be remembered that the expression 'Quantum Theory' is too generic. Namely we currently have two different kinds of Quantum Theories: Quantum Mechanics (QM), dealing with fixed numbers of particles lying within finite space volumes, and Quantum Field Theory (QFT), in which the field strengths are the basic entities, and infinite volumes as well as processes of creation and destruction of particles are possible. While in QM we have a finite number of degrees of freedom, QFT is characterized by an infinite (and continuous) number of degrees of freedom. Both in QM and in QFT the mathematical entities describing physical quantities must fulfil suitable constraints, expressing the non-classical nature of these theories and often called canonical commutation relations (CCR). Once given a physical system, a particular choice of the description of its dynamics, provided it fulfils the CCR, is called a representation of the CCR. Now an important theorem of QM, proved many years ago by Von Neumann, states that within it all different representations of the same physical system are unitarily equivalent. This means that in QM all representations of a given physical system have the same physical content. However, this no longer true in QFT, as shown already in the Sixties. This circumstance entails that within the latter theory the different descriptions of the same physical system can be unitarily non-equivalent, that is describing different kinds of physics. Such a state of affairs occur just when we deal with phase transitions, when a given physical system can undergo a transformation from a given phase (for instance solid) to another phase (for instance liquid), the two phases being characterized by entirely different physical properties. This implies that only QFT offers a

framework for describing phase transitions (see on these topics Minati and Pessa, 2006, Chap. 5; Pessa, 2008).

These considerations entail that only QFT can describe the emergence of metathought. Such a circumstance is at the basis of a number of Quantum Brain Theories (see, for comprehensive overviews, Jibu and Yasue, 1995; Vitiello, 2001; Globus et al., 2004), in turn relying on a firm experimental evidence about the quantum nature of physical phenomena underlying mental processes (Tuszyński, 2006; Abbott et al., 2008). We cannot, however, forget that the same evidence leads us to conclude that normal thought processes should be described by QM, the theory to which QFT is reduced when we are far from phase transitions and the number of components of our systems is kept constant. The quantum logic of mind [Zizzi, PhD thesis] describes a Quantum Computation acting on qubits, entities consisting in a superposition of two quantum states, conventionally denoted as '0' and '1'. Each qubit can be seen as carrying a sort of implicit double potentiality, which can give rise to an ordinary bit under the action of a projection operator producing a collapse of the qubit state. Thus the normal operation of human mind, in a number of cases, can be viewed as equivalent to the one of a suitable Quantum Computer manipulating qubits.

4. Quantum Robots

The previous considerations lead in a natural way to the introduction of the concept of Quantum Robot (QR). The latter, first proposed by Benioff (cfr. Benioff, 1998), can be defined as a mobile system which has a quantum computer on board, and any needed ancillary systems. A QR moves in and interacts with the environment of a quantum system. However, the QR originally discussed by Benioff have no awareness of their environment, and do not make decisions or measurements. We can therefore ask ourselves whether in the future it might be that quantum robots will be aware of the environment, and could perform experiments. This means that they might even become self-aware, conscious, and have "free will".

In this regard it is to be taken into account that, in order to endow a QR with these features, it should be equipped with a sort of "internal observer" able both to look at the internal (quantum) computations of the QR itself and to control them. This internal observer thus should act on QR computations through a Quantum Metalanguage suited to control a Quantum Language, expressed in terms of qubit manipulations. It is natural to suppose that the core of the Quantum Metalanguage consists of inner measurement operators, like the ones used in QM. Unfortunately the latter are not suited to control a QR, as they coincide with projection operators, destroying qubits (which, after the action of a projector, become simple classical bits, whose value is 0 or 1). This entails that traditional "Quantum Logic" would not correctly describe the inner measurements needed by a QR (Zizzi, 2007).

A possible way out of this problem consists in resorting to the so-called "Weak Measurements" (WM), yet introduced by Aharonov et al. (see Aharonov et al., 1988). Without entering here into technical details, we will limit ourselves to mention that a WM is based on a measuring apparatus which interacts very weakly with the quantum system to be measured so as to introduce in it only a negligible perturbation. Moreover, after the interaction with the measure apparatus, the latter acts in such a way as to measure (this time in a projective way), not the physical quantity which is the goal of the measure itself, but another different physical quantity, characterizing the system's environment. The result of the latter measure, however, allows to guess the searched value of the physical quantity characterizing the system under study, value which was the true goal of the measurement procedure. A conceptual analysis, which will not be reported here (see Zizzi, 2005; 2006), leads to represent WM through non-hermitian operators, whose eigenvalues (the values of the measured quantities) are given, in general, by complex numbers, with a real and an imaginary part. These operators can be interpreted as describing a quantum system interacting with a dissipative environment (see Vitiello, 2001; Pessa, 2008). In this regard we recall that the physical processes occurring within the brain should be dealt with, at least as concerns quantum aspects, through a Dissipative QFT, in absence of which the brain dynamics would be characterized by only a single ground state, rather than by the multiplicity

of different ground states needed to accommodate the multitude of different memory states necessarily occurring within the brain.

It is to be stressed that a control based on a Quantum Metalanguage made by non-hermitian operators solves in an easy way the problem of the decoherence of QR. The latter, as it is well known, is produced by the action of a thermal environment destroying the superpositions of quantum states. However, as the non-hermitian operators associated to WM describe an open system interacting with a dissipative environment (not coincident with the thermal one), we must take into account that the very existence of qubits results from an entanglement between the system and this environment. Thus, if the states of the dissipative environment are eigenstates of these operators (remember that WM act on the dissipative environment), every thermal perturbation acting on the system will be automatically counteracted by the entanglement of system's eigenstates with the ones of dissipative environment, which will resist against any attempt to entangle the system itself with the thermal environment.

All previous arguments points to an interesting possibility, the one of using the generalized coherent states (eigenstates of non-hermitian operators) of the brain to control a quantum system, for instance a quantum computer based on quantum dots. This would open the way to the implementation of a QC, in which a human subject, through the quantum metalanguage, could drive a QC, through a BCI much more powerful than the actually existing ones, and able to transform in a more effective way human intentions into actions. Such a kind of QC, opening the way to a deeper merging of humans and computers (possible owing to the quantum framework), would, however, require a lot of experiments, and conceptual as well as technological advances. While, in principle, nobody prevents from having a quantum robots, endowed with QFT-based aspects, able to perform inner WM on its own quantum operations, it seems more plausible that the only feasible implementation of a Quantum Metalanguage be the one based on human brain.

5. Conclusions

The previous arguments showed that the quantum approach predicts the possibility of a direct action of mind on matter. This circumstance, beyond the improvement of the operation of existing BCI, opens the possibility of designing new kinds of BCI interfaces. This could cause a revolutionary change in our actual way of thinking, based on the tacit assumption that our thoughts have no direct effects on the world. The concepts of QR and QC, discussed in this paper, could help to orientate the actual research activity on BCI towards this new direction, letting us explore a deeper aspect of mERGERS.

References

Abbott, D., Davies, P.C.W., Pati, A.K. (Eds.) (2008). Quantum aspects of life. Imperial College Press, London.

Adler, J.E., Rips, L.J. (Eds.) (2008). Reasoning. Studies of human inference and its foundations. Cambridge University Press, New York.

Aharonov, Y., Albert, D.Z., Vaidman, L. (1988). How the result of a measurement of a component of the spin of a spin-1/2 particle can turn out to be 100. Physical Review Letters, 60, 1351-1354.

Bartlett, P.L., Anthony, M.M. (1999). Neural Network Learning: Theoretical Foundations. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Becker, S., Lim, J. (2003). A computational model of prefrontal control in free recall: Strategic memory use in the California verbal learning task. Journal of Cognitive Neuroscience, 15, 821-832.

- Benioff, P. (1998). Quantum Robots and environments. *Physical Review A*, 58, 893-904.
- Bishop, C.M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Crowley, K., Shrager, J., Siegler, R. S. (1997). Strategy Discovery as a Competitive Negotiation between Metacognitive and Associative Mechanisms. *Developmental Review*, 17, 462-489.
- Dornhege, G., Millán, J. del R., Hintenberger, T., McFarland, D., Müller K.-R. (Eds.) (2007). *Towards Brain-Computer Interfacing*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive Aspects of Problem Solving. In L.Resnick (Ed.). *The Nature of Intelligence*. (pp. 231-235). Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Globus, G.G., Pribram, K.H., Vitiello, G. (Eds.) (2004). *Brain and being. At the boundary between science, philosophy, language and arts*. Benjamins, Amsterdam.
- Jibu, M., Yasue, K. (1995). *Quantum Brain Dynamics and Consciousness: An Introduction*. Benjamins, Amsterdam.
- Minati, G., Pessa, E. (2006). *Collective Beings*. Springer, Berlin.
- Pessa, E. (2008). Phase Transitions in Biological Matter. In I.Licata, A.Sakaji (Eds.), *Physics of Emrgence and Organization* (pp. 165-228). World Scientific, Singapore.
- Rojas, R. (1996). *Neural networks. A systematic introduction*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York.
- Tuszyński, J.A. (Ed.) (2006). *The emerging physics of consciousness*. Springer, Berlin.
- Vitiello, G. (2001). *My double unveiled*. Benjamins, Amsterdam.
- Weinert, F.E., Kluwe, R.H. (Eds.) (1987). *Metacognition, motivation, and understanding*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Zizzi, P. (2005). Qubits and quantum spaces. *International Journal of Quantum Information*, 3, 287-291.
- Zizzi, P. (2006). Theoretical setting of inner reversible quantum measurements. *Modern Physics Letters A*, 21, 2717-2727.
- Zizzi, P. (2007). Basic Logic and Quantum Entanglement. *Journal of Physics Conf. Ser.*, 67, 012045.
- Zizzi, P. (2008). "I, Quantum Robot: Quantum Mind control on a Quantum Computer" arXiv: 0812.4614.

From the "technological bluff" to building the "cybernetic man":
Which epistemological approach for a better recognition of the physical and cognitive mutations in the relation between the man and the machine?
Olga LODOMBE

The increasing introduction of technology at all the levels of human and social activity, although quite advanced, in particular with the development of the information society,

raises more and more questions. At a time when some see in the technical field the means to overcome human limitations and even the possibility of reaching perfection, others see it as a growing threat that must be got rid of at all costs. Faced with this dilemma, a question arises: which future is there for the human in his relationship with technology? In other words, would the introduction of technology in society herald an inexorable development towards the "Cybernetic man" announced by Senator Frank Sérusclat? (Sérusclat, 1995). This dilemma correctly reflects the various epistemological approaches which are expressed in the area of the relationship between technology and society, and more particularly the relation between the man and the machine. From the "technological bluff" (Ellul, 1988) to building a "cybernetic man", the line seems quite thin. In line with the exponential growth of technology in society, does the ideological battle between technicists and technophobes still have a reason to be?

The purpose of this paper is to propose, starting from an overview of existing approaches, an epistemological approach in the field of the information and communication sciences, which would allow a better recognition of physical and cognitive mutations in the relation between the man and the machine. This will be made across three parts of this communication.

The first part called "technology and society: an empirical question", will treat the relations between technology and society from an epistemological point of view, across the question of technical innovation. The second part called "at the origin of the notion of "technological bluff": the speech about the technology" will mention different theoretical approaches which express themselves in the field of the relation between the man and the machine. The third part called "from the capacity of techniques to the overtaking of human potential: the cybernetic man" will treat the approaches which allow to define the new meanings of the man's ego and the human being in its relation with the machine. We will conclude by introducing our reflexion on an approach likely to allow a better recognition of physical and cognitive mutations in the relation between the man and the machine.

1. Technology and society: an empirical question

The examination of the controversies which accompany any innovation process shows the narrow interlocking of technical and social contents. According to Blondel: "the dream which the man chases across innovation is not other than the dream of Prométhée: the man who is the chief of the world" (Blondel D., 1990). So, the development of techniques can be seen as an activity thought and programmed by the man in its search of the workmanship of the world. This idea consists, according to Akrich, of «the development of an incorporated scenario of an action plan, program of the sharing out of this action plan in various entities [...] and finally of a representation of the environment in which the action plan can or must come true» (Akrich, 1993a). Innovation idea mingles so in our minds with that of scientific and technical progress, and this one recalls immediately the science which, since antiquity and especially Renaissance, made postpone the borders of knowledge and enlarged the hold of the man on nature. The advent of the information society registers from this perspective, and its dynamics is anchored in the fact that more or less new technologies are introduced at almost all the levels of human and social activity today. If this novelty, for Jeanneret, acquires three particular dimensions across «technical novelty», «social novelty of manners» and the «media novelty of announcements» (Jeanneret, 2000); the innovation process as for him, is defined as a succession of tests and of transformations where a series of actors (human beings and non-humans / men and machines) are in relation. What implicates a bet not only in relation between the object and its user but especially the development of manners and of practices of the different actors who register in a particular context. This last is that of the birth of technical innovation, defined by Flichy as a complex process of confrontation, of negotiation which associates many technical actors but also the users. According to him, stakes around innovation impose the installation of a social and technical frame which will allow managing it better (Flichy, 1995). However, if the installation of this last has an influence on the reports with the different actors, for Akrich it can have: «neither purely technical necessities, nor obligation of some sociopolitical forms can explain the form taken by the innovations» (Akrich, 1993b). What leaves the place to concerns linked at the same

time to its adoption and its development within the society, and finally transported in different discourses which turn around technical innovation.

2. At the origin of the notion of "technological bluff": the discourse about the technology
 Among the speeches relieved around the technological innovation, they often find a determinist conception which assumes the existence of a unilateral and necessary relation between technology and society. This approach based on a linear relation of causality which goes from the technology to the society, refers to the belief according to which science influences the technology which in its turn has an impact on the society. So, it would exist a kind of transcendence between technology and society which translates relation in a radical way between man and machine, by leaning on the study of consequences which follow from historical events. Also, all the thought of McLuhan will rest on deep conviction that media, which defines the environment of the man and that of the society, confuses all aspects of life. Their evolution constitutes therefore the main and decisive explicative factor of the human history, where from the famous quotation which is often allocated to him: "The medium is the Message"» (MacLuhan, 1967). In the same way, the purposes of Van der Vleuten participate to reinforce the vision according to which networks contribute not only to manufacture the societies of inside, but are also the triggering factor of drastic transition between modern history centered on Europe and planetary contemporary history. Also they assert: "if we examine the history of the development of the technical wide area networks [...] we agree to think that technical networks have an impact on some social events or even lead them" (Van Der Vleuten, 2001). What gives its entire dimension to the technological paradigm allocated to MacLuhan. It is the same with the researches which register themselves in the determinist approach and support that "identifying characteristics of a dominant medium can then discuss its implications for culture and functioning of society" (Chambat, 1994).

Note that in this approach, taking into account the interaction between man and machine is avoided as the place of social factors in the development of technology. Although it is clearly demanded by its supporters, it appears rather in the form of discourse that reflects the attitude of its representatives. For them, the relationship between technology and society is received in terms of impact. Technology dominates and influences the society in all aspects of daily life and this influence growing calls to deep mutations in the persons. This conception of existent relation between society and technology, between man and machine, leans on "concrete" facts and reveals a technicist speech, qualified as "bluff" by Ellul. According to him, the word "technology", whatever the use of modern media means: "speech on technology", that is to say a speech of subversion and of propaganda which consists of the demonstration of the perfection of the technical objects and their wonderful capacities, a delusive speech which inhibits the man, moves him away from reality and acts as a drug in the society, as much as it "multiplies by hundred the real possibilities of techniques" (Ellul, 1988) while veiling their perverse aspects. This point of view of Ellul leads us to question ourselves about the introduction/presence of the technologies as well as the real capacities of the technological tools in the society. If the word "technology" means "speech on/about technology" as Ellul underlines it, is this speech on technology only menacing for the man? Are we really in logic of alienation which would like us to be as overwhelm by a technological destiny on which nobody can be taken from by now? Are the technological innovations really threatening the balance of the society by taking the place of the man?

A part of these questions settings finds its answers in constructivist conception which postulates that technology is determined by the social reports; it is a socially constructed artifact. On that way, Flichy assumes that various actors participate in its development. Here, the processes of decisions which determine the technological choices implicate actors, are based on rhetoric and refer to a context. What let's assume that the society influences technology across its choices. The technology in this sense is only an instrument in the service of strategies, a way of translating representations and interests of the actors into presence. This joins the idea of Aitken, according to which a socio-technical system becomes stable after a series of operations of translation, of enlistment, or of profit-sharing leads to

the constitution of alliances and/or oppositions between various actors. These last reveals the complex systems with which the society can be compared in its functioning, across the interactions which govern the different elements between those and result of which drives pressures to the training of groups. According to Dubois: "it is also necessary to take nature into account, with his capacity to resist theories [...]; nature must be considered as a social partner like the others. That means the direction of research would always depend in final of the victory of a camp during a conflict of interest without that the nature has systematically the last word." (Dubois, 2001). This last affirmation allows us to wonder about the role that constructivist approach can hold in the improvement of the conception of the relation between man and machine. In other words, in view of the degree of integration of technologies in the society, is the constructivist approach, such as introduced, not a reconstruction of the world by groups oppressed according to their own interests to the detriment of those of the majority? According to Valenduc, the dilemma of determinism and constructivism is neither an academic debate, nor a quarrel of the ancient and the modern, but a stake in debates of society which concern technological changes. So shouldn't we envisage a mediatory approach which would better take into account the different discourses on technology and introduce the relation between the man and the machine under a more promising view?

An alternative in these debates stills in the notion of "co evolution", developed by Manfred Mack. According to him, the co evolution is a "phenomenon which operates at numerous levels and by which parts affect the group which acts on parts itself.". It is a behavior which is in progress and manifests itself by opened and constructive exchanges, likely to produce a dynamic creator which is, according to him, liberator of treasures of shared intelligence. The same vision is shared by Castells for whom it is obvious that technology does not determine the society anymore, besides than the society defines the course of technical change. According to him, several factors among which the creativeness and the individual entrepreneurship contribute to the scientific discovery, to technical innovation and to their social applications, such that the result at end depends on a set of complex interactions. As a result, "the dilemma of technical determinism is probably a false problem, because the technology is the society, and that the society can not be understood or represented without its technical tools". Mathias abounds in the same sense by maintaining that "daily interaction between the society, more precisely man and technology, must be received in complementarily terms. For him, "it is not really possible to restrain discourse on technology to technical-epistemological circumstances of its development", as much as this last is linked to the human being and concerns life as a whole. The fact that technologies are present in the society and have an influence in the majority aspects of our daily life does not implicate that we are completely blinded by its phantasm and its informational power. In other words, it is the man who decides of the usage which he makes of technology. The notion of co evolution assumes here to operate strategically choices, by taking into account different elements of the society. It's only from the interaction between these different elements that the created information will acquire an added value and make easier the organizational emergence which is "the supreme property of the highly complex systems" (Manfred M ack, 1997). So introduced, the idea of a complementarily between man and machine becomes clear, at the same time as it recalls that of the overtaking of human potential by the means of technology.

3. From the capacity of techniques to the overtaking of human potential: the "cybernetic man".

According to the point of view of co evolution from which the technological tools and the society form a complete group, our question is to know how the interactions which result from this group permit today to locate the man in his relation with technology. In other words, can the interactions which result from the relation between man and machine have an influence on his physical and cognitive system? Can we say that we are moving to a "hybrid" man?

Let us remind here that the idea of studying human mutations facing to the technology is not new. According to Lagauzère, it is already found in the writings of De La Mettrie in the 18th century when the man is compared to a complex machine, impossible to define. From this observation, Lagauzère maintains that “reproducing the real assumes to understand it. As a result, producing an artificial human being assumes to have understood how a “natural” human being works” (Lagauzère, 2008). At this task, cybernetics is going to work across the study of existent interactions inside the living organisms and between these living organisms and the machines. The idea developed by Wiener is that “the society can only be understood across a study of messages and of “facilities” of communication it has; and that, in the future development of these last, messages between the man and the machines, between machines and man, and between the machine and the machine are called to play a continuously increasing role” (Wiener, 1954). Also, the study of the interactions which unfold in the man and that stretch in his relation with the machine would allow us to understand better those who take place in the society across its regulation mechanisms. The term of “machine” returning at the idea of a group composed of interdependent elements and which contribute to the functioning of a whole.

This idea is taken back by the systematic approach which stipulates that to include groups, it is necessary to know not only elements but also their relations and their interactions with the environment. It considers the system like a set of interdependent elements and its method consists in searching solutions on the basis of the observation of a system in its relational network context. This approach is now applied to the domain of information and of communication science across the study of the “communication facts”, defined as “emergent activities” by Mucchielli. According to him, these “communication facts” are from three types: “those that the actors make by regarding the ICT, those whom the actors make by using the ICT, those that the ICT himself issues to the different actors in situation” (Mucchielli, 2006). In other words, to understand the relation between the man and the machine, it is necessary to analyze it from a bet in situation in a given context, and to examine different types of correlations which take place there. This approach, applied to the facts of communication, allows to include the rules of communication-man scheme and to regulate exchanges better. Such as introduced, it doesn’t distance itself from its first conception which is the observation of a system in its context to propose solutions. We point out that this systemic approach gets closer to cybernetics in the sense that it takes into account the notions of interaction and of context with the aim of a regulation of exchanges in the relation between the man and the machine. By doing this it turns to the understanding of the behavior of the human being in his report with the environment and his similar.

Of even, the cognitive sciences which think that the brain is the seat of mechanisms having a level of logical explanation, register themselves in the systematic and the cybernetic logic. According to them, our reflexion can be described by a continuation of logical operations, the human brain working as a computer. So, the cognitiviste psychologist Jerry Fodor postulates that “cognitive faculties would be data processing modules in the same capacity as a robot treats inputs and produces outputs” (Ayache, 2008). According to him, human thought would appear from interaction between these small units of information. Changeux as for him prefers using the terms of “mental objects” to recall the idea of the transmission of thought in circuits of neurons. That joins the connectionist approach of Denett (Ayache, 2008): ideas are potentially visible objects in networks of neurons and these mental objects think they are permanently put in the middle of a competition which mysteriously looks like a darwinian competition. Since then, the study of the mechanisms of the human brain gives its sense to the new meanings of the ego in the relation between the man and the machine, updating the image of ancient notions such as the interactivity, time/distance and border, ubiquity, autonomy, surfeit of information, etc. which are, according to Franck Sérusclat, characteristics of the cybernetic man. Considering therefore the strong development of technologies in the society and at the present time, can we say that we attained the stadium of the “cybernetic man” announced by Sérusclat?

According to Cathelat, it is possible to consider that there is interactivity since there is relation between two living beings. The interactivity is therefore above all a social function all

the more important as interpersonal exchanges are frequent and close. In comparison with modern context: "technological revolution arrives therefore at an instant when a re-emergent interactivity need manifests itself strongly. It is a participation need that touches all domains of life [...] and this notion of interactivity more gains in value and procreates a "true "infostrielle" revolution" (Cathelat, 1998). The interactivity leads a revolution of the status of subject and brings a model which contacts the individual first of all. Whatever is the ground on which it practises, it leads to a new way to apprehend the world, where the status of subject is transformed into "a virtual ego or an interactive ego". The modern, more and more interactive man is in search of a personal satisfaction which is born from a need of individual, coming participation himself of the frustration due to anonymity, and this need is comparable to the need "to count for something..." . Also, in front of its screen, the body fades progressively to leave place to an "automatic subject" in research of partial and momentary satisfaction. By this way, the modern man or "the cyber-nomad acquires privilege to reorganize the society in his please by choosing with whom he is connected, by composing his address book, by joining a group or by constituting around him a network microphone he creates his family, his tribe, his true village or district" (Cathelat, 1998). The interactivity need characterizes therefore the modern man who searches by this means to free himself from a system which stifles him to head for a more reactive, less restrictive system (in terms of instantaneity) and leaving more intriguing and more interesting for him. According to Cathelat: "if these new possibilities are not although indeed vital, they entice every day a little more because true revolution resides in the feeling of freedom, infinite choice, of opening in the world which gives new technology, and it is an overdrive of the potential of life of each in a virtual world which is received unlimited and without restrictions" (Cathelat, 1998). The modern man is meant to be not only unlimited and without restrictions, but to be especially capable to recreate his world and to evolve inside as he wants. New capacities which he develops across his relation with the machine.

Also, the notions of "time", "quickness" and "border" are also characteristic of signification of the ego of the modern man. Carrying a look on the society in his time, Max Weber identifies a main risk of loss of the sense which the individual can give to social activity and to activation of his clean will, under the influence of a rise of process of domination. According to him, these last are not only carried by modern forms of legitimization but tend to mechanize and to dehumanize the modeling of individual behaviors. This reality would be already strongly registered in the course of the development of Western civilization. In the same optics, when Blay maintains that "the modern man devoted himself, with delight and sometimes dread, in the worship of quickness" (Blay, 2002), it is to include better the report of the man in time in the modern world and to wonder about the future of this being in the world of the quickness as the world of life. Zarifian as for him, prefers speaking about "time – become", and he presents it as the social symbol of the productiveness of work and thereby a stake of the modern world. As a result: "no society can indeed lose interest of the way its members devote time to produce their conditions of existence and of the power of effects of this "how" " (Zarafian, 2001).

On the other hand, Weissberg tries to explain the cultural impact of new technology on the man by using the terms of "remote presences" (Weissberg, 2000). According to him, the fact of being available at the same time in the real life and via the technologies has an influence on the social reports of the beings and a double relation system is established. Negroponte abounds in this sense by maintaining that "the more we will become numerical, the more obstacles risk to be physical and not electronic" (Negroponte, 1995). Nonetheless, these areas, for Weissberg, are not retorts of the real because it is not indeed possible to retort virtually what is possible in the real. The purpose of Negroponte brings a nuance in this reasoning, by supporting that the concept of "virtual reality" is a verbose concept as much as "the virtual reality can make artificial as realistic, or even more, than the real". The virtual reality allows so to live a situation with its own body, the basic concept being to give the feeling "to be there" and it is therefore this feeling of ubiquity that the man develops in his relation with the machine. There are many other characteristics of the modern man such as autonomy and overload of information that we did not name in this work.

To conclude, we will remind that the thread of this work is a question setting on a possible epistemological approach for a better recognition of the physical and cognitive mutations in the relation between the man and the machine. The approaches which were introduced have all their reasons to be and we will say with Valenduc that they constitute another stake in debates of society which concern technological changes. However, their examination allows us to maintain that the most interesting approach is the one which considers firstly that the innovation process is socially constructed, which takes into account the notion of co-evolution, which considers different actors, their context, interactions that they cause as well as different influence that they can have some on others. This approach is offered by Mucchielli across the study of the "facts of communication" (Mucchielli, 2006) considered to be exchanges in which the sent messages have a signification necessarily in comparison with a collective situation including the actors concerned by exchange. It is about a communicational approach of ITC.

References

- AKRICH, Madeleine. 1993a. « Les formes de la médiation technique », *Réseaux*, 60, 87-98.
- AKRICH, Madeleine. 1993b. « Les objets techniques et leurs utilisateurs. De la conception à l'action », *Raisons Pratiques*, 4, pp. 35-57.
- AITKEN, H. 1993. « Science, technique et économie, pour une problématique de la traduction », *Réseaux*, 60, 61- 85 (traduction d'une partie de l'ouvrage de Aitken paru en 1985 chez Princeton University Press).
- AYACHE, Gérard. *Homo sapiens 2.0 – Introduction à une histoire naturelle de l'hyperinformation*, Editions Max Milo, Paris, 2008.
- BLAY, Michel. *L'homme sans repos*, Armand Colin, Paris, 2002.
- BLONDEL, Danièle., *L'innovation pour le meilleur... et pour le pire*, Hatier, Paris, 1990.
- CASTELLS, Manuel. *La société en réseaux*, Fayard, 1998, pp. 25-26.
- CATHELAT, Bernard. *De l'homo sapiens à l'homme interactif*, Foreseen, Editions Denoël, 1998.
- CHAMBAT, Pierre. « Usages des technologies de l'information et de la communication ». *Technologies et Société*, 6(3) : 249-270, 1994.
- DUBOIS, Michel. *La nouvelle sociologie des sciences*, PUF, 2001.
- ELLUL, Jacques. *Le bluff technologique*, Paris, Hachette, 1988.
- FLICHY, Patrice. *L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales vers une nouvelle théorie de l'innovation*, Paris : La Découverte, 1995.
- JEANNERET, Yves. *Y'a-t-il (vraiment) des technologies de l'information ?*, Presses Universitaires du Septentrion, 2000.
- LAGAUZERE, Damien. *Robot: de l'homme artificiel l'homme synchronique?*, L'Harmattan, 2008.
- MACK, Manfred. *Co-évolution – Dynamique créatrice – Libérer les richesses de l'intelligence partagée*, Editions Village Mondial, Paris, 1997.
- MATHIAS, Paul. « Y a-t-il une pensée informatique? », *Informatique et philosophie*, 25 avril 2007.
- MCLUHAN M. and FIORE Q., 1967, *The Medium is the Message. An Inventory of Effects*, Bantham Books.
- MUCCHIELLI, Alex. *Etude des communications : Le dialogue avec la technologie*, Armand Colin, Paris, 2006.
- NEGROPONTE, Nicolas. *L'homme numérique*, Editions Robert Laffont, 1995.
- SÉRUSCLAT, Franck, « Les nouvelles techniques d'information et de communication : l'Homme cybernétique », *Assemblée Nationale, Rapport n° 1980 déposé le 10 mars 1995*.
- VAN DER VLEUTEN, Erik et BRETEAU, Anne: « Étude des conséquences sociétales des macro-systèmes techniques : une approche pluraliste », *METR, FLUX*, 2001/1 - N° 43, pp. 42 – 57.
- WEISSBERG, Jean Louis. *Présences A Distance Déplacement Virtuel Et Réseaux Numériques*, l'Harmattan, Paris, 2000.
- WIENER, Norbert. *Cybernétique et société*, Edition Des Deux Rives, Paris, 1954.

ZARIFIAN, Philippe. Temps et modernité- Le temps comme enjeu du monde moderne, L'Harmattan, 2001.

On Psychic Development in the IT Environments

Alexander Voiskounsky

Psychology Department, Moscow State University, Russia
vaemsu@gmail.com

Abstract

Technology-rich environments provide means for either psychic (mostly cognitive) development or stagnation. Lifelong learning to apply new IT services, gadgets, software, etc. is a good chance to enrich one's psychic capabilities. Nowadays adolescents include the parameter of familiarity and expertise with the new technologies into their self-assessment status.

The thesis that the IT environments provide a potential for human mental growth and psychic development is totally consistent with the Vygotsky's cultural-historical theory of psychic development. The main reason is that Vygotsky stressed the importance of semiotic systems in human development. IT environments consist of hardware and software units, both made of sign systems: binary digits are combined in enormously complex combinations according to numerous logical steps, and the combinations include not only particular computers but also computer networks, technology control systems, Internet and Intranet, etc. Thus, the IT environments are semiotic environments.

The most advanced technologies provide the means for psychic development; what is important, the technologies should provide the ways to keep learning new issues: for example in CAVE-like immersive environments the human beings need to seek information, to grab it out of the environment instead of getting the full account about the environment collected and presented by virtual agents. Mental stagnation is traceable when humans cease getting new pieces of knowledge; aside from cognitive "decay," humans may feel disinterested when perform repetitive action. This can be proved by our studies of the computer hackers' motivation, held within the positive psychology framework.

Finally, lifelong learning and usage of the IT units should have its limits. Addiction to the new IT environments – although it is very likely different from the traditional psychological dependencies – presents many reasons to feel anxiety. Addiction may mimetically follow some seemingly novel ways of the IT use, which should be differentiated from purely creative work in the new environments.

In the paper several psychological theories such as Vygotsky's cultural-historical theory, Piaget's epistemology and Csikszentmihalyi' flow experience (belonging to the positive psychology) will be paralleled in the context of the IT technologies usage.

Contact :

C.T.A. SCHMIDT (MCF 71)

(Work +33 (0)2 43 59 49 20 / 49 25

(06.26.26.66.48

: Colin.Schmidt@univ-lemans.fr

* Laboratoire d'informatique de l'Université du Maine (LIUM)



52, rue des Docteurs Calmette et Guérin,
53020 Laval Cedex 09, France

Interactions homme/système-artificiel

par Frédéric Dehais (atelier 19)

Ce document se propose de rassembler les axes et perspectives de recherche discutés sur le thème interaction homme système artificiel lors de l'atelier du 29 et 30 avril par une communauté scientifique transdisciplinaire et un ensemble d'industriels développant des activités de R&D dans ce domaine. En particulier, quatre thèmes ont émergé à l'issue des présentations et des discussions qui se sont suivies : la neuroergonomie, la modélisation formelle de l'interaction homme-machine, les processus de conception et d'évaluation d'environnements interactifs, et les interactions homme-robot.

La neuroergonomie :

Compréhension des mécanismes neurocognitifs sous-jacents aux réponses inadaptées de l'homme à un environnement complexe chez le sujet sain et le patient pour mieux comprendre la similarité de certains troubles cognitifs, qui atteignent en particulier les fonctions exécutives. Ces troubles peuvent apparaître dans le vieillissement normal ou pathologique, chez le sujet diminué (pathologie neurologique, fatigue, manque de sommeil, prise de certains médicaments / drogue / alcool ...) et chez le sujet sain en situation dégradée (ex : génératrice de stress ou d'anxiété) ;

Elaboration de modèles descriptifs et formels (neurosciences computationnelles, intelligence artificielle) de ces mécanismes ;

Définition de théories génériques pour la conception de nouveaux systèmes interactifs (ex : commandes et contrôles, simulateurs de comportements) adaptés au traitement perceptif, cognitif et moteur. Définition de contre-mesures cognitives pour le patient et l'utilisateur en situation dégradée ;

Définition et mise œuvre de nouveaux moyens de mesure (ex : micro et nano capteurs) de nouveaux tests en neuropsychologie et d'intégration d'outils de stimulation (Stimulation magnétique transcrânienne, réalité virtuelle ...) et de mesures existants (EEG, IRM fonctionnelle, oculométrie...) dans le but d'offrir des plate-formes génériques d'analyse et/ou des systèmes de suppléance pour l'utilisateur et le patient.

La modélisation formelle de l'interaction homme-machine :

Etude et mise en œuvre de concepts et d'outils formels pour décrire les comportements et prédire la performance humaine puis adapter, en conséquence, l'interaction avec les systèmes sur lesquels ils agissent (ex : modification du partage d'autorité, réallocation dynamique de fonctions entre les différents agents...) ;

Définition d'approches formelles pour modéliser les différents aspects d'un système interactif (activité, tâches, procédures et réglementations, techniques d'interaction (multimodalité, ubiquité)...) ;

Modélisation de l'erreur humaine et conception de système tolérant aux erreurs humaines ;

Modélisation cognitive de l'humain en situation d'interaction : analyse des interactions homme-homme et homme(s)-machine(s), analyse des comportements homme-homme et

homme(s)-machine(s), analyse des interactions et des situations de conduite de processus (ex : conduite automobile, pilotage...), simulation de macro-système ;
Modélisation de systèmes interactifs pour accroître leur fiabilité (sûreté de fonctionnement, aide au diagnostic et à la réparation, comportement proactif...)

Processus de conception et d'évaluation d'environnements interactifs :

Etude et identification des concepts induits et mis en œuvre dans les nouveaux environnements interactifs (ex : réalité virtuelle, systèmes hybrides, mixtes, environnement 3D, interface diffuse) ;

Définition et validation des méthodes de conception et d'évaluation d'environnements interactifs ;

Définition et outillage du processus de développement pour les environnements interactifs complexes et/ou critiques permettant la traçabilité des besoins, la certification, la vérification... ;

Etude et compréhension des dimensions fondamentales des environnements interactifs (ex : utilisabilité, confiance, « user experience », sécurité, gestion de la confidentialité, accessibilité, acceptabilité et plaisir d'usage).

Les interactions homme-robot et homme système autonome :

Formalisation du partage de contrôle et de structures de décisions dans le contexte d'agents artificiels et humains en interaction (ex : patrouille hétérogènes de drones en interaction avec différents opérateurs, interaction utilisateur pilote automatique/régulateur de vitesse...).

Cette thématique relève de l'étude particulière des points durs suivants :

droit, devoir et responsabilité (ex : chaîne de commandement...),

définition de métriques pour évaluer la performance du système opérateurs-drones,

aspect statique ou dynamique de la structure décisionnelle ;

Compréhension, modélisation et évaluation du concept d'initiative mixte (ex : études des interactions entre opérateurs et algorithmes comportementaux déterministes et non déterministes) ;

Définition de méthodes et outils pour permettre à l'utilisateur de percevoir et interpréter correctement l'état et les limites de fonctionnement du système partiellement autonome et de contrôler ce système en fonction des rôles et tâches à réaliser (ex : coopération homme-homme, coopération hommes-robots, robotique distribuée...) ;

Etude des concepts fondamentaux pour la compréhension de l'interaction homme robot dans le cadre d'un partage de ressource (ex : espace commun, sécurité de l'utilisateur, préférence de l'utilisateur...)

Application visées :

systèmes de commande et contrôle sol (satellites, contrôle aérien, drones et véhicules terrestres)

cockpits (automobile, aviation...)

interaction humain-robot

systèmes critiques de santé (chirurgie assistée, télé-chirurgie, systèmes de monitoring)

aide à la rééducation fonctionnelle et assistance aux patients

assistance au pilotage adapté au profil utilisateur (ex : conducteur âgé)

simulations

technologie de l'information et de la communication (médiation culturelle et médicale, expériences interactives grands public,...)

Sciences cognitives, réalité virtuelle et arts

par Pierre de Loor, Stéphane Vieilledent (atelier 20)

Les sciences cognitives n'ont pas toujours abordé de façon systématique le rôle du mouvement dans la cognition. Or, le mouvement est notre seul moyen d'interagir avec notre environnement. De ce fait, il paraît raisonnable de lui conférer le statut de fonction cognitive de haut niveau au même titre que la mémoire ou l'attention par exemple. L'interaction avec l'environnement, médiée par le mouvement est donc génératrice de connaissances.

Ces connaissances peuvent être prédéterminées ou prescrites mais elles peuvent également émerger de l'interaction. Dans ce dernier cas, elles engendreraient et/ou résulteraient d'un processus créatif. Par conséquent, l'étude des processus créatifs à travers des interactions devient centrale et doit permettre un éclairage nouveau sur la cognition. Néanmoins, cette étude ne peut se soustraire à une évaluation rigoureuse de la dynamique des interactions. Plus particulièrement, l'étude des systèmes dynamiques nécessite de les pousser à leurs limites. De ce fait, réalité virtuelle et arts sont tout à fait complémentaires pour cette étude.

En effet, la réalité virtuelle consiste à simuler en temps réel et dans un monde virtuel, le comportement d'entités autonomes qui sont en interaction entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs. Cette approche de la réalité virtuelle renvoie à une forme de cognition incarnée par le biais d'interfaces enactives et met l'accent sur le rôle majeur des interactions. Le passage par de tels modèles numériques permet un dialogue entre environnement dynamique et entités autonomes. Il offre la possibilité de proposer des formes d'action nouvelles associées à des rendus perceptifs originaux, ce qui permet d'aborder les limites du couplage entre l'action et la perception et même de dépasser ces limites pour inventer de nouvelles formes perceptives, comme le font les arts. Cette notion de contrôle, modulé par la notion d'autonomie, se retrouve également du point de vue expérimental car la réalité virtuelle préserve grandement la validité écologique des situations proposées.

Par ailleurs, les arts constituent un cas emblématique du processus de création, car ils reposent nécessairement sur l'émergence de connaissances originales et valorisent ainsi la production de formes nouvelles. En effet, du point de vue de l'artiste, ils consistent notamment à proposer de nouvelles formes d'action et du point de vue du spectateur, ils sont à la base de nouvelles formes de perception. Cela peut se traduire par un usage inédit de l'espace au plan individuel ou collectif et par l'instauration d'une relation spécifique au temps et aux rythmes. Ces usages nouveaux de l'espace et du temps nécessitent de nouvelles dynamiques de coordination inter-segmentaire et inter-personnelle. Pour que ces dynamiques puissent accéder au statut de processus créatif, elles doivent susciter également une dynamique émotionnelle.

Concrètement ces études permettront de proposer d'une part des modèles cognitifs pour une meilleure compréhension du processus créatif ; et d'autre part la mise en œuvre de nouvelles technologies et de nouvelles formes d'art.

Néanmoins une telle démarche nécessite de lever les verrous suivants:

- L'identification d'observables opérationnels pour caractériser le processus créatif lui-même et procéder à son évaluation.

- La définition des modèles d'entités artificielles dans les environnements virtuels dont le comportement soit propice à la création. On s'attachera particulièrement au lien entre autonomie, interaction et création.
- Le développement de technologies temps-réel favorisant la transduction corps/machine par un langage corporel d'interaction.
- L'amélioration des interfaces et des mondes virtuels en vue de renforcer l'immersion et la sensation de présence.
- L'identification des systèmes d'affordance propices à la création artistique.
- L'ouverture du système interactif en vue de son appropriation spécifique et de son apprentissage par chaque artiste.

Contribution du GDR psycho-ergo à PIRSTEC

Par Jean-Michel Hoc

Groupement De Recherche
Psychologie ergonomique
Et
Ergonomie cognitive

AVRIL 2009

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION GÉNÉRALE..... | 2 |
| GT1 : DIAGNOSTIC, PRISE DE DÉCISION, CONTRÔLE COGNITIF ET GESTION DES RISQUES..... | 3 |
| GT2 : RÉOLUTION DE PROBLÈME, PLANIFICATION ET CONCEPTION..... | 5 |
| GT3 : ACTIVITÉS COGNITIVES DANS LES SYSTÈMES D'INFORMATION ET INTERFACES HOMME-MACHINE..... | 7 |
| GT4 : COOPÉRATION HOMME-HOMME ET COOPÉRATION HOMME MACHINE.. | 9 |
| GT5 : INTERACTIONS PERCEPTIVO-MOTRICES..... | 12 |
| GTA : FORMATION ET GESTION DES COMPÉTENCES..... | 14 |
| GTB : VIEILLISSEMENT, HANDICAP ET EXPÉRIENCE : CONCEVOIR EN TENANT COMPTE DES CHANGEMENTS ET DES DIFFÉRENCES..... | 19 |
| GTC : ASPECTS INTENSIFS : ÉMOTIONS, CHARGE MENTALE, VIGILANCE..... | 23 |
| GTD : THÉORIES ET MÉTHODES..... | 25 |

IRCCyN - École Centrale de Nantes

1, rue de la Noë - B.P. 92101 - 44321 NANTES CEDEX 3 - France

Tél. : +33 2 40 37 69 17 - Fax : +33 2 40 37 68 01

E-mail : gdr-psychoergo@irccyn.ec-nantes.fr – <http://www.gdr-psychoergo.org>



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les réponses détaillées aux questions posées sont à trouver dans les paragraphes qui suivent cette introduction et qui sont structurés selon les thématiques du GDR. Elles ont été élaborées après discussion entre les participants du GDR (notamment les 26 et 27 Mars 2009 lors des réunions soutenues par le PIRSTEC) par les Directeurs du GDR et les Responsables des Groupes thématiques, dans l'ordre : Jean-Michel Hoc, Françoise Darses, Christine Chauvin, Charles Tijus, André Tricot, Alain Giboin, Richard Palluel-Germain, Jean-Michel Boucheix, Jean-Claude Marquié et Béatrice Cahour.

Thématiques actuelles dans votre champ

1. Diagnostic, Prise de Décision, Contrôle Cognitif et Gestion des Risques
2. Résolution de problème, Planification et Conception
3. Activités Cognitives dans les Systèmes d'Information et Interfaces Homme-Machine
4. Coopération Homme-Homme et Coopération Homme-Machine
5. Interactions perceptivo-motrices
6. Formation et Gestion des Compétences
7. Vieillesse, Handicap et Expérience
8. Aspects Intensifs : Émotions, Charge mentale, Vigilance
9. Théories et Méthodes de la recherche en situation complexe

Éléments d'argumentation pour nous permettre de défendre votre projet

La psychologie ergonomique apporte principalement à la psychologie et aux sciences cognitives des connaissances sur le fonctionnement cognitif en situation écologique ou/et technologique. Elle vise à construire des connaissances pertinentes pour l'amélioration des conditions d'exercice des activités complexes.

Verrous scientifiques, techniques ou structurels

En retour, les travaux qu'elle développe en situation écologique permettent de renvoyer aux disciplines de base, surtout à la psychologie, des connaissances fondamentales que seul ce type de contexte permet de générer. Deux principales originalités de la psychologie ergonomique par rapport à l'ensemble de la psychologie doivent être soulignées. Tout d'abord, cette sous-discipline est centrée sur l'étude des activités finalisées, ce qui la conduit à accorder une attention particulière à la compréhension de la performance. Ensuite, bon nombre de travaux portent sur l'expertise.

Enjeux de valorisation

Ce projet est soutenu par une dizaine de grandes entreprises (dont AIRBUS, EDF, RENAULT, SNCF) qui partagent aux travaux et en assurent la pertinence technologique et écologique. Les travaux visent à prédire et à assister les comportements pour augmenter l'efficacité et la fiabilité des systèmes hommes-machines.

Enjeux sociétaux

Le champ de l'ergonomie cognitive couvre des activités développées en situation de travail, incluant assez largement des situations professionnelles, certes, mais aussi les situations de la vie courante qui s'en rapprochent du point de vue de la mise en œuvre d'une expertise spécifique (au sens de l'expérience).

Disciplines concernées



La psychologie ergonomique est fortement établie sur des pluridisciplinarités multiples (au sein de l'ergonomie cognitive) qui s'imposent pour maîtriser les situations étudiées et pour contribuer valablement à la conception, à l'évaluation et à la transformation des situations de travail. Outre la psychologie, qui constitue son ancrage essentiel, elles concernent notamment les sciences du langage et les sciences pour l'ingénieur.

Forces de recherche

Le GDR Psycho Ergo regroupe 39 équipes de recherche relevant de 36 unités labellisées et 6 départements de recherche-développement en entreprise. Plus de 300 personnes participent aux travaux, dont un tiers de doctorants.

GT1 : DIAGNOSTIC, PRISE DE DÉCISION, CONTRÔLE COGNITIF ET GESTION DES RISQUES

Diagnostic et prise de décision sont des activités essentielles dans de nombreuses situations professionnelles et quotidiennes : diagnostic médical, contrôle de processus, régulation de trafic, maintenance et dépannage, conduite automobile, etc. Elles interviennent également dans la gestion de crise. Ces situations présentent la particularité d'être dynamiques, complexes et de comporter des risques. Diagnostic et prise de décision vont donc de pair avec la gestion des risques : risques externes (pour l'installation, le patient, l'environnement, les usagers de la route) ou risques internes (risque de perdre le contrôle de la situation). Les travaux visent à mieux comprendre les mécanismes cognitifs sous-jacents à ces activités en situation dynamique. Ils cherchent également à les modéliser, voire à les simuler. Quatre thématiques actuelles doivent être soulignées.

1- La modélisation et la simulation de la prise de décision en situation dynamique

Il existe de nombreux modèles psychologiques rendant compte de la prise de décision en situation dynamique (l'« échelle double » de Rasmussen ; DSM de Hoc & Amalberti ; Klein et le courant de la NDM (Naturalistic Decision Making) ; Endsley et la « situation awareness » ; ACT-R de Anderson). La plupart de ces modèles tentent de rendre compte des processus cognitifs de haut et bas niveau, ainsi que de leur articulation. La thématique de la modélisation pose deux questions primordiales :

- Quels sont les niveaux du fonctionnement cognitif qu'il convient de représenter dans le modèle : niveau stratégique, tactique, opérationnel ; niveau symbolique, subsymbolique ; niveau contrôlé, automatique ?
- Quels sont les apports et les limites des supports existants pour la modélisation et la simulation cognitive ?

Il apparaît nécessaire, aussi et surtout, d'articuler et d'intégrer les différents modèles existants pour pouvoir rendre compte des comportements des agents, des processus intra-agents, mais également des processus inter-agents.

2- Les mécanismes adaptatifs de la cognition humaine et de la performance

Le contrôle cognitif est l'outil principal de réglage de l'adaptation qui vise à établir un compromis cognitif acceptable entre coût cognitif et efficacité du résultat pour assurer l'obtention d'une performance acceptable, c'est-à-dire la maîtrise de la situation. Hoc et Amalberti (2007) ont proposé un modèle cadre susceptible d'intégrer un ensemble de résultats de la littérature autour du concept central de maîtrise de la situation, en structurant différentes modalités de contrôle cognitif selon deux dimensions orthogonales : le niveau d'abstraction (symbolique/ subsymbolique) et l'origine des données du contrôle (interne (anticipatif) ou externe (réactif)). Des directions de recherches en ont été dérivées qui visent à répondre à une question principale : comment s'effectue le réglage du contrôle cognitif ? ou

encore, quelles sont les informations, les événements qui provoquent une modification des données utilisées pour le contrôle ou un changement du niveau d'abstraction ? Cette question peut être déclinée sous différentes formes :

- Quelle est la part, dans la prise de décision, de la représentation de la situation externe (« situation awareness » au sens de Endsley) et des métaconnaissances ? Le poids de ces deux catégories de déterminants varie-t-il en fonction des caractéristiques de la situation, du niveau d'expertise des opérateurs, des habiletés cognitives et de la personnalité des opérateurs ?
- Comment s'articulent les activités sub-symboliques et symboliques dans des situations dynamiques, quels sont les indices perceptifs qui guident l'activité, quelles sont leurs caractéristiques, à quel niveau intervient l'attention ?
- Comment se caractérise la « compétence heuristique » évoquée par Brehmer et qui permet aux individus d'adopter des stratégies pertinentes pour « gérer » des situations complexes ?

Le réglage du compromis cognitif éclaire, par ailleurs, les mécanismes de gestion individuelle des erreurs (production, évitement, réduction des conséquences, récupération). On sait, notamment, que les experts ne récupèrent pas toutes les erreurs commises. L'essentiel, pour eux, est d'aboutir à une performance acceptable et de contrôler le risque. Le contrôle du risque, dans les activités routinières procède de deux mécanismes : un contrôle externe dans l'environnement de signaux indicateurs de risque qui s'appuie largement sur l'utilisation d'« affordances », un contrôle interne concentré sur la supervision de l'activité cognitive et l'évaluation du contrôle effectif de la situation.

3- La fiabilité humaine

Diagnostic et prise de décision peuvent donner lieu à des erreurs. Différents modèles ont été proposés pour analyser la fiabilité humaine. Ces méthodes (GEMS en particulier) permettent de catégoriser les erreurs, au regard notamment des niveaux de contrôle utilisés pour réaliser ces activités mais aussi de les expliquer à la lumière des connaissances disponibles sur le fonctionnement cognitif et sur les limites de la cognition humaine.

Ces approches ne prennent pas en compte l'influence des contraintes qui s'opèrent sur un système socio-technique et qui peuvent conduire à une déviance des comportements et, parfois même, à une « normalisation de la déviance » (Vaughan). Les approches actuelles de la fiabilité humaine adoptent, à la suite de Rasmussen, une approche systémique en s'intéressant, en particulier, à l'influence des modes d'organisation sur la fiabilité et sur la sécurité.

Les questions qui se posent portent, dès lors, sur l'élargissement des modèles cognitifs à des situations d'interaction opérateurs-systèmes.

4- La prise en compte des aspects collectifs des activités de diagnostic et de prise de décision

La psychologie ergonomique s'est longtemps intéressée aux activités d'individus considérés isolément. Or, dans de nombreuses situations, diagnostic et prise de décision sont réalisés par un collectif de travail et s'appuient soit sur des activités de coopération (téléchanté par exemple), soit sur des interactions entre plusieurs personnes (prise de décision dans des situations de trafic par exemple). Ces activités sont, qui plus est, souvent réalisées par des acteurs qui sont distants les uns des autres et qui communiquent à l'aide de différents outils ; elles sont effectuées au sein de réseaux où la cognition est « distribuée » et appellent des méthodes particulières, telles que celle proposée par Stanton pour analyser la « conscience distribuée de la situation » dans des systèmes dynamiques.

Les questions qui se posent sont relatives à la formalisation du réseau, aux formalismes de modélisation des activités collectives, à la notion de « référentiel commun » et à la prise en

compte d'aspects sociaux lors de la prise de décision (existence de règles informelles, importance du jugement d'autrui, etc.). Ces questions sont particulièrement pertinentes pour l'analyse et la modélisation de la gestion de crise.

L'étude de la prise de décision est partagée par de nombreuses disciplines et sous disciplines) et, notamment par : la psychologie (cognitive et sociale), la sociologie, les sciences de gestion et l'économie, les mathématiques et l'informatique. Chaque discipline ou sous-discipline élabore des approches de cette thématique en ignorant souvent les travaux effectués dans les autres disciplines. Des interfaces entre ces disciplines semblent nécessaires pour progresser dans la compréhension, la modélisation et la simulation de la prise de décision.

Les travaux menés sur la prise de décision ont pour objectif ultime d'aider les décideurs à prendre des décisions satisfaisantes et de limiter le risque d'erreur. Les enjeux de valorisation concernent le développement des systèmes d'aide à la décision. Les enjeux sociétaux sont importants puisqu'il s'agit de limiter le risque d'accidents dans des secteurs à risque, comme le nucléaire, les transports ou encore le domaine médical.

Les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale bouleverseront certainement notre vision des mécanismes en jeu dans les activités cognitives en général et dans les activités de diagnostic et de prise de décision en particulier.

Cette thématique est traitée par une vingtaine d'équipes dans des domaines d'activité variés. L'étude de situations réelles de travail et la diversité des domaines étudiés apparaissent comme une force pour pouvoir développer et mettre à l'épreuve des modèles pertinents des activités cognitives considérées.

GT2 : RÉOLUTION DE PROBLÈME, PLANIFICATION ET CONCEPTION

Historiquement, la résolution de problème a été au cœur des sciences cognitives avec les travaux de Newell et Simon dès les années 70 (Newell & Simon) et a investi, dès les années 80, la psychologie ergonomique (ex : Card, Moran, & Newell). Un investissement fort à propos puisque la nécessité d'étudier la cognition en situation fait de la psychologie ergonomique une discipline appropriée au regard de son champ d'investigation: celle qui prend le monde réel en considération (Norman). Cet investissement a conduit à s'intéresser à la résolution de problèmes complexes (Frensch & Funke ; Hoc ; Quesada, Kintsch, & Gomez) et la résolution de problèmes complexes en situation (Schön ; Visser) avec des tentatives d'application des grands modèles de la cognition (e.g., GOMS, SOAR, ACT, LSA) aux situations réelles de prise de décision (ex. : Matessa & Remington, Sohn, Douglass, Chen & Anderson pour l'aéronautique), et non plus seulement aux situations de laboratoire, et à l'élaboration de modèles plus adaptés (ex. : ICARUS de Choi et Langley).

Il s'agit toutefois de recherches longues et difficiles et un certain nombre de questions méritent un investissement de l'effort public et devraient être affichées par le PIRSTEC comme telles :

- Quelles sont les stratégies efficaces de planification, d'ordonnement et le ré-ordonnement des actions qui évitent l'explosion combinatoire et qui gèrent au mieux les contraintes ? Comment modéliser ces stratégies sous l'angle de formalismes interdisciplinaires permettant la conception d'outils d'assistance adaptés en lien avec les sciences de l'ingénieur ? Comment soutenir ces stratégies par des interfaces et une coopération homme-machine ?
- Comment prédire la distribution interne et externe des composantes du problème relativement à la nature du phénomène cognitif, de l'affordance à la planification, de l'insight à l'apprentissage progressif, de l'activation automatique de connaissances au raisonnement ? Comment traduire ces affordances dans les interfaces homme- machine ?

- Quels sont les processus cognitifs de génération de nouvelles solutions qui permettent l'obtention de nouvelles conceptions ? Comment favoriser la flexibilité cognitive ? Mais aussi comment expliquer la fixité fonctionnelle qui pourrait se révéler être le pendant négatif de l'affordance, - une affordance positive aux effets négatifs - ? Ou encore comment expliquer les phénomènes d'insight ? un concept largement débattu (Jones), mais finalement peu étudié, parce que d'occurrence faible.

- Comment se réalisent les processus intégratifs des phases de conception et des phases de planification qu'on observe auprès de l'opérateur humain qui, avec un comportement dynamique, applique des procédures, mais qui découvre, invente et apprend.

Le PIRSTEC devrait également mettre en avant la recherche sur la conception d'aides informatiques à la résolution, à la planification et à la conception pour accompagner l'évolution vertigineuse des technologies de l'information et de la communication, qui est tout à la fois un facteur de développement de nouvelles formes d'organisation, de production et de gestion qu'un facteur de changements inattendus des pratiques, raisonnements, perceptions et actions de l'opérateur.

Enfin, un nombre de ces technologies relèvent de technologies des sciences cognitives, qu'on retrouve dans les ateliers du PIRSTEC, par exemple (ex. : le brain computing). Le PIRSEC devrait souligner l'importance de l'étude de la conception de ces nouvelles technologies en Sciences cognitives et celle de leurs usages.

GT3 : ACTIVITÉS COGNITIVES DANS LES SYSTÈMES D'INFORMATION ET INTERFACES HOMME-MACHINE

L'évolution rapide des technologies de l'information et de la communication conduit à une diversification des systèmes d'information et à une augmentation exponentielle du nombre de sources disponibles. Si bien que de plus en plus d'individus ont accès à de plus en plus d'informations dans des activités professionnelles, de formation ou de la vie quotidienne. Cette augmentation de la quantité d'information s'accompagne de nombreux problèmes : difficultés à trouver l'information pertinente, à traiter des sources multiples, à traiter des formats de présentation hétérogènes, à interagir avec des interfaces multimodales, à comprendre des contenus complexes. Ces problèmes ne sont pas, à l'heure actuelle, résolus par la formation des individus à l'usage de l'information.

La recherche en psychologie ergonomique traite de ces problèmes, notamment en interaction avec les travaux conduits en STIC dans le domaine des Interactions Humains – Machine (IHM). Vingt laboratoires sont impliqués dans cette thématique, dont un à Bruxelles et un à Genève. Les situations étudiées sont principalement celles d'apprentissage et de formation professionnelle, notamment à distance, les postes de conduite dans le domaine du transport et enfin la gestion des connaissances dans les entreprises. Les activités étudiées sont très diverses : lecture, compréhension et recherche d'information, apprentissage, conduite, communication d'informations. Au sein de cette liste des principales activités étudiées, on retrouve, comme souvent en psychologie ergonomique, des activités se prêtant à des travaux de laboratoire tandis que d'autres relèvent des travaux de terrain. Les chercheurs du domaine utilisent différentes variables pour qualifier ou quantifier les activités des opérateurs : compréhension, mémorisation, « navigation » dans le système d'information, déplacement, apprentissage, mouvements oculaires, prise de décision, attention. Les facteurs dont ils étudient les effets sont principalement les formats de présentation de l'information, les modalités sensorielles de présentation de l'information ou d'interaction, la structure de l'information, les outils d'interrogation, l'expertise des opérateurs, ainsi que leur âge, leur handicap ou leur maladie.

Trois thèmes semblent particulièrement importants.

1 - Effets conjoints de la tâche, de variables humaines et de caractéristiques du système sur la recherche d'information et l'apprentissage

La recherche s'est clairement orientée ces dernières années vers l'étude de l'interaction entre les caractéristiques des systèmes, celles des opérateurs et celles des tâches. Par exemple, pour quel type de tâche de recherche d'information la présence d'un index alphabétique dans le système d'information est-elle efficace ? Cette efficacité est-elle fonction de l'expertise des individus dans tel ou tel registre ? Faut-il simplifier la structure de l'information des sites Web destinés aux personnes âgées ? Si oui, comment ? Comment représenter l'information spatiale pour les personnes non-voyantes dans des situations de déplacements ?

Ces questions sont d'un abord difficile car elles mêlent différents niveaux de traitement (sensoriels, attentionnels, et traitements dits « de haut niveau » comme la compréhension ou la prise de décision). En outre, elles portent de plus en plus sur des activités complexes, où les opérateurs réalisent consécutivement ou parallèlement plusieurs tâches.

La difficulté de ces questions et la complexité des situations étudiées fournissent un terrain de choix pour contribuer au débat actuel sur la mémoire de travail et ses rapports avec la mémoire à long terme. C'est dans des situations où des effets attentionnels et des effets liés à l'expertise des individus sont étudiés conjointement, notamment grâce à la réalisation de tâches très exigeantes, que l'on peut mettre en exergue les phénomènes de « dépassement » des capacités de mémoire de travail.

2 - Ergonomie des documents pour l'enseignement scolaire et la formation professionnelle

Les documents électroniques, les logiciels de simulation et les techniques de réalité virtuelle – réalité augmentée offrent la possibilité de représenter des contenus de connaissance que l'on ne pouvait pas représenter sur papier (par ex. les phénomènes dynamiques complexes). Elles offrent aussi des situations d'apprentissage qui n'existaient pas auparavant (par ex. la formation des pilotes sur simulateur de vol). Ces nouvelles technologies suscitent légitimement un grand enthousiasme dans le domaine de l'enseignement scolaire et de la formation professionnelle. Pourtant, les évaluations empiriques montrent que les résultats ne sont pas souvent à la hauteur des promesses. Au plan international, on a assisté au cours des quinze dernières années à une véritable explosion des recherches dans le domaine de l'amélioration de la conception des documents, notamment multimédias, pour l'apprentissage et la formation, comme en attestent les sommaires des deux revues phares du domaine : le *Journal of Educational Psychology* aux États-Unis et *Learning & Instruction* en Europe.

La recherche s'organise autour des questions suivantes :

- Comment réduire l'effet de partage de l'attention quand l'individu doit traiter des sources d'information multiples ?
- Comment faciliter le traitement cognitif d'un contenu très complexe ?
- Dans quelles conditions les animations sont-elles efficaces ?
- Quels sont les effets des techniques de réalité virtuelle sur le traitement cognitif des objets, des concepts, des situations de travail ou de communication ?

Un défi majeur du domaine de l'ergonomie des documents pour l'enseignement scolaire et la formation professionnelle est probablement celui de la capitalisation des résultats empiriques, qui se comptent aujourd'hui en milliers. Si de remarquables synthèses internationales existent, comme celle de Mayer à laquelle des chercheurs français ont

participé (Bétrancourt, Rouet), il demeure que ces synthèses concernent des travaux de laboratoire et, pour l'essentiel, des apprentissages de type scolaire. Il faudrait réaliser une synthèse rigoureuse, fondée sur une méta-analyse des résultats empiriques dans le domaine de l'ergonomie des documents pour la formation professionnelle.

3 - Conception de systèmes d'information pour des contextes définis

Si le Web a attiré l'attention des chercheurs du domaine depuis le milieu des années 1990, d'autres systèmes d'information suscitent un intérêt grandissant, notamment parce qu'ils sont plus homogènes et fermés que le Web, et donc plus raisonnablement étudiables.

C'est le cas des systèmes d'information des entreprises, qui supportent d'autres activités, comme la coopération, l'échange, la capitalisation des connaissances. Ces systèmes présentent une différence majeure avec le Web : ils concernent des groupes humains restreints.

C'est aussi le cas des nouveaux systèmes d'information intégrés dans des postes de conduite (voitures, camions, bateaux, avions). Cette fois-ci, l'information est destinée à un individu particulier ayant un but particulier dans une situation particulière.

Dans ces deux types de situation, la valeur de l'information dépend strictement du contexte. Le contexte peut être ici défini comme incluant une ou plusieurs tâches, un ou plusieurs individus, et un environnement (physique, social, de travail). Cette approche contextuelle de l'information est actuellement développée dans d'autres disciplines, en particulier en STIC (systèmes d'information, recherche d'information, gestion des connaissances). La contribution de la psychologie ergonomique à l'approche contextuelle de l'information peut être substantielle, notamment dans les deux domaines évoqués : les systèmes d'information dans l'entreprise et la conduite de véhicules. Par sa prise en compte de l'individu, de la tâche et de l'environnement social ou de travail, la psychologie ergonomique doit pouvoir :

- mettre à jour les effets de l'approche contextuelle de l'information, en termes d'efficacité, d'utilisabilité, et d'acceptabilité ;
- contribuer à l'analyse et à la modélisation du contexte informationnel ;
- contribuer à la conception et à l'évaluation de systèmes d'information contextuelle.

Défis à relever

- rendre compte d'effets conjoints de la tâche, de variables humaines et de caractéristiques des systèmes sur la recherche d'information et l'apprentissage ;
- élaborer un cadre rigoureux de description des tâches d'utilisation des systèmes d'information ;
- mettre à jour les effets des techniques de réalité virtuelle sur le traitement cognitif d'objets ou de situations de travail ;
- capitaliser les résultats empiriques dans le domaine de l'ergonomie des documents pour la formation professionnelle ;
- contribuer au développement d'une approche contextuelle de l'information dans les domaines des systèmes d'information pour l'entreprise et de la conduite.

Les travaux dans ce domaine peuvent contribuer à éclairer des problèmes théoriques, comme celui de l'articulation entre des traitements sensoriels, attentionnels et le développement de connaissances de « haut niveau » associés à l'expertise, autrement dit à la refonte du concept central de la psychologie cognitive : la mémoire de travail.

Au plan méthodologique, l'exigence des tâches étudiées et les techniques d'investigation disponibles doivent permettre de contribuer à la question de la mesure de la charge cognitive, et notamment à l'analyse des liens entre mesures objectives (mouvements oculaires), mesures subjectives (questionnaires) et performances.

GT4 : COOPÉRATION HOMME-HOMME ET COOPÉRATION HOMME MACHINE

Thématiques théoriques relatives à la coopération

- modes de coopération (exemple : délégation de fonction, contrôle mutuel, enrichissement perceptif, etc. dans la conduite automobile) : leurs répercussions sur les interférences positives et négatives à gérer entre agents ;
- niveaux auxquels se situe la coopération, qui n'est pas forcément le niveau cognitif (exemple : coopération dans l'action, coopération dans la planification, méta coopération) ;
- processus d'élaboration, de maintien et d'évolution des référentiels communs/contextes partagés dans les différentes situations de coopération (coopération synchrone, asynchrone, etc.) ;
- rôle des représentations externes utilisées comme objets intermédiaires partagés dans la coopération ; articulation entre ces représentations externes et les représentations internes que sont les référentiels communs ;
- rôles interactionnels dans la coopération ; articulation entre activité individuelle et collective dans la coopération ;
- reconnaissance d'intentions dans les situations coopératives ;
- relations entre cognition et émotion dans les situations de coopération (thématique émergente) ; rôle de la confiance et de la fiabilité dans les relations de coopération ;
- élargissement du domaine de validité de modèles actuels de la coopération cognitive à divers types de coopération, comme les situations de coopération asynchrone, les situations mixant coopération et compétition, etc. ;
- modélisation de la coopération dans les « grands collectifs » (thématique nouvelle) ; applicabilité aux « grands collectifs » des modèles et concepts rendant compte des activités des « collectifs restreints » (dyades, équipes, etc.) ;
- modélisation de la coopération entre humains et « avatars » (systèmes jouant un rôle « humain », comme les « agents conversationnels »).

Thématiques méthodologiques relatives à la coopération

- Méthodes d'analyse des processus de coopération
 - o Méthodes d'analyse des processus de « partage de contexte ».
 - o Méthodes d'analyse des relations entre cognition et émotion dans une situation collective (thématique émergente).
 - o Méthodes longitudinales pour l'analyse de la construction du collectif.
 - o Techniques de suivi des processus survenant dans des communautés aux contours variables (thématique émergente).
 - o Plates-formes naturalistes de tests (réseaux en ligne).
 - o Méthodes de simulation des comportements coopératifs.
- Méthodes d'évaluation et de spécification de systèmes coopératifs
 - o Méthodes coopératives ou participatives de conception, préconisant une participation active de l'utilisateur dans la conception.
 - o Opérationnalisation des modèles psychologiques afin que ces derniers puissent être utilisés « facilement » dans la conception des systèmes coopératifs.
 - o Transposition de ce qui a été observé et modélisé dans une situation de coopération homme-homme à une situation de coopération homme-machine : comment transposer l'une à l'autre et quoi transposer ?
 - o Adaptation des méthodes aux technologies collaboratives récentes ou émergentes (ex. : plates-formes d'organisation des connaissances, plates-formes de réalité virtuelle).

Argumentaire sur quelques questions primordiales

Les situations pour lesquelles les demandes d'étude augmentent sont des situations dynamiques, changeantes, évolutives. On ne met plus uniquement l'accent sur les différences de lieux et de moments de la coopération (deux partenaires de la coopération pouvant être

proches ou éloignés dans le temps – coopération synchrone ou asynchrone – ou/et dans l'espace – coopération « de proximité » ou à distance), mais aussi sur :

- les changements de lieux effectués par les personnes coopérant (cf. l'informatique mobile ou capacité à utiliser un dispositif informatique lorsqu'on se déplace et donc change de lieu.) ;
- les changements de collectifs (une même personne pouvant ou devant passer d'un collectif à un autre) : on remarque des passages plus fréquents d'une communauté à une autre : besoin de s'adapter, de parler le langage de l'autre, etc. ;
- les changements dans un collectif (les acteurs du collectif changent) ; tous ces changements pouvant induire des modifications dans les modes de coopération.

On note également des demandes relatives à des :

- situations impliquant de grands collectifs (cf. réseaux sociaux et communautés en ligne) ;
- situations de coopération dans lesquelles les systèmes se trouvent partout intégrés à l'environnement (informatique ubiquitaire), par opposition aux systèmes classiques, qui sont des objets distincts (voir aussi l'informatique omniprésente) ;
- situations de coopération en « réalité virtuelle » (où les acteurs interagissent dans un substitut du monde réel) ;
- situations de conception où interviennent les psychologues ergonomes eux-mêmes – des situations où la coopération entre ces psychologues et d'autres spécialistes est nécessaire.

Verrous scientifiques, techniques ou structurels

- « Passage à l'échelle » des modèles et des méthodes, induit par le passage de l'étude de la coopération dans des collectifs restreints à l'étude de la coopération dans des « grands collectifs ». Le problème est ici de gérer la complexité de la situation à étudier.
- Articulation entre modèles/méthodes issus des différentes disciplines contribuant à l'étude de la coopération et à la conception de systèmes coopératifs.
- Coordination/communication entre disciplines SHS-STIC
- Coordination/communication entre disciplines travaillant sur les usages
- Coordination/communication entre structures spécialisées dans les usages (ex. : Laboratoires des usages, Living labs, etc.).

Nouvelles interfaces à développer

- Interfaces entre disciplines travaillant sur les usages (sociologie des usages, ergonomie, utilisabilité des IHM, ingénierie des besoins, etc.).
- Interfaces entre structures spécialisées dans les usages (ex. : Laboratoires des usages, Living labs, etc.). On peut penser à avoir des interfaces matérielles comme les « grands instruments » pour les sciences physiques ou biologiques (ex. : accélérateur de particules), des interfaces permettant de fédérer les efforts de recherche.
- Interfaces R/R&D/ D/Usage. L'idée est ici chercher à coordonner le plus possible les activités des acteurs et des structures intervenant dans le processus complet R → R&D → D → Usage.

Enjeux de valorisation

- Valorisation des travaux de recherche par le transfert dans des disciplines connexes.
- Valorisation des travaux de recherche par le transfert dans l'industrie et la société.

Enjeux sociétaux

La coopération, l'harmonie, entre ses membres est un souci majeur de la société. Les études sur la coopération peuvent aider la société à répondre à ce besoin. Les enjeux relatifs à la coopération sont nombreux. On ne citera que quelques exemples :

- relations de service ;
- relations dans les réseaux en ligne (Internet) ;

- relations entre partenaires sociaux : l'importance de ces relations dans l'acceptation, par exemple, du télétravail a été souligné par Nathalie Kosciusko-Morizet, secrétaire d'Etat chargée de la prospective et du développement de l'économie numérique ;
- sécurité routière, aérienne, ferroviaire, maritime ;
- sécurité des biens et des personnes .

Avancées scientifiques qui bouleverseront la vision du domaine

La mise au point de techniques de réalité virtuelle permet de simuler des situations de coopération et donc de contribuer à valider des modèles de la coopération.

Disciplines concernées

La psychologie ergonomique étant une discipline transversale à toutes les disciplines relevant de la psychologie scientifique, toutes les disciplines contribuant à l'étude des processus collectifs : psychologie sociale, psycholinguistique, psychologie du travail, etc.

Les disciplines avec lesquelles interagit la psychologie ergonomique :

- disciplines relevant des SHS et contribuant à l'étude des processus collectifs : sociologie des usages, sociolinguistique, linguistique, économie, gestion... ;
- disciplines/approches relevant des STIC : informatique (multi-agents, Web 2.0, CSCW...), automatique.

Instruments et paradigmes concernés

- Les différents paradigmes d'étude de la cognition, en particulier : cognition située, cognition distribuée, théories de l'action, théorie de l'activité, théorie de l'acteur- réseau, pragmatismes.
- Commencent à apparaître (ou réapparaître) des paradigmes « intégratifs » (intégrant les différentes composantes d'un comportement : cognition, motivation, émotion).

Forces de recherche existantes

La quinzaine d'équipes membres du Groupe thématique Coopération du GDR, situées en France ou dans les pays francophones limitrophes (Suisse, Belgique, Luxembourg). Ces équipes regroupent une cinquantaine de chercheurs et d'ingénieurs, sur poste ou temporaires (doctorants et ingénieurs experts en particulier). Plusieurs de ces équipes sont pluri-disciplinaires.

GT5 : INTERACTIONS PERCEPTIVO-MOTRICES

L'étude des coordinations sensori-motrices peut s'appréhender à travers divers domaines d'application induisant l'utilisation de nouvelles technologies comme la réalité virtuelle, l'automatique et la robotique. Un des thèmes principaux développé par notre groupe concerne l'étude des coordinations sensori-motrices appliquée aux situations nécessitant la réalisation de gestes complexes ou la manipulation d'objets à distance. En effet, les performances humaines en contexte technologique sont généralement contraintes par les environnements dans lesquels les comportements sont mis en œuvre : ces environnements sont souvent peu familiers du fait d'un appauvrissement ou d'un format inhabituel des informations disponibles. Ainsi, le prélèvement d'information ou le guidage d'un objet sur un écran de contrôle (simulateur de conduite, téléopération, environnement virtuel) requiert l'intégration des transformations de plan et d'échelle entre l'espace physique et l'espace perçu. Dans ces situations, la concordance existant généralement entre les différents

systèmes sensoriels impliqués dans l'action (systèmes proprioceptif-tactilo-kinesthésique, auditif, vestibulaire et visuel) est souvent réduite. Ceci implique la restructuration des systèmes de référence et des modes contrôles nécessaires à l'action. Par conséquent, ces situations de réalité virtuelle (RV) soulèvent, d'un point de vue ergonomique, des questions relatives à l'intégration des données perceptives et motrices dans l'accomplissement des tâches à fortes contraintes cognitives mais également, en retour, des objectifs quant à la création d'environnements adaptés au fonctionnement de l'individu, dans lesquels des opérateurs distants puissent interagir et collaborer.

L'étude des interactions entre motricité et données perceptives peut se faire à l'intérieur d'environnements physiques artificiels utilisant les systèmes de réalité simulée, augmentée ou virtuelle (casque HMD, système CAVE, par ex.). Ces systèmes placent l'individu en situation technologique innovante et permettent l'étude fondamentale des capacités de traitement de l'organisme en situation perceptive non familière, en situation d'apprentissage, ainsi que l'étude du comportement humain en situation d'immersion.

Les principaux verrous à lever dans ce domaine concernent la question des réafférences visuelles nécessaires à la mise en place de mouvements adaptés. Cette approche est la fois fondamentale et appliquée puisqu'elle concerne directement l'amélioration des systèmes d'aide à la sécurité routière ou la mise au service des populations handicapées de la robotique mobile. Par exemple, un domaine majeur d'application porte sur l'étude des coordinations sensori-motrices dans le cadre de la conduite automobile à l'aide de différents systèmes de simulation. Dans cet axe, la RV est utilisée comme un moyen de recréer des situations particulières permettant de mettre en évidence le rôle de certains indices visuels sur la gestion de la trajectoire du véhicule (comportement oculomoteur, couplage mouvement de la tête et géométrie de l'environnement routier, contrôle postural, etc.). Un autre domaine en fort développement porte sur le téléguidage et la téléopération — des situations dans lesquelles sont soulevées des questions relatives au contrôle du comportement sur la base d'informations ayant subi une transformation géométrique ou dynamique. C'est le cas en téléopération lorsqu'un système proximal (robot « maître ») permet de contrôler un système distal (robot « esclave ») par l'intermédiaire d'un écran de contrôle. On peut ainsi étendre à un site éloigné, inaccessible ou dangereux, les capacités de manipulation et de perception d'un opérateur humain. Ici, l'un des verrous à lever concerne les paramètres spatio-temporels associés à la téléopération d'un engin mobile dans le cadre de la définition d'une interface homme-machine. Dans cette thématique des nouvelles interfaces doivent être développées en proposant un lien plus étroit entre la modalité visuelle et la modalité haptique. Pour cela, un des enjeux est de mettre l'accent sur le développement d'une communication plus étroite entre ces modalités sensorielles via l'utilisation de systèmes robotisés à retour d'effort.

Ces axes de recherches sont bien évidemment valorisables dans des domaines comme l'intelligence artificielle (robotique, système expert) et également dans la santé publique (handicap, téléchirurgie, rééducation, assistance palliative). Il nous apparaît fondamental que l'étude des interactions perceptivo-motrices dans les situations écologiques ou technologiques soit réalisée grâce à une approche pluridisciplinaire (ergonomie, psychologie, robotique, linguistique, neurosciences, etc.), nécessaire pour maîtriser les situations qui sont l'objet de la recherche et pour contribuer valablement à la conception, à l'évaluation et à la transformation des situations de travail.

Une dizaine d'équipes contribuent à cette thématique.

GTA : FORMATION ET GESTION DES COMPÉTENCES

1 - La notion de compétence professionnelle

La notion de compétence est relativement nouvelle en psychologie ergonomique. Elle est liée à l'évolution des tâches dans les situations de travail. C'est un terme issu « du sens commun

», polysémique qui se substitue souvent à « connaissances », « capacités », « habiletés », « expertise ». Cette notion implique l'étude de la performance et de l'activité. Il existe des définitions relativement anciennes de ce terme, comme par exemple celle de De Montmollin : « ensembles stabilisés de savoir et de savoir-faire, de conduites types, de procédures standard, de types de raisonnements, que l'on peut mettre en oeuvre dans des apprentissages nouveaux et qui sédimentent et structurent les acquis de l'histoire professionnelle : elles permettent l'anticipation des phénomènes, l'implicite dans les instructions et la variabilité des tâches ». La compétence serait le « potentiel d'action dans une sphère professionnelle que l'on peut inférer à partir de la réalisation complète de l'activité en situation de travail dans une temporalité longue » (Rogalski & Marquié). Les connaissances spécifiques au domaine avérées et à la base de l'action professionnelle efficace peuvent être qualifiées de savoir de référence. La compétence est très liée à la notion d'expertise et également d'expérience. Toutefois, paradoxalement, cette notion dont l'importance supposée est si fréquemment évoquée, nécessite des définitions plus explicites car elle reste floue, ainsi que des recherches. Par exemple, la nature et l'organisation des connaissances liées à l'expertise, la qualité des modèles mentaux construits par les opérateurs dans les activités de compréhension au cours de la formation ou encore les étapes du développement des compétences sont des questions importantes. Cinq thèmes ou questions de recherche actuelle seront développés, deux classiques :

- Les dimensions de la compétence ;
- La dynamique du développement de compétences, de l'apprentissage, et de la capitalisation des savoirs ;

et trois autres constituant plutôt des tendances actuelles de développement :

- Modèles, outils et méthodes pour la conception, la conduite et l'évaluation des formations et de l'apprentissage ;
- Les apprentissages multimédias : Le rôle de technologies TIC dans la conception des outils d'apprentissage et des documents pédagogiques ;
- Le progrès des méthodes

Nous n'aborderons pas la question du vieillissement qui fait l'objet d'une thématique à part entière du GDR.

2 - Les dimensions de la compétence

Beaucoup de recherches sur l'expertise se sont appuyées sur la comparaison « experts-novices » ou « débutants-expérimentés ». Beaucoup reste à faire en ce qui concerne les « niveaux de l'expertise » et de compétence notamment l'idée de « continuum d'expertise ». Les recherches doivent aussi se développer sur la nature dynamique ou fonctionnelle des connaissances mobilisées au cours du développement des compétences. Comment se développent des niveaux de régulation des différents types de connaissance mobilisés au cours de l'activité ? Ils peuvent concerner :

- L'engagement corporel (composante perceptive et motrice) ;
- Le passage d'un fonctionnement contrôlé à un fonctionnement automatisé ;
- La conceptualisation des actions (aspect réflexif de l'action) ;
- L'apprentissage implicite ;
- L'activation et le fonctionnement de concepts en actes ;
- Les connaissances méta-cognitives ;
- La temporalité dans les situations dynamiques.

L'articulation de ces différentes composantes est particulièrement importante dans la gestion des situations dynamiques à risques.

D'autres dimensions nouvelles nécessitent le développement de recherches :

- Les notions de concepts pragmatiques, concepts construits pour et par la situation de travail, et de structure conceptuelle des situations ;
- L'organisation fonctionnelle des connaissances en mémoire chez l'expert ;

- Les compétences collectives ;
- Les « compétences émotionnelles ».

Un modèle analytique des connaissances opérationnelles (KEOPS) a été développé dans le cadre de recherches sur la formation professionnelle (Rogalski & Samurçay). Il présente une articulation des connaissances selon quatre pôles : des connaissances génériques et conceptuelles (K) des catégories de situations et des procédures pour les traiter (PS), des connaissances épisodiques de situations singulières (E) et enfin des connaissances d'outils cognitifs opératifs (O).

3 - La dynamique du développement des compétences

Le développement des compétences, leur maintien et la capitalisation des savoirs acquis constituent des enjeux cruciaux de l'évolution des organisations, du progrès des personnes mais aussi de la recherche en psychologie ergonomique. Cette thématique revêt une importance accrue dans les situations où la complexité des processus et/ou le risque (par exemple les situations dynamiques comme les centrales nucléaires, la médecine), sont tels que l'apprentissage « sur le tas », par l'exercice et la répétition ne sont pas suffisants ou impossibles. Il peut s'agir du maintien et du développement de compétences par l'action tout au long de la vie ou au cours de périodes de formation et d'apprentissage systématique.

Nous possédons relativement peu de connaissances établies « avec une approche objective » et aussi expérimentale sur les processus de développement des compétences professionnelles chez l'adulte. Les modèles sont généralement constructivistes : c'est dans l'action que se construisent les savoirs et savoir-faire, mais comment ? Une question importante est d'articuler l'activité fonctionnelle (l'action) à l'activité méta-fonctionnelle (la réflexion) ou dans une approche de type piagétienne, l'action et l'abstraction, ou bien à travers la construction de hiérarchies d'abstraction. D'autres modèles, issus de recherches de laboratoire ou sur la résolution de problème portant sur la procéduralisation des connaissances déclaratives pourraient utilement être testés dans l'étude du développement des compétences professionnelles à long terme et notamment dans l'apprentissage de la gestion de situations à risques réalisée sous une pression cognitive intensive. Trois principaux types de moyens peuvent être distingués pour le développement ou la formation des compétences :

- La formation professionnelle
- Les outils d'assistance au développement des compétences en situation de travail (outils réflexifs)
- Conception d'aide faisant partie de la conception du poste ou outils incorporant de la connaissance.

Nous nous centrerons à la suite sur la formation professionnelle et les outils d'apprentissage et en particulier les simulateurs et les technologies pour l'apprentissage.

Modèles, outils et méthodes pour la conception, la conduite et l'évaluation des formations et de l'apprentissage

La conception de formations professionnelles et de situations d'apprentissage proches des situations de travail et fondées sur l'analyse de l'activité et non sur des programmes de type scolaire est relativement récente. Cette approche d'ergonomie des situations de formation et d'apprentissage articule trois domaines disciplinaires : la psychologie ergonomique, la psychologie cognitive de l'apprentissage et la didactique professionnelle.

Le modèle de la conception de la formation s'organise en quatre étapes :

- l'analyse de l'activité,
- la transposition didactique (ou reconstitution sélective) de la situation de référence qui consiste à conserver tout ou partie des fonctionnalités de la situation de travail de référence,
- la conception des situations d'apprentissage

- et leur évaluation.

Dans le cadre d'une telle démarche, des recherches sont à entreprendre concernant l'efficacité de l'apprentissage, les modalités de développement des compétences dans ces situations transposées, les styles et les différences inter-individuelles.

De ce point de vue, le rôle des développements technologiques récents est majeur, permettant la conception de situation et d'outils d'apprentissages multimédias ou de type simulateur. Il peut s'agir de simulateurs pleine échelle, de réalité virtuelle ou augmentée, de simulations et ou de logiciels écrans dans lesquels sont sélectionnés des traits pertinents de la situation, des problèmes à résoudre, selon des principes de découpage ou de focalisation fonctionnelle. Les technologies permettent aussi de varier les formes de représentation des situations et des connaissances à l'écran, par exemple d'associer des niveaux analogiques (images, vidéos) ou plus abstraits (courbes) d'un même phénomène ou d'un même processus dynamique. Il devient alors possible de « manipuler » des variables didactiques ou des modalités d'apprentissages dans des situations proches de la « réalité ».

Dans cette perspective les travaux sur les apprentissages avec des simulateurs pourraient trouver un développement nouveau. En effet les études utilisant des simulateurs ont le plus souvent été réalisées dans le cadre de recherches sur le diagnostic ou la gestion de situations à risques ou dans le cadre d'évaluation des compétences mais non dans une perspective d'apprentissage ou de formation à plus long terme.

Très peu de travaux abordent le problème de l'évaluation des effets des formations. Il s'agit également d'une dimension cruciale pour les recherches futures. De même les travaux concernant l'activité et le rôle du formateur ne font que débiter : il apparaît que le rôle de celui ci est important dans l'usage qui est réservé aux technologies pour l'apprentissage et aux situations de simulation.

Enfin, si le fonctionnement et la nature des « habiletés » des opérateurs constituent un thème majeur de l'ergonomie, des travaux sur le rôle et les mécanismes des apprentissages implicites dans ces acquisitions manquent encore.

Les apprentissages multimédias (en lien avec la thématique : « Activités cognitives dans les systèmes d'information et interfaces homme-machine »)

Le rôle des TIC dans la conception des outils d'apprentissage et des documents pédagogiques devient majeur. La possibilité de représenter à l'écran des phénomènes complexes et invisibles (par exemple le fonctionnement d'un volcan, la dynamique des marchandises à l'intérieur d'un camion pendant le transport, la pousse d'un pied de vigne etc..), des illustrations dynamiques, les logiciels de simulation écran, la possibilité de concevoir des représentations multiples, les systèmes interactifs, bref les systèmes multimédias permettent la conception de représentation et d'interfaces multiples et riches.

Le degré de sophistication de ces outils est bien en avance sur l'approche scientifique des effets réels de ces nouveaux dispositifs d'apprentissage et de formation. Sont-ils réellement plus efficaces ? Deux problèmes principaux se posent. Le premier concerne la charge cognitive induite par le traitement d'informations multiples et le partage d'attention entre des modalités sensorielles. Le deuxième est le degré d'adaptation des interfaces, notamment des images et des systèmes de contrôle proposés à l'apprenant pour le soutien des activités cognitives visées dans l'apprentissage. Par exemple on pourrait penser intuitivement que la compréhension profonde d'un processus dynamique complexe (par exemple, le fonctionnement de cœur humain) pourrait être amélioré en utilisant une présentation dynamique. Or, les travaux concernant le bénéfice des animations dans la construction de modèles mentaux efficaces et précis sont décevants : les animations ne sont pas bénéfiques. En effet, les animations sont fugaces, le sujet ne sait pas où regarder, quoi regarder et quand

? Bref, les animations sont difficilement appréhendables par le système cognitif humain de traitement de l'information symbolique, mieux à même de traiter des séquences sous la forme d'étapes statiques discrètes. Dans ce domaine des recherches sont nécessaires sur les thèmes suivants :

La multimodalité

Des études ont montré que lorsqu'un graphique complexe est présenté, le commentaire verbal d'accompagnement doit être présenté de façon auditive et non écrite. En effet, l'utilisation de l'audio libère l'attention visuelle qui peut se consacrer au graphique. A l'inverse l'utilisation de l'écrit provoquerait un effet de partage de l'attention visuelle (split attention effect) sur les deux sources graphiques et verbales. Cependant, d'autres études mettent en doute la généralité de ce principe: il semble que ce ne soit valide que lorsque l'apprenant n'a pas le contrôle sur le rythme de la présentation et qu'avec un commentaire assez simple. La recherche consistera à explorer cette question.

Les animations et la séquentialité

A quelles conditions une animation peut-elle être bénéfique ? Quand le sujet peut en contrôler le défilement pour la rendre plus appréhendable ? Le rôle des animations dans la conception et le traitement d'interface devra être étudié systématiquement.

- Les systèmes de contrôle par l'utilisateur

Ajouter un système de contrôle des objets de l'interface par l'utilisateur (via la souris de l'ordinateur par exemple) peut favoriser les mécanismes d'intégration de l'information durant les apprentissages et soutenir la construction de modèles mentaux efficaces et circonscrits. D'un autre côté, gestion d'un système de contrôle trop complexe peut constituer également une source de charge cognitive, en particulier chez le professionnel novice. Des recherches devront déterminer les systèmes et niveaux des contrôles les plus adaptés pour l'acquisition de compétences.

- L'interactivité

Peu de recherches ont été réalisées sur le rôle de propriétés d'interactivité avec l'interface. On peut par exemple penser que la connaissance préalable du domaine (expert contre novice) aura un effet sur l'utilisation par l'apprenant des propriétés d'interaction.

Les représentations multiples

L'accès à plusieurs formes de représentation d'un même processus pourrait être favorable à la création chez l'apprenant de concepts de différents niveaux d'abstraction. De telles connaissances devraient faciliter la gestion de processus complexes et invisibles. Mais, multiplier les représentations peut entraîner un phénomène de confusion ou de surcharge. Les recherches pourraient se développer sur le thème des systèmes de liaison explicite (ou implicites) entre les différentes représentations.

- Les types d'images 2Dvs 3D, transparence et effets de zoom : le traitement d'images en trois dimensions doit également être étudié.

- Les feed-backs et les résultats de l'action : la possibilité d'apprendre à, partir des résultats de son action, en particulier pour des systèmes à long délai de réponse ou à risque peut s'avérer très bénéfique. C'est par exemple ce que montre une étude sur la taille de la vigne par des élèves viticulteurs qui utilisaient un simulateur écran fournissant l'état du pied de vigne trois mois après la taille lorsque les sarments avaient poussé.

- Les modalités sensorielles : l'interaction entre les différentes modalités sensorielles proposée par ces systèmes interactifs devra également être étudiée.

Progrès de méthodes

Pour finir mentionnons les évolutions technologiques des outils d'investigation pour l'étude des compétences. Ces outils permettent de réaliser des études expérimentales mais aussi des analyses « on-line » de processus cognitifs par exemple en utilisant des systèmes mobiles d'enregistrement des mouvements oculaires.

Parallèlement à ces évolutions permettant de pister l'activité de l'opérateur en formation, il sera également nécessaire de réfléchir à des méthodologies de « débriefing » après l'action qui permettent d'obtenir des données « fiables » sur l'activité réflexive de l'apprenant au cours du développement des compétences.

GTB : VIEILLISSEMENT, HANDICAP ET EXPÉRIENCE : CONCEVOIR EN TENANT COMPTE DES CHANGEMENTS ET DES DIFFÉRENCES.

La Commission Européenne estime jusqu'à 15% la proportion des personnes qui présentent un handicap de nature cognitive, sensorielle ou motrice. La population âgée est concernée, car l'avancée en âge se traduit pour beaucoup de personnes par la confrontation à diverses situations de handicap. Dans l'Europe des 27, environ 16% de la population a plus de 60 ans, une proportion qui va encore fortement augmenter. Pour permettre une participation sociale active à ces populations, il apparaît indispensable de prendre en compte leurs spécificités dans la conception des infrastructures, des organisations, des services et des développements technologiques. En outre, les technologies nouvelles peuvent offrir à ces personnes d'importantes solutions palliatives. La psychologie ergonomique apporte dans ce domaine le point de vue de l'utilisateur.

Dans ce document, les problématiques du vieillissement et du handicap sont abordées conjointement à l'aide d'une approche « environnementale » du handicap qui stipule qu'une situation de handicap résulte de la combinaison de trois types de contraintes : celles liées à une activité, à un environnement et à un état fonctionnel. Les auteurs sont cependant conscients que les conséquences de ces deux phénomènes peuvent parfois être différentes.

1 - Thématiques actuelles/percées intéressantes

L'accessibilité et l'utilisabilité des technologies de l'information et de la communication par les handicapés et les personnes âgées.

L'accès aux nouvelles technologies, leur utilisabilité, leur acceptabilité et leur adéquation au regard des besoins et des caractéristiques des personnes souffrant de limitations fonctionnelles est devenu un impératif dans notre société de l'information. Le développement de la gérontechnologie en témoigne. Diverses disciplines (robotique, mécanique, télématique) sont de plus en plus conscientes de l'importance des apports de la psychologie ergonomique pour représenter le point de vue de l'utilisateur, et souhaitent travailler en synergie avec notre communauté.

Du fait de la prévalence grandissante des maladies neurodégénératives dans la population (DTA, Parkinson, notamment⁴) et de la politique volontariste de soutien à la quotidienneté des personnes en situation de handicap, un secteur en fort développement concerne les

⁴ Incidence de 50% chez les plus de 85 ans pour la maladie d'Alzheimer (source : PAQUID)

technologies d'assistance et de compensation de la perte d'autonomie des personnes âgées et handicapées visant à favoriser leur maintien au domicile.

Divers changements, démographiques, sociaux et technologiques incitent à accorder une attention spéciale aux conditions d'accès et d'utilisation par les seniors des services offerts par le Web. Les âgés rencontrent plus de difficultés pour naviguer sur Internet que les jeunes, en particulier dans la recherche d'informations. Les outils développés ne répondent que peu ou pas aux besoins spécifiques de cette population, en particulier les technologies portables qui permettent d'avoir en permanence un niveau d'information et de service équivalent à celui dont une personne peut disposer à son domicile. Face aux difficultés relevées, il est crucial d'identifier les barrières cognitives et sociocognitives à l'utilisation du WEB dans la phase d'apprentissage, ainsi que celles qui persistent ou émergent spécifiquement chez les utilisateurs âgés dans les phases ultérieures. Ce type d'étude requiert la collaboration entre chercheurs en informatique et en psychologie ergonomique.

Le maintien dans l'emploi des seniors.

Il s'agit là d'un thème majeur de l'actualité sociale, politique et économique de ces dernières années, du fait de la démographie et des réformes en cours (retraites, pénibilité du travail, prolongement de la vie active). Les bouleversements induits par les mesures politiques récentes ou à venir soulèvent de nombreuses questions dont l'ergonomie détient déjà les réponses pour certaines d'entre-elles et, pour d'autres, elle dispose des outils conceptuels et méthodologiques pour construire les nouvelles réponses attendues⁵. Les problèmes que soulève la nouvelle donne sont des problèmes d'organisation du travail, d'aménagement des postes, de conception de dispositifs techniques adaptés aux capacités et aux stratégies cognitives des utilisateurs âgés ou handicapés, d'accès à la formation, d'adaptation des méthodes aux besoins spécifiques des seniors.

Effets des environnements professionnels sur le vieillissement cérébral.

Les situations professionnelles sont les seules qui permettent de manipuler des quantités d'expositions et de pratique suffisamment importantes pour en étudier les effets à long terme sur les processus cérébraux et cognitifs. L'étude de leur influence est donc capitale pour comprendre les conditions d'un vieillissement cognitif réussi, et préciser le rôle de variables comme la pratique et l'expertise, ou celui de certaines expositions (neurotoxiques, par exemple). Des travaux récents ont identifié, parmi les influences professionnelles, des facteurs « capacitants » et « incapacitants » sur le plan du développement cérébral et cognitif à long terme (par ex. le rôle positif d'environnements professionnels riches ou le rôle négatif de la désynchronisation durable des rythmes biologiques). On a aussi besoin de mieux connaître comment les environnements de travail influencent le développement du sentiment d'auto-efficacité et l'aptitude à long terme à relever les défis cognitifs qui s'imposent dans le milieu professionnel.

Le maintien de la mobilité pour les personnes âgées et handicapées.

La mobilité est un des domaines où les barrières imposées par les limitations fonctionnelles sont les plus gênantes. Dans les pays de l'OCDE, le nombre des plus de 80 ans devrait dépasser les 70 millions au cours des 25 ans à venir. La voiture reste un moyen de transport dont les personnes âgées se déprennent le plus tard possible. Les questions les plus actuelles sont les suivantes : Quels sont les mécanismes cognitifs particulièrement en cause dans les configurations d'accident spécifiques aux personnes âgées ? Quels sont les processus d'optimisation mis en place par les seniors et quel rôle joue la prise de conscience

⁵ On a besoin en particulier de recherches sur les contraintes de travail qui sont les plus pénalisantes et donc sélectives pour les opérateurs vieillissants, en fonction de leurs parcours et de l'usure professionnelle, et sur des stratégies d'adaptation leur permettant de rester performants, tout en préservant leur santé.

changements liés à l'âge ? Quels bénéfices peut-on attendre d'une formation plus régulière et des expériences de remédiation dans ce domaine ? Comment faire pour que les seniors bénéficient pleinement de l'aide apportée par les technologies embarquées ? Comment s'effectue leur appropriation de ces technologies ? Ces questions sont également pertinentes pour des conducteurs cérébrolésés qui présentent également des déficits cognitifs, notamment attentionnels, qui pourraient être compensés par des dispositifs embarqués.

Au-delà des seules applications à la conduite automobile, des travaux sont nécessaires pour mieux comprendre les difficultés de navigation dans les espaces publics pour divers types de personnes handicapées lors de leurs déplacements personnels et professionnels.

2 - Verrous scientifiques, techniques ou structurels dans notre champ de recherche

La tension entre validité interne et validité écologique (verrou scientifique).

Cette tension est difficile, mais le refus de l'assumer conduit à de graves gaspillages : recherches pointues et expérimentalement irréprochables mais déconnectées des réalités et des besoins ; recherches attentives aux besoins mais méthodologiquement fragiles.

La nécessité d'études spécifiques à côté de recherches plus générales (verrou lié à la stratégie de la recherche).

Les incidences qu'ont les limitations perceptives et cognitives liées à l'âge ou au handicap sur la conception des nouvelles technologies de l'information et de la communication ne se déduisent pas forcément des recherches fondamentales. Elles nécessitent des recherches expérimentales et des approches méthodologiques qui sont spécifiques des besoins, des difficultés et des modes opératoires réellement mis en œuvre par les populations concernées lors de l'utilisation de ce type d'outils. Les composantes sociocognitives et affectives des conduites réelles des utilisateurs vieillissants ou handicapés sont également incontournables et encore très mal connues (stéréotypes sociaux plus ou moins intériorisés, anxiété d'apprentissage, biais de représentation, etc.).

Les difficultés d'accès aux populations d'étude (verrou technique).

Nous avons besoin à cet égard d'une plus grande coopération des entreprises, d'un relais de la part des services de l'état ou des collectivités territoriales, d'une aide technique au sein des universités, d'une aide à la constitution et au suivi de cohortes partagées.

La réalité virtuelle comme outil écologique de diagnostic et de rééducation des handicaps liés (ou non) au vieillissement (verrou scientifique).

Plus le dépistage du vieillissement pathologique est précoce, plus la prise en charge thérapeutique est efficace. Mais les outils d'évaluation du handicap cognitif sont encore d'une grande pauvreté. En conséquence, il est primordial de disposer d'outils d'évaluation étant à la fois écologiques pour sonder le handicap, c'est-à-dire en lien avec les activités réelles de la personne âgée, mais aussi structurels, c'est-à-dire identifiant les fonctions cognitives altérées. Le développement d'applications en Réalité Virtuelle (RV) remplit ces deux objectifs cliniques de l'évaluation cognitive. La principale difficulté à surmonter est d'intégrer dans la conception des interfaces Patient-Application RV, les besoins et caractéristiques de l'« utilisateur ».

La dispersion des recherches sur le handicap (verrou structurel).

La dispersion des recherches sur le handicap dans plusieurs communautés disciplinaires (psychologie, ergonomie, informatique, robotique, mécanique, etc.) rend difficile l'identification et la mise en synergie des compétences.

3 - Quelles nouvelles interfaces développer à l'avenir ?

Compte tenu du développement de nombreuses technologies au service de la santé et de l'autonomie, il serait important de créer davantage de passerelles entre la psychologie ergonomique et les sciences médicales (santé publique, épidémiologie, médecines de réadaptation et du travail, par ex.).

4 - Enjeux sociétaux et de valorisation

Le maintien dans l'emploi des seniors.

Cette question répond à une actualité brûlante dans les systèmes de production du fait des mesures incitant à la prolongation de la vie active, ce qui soulève de nombreuses difficultés en matière d'organisation du travail, de conception des postes et de formation tout au long de la vie.

La promotion d'un vieillissement réussi

Le coût économique et social d'une qualité dégradée du vieillissement est lourd pour nos sociétés. La démonstration n'est plus à faire que les expériences professionnelles influencent fortement le développement dans le dernier tiers de la vie des aptitudes cognitives, sensorielles, motrices. La psychologie ergonomique contribue aussi à identifier les facteurs favorables au vieillissement des personnes handicapées.

Le maintien à domicile des personnes âgées

Pour favoriser le maintien à domicile des personnes âgées (90% actuellement selon l'INSEE), le rôle de l'ergonomie, appliquée à l'environnement domestique et aux technologies d'assistance, est primordial, autant pour les usagers que pour les professionnels qui interviennent au domicile. Les collectivités territoriales sont désormais légalement incitées à œuvrer dans ce sens. Des métiers nouveaux sont en train d'émerger pour assister humainement et par la technique ce maintien à domicile⁶.

Le maintien de la mobilité

L'enjeu des recherches en psychologie ergonomique concernant la mobilité et les transports est de préserver la capacité à se déplacer par soi-même le plus longtemps possible, tout en assurant la sécurité pour soi et pour les autres.

GTC : ASPECTS INTENSIFS : ÉMOTIONS, CHARGE MENTALE, VIGILANCE

Les aspects dits intensifs des activités humaines complexes en situation naturelle, notamment les situations de travail, recouvrent les phénomènes psychologiques qui, comme les émotions et la charge mentale, relèvent de fluctuations de l'état interne du sujet en activité qui peuvent varier en intensité et qui vont avoir une incidence sur l'engagement du sujet et la mobilisation de ses ressources pendant cette activité. Ces fluctuations de l'état interne du sujet se retrouvent dans tout type d'activité et vont avoir un impact sur différents processus (ex. : prise de décision, coopération, comportement en situation à risque, résolution de problème). Du point de vue de l'évolution sociale de l'organisation et de

⁶ À l'IUT de Blagnac (Université Toulouse le Mirail), une formation pionnière à cet égard vient d'être créée à la rentrée 2008. Elle s'intitule 2A2M (Aide et Assistance pour le Monitoring et le Maintien à domicile).

l'environnement de travail, l'intensification du travail va accentuer la nécessité de considérer ces phénomènes émotionnels et de charge mentale.

Emotions et charge mentale vont jouer sur la qualité et la nature de l'activité, et sont au cœur de la problématique de la performance humaine et du confort psychologique du sujet. Il s'agit d'expliquer comment ils pèsent parfois sur l'activité lorsqu'ils constituent des contraintes, mais aussi comment les émotions et la régulation de la charge mentale et attentionnelle ont souvent une incidence positive sur l'activité car ils sont constitutifs de la motivation et de la propension à agir, ou au contraire de la résistance, voire de l'impossibilité à réaliser l'activité visée.

1 - Émotions et activité humaine

De nombreuses études sont menées en situation artificielle sur les liens entre cognition et émotions (e.g. Scherer, Rimé, Frijda en Europe ; Isen, Lazarus, Ekman aux Etats-Unis) mais les travaux sur les émotions en situation de travail et autres activités complexes sont encore peu développés. Pourtant, un résultat important des sciences cognitives modernes est la démonstration que l'émotion est nécessaire à l'optimisation des processus décisionnels en situation complexe (cf les travaux de Damasio), et qu'elle oriente également la mémorisation, l'attention, l'interaction avec autrui ou le jugement. Ces résultats ouvrent donc la voie à une investigation des mécanismes par lesquels, en situation réelle, l'émotion (dans son acception étendue incluant les émotions de base, comme par exemple la peur, la surprise, la joie, la colère, mais aussi des sentiments plus complexes comme la confiance/méfiance ou le stress) est partie intégrante et agissante de l'activité humaine. L'émotion est un signal mais aussi un moteur pour l'activité qu'elle oriente, module et infléchit.

Les états affectifs sont dépendants de la situation et de ce qu'elle signifie pour le sujet agissant, c'est donc bien par une interaction sujet-milieu qu'ils se déploient. Il est important pour l'ergonomie et les sciences cognitives de préciser ces facteurs contextuels (organisationnels, artéfactuels, interpersonnels ou autres) qui sont facteurs d'émotion. Qu'est-ce qui, dans l'action ou dans l'interaction, qu'elles soient médiées ou non par un instrument, génère du confort ou de l'inconfort émotionnel ? Comment le sujet procède-t-il lorsqu'il évalue un événement comme positif ou négatif ?

Il faut également préciser l'impact des émotions sur les processus cognitifs et sur l'action. Par exemple comment gère-t-on différemment le risque ou l'incertitude selon que l'on est dans un état calme ou apeuré ? A-t-on des raisonnements et modes d'action particuliers face à un client ou collègue qui nous menace ou au contraire rend l'interaction agréable ? Quel usage fait-on des dispositifs selon qu'ils génèrent du confort ou de l'inconfort émotionnel ?

Il s'agit enfin de comprendre les stratégies d'adaptation (coping) que les sujets mettent en œuvre, et qui peuvent être développées par ailleurs pour les aider à gérer les situations émotionnelles de travail ou d'usage de technologies nouvelles qu'ils ne maîtrisent pas toujours d'emblée. Ces stratégies d'adaptation sont importantes vu les répercussions bien connues maintenant des émotions négatives sur la santé physique et mentale (des troubles du sommeil aux atteintes cardiovasculaires).

L'analyse de cette dimension émotionnelle est importante pour pouvoir fournir des pistes ergonomiques de recommandations et d'actions, par la conception de systèmes d'aide ou de changements organisationnels. Elle peut constituer une base de réflexion pour améliorer des conditions potentiellement néfastes à l'action. On pense aux situations de relations de service où la gestion des états affectifs est parfois délicate et coûteuse, mais aussi aux situations de travail collaboratif (négociation et prise de décision collective ; créativité qu'on sait liée aux affects), aux situations à risque et aux situations d'usage de nouvelles technologies.

Les aspects affectifs de l'activité, de nature interne et privée, nécessitent le développement de méthodes spécifiques qui allient des descriptions verbales subjectives et des mesures de

comportements (expressifs et physiologiques notamment) rendant compte de leur nature à la fois cognitive et corporelle, consciente et partiellement non-conscientisée.

2 - Charge mentale, sentiment d'effort et activité

La charge mentale, subjective ou non, est un concept ancien dont l'intérêt tient à son utilité sociale. En fait, depuis longtemps, la quasi-totalité des chercheurs qui s'interrogent sur le statut de ce concept s'accordent sur le fait qu'il pose problème. Néanmoins, malgré des critiques fortes et récurrentes, il suscite toujours une activité scientifique considérable qui en démontre sans ambiguïté l'utilité sociale. Ceci est particulièrement vrai si l'on considère que les nouvelles pratiques professionnelles mais aussi des métiers nouveaux comportent très largement en eux-mêmes les éléments contributeurs d'une charge de travail importante, voire excessive, et en particulier d'une charge mentale ou attentionnelle. Le recours de plus en plus fréquent et régulier aux technologies informatiques de communication et de gestion des informations, l'irruption quasi-habituelle de l'urgence dans l'organisation des tâches, la surabondance, voire la redondance, des informations, les rythmes de travail décalés et la pression temporelle, contribuent très largement à créer de la charge de travail mais aussi à réduire le degré de liberté dédié à la réalisation des tâches. Le travail en multi-tâches, les interruptions intempestives pour répondre à l'urgence, le travail collaboratif, les délais impossibles à tenir, les décisions hâtives sont autant d'exemples de ces situations de forte contrainte cognitive qui vont jouer sur l'état émotionnel, de vigilance, de charge attentionnelle et cognitive.

Un outil fiable de mesure de la charge mentale, qui reste à définir, pourrait donc permettre d'aménager l'organisation du travail de manière à réduire les accidents, réduire l'inconfort et les tensions ressenties par les travailleurs, et par là même accroître le bien-être et l'efficacité au travail.

Par ailleurs, la dimension subjective liée à la façon dont la charge peut être ressentie, ainsi que ses effets sur les modes opératoires (changement de mode et/ou changement de normes pour réduire la tension) incite à considérer cette notion relativement à la gestion des ressources dont dispose l'opérateur. Nous pensons que les recherches sur la charge mentale devraient s'attacher, d'une part, à comprendre l'origine du sentiment d'effort et, d'autre part, à comprendre comment ce sentiment est utilisé pour la régulation des modes opératoires, c'est-à-dire comprendre comment s'articulent le sentiment d'effort et l'activité. La notion d'effort collaboratif est également une dimension intéressante à développer pour l'évaluation des systèmes d'aide à la coopération.

Afin de modéliser la charge mentale, un axe de recherches récent vise à combiner des simulations de l'architecture cognitive humaine avec des simulations d'environnements de travail pour modéliser la charge mentale. Un autre axe consiste à mobiliser des techniques mathématiques pour l'intégration des dimensions de la charge en une valeur globale, pouvant éventuellement agréger des indices objectifs et subjectifs. Comme pour les émotions, on doit ici combiner des indicateurs comportementaux, des indicateurs relatifs à la réalisation des tâches, et des évaluations subjectives.

Enfin, une charge mentale ou attentionnelle excessive est souvent liée à des émotions négatives et ces deux types de phénomènes méritent donc, dans certains contextes d'activités (comme la multiplication des systèmes d'aide ou d'information, par exemple dans le secteur automobile ou bureautique) d'être travaillés conjointement pour leur impact sur la cognition et l'action.

GTD : THÉORIES ET MÉTHODES

Thématiques actuelles et percées intéressantes

À côté des thématiques traditionnelles de l'ergonomie cognitive (par exemple, supervision et contrôle de processus, conception d'IHM et de systèmes d'information, conception de produit, formation et compétences, fluctuations chronobiologiques), émergent des thématiques qui ne sont pas récentes en elles-mêmes, mais qui ont été récemment réinterrogées par la psychologie ergonomique. C'est notamment le cas des questions relatives :

- aux aspects émotionnels du travail,
- aux dimensions collectives des situations finalisées,
- aux compétences sensori-motrices.

Quelques questions primordiales

Il a souvent été reproché aux études faites en psychologie ergonomique d'adopter stricto sensu le cadre du traitement de l'information décrit par Newell et Simon et de privilégier ainsi les composantes symboliques des activités, au détriment des autres composantes d'une situation (composantes interactionnelles, organisationnelles et psychiques, ainsi que subsymboliques).

Les travaux menés dans le GDR Psycho-Ergo, montrent que ce reproche ne peut plus être fait à la psychologie ergonomique. L'essor de thématiques liées à la prise en compte des aspects émotionnels dans l'activité de travail, des questions liées au développement des compétences et au vieillissement ou des habiletés sensori-motrices mises à l'œuvre dans l'immersion en réalité virtuelle traduit la vocation de la discipline à rendre compte de toutes les dimensions de l'activité humaine.

Pour autant, l'articulation entre ces diverses dimensions est loin d'être acquise dans les modèles produits par les psycho-ergonomes. Les travaux menés dans le GDR permettent d'avancer sur ce point, en rendant compte des diverses dimensions de l'activité humaine dans les modèles produits par l'ergonomie cognitive.

Verrous

- Verrou 1 : parvenir à articuler l'individuel et le collectif

Presque toutes les thématiques abordées aujourd'hui par la psychologie ergonomique font état des tentatives actuelles de cette discipline d'articuler dans leurs modèles les dimensions individuelles et collectives du travail. Mais on constate que les résultats obtenus sont encore partiels et que les concepts et méthodes invoqués sont en voie d'être précisés. En effet, l'articulation entre les dimensions individuelles et collectives des activités humaines reste problématique, du fait de l'entrecroisement des facteurs et du fait de la nature des méthodes à utiliser.

Les facteurs sociaux doivent impérativement être considérés par la psychologie ergonomique, notamment quand l'activité étudiée ne se déroule pas isolément d'autres acteurs et quand elle s'appuie sur des connaissances largement transmises par la société ou par des communautés de travail.

Mais on court le risque de confondre les niveaux d'analyse qui absorberait la discipline dans une sociologie du travail, certes parlant quelquefois le même langage, mais à propos de mécanismes de niveaux différents et étudiés avec des méthodes différentes.

- Verrou 2 : élaborer de nouvelles méthodes

L'élaboration de nouvelles méthodes est en plein essor, notamment dans trois domaines de recherche (naissants ou renaissants) :

- celui des habiletés perceptives et sensorielles ou des routines complexes dont l'étude nécessite des méthodes non invasives, afin de ne pas détruire l'objet visé (ex. : analyse des mouvements oculaires) ;
- l'usage judicieux des productions verbales valides quant aux indices non invasifs et non déformés qu'elles fournissent pour modéliser l'activité : il s'agit par exemple des méthodes de verbalisation visant à documenter l'expérience vécue des sujets et utilisateurs, comme l'entretien d'explicitation et d'auto-confrontation, mais aussi de l'analyse des verbalisations spontanées au cours du déroulement de l'activité ;
- la question de la mesure de la charge mentale de travail ; l'ergonomie a pendant longtemps considéré comme difficile, voire impossible, cette mesure, privilégiant l'analyse des activités pour rendre compte de leur charge ; aujourd'hui, on tente d'établir diverses méthodes en cherchant à agréger indices objectifs et subjectifs.

Verrou 3 : La notion de validité écologique

La notion de validité écologique est au centre des préoccupations des recherches en psychologie ergonomique. On constate cependant que ce critère traverse les recherches actuelles de façon implicite dans la plupart des cas. On devrait vérifier de manière plus explicite et plus systématique que cette validité est avérée dans les études que nous menons. La question des critères de validation adoptés en psychologie ergonomique est encore mal maîtrisée. Or on note trop rarement encore des réflexions épistémologiques à ce sujet. Il n'est en particulier pas toujours clair de savoir si les modèles produits sont des modèles de compétence ou des modèles de performance.

Couplage technique, couplage cognitif ?

Par Benoît Le Blanc

Réflexion prospective sur les Sciences et Technologies Cognitives (PIRSTEC 2009) Contribution de l'ARCo

Contexte

La mise au jour de l'importance des *dimensions techniques de la cognition humaine* a constitué une étape remarquable du développement des sciences cognitives de ces vingt dernières années. L'idée que la cognition humaine ne peut pas se penser ou se définir sans considérer attentivement les relations au moins interactives qu'entretiennent les agents cognitifs avec des dispositifs techniques environnementaux semble être devenue un lieu commun. Cette idée se retrouve dans les travaux des tenants de la cognition dite *située* ou *distribuée* (Hutchins, Lave, Norman, Kirsh, Coulter...); dans l'intégration au sein des sciences cognitives de disciplines comme l'ergonomie, le design, ou l'IHM; dans des hypothèses audacieuses formulées à propos de la spécificité du contexte d'apparition de la cognition *humaine* (Donald, Mithen...); ou encore dans des débats philosophiques portant sur les frontières de la cognition (Clark & Chalmers, Dennett...). Systèmes d'écriture, d'inscriptions et de représentations externes (Goody); dispositifs de production, de traitement, de diffusion et de stockage d'informations/signes; dispositifs de substitution ou de suppléance sensorielle; mémoires externes; aménagements de l'espace (la liste n'est pas close), voici autant d'exemples de *technologies cognitives* s'inscrivant dans une technosphère et constituant une *intelligence ambiante* dans laquelle les agents cognitifs font plus qu'*évoluer*. Comme le soutient le philosophe Andy Clark dans son ouvrage *Supersizing the Mind* (Oxford UP, octobre 2008), il est plausible, à certains égards, de dire que la cognition humaine *se constitue* par les dispositifs techniques avec lesquels nous sommes en permanence *couplés*. Dit autrement certains dispositifs techniques (*technologies cognitives*) constitueraient des parties intégrantes de notre substrat cognitif. Certaines interprétations des découvertes en neurosciences relatives aux « neurones du râseau » vont également dans ce sens (Iriki et *alii*; Berti et *alii*). Selon Clark, cette idée ne va pas sans poser de nouveaux défis méthodologiques et épistémologiques aux sciences cognitives.

Pour sa contribution à PIRSTEC, l'ARCo a choisi non pas de réaliser un atelier spécifique, mais plutôt de participer aux ateliers traitant de sujets connexes à cette problématique du couplage cognitif. La présente synthèse est donc une sorte de méta-atelier se focalisant sur le contexte décrit ci-dessus, produite sur la base des contributions émanant des membres de l'association et de son Conseil d'Administration, alimentées par les ateliers auxquels ils ont pu participer.

Réflexions issues des ateliers

Le couplage est-il novateur ?

Les technologies cognitives n'ont pas attendu l'ère du numérique pour se manifester. Des objets matériels, et leurs technologies afférentes, ont de tout temps servi de substrat à la cognition. Dans une étude des artefacts de représentation utilisés dans le Pacifique, Susanne Kùchler propose d'abrèger l'expression *knowledge technologies* en *knot* (the knot = le nœud) et aborde « *l'acte de nouer et la topologie impliquée par les représentations fondées sur le nœud, dans la perspective d'une analyse des techniques de la pensée. Ces procédés se révèlent capables d'articuler, par l'invention d'une image qui incarne le concept, l'acte technique et la pensée abstraite* ».

Tisser des liens, recouper des informations, mailler les réseaux qui sous-tendent les acteurs cognitifs sont autant d'activités qui participent à l'élaboration et au transfert des connaissances. Quelle est alors la part de la technologie dans les outils employés ? Tout couplage entre un agent et un dispositif technique (ou outil) est-il d'emblée un *couplage novateur*, c'est-à-dire proposant une entité plus performante, en comparaison avec la cognition de l'agent isolé ?

Si *l'outil* n'est compris que sur le mode de *l'instrument* dont la création et l'utilisation dépendraient d'abord d'une intelligence planificatrice déjà donnée, la réponse apportée à la question sera différente d'une réponse se basant sur l'idée que l'outil ou le dispositif technique, une fois saisis, constituent des modes d'ouverture fondamentaux, des prolongements sensoriels autorisant une cognition inouïe pour leur utilisateur. Mais, dans les deux cas, il s'agit de bien définir – notamment de manière différentielle – ce que l'on entend par *outil, dispositif technique, technologie cognitive* ou *instrument*. Si, comme le soutiennent certains, une mémoire externe (un agenda par exemple) n'est pas moins cognitive qu'une assemblée de neurones, est-ce le cas, pour les mêmes raisons, d'un râteau ou de *tout type* d'artefact saisi ou manipulé par un agent ? Qu'est-ce que les technologies (et notamment les technologies d'information et de communication) sont venues bouleverser ? Qu'est-ce qui fait d'un artefact quelconque une *technologie cognitive* ?

Pour traiter de la question du couplage cognitif et de sa pertinence, nous sommes allés chercher des éléments de réponse notamment dans les échanges qui se sont tenu à l'occasion de l'atelier PIRSTEC n°19 sur les IHM.

Cet atelier a abordé et exemplifié les situations de collaborations Homme/Robot, les systèmes de commandes déportées (comme le cas du pilotage de drones ou les problèmes de partage d'autorité), ainsi que les systèmes de contrôle complexe (cas du cockpit d'avion, cas de la navigation aérienne). Dans tous ces exemples, il est manifeste que le couplage technique participe à la cognition et que bon nombre de ces cas sont des situations réelles, actuelles et quotidiennes pour les professionnels impliqués.

La numérisation massive des informations et le développement de systèmes de télécommande ont modifié la donne. Coupé physiquement du théâtre de l'action où il peut toutefois interagir, l'humain se constitue une représentation de la situation à partir des éléments qui lui sont rapportés. Systèmes naturels et systèmes artificiels n'ont plus de frontière nette. La technologie prolonge les organes sensoriels et bouleverse la relation de l'homme à l'outil. Ces situations de forte interaction humain/technologie génèrent des problèmes nouveaux, liés à la conscience de la situation (pour les pilotes, pour les contrôleurs aériens), ou encore liés à l'acceptation (dans des situations de coopérations humains-robots) mais également des problèmes liés à une très forte augmentation de la variabilité (manifestée dans l'observation de comportements inattendus face à une présence importante de technologies).

Dans les situations de fortes interactions, il persiste toujours une interprétation duale des chercheurs, entre les approches complémentaires du bottom-up (phénomènes de saillance) et celles du top-down (phénomènes de raisonnement). Et si les problèmes induits par la robotique ont tendance à rester les mêmes (génération d'angoisse humaine, problème du

calibrage sur l'opérateur, détermination du rythme par la machine, aspects surprenants des séquences de haut niveau), l'efficacité et la sécurité ne doivent pas faire oublier l'acceptabilité et l'intention de l'opérateur ; deux éléments plus faciles à cerner par l'émergence que par le raisonnement.

En synthèse, on peut mentionner trois idées fortes de cet atelier pour alimenter la réflexion sur le couplage cognitif :

L'outil finit par « prendre vie » et bénéficie d'une représentation particulière dans l'espace cognitif de l'utilisateur.

La grande quantité d'information à gérer oblige tant la machine que l'homme à des choix, à des classements, à définir des priorités.

La multimodalité et le croisement des infos permettent de maintenir l'attention de l'humain, et de prévenir ses attentes.

Ainsi dans les exemples et applications d'IHM présentés, l'outil est en symbiose avec l'activité. Celle-ci ne peut se faire sans lui (elle ne peut même pas se concevoir en dehors de l'outil). En ce sens le couplage est novateur car il produit des activités inexistantes sans lui.

La place de l'échange d'information est majeure dans l'interaction ; et les NTIC (les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication, qui ne sont maintenant plus véritablement « N ») sont aujourd'hui bien installées et ancrées dans les activités quotidiennes. D'ailleurs les « non-internautes » apparaissent dans des études récentes comme un groupe à part entière, avec ses caractéristiques propres, et non plus comme une population ayant vocation à devenir internaute (cf *Identifier les non-utilisateurs et mieux comprendre les situations de non-utilisateurs* par Trémembert & Boutet, août 2008, consultable sur http://www.marsouin.org/article.php3?id_article=232 ou encore *Portrait des non-internautes aquitains en 2009* par le SIAD, mai 2009, revue Analytic (6), consultable sur [http://siad.aecom.org/docs/ressources/non_internautes_2009\(2\).pdf](http://siad.aecom.org/docs/ressources/non_internautes_2009(2).pdf)). En ce sens le couplage génère de l'exclusion pour ceux qui le refusent ou ne peuvent l'assumer.

Quels modèles pour le couplage ?

Les concepts de *couplage*, *d'interaction* et *de médiation* sont fréquemment invoqués pour rendre compte des types de relations en jeu entre l'utilisateur et les technologies cognitives manipulées, sans être cependant rigoureusement définis et différenciés. Dans quel(s) cadre(s) théorique(s) pourraient-ils d'ailleurs être avantageusement définis et utilisés ? Certains pourraient soutenir que leur usage et définition dans un cadre computationnel classique (faisant par exemple de l'interaction un type particulier de transmission informationnelle) permettraient de penser la possibilité d'un « computationnalisme étendu » (Robert Wilson), pour lequel le caractère distribué ou étendu de la cognition serait pensable sur le même mode que la cognition intracrânienne. D'autres pourraient estimer que, définis comme relations de co-constitution, le couplage et/ou l'interaction ne peuvent être utilisés et compris que dans de nouveaux modèles de la cognition, au moyen de nouveaux outils modélisateurs, comme par exemple ceux offerts par la théorie des systèmes dynamiques. Pour d'autres encore (Clark), l'extension technique et couplée de la cognition nécessite de penser *ensemble* différents modèles jusqu'à présent concurrents de la cognition (computation symbolique, réseaux de neurones, cognition incarnée, cognition située, systèmes dynamiques...).

La question se pose aussi de savoir si, finalement, une technologie cognitive peut constituer effectivement un pôle du couplage, ou s'il s'agit plutôt d'une médiation cruciale entre l'agent (utilisateur et/ou concepteur) et son environnement (virtuel, par exemple). Le couplage est-il entre l'agent et l'outil, ou entre l'agent et l'environnement médiatisé par l'objet technique ? Cette question n'est pas sans conséquences si l'on souhaite penser le développement d'« interfaces centrées utilisateur » et plus généralement de systèmes centrés sur l'utilisateur.

Pour traiter ces questions sur les modèles permettant d'aborder le couplage cognitif, nous sommes allés chercher des éléments de réponse notamment dans les échanges qui se sont tenus à l'occasion du Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives, dans les interventions plénières et dans l'atelier PIRSTEC organisé par la FRESCO : « Un regard jeune sur les problématiques d'avenir ».

Par leur grande diversité d'approches et de thématiques traitées, la dizaine de conférences et la vingtaine d'exposés de ces journées ont rappelé que rendre compte des activités cognitives peut se faire en considérant le pathologique, l'enfant, le primate, la colonie d'insecte, le robot, et bien sûr l'humain au sens plus général et impliqué dans des tâches d'olfaction, de réflexion, de coordination de mouvement, de communication, d'écriture, etc. Bien que souvent évoqués sur le plan de la rivalité, ces modèles sont beaucoup plus complémentaires qu'antagonistes. A chaque fois ils mettent en lumière certains traits particuliers de la cognition. L'opposition entre ces modèles tient de l'actuelle impossibilité de les faire fonctionner ensemble, d'arriver à les coordonner pour structurer des volets de la cognition abordés sous des angles différents.

Tous tendent pourtant à considérer une distribution de la cognition entre l'esprit, le corps et l'espace physique ; en tout cas ils s'accordent sur le fait que les processus cognitifs doivent être compris plus largement qu'à travers le seul crâne. Il reste toutefois des approches duales, sur certains phénomènes cognitifs comme l'apprentissage, qui ne permettent pas de trancher entre les points de vue mettant en avant un phénomène de construction motivée et ceux militant pour un phénomène d'émergence.

Comme la très grande majorité des phénomènes cognitifs, le principe du couplage développé ici ne peut donc pas s'aborder sous l'angle d'un seul modèle, fut-il conçu de façon très englobante. Les sciences cognitives sont par nature pluridisciplinaires et doivent construire des modèles transdisciplinaires. Cette diversité est une richesse et non un obstacle.

Les sciences cognitives participent bien sûr aux questions fondamentales sur les sciences et sur l'expérimentation (Peut-on comprendre en observant ? Réduire un problème pour l'étudier n'est-ce pas le tronquer ? Les avancées techniques structurent-elles l'évolution des modèles ?) mais elles doivent surtout permettre de mailler les niveaux de lecture et les niveaux d'interprétation des données : considérer le comportement comme le reflet du fonctionnement cérébral et renforcer la compréhension du fonctionnement cérébral par l'étude du comportement.

Doit-on comprendre cette pluridisciplinarité comme l'aboutissement de chemins scientifiques et comme une rencontre ne pouvant plus être repoussée, ou bien est ce là un tournant pragmatique, une rupture vis à vis d'un axe théorique, d'une ligne tracée de la discipline, et nécessitant un retour aux sources, aux fondamentaux des activités de la réalité quotidienne ?

Rendre compréhensibles les technologies cognitives doit aller de pair avec une interrogation pluridisciplinaire d'ordre théorique sur le phénomène technique (Qu'est-ce qu'une technologie cognitive ? Comment est-elle utilisée par l'homme ? Dans quelles situations ? Comment penser le couplage ?), mais aussi sur ses conséquences pour une (re)définition des modèles et des outils de modélisation « classiques » des sciences cognitives. Pour éviter de banaliser la dimension technique de la cognition, en étant alors incapable de penser ses dimensions novatrices, il faut notamment penser et définir cette dimension technique de manière exigeante.

Au-delà de la richesse et de la diversité des modèles sous-jacents aux exposés présentés et débattus dans cet atelier, le questionnement sur le couplage cognitif en appelle à remettre la cognition à sa place, avec ses aspects dynamiques (le temps), situés (l'environnement) et incarnés (le corps).

Constats

L'introduction de la technologie dans les activités cognitives est souvent perçue comme une rupture de la routine. Les exemples et illustrations captés lors des ateliers PIRSTEC montrent plutôt qu'il s'agit là de l'installation d'une nouvelle forme d'habitude, d'une certaine dépendance. La question du couplage cognitif est bien réelle ; et si ce couplage s'affiche comme positif, comme permettant d'atteindre des performances nouvelles, il peut se révéler comme aliénant pour ceux qui y trouvent là un nouveau terrain à explorer ou comme marginalisant pour ceux qui ont du mal à en maîtriser les contours.

La question du couplage est bien au cœur de la relation entre humains et machines. Après s'être libéré les mains (par les outils) puis les jambes (par les transports), les humains en viennent à déporter une partie de leur cognition sur des supports externes. Ceci se retrouve dans des situations professionnelles (panneaux de contrôle, pilotage, télé-actions, robotisation, etc.) et personnelles (développement du web, de la téléphonie mobile, des systèmes de localisation, installation des « XX-box » au centre des foyers, etc.). Le problème est emblématique des sciences cognitives : Quelle est la part mécanisable de la pensée ? Son étude ne peut être que transdisciplinaire. Le couplage s'inscrit dans les questions que nous pose la société : Comment évoluer ensemble dans un monde où nous devenons plus nombreux ? vivons plus longtemps ? sommes de plus en plus urbains ? avons de plus en plus recourt à la technologie ? Tout cela modifie-t-il nos modes de pensée et l'organisation de notre réflexion ?

Si la transdisciplinarité est une bonne voie pour comprendre et traiter ces questions dans leur ensemble, il ne faut pas pour autant minimiser l'effort que demande ce type d'approche scientifique croisée. Une recherche transdisciplinaire demande du temps, de la culture, de la maturité, et tout cela nécessite d'aller à l'encontre de ce que l'on associe traditionnellement à l'efficacité de la recherche.

Propositions

Les constats relevés ci-dessous, à propos de la modélisation du couplage cognitif, mettent en avant un certain nombre de points clés sur lesquels la communauté des chercheurs en sciences cognitives et les autorités de tutelles pourraient agir de façon à :

1. Favoriser la constitution de modèles alternatifs.

Le modèle perception-cognition-action ne peut suffire dès lors qu'il s'agit d'étudier un couplage entre l'organisme (cognition incarnée) et l'environnement (cognition située). Le couplage cognitif fait également appel à la considération de la motivation et des projets du sujet (signifiant la dimension temporelle de la cognition). Sur un plan méthodologique, le modèle d'analyse décompositionnel (top-down), fonctionnaliste (étudiant l'esprit comme programme, indépendamment de la matière dans laquelle il est implémenté) et régulateur/sériel (expliquer la cognition en termes d'opérations sérielles de manipulation de symboles à partir de règles explicitement représentée) est alors à abandonner, pour pouvoir s'intéresser aux dimensions pragmatiques du couplage cognitif. Ainsi une part de la cognition peut être explorée de façon expérimentale sans forcément trouver de cadre abstrait, formalisé, modélisé où s'insérer. Sans constituer nécessairement une compréhension de la cognition, une modélisation phénoménologique du couplage cognitif permettrait d'apprécier à la pertinence de son rôle dans la cognition. Les nombreuses observations empiriques envisageables, reliées de façon consistante avec la théorie fondamentale, apporteront un éclairage tout à fait significatif sur ce phénomène du couplage cognitif. Il faut alors faire bouger des lignes de pensée et favoriser la constitution de modèles alternatifs basés sur les expériences.

2. Favoriser la mobilité et les échanges au niveau national, particulièrement pour les jeunes chercheurs.

Comme la plupart des recherches sur la cognition, l'étude du couplage cognitif nécessite de mailler les disciplines, et affiche le besoin d'un maillage pérenne pour faciliter/provoquer les échanges de points de vue des scientifiques. Le recours aux expertises disciplinaires est une nécessité. Mais le besoin de repères, de grilles de lectures pour comprendre les expertises issues de plusieurs domaines, nous questionne sur les moyens d'échanges à mettre en œuvre au sein de notre communauté, et notamment à l'attention des jeunes chercheurs. Les bourses Erasmus ont contribué à faire l'Europe ; n'a-t-on pas là un modèle de bourses Cogitus à développer et mettre en place ?

3. Favoriser les travaux mettant en avant plusieurs niveaux de lecture des données.

Mailler les sciences, mais également mailler les niveaux de lecture doit devenir un axe fédératif des sciences cognitives : établir des complémentarités entre le niveau des données recueillies (mesures physiologiques, observables quantifiés, etc.) et un niveau d'interprétation (en termes de comportement, d'action, de raisonnement). Ceci milite encore une fois pour la mise au point de modèles nouveaux, de modèles acceptant plusieurs niveaux de lecture.

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication et la psychiatrie

Par Roland Jouvent

INTRODUCTION

Les nouvelles technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) prennent une place croissante dans notre société. En particulier, les techniques de réalité virtuelle sont de plus en plus répandues dans les pratiques sociales des adultes et des enfants, par l'intermédiaire de jeux vidéos, de techniques éducatives ou de nouveaux outils professionnels. Par ailleurs, les systèmes robotiques entrent de plus en plus dans notre monde humain, soit pour remplacer l'homme dans l'accomplissement de tâches pénibles, soit pour l'aider en tant qu'assistant aux handicapés ou pour le divertir en tant qu'animal robotique de compagnie.

Les domaines de la santé sont à leur tour gagnés par cette évolution, au moins à trois niveaux :

- la santé publique,

Ces innovations confrontent en effet l'humain, en particulier l'enfant, à la nécessité d'adapter son fonctionnement cérébral. Il s'agit pour l'individu d'interagir avec des intelligences non humaines, ou avec un monde représenté en limitant les informations sensorielles provenant du monde réel ou même en leur substituant celles émanant du monde virtuel représenté.

- o Cette abstraction de la réalité représente un risque et un défi psychobiologique.
- o On voit par exemple apparaître de nouvelles pathologies mentales consécutives à la pratique des mondes virtuels, pathologies dont l'ampleur en terme de santé publique est probablement encore sous évaluée.

- l'enseignement et la formation
- et la thérapeutique :
 - o la réhabilitation cognitive et motrice avec l'aide d'ordinateurs est de plus en plus répandue.
 - o la robotique est déjà utilisée depuis plusieurs années pour des applications ophtalmologiques, chirurgicales, Elle commence seulement dans quelques centres, d'être utilisée en neurologie et en psychiatrie
 - o la réalité virtuelle commence elle aussi de se répandre dans des domaines de plus en plus nombreux.

II LES AXES DE RECHERCHE

Il paraît donc nécessaire et urgent d'initier de nouvelles recherches à l'intersection de la recherche fondamentale, des sciences de l'ingénieur et de la psychopathologie. C'est le type même de projet recommandé par la nouvelle Agence Nationale pour la Recherche, dont le rôle est d'aider à la promotion de telles initiatives.

De par sa culture interdisciplinaire et son expertise particulière dans les domaines des Neurosciences Cognitives et de l'Informatique, le CNRS est l'Organisme public de recherche le plus à même de fournir les compétences fondamentales et techniques pour une telle recherche.

1) Psychobiologie et NTIC

Il s'agit pour cet axe transversal d'étudier les phénomènes psychobiologiques, et physiopathologiques mis en jeu lors d'un traitement pharmacologique, lors d'un traitement par NTIC ou lors des deux traitements simultanés. En particulier on étudiera :

- l'interaction entre les deux catégories de traitements : par exemple un traitement psychotrope peut avoir des effets attentionnels ou mnésiques qui modulent, positivement ou négativement les effets d'une réhabilitation cognitive sur ordinateur. Réciproquement, la mise en route précoce d'une telle réhabilitation peut minimiser les effets secondaires cognitifs lors de l'institution d'un traitement antidépresseur. Ceci peut être vrai seulement à

partir de quelques jours ; au tout début en effet un patient trop déprimé risquera d'être mis en échec par ces techniques qui auront alors un effet négatif sur l'humeur.

Cet exemple illustre combien y aura lieu de définir un plan thérapeutique précis avec une chronologie détaillée de l'administration des deux traitements.

Les principales affections concernées par ce type de recherche sont l'anxiété, la dépression, la maladie de parkinson, les démences, les AVC, la migraine ...

2) Neuropsychologie, Déficit et NTIC

Cet axe est principalement centré sur l'étude des phénomènes déficitaires et de leur remédiation dans les affections psychiatriques (schizophrénie, autisme, dépression, ...) et neurologiques (démence, vieillissement normal et pathologique, sclérose en plaques...).

Pour la combinaison des thérapeutiques, il s'agit dans la même perspective que pour l'axe précédent, d'étudier la mise en relation des deux types de traitement, en insistant cette fois-ci sur la potentialisation réciproque .

Un autre exemple concerne l'étude des relations entre le Développement et la robotique épigénétique en particulier dans les troubles précoces du développement et de l'autisme infantile.

3) L'interaction éthique, bio-sociologie et communication

L'idée directrice réside dans l'adaptation de l'éthique à cette nouvelle situation pour un industriel du médicament, et aussi dans la re-définition, en collaboration avec le Département Communication du partenaire industriel, de la présentation et du positionnement des nouveaux produits. A titre d'exemple si dans cinq ans les épileptiques font tous de la désensibilisation sensorielle pour anticiper le déclenchement des crises, l'approche générale mais aussi la communication sur les anti-épileptiques va s'en trouver complètement modifiée.

Du point de vue de l'éthique proprement dite, il s'agira de développer une recherche appliquée sur la légitimité du médicament et sa sécurité par rapport à, à côté de, en co-traitement avec les NTIC.

Il s'agit d'une recherche sur le médicament sans médicament, d'un discours et d'une communication sur le médicament par rapport aux NTIC. Plus largement cet

axe aurait également pour mission de participer à l'introduction, au sein même de la vie collective et de ses pratiques les aboutissements les plus récents des connaissances sur le cerveau et sur les NTIC.

Qu'il s'agisse du monde des arts, des loisirs, ou de la vie professionnelle, nous sommes de plus en plus encouragés à ne plus nous satisfaire de la seule réalité physique et humaine du monde. Une telle évolution n'est rendue possible que par un double mouvement associant les progrès technologiques à ceux des connaissances sur le cerveau.

Face à cette révolution des sciences du cerveau, il existe un profond désarroi sociétal, lié en particulier à une perte de domination intellectuelle de l'homme sur la connaissance et à un abandon de la maîtrise des outils conceptuels destinés à comprendre nos propres mécanismes de pensée et de traitement des maladies du cerveau.

. Un exemple d'exploration de l'agoraphobie



Figure 4. Le virtuel comme outil thérapeutique



Les phobies de l'avion sont maintenant traitées par une désensibilisation où le patient est immergé progressivement dans l'espace anxiogène.

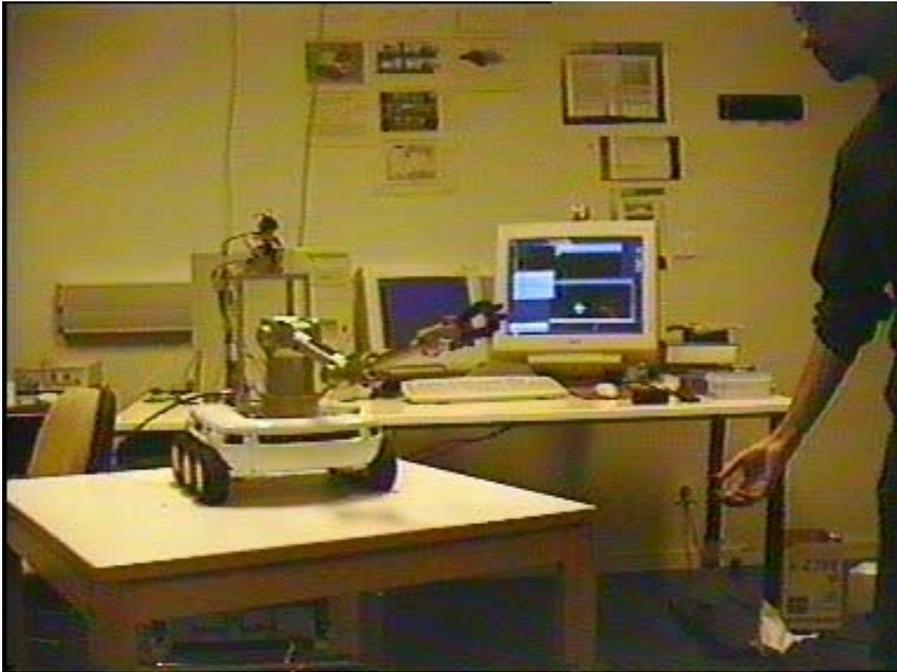


Figure 1. Un robot imitant les mouvements de bras d'un humain
(d'après Andry, Gaussier & Nadel)

Figure 5

Figure 1. Equipment set up for virtual environment therapy. Magnetic tracking device, to the right of the computer, includes the transmitter unit that induces an electromagnetic field. This field is received by a number of sensors attached to back of hand and upper arm. The transmitter and sensors are connected to the control unit, which interprets the data from the sensors as positions and orientations, and in turn relays this information to the desktop computer. Virtual environment (VE) software displays a scene and animates the hand and arm trajectory of the subject using the motion information collected from the tracking device.



d'après Maureen K. Holden, PhD, PT (1), Thomas Dyar, MA (2) Neurology Report 2002;26(2):62-70 Department of Brain and Cognitive Sciences, MIT, Cambridge, MA 02138 (2) Research Associate, Department of Brain and Cognitive Sciences, MIT, Cambridge, MA 02138



Figure 2. An example of the screen.

V. Apprentissage et éducation

Résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH

par Pierre Tchounikine (atelier 1)

Ce document synthétise les résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain) qui s'est tenu dans le cadre du programme ANR PIRSTEC (Prospective Interdisciplinaire en Réseau pour les Sciences et TEchnologies Cognitives ; Thème « Apprentissage et Cognition » - Atelier pilote n°1).

Référence : « Résultats de l'atelier de réflexion prospective sur les EIAH (programme PIRSTEC) », P. Tchounikine (rédacteur), septembre 2009.

Contact : Pierre Tchounikine, Université Grenoble 1 (Pierre.Tchounikine@imag.fr)

1. Le domaine

La demande de technologies pour l'éducation, la formation, et plus largement l'apprentissage humain sous toutes ses formes s'est largement développée avec des exigences d'adaptabilité, de flexibilité et d'efficacité qui soulèvent des problèmes d'une grande diversité mais avec toujours à leur cœur la question des processus cognitifs en termes de conceptualisation, de construction du sens et d'acquisition de savoir-faire. Les principaux problèmes s'organisent autour de la question du passage des modèles et des concepts des sciences cognitives à leur mise en œuvre dans des dispositifs informatiques, de la question d'ingénierie des situations permettant les apprentissages et d'évaluation de l'efficacité des technologies dans les divers contextes d'usage à l'école ou sur le lieu de travail, pour satisfaire des besoins privés ou professionnels, par des sujets aux compétences et aux besoins d'une grande diversité (de l'enfant à la personne âgée, sous la contrainte d'handicaps ou de pathologies cognitives ou motrices).

Le terme utilisé actuellement pour désigner les systèmes construits (et, par extension, le domaine de recherche) est EIAH pour Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Un EIAH est un environnement informatique conçu dans le but de favoriser l'apprentissage humain, c'est-à-dire la construction ou le développement de connaissances chez un apprenant.

2. L'atelier

L'objectif de l'atelier était de mettre à jour le programme scientifique du domaine en identifiant les thématiques clés et les verrous.

L'atelier a été organisé par le comité scientifique suivant : Pierre Tchounikine (LIG, Université Grenoble 1, porteur), G. Antoniadis (LIDILEM, Grenoble 3), M.



Baker (MODYCO, Paris 10), M. Bétrancourt (TECFA, Uni Genève), B. David (LIESP, Ecole Centrale de Lyon), S. Garlatti (Télécom Bretagne, Brest), M. Grandbastien (LORIA, Nancy), J.M. Labat (LIP6, Paris 6), K. Lund (ICAR, CNRS, Lyon), A. Mille (LIRIS, Lyon 1), J.-C. Marty (Université de Savoie), J.-F. Rouet (CeRCA, Poitiers), A. Tricot (IUFM, Toulouse), L. Trouche (INRP, Lyon), E. de Vries (Lab Sciences de l'éducation, Grenoble 2).

Les membres du comité ont lancé un certain nombre d'invitations vers des collègues d'autres laboratoires universitaires afin d'assurer une représentativité nationale, ainsi que vers des personnes à l'interface de la recherche et des usages sociaux et économiques, des pôles de compétitivité et des représentants des utilisateurs finaux

L'atelier s'est tenu à Grenoble (accueil par l'équipe MeTAH du laboratoire LIG) les 4, 5 et 6 mai 2009.

La liste des présents était :

- Pour le Pirstec : N. Balacheff
- Membres du comité scientifique : P. Tchounikine (LIG, Grenoble 1), G. Antoniadis (LIDILEM, Grenoble 3), M. Bétrancourt (TECFA, Uni Genève), B. David (LIESP, Ecole Centrale de Lyon), S. Garlatti (Télécom Bretagne, Brest), M. Grandbastien (LORIA, Nancy), J.M. Labat (LIP6, Paris 6), K. Lund (ICAR, CNRS, Lyon), A. Mille (LIRIS, Lyon 1), J.-C. Marty (Université de Savoie), E. de Vries (Lab Sciences de l'éducation, Grenoble 2).
- Invités représentants de laboratoires Universitaires : C. Choquet (Le Mans), T. Nodenot (Bayonne), J.M. Boucheix (Dijon), J. Ph Pernin et V. Luengo (Grenoble).
- Invités à l'interface recherche et usage social et économique, pôles de compétitivité et représentants des utilisateurs finaux : V. Sallaz (entreprise Daesign, Serious Games), D. Chêne (entreprise Orange labs), B. Cornu (CNED), M. Macedo-Rouet (CNDP et son agence des usages des TICE), I. Papadopoulos (entreprise Apple).

3. La démarche

Le domaine étant intrinsèquement pluridisciplinaire, le comité scientifique et la liste des invités ont été construits afin de former un groupe où étaient notamment représentées l'informatique, la psychologie, les sciences de l'éducation, les sciences de l'information et de la communication et les sciences du langage.

Afin de traiter des questions scientifiques dans leur complexité, les discussions et travaux ont abordé le domaine en soi et non uniquement son versant sciences cognitives.

L'atelier s'est organisé de la façon suivante :

- Demi-journée #1 : tour de table, identification des questions clés.
- Demi-journée #2 : travail en atelier sur les points ayant émergés (3 ateliers en parallèle).
- Demi-journée #3 : restitution des ateliers, échanges.
- Demi-journée #4 (comité scientifique uniquement) : première structuration du document.

Le document final a été construit sur la base des résultats des ateliers et de la première synthèse établie lors de la quatrième demi-journée, par des échanges avant et après la rencontre entre les membres du comité scientifique, puis plus largement entre les participants à l'atelier. Une présentation succincte a également été proposée publiquement lors de la conférence nationale de référence du domaine (conférence EIAH, Le Mans, 23-26 juin 2009).

4. Premier résultat : éléments généraux

Relation au monde institutionnel et industriel

Afin de mieux cerner le contexte actuel, les participants à l'atelier ont notamment cherché à recueillir et à travailler sur les éléments émanant des invités à l'interface de la recherche et des usages sociaux et économiques et des représentants les utilisateurs finaux. Ces discussions ont notamment conduit à mettre en évidence les points suivants :

1. Les institutions sont convaincues de l'intérêt d'utiliser les TICE. Il existe un marché institutionnel (Ministère, CNED, Universités, etc.) et industriel (nombreuses entreprises de différents niveaux, de PME développant des « Jeux sérieux » (« serious games ») aux acteurs de haut niveau comme Microsoft ou Apple, pour qui l'éducation est l'un des 3 marchés clés). Les entreprises, comme les institutions, ont cependant des difficultés à s'appuyer sur les travaux de recherche, notamment en raison des cycles courts dans lesquelles elles sont impliquées. Il serait utile que les travaux de recherche aient une coloration « aide à la décision », puissent informer les travaux d'ingénierie et de réingénierie et proposer des recommandations. Il ne s'agit pas nécessairement de recherches applicatives, mais de recherches ayant une dimension prescriptive : les laboratoires de recherche n'ont pas les moyens de changer les structures ni les pratiques, mais peuvent être prescriptifs ou du moins contribuer à éclairer les décisions.
2. Il est nécessaire d'identifier et de traiter les problématiques de recherche et de développement liées à la banalisation de l'usage des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement). Par exemple, Apple est très intéressé à comprendre comment les enseignants utilisent (et font utiliser) les TICE et comment les usages des élèves évoluent, les évolutions des rôles des enseignants, la façon dont les élèves apprennent à utiliser des connaissances (etc.) pour concevoir leurs futurs systèmes (cf. *infra* section « évolutions récentes »).
3. La question de l'évaluation est centrale. La recherche doit montrer ses résultats (notamment : pour étayer ses prescriptions). Il est important de disposer de moyens permettant de comprendre quand et pourquoi et comment les apprentissages prennent place. A ce niveau, le constat est que le manque d'évaluation des travaux est très largement dû au fait que la plupart de ces travaux ne sont pas fondés sur (ou ne peuvent pas être reliés à) des cadres théoriques explicites.
4. De façon générale, les collaborations recherche/industrie doivent prendre place au bon niveau : si la recherche est trop fondamentale elle est probablement trop difficile à exploiter, si elle est trop près des applications effectives les acteurs de la recherche n'ont en général pas les forces pour être des acteurs de premier plan.

Evolutions récentes



Le domaine des EIAH est abordé depuis de nombreuses années. Il a cependant subi de nombreuses évolutions liées à la fois à (1) l'évolution très rapide des technologies (hypertextes, systèmes à base de connaissances, technologies collaboratives, réalité virtuelle et augmentée, informatique mobile et ambiante, technologies haptiques, télévision interactive, etc.), (2) l'évolution – tout particulièrement dans la période actuelle – des usages (banalisation de l'accès aux ordinateurs, émergence d'internet, émergence du Web 2.0, etc.) et (3) l'évolution des théories ou cadres conceptuels (théories de la cognition, de l'apprentissage, de l'activité). Ces évolutions expliquent que d'anciennes problématiques se renouvellent et que d'autres apparaissent.

Parmi les évolutions récentes majeures ont été plus particulièrement relevées :

- Le développement et l'utilisation de ressources diverses (Wikipédia, YouTube, documents divers en ligne, etc.), dont de plus en plus ne sont pas conçues pour un usage pédagogique.
- Le basculement technologique : les utilisateurs (enseignants, élèves) n'attendent pas de recevoir la technologie, pour une large part ils arrivent avec leur propre technologie et sont à la recherche de services (ce qui, par ailleurs, pose des problèmes techniques comme l'interopérabilité avec les systèmes techniques institutionnels).
- L'émergence de communautés d'enseignants, qui utilisent et développent des EIAH.
- L'évolution du métier des opérateurs institutionnels (CNED, Universités, etc.), où l'activité de production de ressources laisse de plus en plus place aux activités de service associées aux ressources (tutorat, etc.), ce qui amène par ailleurs à des questionnements sur la forme, la structure et l'organisation de ces ressources.

Conséquences des évolutions récentes

Parmi les conséquences de ces évolutions ont été plus particulièrement notés les points suivants :

- Les EIAH ne concernent plus uniquement des domaines scolaires bien formalisés : il y a une émergence et une prise d'importance de domaines qui sont peu formalisés (dans le contexte de la formation professionnelle notamment), et où apparaissent de nouveaux types de connaissances (par exemple, gestuelle ou perceptuelle).
- De façon générale, l'évolution des technologies et des usages amènent à un renouvellement des situations d'interactions humain-machine, apprenant-connaissance et humain-humain (évolution de la nature du contexte avec les technologies mobiles, etc.).
- L'évolution des usages et des contextes d'usages amène à des situations d'apprentissages ayant des caractéristiques spécifiques qui doivent être prises en compte, en particulier :
 - Situations d'apprentissage informelles, par opposition aux situations formelles (i.e., structurées et institutionnalisées).
 - Situations où se développent des apprentissages inattendus (apprentissage de choses qui n'étaient pas attendues ni organisées),

par opposition⁷ à des situations d'apprentissage liées à un objectif d'apprentissage.

- Situations où se développent des apprentissages implicites (dont l'apprenant n'a pas conscience), par opposition aux situations explicites (i.e., dont l'apprenant a conscience).

De façon générale, la nécessaire pluridisciplinarité des travaux a été réaffirmée, ainsi que le regret que cette pluridisciplinarité soit largement reconnue comme nécessaire mais toujours rendue difficile par les structures.

5. Second résultat : liste de thèmes/problématiques

Dans le cadre du contexte présenté ci-dessus, les travaux ont conduit à identifier une liste de problématiques clés du domaine. Cette liste ne se veut pas exhaustive des questions scientifiques du domaine, elle a la légitimité et la pertinence intrinsèques à son processus d'élaboration et à la représentativité des participants à l'atelier : première synthèse au sein du comité scientifique, puis diffusion pour commentaires et modifications au sein des participants de l'atelier.

Les problématiques identifiées sont regroupées en 4 thèmes pour plus de lisibilité.

THEME 1 : nouveaux contextes et nouvelles formes d'interaction qui émergent de l'utilisation des évolutions technologiques et de leurs usages

Etude des nouvelles formes d'interaction du point de vue de l'enseignement et la formation
Les nouvelles technologies (Web 2.0, wikis, technologies mobiles, réalité virtuelle et augmentée, etc.) créent des contextes au sein desquels se développent de nouvelles formes d'interaction et de nouveaux types de dispositifs d'enseignement et d'apprentissage (jeux sérieux ; communautés de pratiques et FAQ, Knowledge Management ; etc.). Il s'agit d'étudier les nouvelles situations d'apprentissage liées à ce que permettent ces technologies (et ce qu'elles ne permettent pas) :

identifier les opportunités qu'offrent les technologies (RFID et mobilité pour l'apprentissage situé, interfaces haptiques dont les interfaces tangibles pour l'apprentissage de gestes, etc.) ;

identifier les éléments à modéliser pour exploiter/gérer les nouvelles formes d'interaction qui se créent dans les contextes que permettent ou qui se développent en lien avec ces technologies ;

identifier les types de connaissances et d'activités impliquées, et les liens entre les propriétés de l'artefact et les apprentissages que l'on peut viser (par exemple, dans un cadre de mobile learning, les apprentissages factuels « juste à temps », liés à un besoin ponctuel comme une aide à la tâche, et leur articulation avec des apprentissages conceptuels) ;

identifier les phénomènes associés à ces nouvelles formes d'interaction, par exemple les aspects temporels (caractère éphémère des situations ; activités prenant place par intermittences, par exemple en raison du caractère mobile de la situation) ou liés à la tangibilité.

Etude des articulations entre différents types de situations d'apprentissage

Le fait que les EIAH ne concernent plus uniquement des domaines scolaires bien formalisés et que se développent des situations d'apprentissages formelles et informelles, des apprentissages inattendus et/ou implicites nécessite d'étudier les articulations entre ces différentes situations et apprentissages :

étude des croisements, des passages, des articulations, des conflits entre apprentissage attendus et inattendus, entre apprentissages implicites et explicites, entre situations d'enseignement formelles et informelles ;

⁷ Il s'agit ici de mettre en évidence le développement de situations qui ne sont pas fondamentalement orientées et conçues par rapport à un objectif d'apprentissage précis. Il faut cependant remarquer que, même dans des situations liées à un objectif d'apprentissage précis, il peut se développer des apprentissages inattendus.

articulation des technologies et pratiques institutionnelles (plateformes de formation, curriculum, etc.) et les technologies et pratiques de l'apprentissage informel (téléphone, Web2.0, FAQ, jeux sérieux, échanges sociaux, etc.) ;

processus et technologies pour aider ou encadrer les apprentissages associés à l'exploitation de ressources diffusées sur le net, enrichissement des services ;

processus d'accompagnement pour faire émerger, mettre à l'épreuve et éventuellement rendre explicite les connaissances implicites, pour donner conscience des apprentissages réalisés (réflexivité, socialisation, etc.), pour donner du sens aux apprentissages informels (qualité, cohérence, sémantique), pour faire le lien entre apprentissages inattendus et objectifs d'apprentissage explicites ;

étude des articulations et des tensions entre apprentissages et les nouveaux contextes où ils prennent place (la dimension du jeu dans les jeux sérieux, la dimension sociale dans l'apprentissage collaboratif, les aspects liés à la mobilité, etc.) ;

renouvellement des questions de la transférabilité, de la décontextualisation, de l'institutionnalisation.

Etude des modalités et dispositifs de support aux apprenants

Les situations au sein desquelles sont plongés les apprenants les amènent à faire face à de nouvelles activités, à de nouvelles compétences. Il s'agit de comprendre ces éléments, et d'étudier les caractéristiques pertinentes des dispositifs techniques pour supporter les apprenants et prendre en compte leurs comportements :

étude des modalités de couplage dynamique de l'apprenant avec son contexte (accessibilité, adaptabilité) et de ses dimensions temporelles ;

gestion des aspects non-prévus dans le design (prise en compte de la dimension « ouverte » des situations d'apprentissage) ;

modèles et technologies visant à structurer l'activité au sein de ces nouveaux contextes (outils de communication ou de perception support à l'interaction) ;

aide à la gestion du multimédia et de la multimodalité : part du contrôle utilisateur et du contrôle système, dimensions liées aux nouvelles modalités permises par les technologies (prise en compte des gestes et regards dans les situations de communication, etc.), etc. ;

étude et prise en compte (outils supports, etc.) des nouvelles compétences mises en jeu et/ou nécessaires des apprenants : gestion de ressources diverses, gestion de l'autonomie, etc. ;

gestion de services pédagogiques proposant une valeur ajoutée aux technologies / ressources disponibles.

THEME 2 : Connaissances et nouveaux types d'accès et d'interactions avec les connaissances

Les questions fondamentales de l'identification, de la modélisation et de la représentation des connaissances enjeu d'apprentissage sont renouvelées par l'émergence de contextes et de types de connaissances nouveaux, ainsi que celles de leur enseignement.

Identification, modélisation et représentation des connaissances

questions spécifiques que posent les domaines peu formalisés (contexte de la formation professionnelle par exemple : analyse des activités pour identifier les compétences cibles, etc.) ;

prise en compte de nouveaux types de connaissances : connaissances gestuelles, connaissances sensorielles, etc. ; distinction entre inscriptions textuelles des connaissances et connaissances dans l'interaction ; connaissances tacites ;

étude des questions liées aux représentations externes (en tant qu'objet tangible, que système sémiotique) des différents acteurs (enseignants, formateurs, élèves) ;

invention de nouveaux systèmes sémiotiques liés à la conception des EIAH ; systèmes sémiotiques de l'expert, de l'enseignant, de l'informaticien, de l'apprenant : représentation, correspondances, passages ;

représentation et modélisation informatique : problème du passage d'une représentation à une autre représentation, à plusieurs autres présentations ; plasticité de la représentation des connaissances en fonction de l'apprenant et de ses modalités d'accès (dimensions du handicap, accessibilité en situation mobile, etc.) ; question de l'impact du changement des modalités d'accès ou des IHM sur la représentation des connaissances au sein du système.

Connaissances, apprentissage et enseignement
 passage de la phase d'identification des connaissances au problème de leur enseignement, problème de la transposition (situation formelles/informelles, apprentissages implicites/explicites, etc.) ;
 étude de l'impact des nouvelles situations d'apprentissage et des nouvelles formes d'interactions sur la représentation et la construction des connaissances par l'apprenant ;
 compréhension que vont développer les utilisateurs de ces représentations externes.

THEME 3 : Ergonomie, analyse et évaluation des dispositifs

Approche de conception ergonomique centrée-apprentissage

étude des phénomènes d'appropriation des dispositifs par les différents acteurs (enseignants, apprenants, tuteurs) : représentations des acteurs, etc. ;

propriétés technologiques d'adaptivité des artefacts ;

phénomènes liés à l'adaptabilité des IHM : part de l'IHM (matérielle, logicielle, fonctionnelle) dont la gestion peut être déléguée à l'utilisateur ; questions liées au maintien de la sécurité, de la cohérence fonctionnelle, de la cohérence de la tâche, etc.

processus de conception (conception participative et itérative prenant en compte les processus d'appropriation, les caractéristiques du contexte et l'émergence de nouveaux usages, etc.) ;

Analyse de l'activité, analyse des traces

représentation et interprétation des traces d'activité ;

support à l'exploitation des traces par l'enseignant ;

support à l'analyse réflexive des traces par les apprenants.

Evaluation et validation

théories, modèles, techniques d'évaluation des dispositifs : évaluation des apprentissages (dans la variabilité des situations), évaluation des dispositifs (quels que soient les niveaux) ;

problème de la validation (capacité d'un agent externe d'avaliser le fait que ce qui se produit est ce qui a été visé) ;

validation des résultats de recherche, conditions de la capitalisation des connaissances.

THEME 4 : Compréhension et prise en compte des phénomènes liés aux transformations des métiers et structures institutionnelles de l'enseignement

Evolution des métiers et tâches des enseignants et formateurs

étude des nouvelles tâches des formateurs, tuteurs, (etc.), notamment comme fondement pour spécifier les environnements support : environnements technologiques et/ou support aux enseignants pour aider ou encadrer des apprentissages associés à l'exploitation de ressources diffusées sur le net ou à des communautés de pratique (aspects informels/formels, inattendus/attendus, implicites/explicites) ;

support technologique aux activités d'enrichissement des services (tutorat ; utilisation des technologies pour des apprentissages spécifiques comme les langues ou les travaux pratiques) ;

enjeux et phénomènes liés aux compétences d'analyse et d'interprétation d'informations de différents types demandées aux enseignants (par exemple, traces d'utilisation) : aspects cognitifs, supports technologiques ;

problématiques liées à la formation des enseignants et à l'appropriation des connaissances et des dispositifs (partage des nouvelles pratiques au sein de communautés, représentations métiers, etc.).

Scénarisation et ressources pédagogiques

renouvellement des questions de la modélisation de scénarios pédagogiques : représentations des scénarios, adaptabilité par les acteurs (enseignants, élèves), articulation des intentions et stratégies pédagogiques avec les scénarios (aspects cognitifs, aspects technologiques des outils supports type Educational Modelling Language -EML-, aspects méthodologiques), prise en compte des spécificités des nouveaux environnements (jeux sérieux, mobilité) dans ces problématiques de modélisation ;

renouvellement des questions associées aux ressources (documents numériques, ressources multimédia, sites Web, etc.) : production des ressources ; dynamique des ressources ; cycle de

vie des ressources ; statut et qualité (évaluation des sources d'information scientifiques et technologiques en ligne, évaluation de la crédibilité, notion d'« autorité ») ; enjeux et phénomènes liés aux compétences d'adaptation des scénarios, des ressources ou des dispositifs technologiques demandées aux enseignants, ou encore d'orchestration de situations complexes : aspects cognitifs, supports technologiques.

Normalisation et interopérabilité

évolution des processus de normalisation et d'interopérabilité pour, notamment, prendre en compte la part des acteurs-enseignants dans la conception et l'adaptation de dispositifs ; processus et outils pour la capitalisation des connaissances, des savoir-faire et des composants logiciels ; processus de fabrication modularisés et paramétrables des objets d'apprentissage, boucles d'ingénieries.

6. Synthèse et remarques conclusives

Le tableau ci-dessous synthétise les thématiques et mots clés de premier niveau identifiés.

| | |
|---|--|
| <p>THEME 1</p> <p>Nouveaux contextes et nouvelles formes d'interaction qui émergent de l'utilisation des évolutions technologiques et de leurs usages</p> | Etude des nouvelles formes d'interaction du point de vue de l'enseignement et la formation |
| | Etude des articulations entre différents types de situations d'apprentissage |
| | Etude des modalités et dispositifs de support aux apprenants |
| <p>THEME 2</p> <p>Connaissances et nouveaux types d'accès et d'interactions avec les connaissances</p> | Identification, modélisation et représentation des connaissances |
| | Connaissances, apprentissage et enseignement |
| <p>THEME 3</p> <p>Ergonomie, analyse et évaluation des dispositifs</p> | Approche de conception ergonomique centrée-apprentissage |
| | Analyse de l'activité, analyse des traces |
| | Evaluation et validation |
| <p>THEME 4</p> <p>Compréhension et prise en compte des phénomènes liés aux transformations des métiers et structures institutionnelles de l'enseignement</p> | Evolution des métiers et tâches des enseignants ou formateurs |
| | Scénarisation et ressources pédagogiques |
| | Normalisation et interopérabilité |

Il est possible de noter que, au-delà des chercheurs travaillant sur les EIAH, ces problématiques touchent d'autres domaines de recherche dont, en particulier :

- Documents électroniques, virtuels, personnalisables.
- Réalité virtuelle, réalité augmentée, dispositifs haptiques.

- Intelligence Artificielle, ingénierie des connaissances, knowledge management.
- Génie Logiciel, ingénierie dirigée par les modèles.
- IHM (Interfaces Homme-Machine).
- Data mining, Text mining, analyse de traces.
- Traitement automatique des langues.
- Et, plus largement : psychologie cognitive, psychologie de l'éducation, sciences de l'éducation, sciences du langage, sciences de l'information et de la communication (ingénierie des médias pour l'apprentissage, communication scientifique et technologique)

Bibliographie

Le champ scientifique est trop vaste pour faire l'objet d'une bibliographie sommaire, mais deux ouvrages de synthèse récents peuvent être signalés :

N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, S. Barnes (Eds) *Technology-Enhanced Learning – Principles and Products* (2009). Springer.

M. Grandbastien, J.M., Labat (eds) *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Traité IC2 Information Commande Communication* (2006). Hermès Lavoisier.

Dynamiques de la construction des connaissances

par Jean-Michel Dusseau (atelier 3)

Approches de la cognition en situation d'éducation et de formation

1°/L'étude de la cognition en situation d'éducation et de formation, un enjeu crucial Depuis une quinzaine d'années, des travaux de recherche articulant pratiques d'enseignement et sciences cognitives se sont développés, notamment à partir de l'impulsion de l'ACI « Ecole et Sciences Cognitives » (Kail & Fayol, 2003 ; cf. également Dessus & Gentaz, 2006 ; Ecalle & Magnan, 2005 ; Gentaz & Dessus, 2004). Ces travaux ont renouvelé les perspectives issues de la psychopédagogie et des approches piagétienne, ainsi que celles des didactiques des disciplines. Une plus grande interdisciplinarité a rassemblé autour d'objets communs non seulement didactiques, sciences de l'éducation et psychologie du développement, mais aussi neurologie, psychologie sociale, sociologie, linguistique, informatique. De nouvelles techniques d'observation ont été exploitées, telles que l'activité oculo-motrice ou l'imagerie cérébrale. L'approche des processus cognitifs est devenue plus complexe, inspirée par les modélisations des systèmes dynamiques et des phénomènes d'émergence. Ces travaux ont également bénéficié de l'évolution générale des sciences cognitives vers un représentationnalisme plus riche et plus nuancé que celui du cognitivisme originaire issu de la métaphore de l'ordinateur. Les aspects cognitifs au sens strict, logico-symboliques, ont été enrichis de la prise en compte de phénomènes sensori-moteurs, émotionnels, motivationnels. Un certain nombre ont adopté une conception située et incarnée de la cognition, prenant en considération des ressources contextuelles utilisées dans les processus cognitifs.

Ces évolutions ont permis de mener des études des processus cognitifs en situation « écologique ». Notre travail dans le cadre de l'atelier PIRSTEC vise à confronter deux grands types d'approche en situation de ces dynamiques de la connaissance : des approches psycho-didactiques (APD) centrées sur l'acquisition de savoirs (cf. par exemple : Baldy et al., 2005 ; Lautrey & Mazens, 2004 ; Sander, 2003) ; des approches énavivo-ergonomiques (AEE) centrées sur l'expérience des acteurs (cf. par exemple : Durand, 2009 ; Serres & al., 2004 ; Veyrunes & al., 2009).

Même si les travaux de recherche qui se rattachent à chacun de ces ensembles ne sont pas homogènes, ils se différencient quant à leurs objets d'étude, leurs présupposés (théoriques, ontologiques, épistémologiques) et leurs méthodes. Sans prétention d'exhaustivité, il nous a semblé utile de réunir des chercheurs de ces deux approches, et ainsi de cerner leurs apports respectifs et leur complémentarité vis-à-vis des enjeux de conception et d'évaluation des dispositifs d'éducation et de formation.

2°/ Panorama des approches psycho-didactiques et énavivo-ergonomiques

2.1 Objets d'étude : apprentissages scolaires et situations professionnelles

Les APD se focalisent plutôt sur des situations d'enseignement où est en jeu un corpus de savoirs délimité et formalisé. Ainsi, elles privilégient des apprentissages réalisés par des enfants et des adolescents dans les disciplines scolaires (mathématiques, sciences, lecture, langues,...), en s'intéressant à leur relation à ces savoirs. Les AEE s'intéressent plutôt à des situations où le savoir en jeu est au préalable peu identifié. Elles privilégient des situations de travail et de formation (sport, éducation physique et sportive, formation des enseignants) où règne une part de flou, d'ouverture, d'indétermination, et qui engagent donc les capacités créatives des professionnels. Une part significative des recherches s'est intéressée à des situations collectives où a été étudiée l'articulation de l'activité des acteurs.

Néanmoins, les APD et AEE ne se distinguent pas fondamentalement quant à leurs objets d'étude. D'une part, les travaux de didactique professionnelle (Samurçay & Pastré, 2004) prolongent en quelque sorte les APD dans le monde du travail et de la formation professionnelle, tout en bénéficiant des apports de l'ergonomie de langue française. D'autre part, les AEE ont donné lieu à des recherches sur l'activité des élèves en contexte scolaire sans toutefois référer à la relation à un savoir identifié.

2.2 Présupposés ontologiques et hypothèses théoriques

Dans leur ensemble, les APD adhèrent plutôt à un essentialisme ontologique : elles présupposent l'existence de propriétés essentielles des objets, des situations et des événements du monde indépendantes d'une relation avec un organisme. A partir de ce postulat, plusieurs options se dessinent. Des théories réalistes envisagent la cognition comme une reconstitution du monde extérieur dont les propriétés se projettent, via les organes des sens, sur le système cognitif qui les représente. Toutes les connaissances ont alors une origine perceptive et résultent d'une abstraction à partir de ces données. Des théories constructivistes ou interactionnistes envisagent la cognition à partir des actions (physiques ou logico-mathématiques) que l'individu applique sur l'objet pour le connaître. Dans des théories motrices de la perception, percevoir et se représenter sont des activités ne consistant pas simplement à lire les propriétés du réel, mais faisant intervenir la motricité.

En étant basées sur cette diversité de présupposés et de théories, les APD ne reposent plus actuellement sur modèle unifié de l'apprentissage-développement : ces dernières années ont consacré une transition depuis le modèle piagétien vers des théories locales d'acquisition de connaissances spécifiques.

De leur côté, les AEE s'inscrivent plutôt dans un expérialisme ontologique anti-essentialiste : les propriétés des objets, des situations et des événements du monde sont envisagées comme le produit d'un couplage entre un organisme et son environnement, il n'existe pas de propriétés indépendantes d'un tel couplage. Ces approches se basent sur le paradigme de l'énaction (Varela, Thompson & Rosch, 1993) inscrit en filiation de la phénoménologie : la notion d'expérience, de conscience pré-réflexive intégrant perception, action et connaissance est ainsi centrale.

Ces présupposés conduisent à rejeter l'idée d'une représentation mentale de propriétés intrinsèques du monde : la cognition est plutôt envisagée comme la constitution expérientielle d'un monde doté de propriétés et, conjointement, d'un moi agissant dans ce monde. La cognition est considérée comme la dynamique d'une expérience intégrative intégrant à tout instant des aspects perceptifs, émotionnels et moteurs sur lesquelles reposent les opérations logico-mathématiques.

De telles approches sont compatibles avec le pragmatisme nord-américain (Peirce, James, Dewey), où les connaissances ne sont pas envisagées comme des représentations, mais comme des savoir-faire en contexte, dynamiques, contrastant avec l'idée de stockage. Elles font de la typicalisation (Rosch, 1978) le mécanisme essentiel de l'apprentissage.

2.3 Méthode : principes expérimentaux et recueil de données détaillées

Les méthodes d'étude de processus cognitifs en situation d'éducation et de formation s'organisent autour de deux pôles :

- des études quasi-expérimentales menées sur des groupes de sujets (groupes-classes ou groupes d'expérimentation). Bien que n'étant pas réalisées en laboratoire, elles respectent des principes expérimentaux : des variables indépendantes (âge des sujets – variable développementale ; situations, dispositifs, supports – variables didactiques) sont manipulées et leurs effets sur des variables dépendantes (réponses produites, gain post-test, procédures de réalisation) sont observés. Les données recueillies consistent principalement en des réponses produites à des tâches test, souvent dans une succession pré-test/post-test. Dans ces études sont mis en œuvre des groupes de contrôle ; toutefois, leur administration est parfois difficile dans le domaine de l'éducation et de la formation (difficulté à contrôler les facteurs secondaires pour garantir une analyse « toutes choses étant égales par ailleurs »).

- des études détaillées de séquences d'activité. Un maximum de données sont recueillies à l'aide de techniques classiques en ergonomie : notes ethnographiques, enregistrements vidéo, caméra subjective, traces informatiques dynamiques, productions réalisées par les acteurs. Ces données sont parfois enrichies de données physiologiques ou motrices. Sont également recueillies des données qui documentent l'expérience des acteurs, leur point de vue propre dans leur activité. Pour cela, l'auto-confrontation consiste à recueillir des verbalisations des acteurs « remis en situation » à l'aide des enregistrements vidéo réalisés. D'autres techniques sont parfois utilisées à cet effet, telles que le recueil de verbalisations simultanées, ou de verbalisations a posteriori sur la base de traces matérielles de l'activité. Dans ces études, la lourdeur du recueil, et surtout de l'interprétation des données amène à travailler sur un petit nombre de cas (souvent moins d'une dizaine de séquences analysées).

Les APD respectent souvent des principes expérimentaux, tandis que les AEE recueillent systématiquement, du fait de leurs options théoriques, des verbalisations qui documentent le point de vue propre des acteurs. Toutefois, il n'y a pas de stricte dichotomie entre ces deux types de méthode : par exemple, une étude expérimentale peut se conjuguer avec des entretiens a posteriori permettant de documenter les protocoles de réalisation de tâches test.

3°/ Pistes prospectives

3.1 Travailler sur des perspectives communes

De notre travail se dégagent cinq centres d'intérêts et perspectives d'étude communs :

- le rôle des objets et l'inscription matérielle de la cognition dans les situations d'éducation et de formation ;
- le rôle des similitudes (analogie, typicalité, exemple, catégorie) dans l'apprentissage et leur articulation avec des artefacts symboliques et langagiers ;
- le rôle des connaissances et des conceptions préalables des élèves et plus largement des apprenants, dans la construction de concepts ;
- l'articulation des différentes temporalités de la dynamique de construction des connaissances, depuis la temporalité courte d'apprentissages situés jusqu'à la temporalité longue du développement et du « cours de vie » ;
- la démarche de conception de situations et de dispositifs d'éducation et de formation, et son articulation avec la recherche.

Entreprendre un travail commun sur ces perspectives permettrait à chaque approche de s'ouvrir à de nouveaux développements. Par exemple, un travail sur la deuxième perspective (similitudes et apprentissage) permettrait aux AEE de mettre en débat la notion de représentation : est-il possible de s'en passer totalement pour étudier les situations d'éducation et de formation, ou bien faut-il la ré-interpréter sur la base des présupposés énoncés (Steiner, 2008) ? De même, un travail sur la quatrième perspective (conception de dispositifs et de situations) permettrait aux APD d'évaluer les gains d'une démarche de co-conception en boucles itératives successives mises en œuvre par les AEE.

Toutefois, il faut se garder d'un syncrétisme qui voudrait unifier les différentes approches : les différents présupposés théoriques et méthodologiques adoptés ne sont pas tous

conciliables. Si des collaborations autour de perspectives communes permettraient des échanges féconds en termes de développement scientifique, chaque approche doit conserver son identité au travers de la réalisation d'études épistémologiquement cohérentes.

3.2 Développer des démarches mixtes d'évaluation des dispositifs d'éducation et de formation

Dans les systèmes scolaires, la nécessité d'une évaluation non seulement des résultats, mais aussi des pratiques d'enseignement s'est fait jour, aussi bien en France (Joutard & Thélot, 1999) qu'au niveau international (UNESCO, 2000).

L'évaluation des pratiques d'enseignement ne doit pas en rester aux acquisitions que permettent différents dispositifs vis-à-vis d'un savoir identifié. Les différentes approches cognitives permettent également d'évaluer la dynamique de ces acquisitions. De manière qualitative, les AEE permettent d'élargir cette évaluation, en appréhendant des effets « secondaires », socio-éducatifs, des pratiques d'enseignement. Etant donné l'importance de la fonction de socialisation de l'école (Dubet, 2008), cette dimension semble importante.

La mise au point de démarches mixtes d'évaluation associant APD et AEE constitue donc une piste prospective intéressante. Toutefois, en fonction des présupposés théoriques et des méthodes adoptés, elle peut être à considérer davantage comme un développement technologique commun, au service de besoins sociétaux, que comme l'élaboration d'une « mixed-method » de recherche scientifique (Johnson & Onwuegbuzie, 2004).

3.3 Explorer scientifiquement la dynamique de « connaissances socialement demandées »

Le développement d'une « société de la connaissance » (Caracostas, 2008 ; OCDE, 1996) est devenu un mot d'ordre politique, consacrant l'immatériel « capital humain » comme facteur de compétitivité et de croissance économiques. Cette notion de capital humain ne s'apprécie plus uniquement par le nombre d'années d'étude, elle est conçue de plus en plus qualitativement (Paul & Suleman, 2005) : l'accent est mis notamment sur les capacités d'innovation et d'évolution des individus dans un monde en perpétuel changement.

Dans le monde scolaire, les curricula suivent ce mouvement : dans le « socle commun des connaissances et des compétences » (MENESR, 2006) on trouve parmi les 7 domaines fondamentaux, à côté des domaines disciplinaires, les « compétences sociales et civiques » (connaître, comprendre et respecter les règles de la vie collective ; travailler en équipe ; savoir construire son opinion personnelle ; prendre des initiatives ; faire preuve d'efficacité) ainsi que « l'autonomie et l'initiative » (avoir conscience de ses ressources et de ses limites ; manifester créativité, curiosité, motivation).

Même s'il est probablement nécessaire de déconstruire les formulations de sens commun des demandes sociales, des études scientifiques de la cognition peuvent permettre d'explorer la dynamique de construction de ces « connaissances socialement demandées ». Les APD et les AEE, étant donné leur capacité à mener des études en situation « écologique » d'éducation et de formation, sont à même de les réaliser. Par ailleurs, un travail sur de tels objets complexes représente un défi épistémologique potentiellement vecteur de développement scientifiques.

3.4 Développer la réflexion épistémologique

Les pistes prospectives ont suggéré des collaborations entre les APD et les AEE, mais il nous semble qu'elles ne seront fécondes qu'à la condition de développer une réflexion épistémologique dans le domaine des sciences cognitives appliquées à l'éducation. Elle permettrait aux chercheurs d'être davantage conscients d'options épistémologiques qui peuvent rester implicites au sein des différentes approches, et ainsi de réguler la collaboration sur la base d'un débat scientifique. Le développement de cette réflexion épistémologique présenterait en outre l'avantage d'accroître la capacité d'auto-critique au sein de chacune des approches, et de renforcer leur cohérence. Pour cela, peut-être faut-il envisager des collaborations non seulement entre les APD et les AEE, mais aussi avec des chercheurs travaillant dans le domaine de l'épistémologie des sciences cognitives ou de la philosophie de l'esprit.

4°/ Conclusion

Les sciences cognitives peuvent-elles prescrire des méthodes d'enseignement ? Certaines positions proposant une relation entre recherche et pratique comparable à celle de la médecine semblent trop volontaristes. D'autres auteurs sont plus mesurés, en considérant l'état actuel d'avancement des recherches (Ecalte & Magnan, 2005) ou en critiquant la possibilité de transposer des descriptions psychologiques en prescriptions généralisées (Gentaz & Dessus, 2004). Le système scolaire français concerne 13 millions d'élèves et 1 million d'enseignants ; toute prescription, même si elle se limite à une discipline et un niveau de classe, peut toucher plusieurs centaines de milliers de personnes. La responsabilité des chercheurs est donc considérable. Par ailleurs, les sciences cognitives ne doivent pas perdre de vue que l'efficacité en matière d'éducation et de formation réfère toujours à des finalités porteuses de valeurs : s'agit-il de maximiser l'acquisition de ceux qui en bénéficient ? de les adapter aux besoins des entreprises ? de permettre leur épanouissement personnel ? d'améliorer la compétitivité économique ? de garantir une meilleure équité ? de renforcer la cohésion sociale ? La recherche en sciences cognitives dans le domaine de l'éducation et de la formation doit s'accompagner d'un questionnement éthique.

Moyennant ces précautions, des études sur portant sur la dynamique de construction des connaissances en situation peuvent définir des heuristiques pour concevoir et évaluer des dispositifs d'éducation et de formation.

Bibliographie

- Baldy, R. (2006). Représentations et développement cognitif. In Blanc, N. (éd.) Le concept de représentation en psychologie. Paris : In Press
- Caracostas, P. (2007). « Une prospective de la société de la connaissance ». In J-P. Alix (dir.), *Sciences et société en mutation*, actes du colloque du 12 février 2007 (pp. 19-30). Paris : CNRS.
- Dessus, P., & Gentaz, E. (dir.) (2006). *Apprendre et enseigner à l'école. Sciences cognitives et éducation*. Paris : Dunod.
- Durand, M. (2008). Un programme de recherche technologique en formation des adultes. Une approche énaïve de l'activité humaine et l'accompagnement de son apprentissage/développement. *Education et Didactique*, 2(3).
- Dubet, F. (2008). *Faits d'école*. Paris : Editions de l'EHESS.
- Ecalte, J., & Magnan, A. (dir.) (2005). Sciences cognitives, apprentissage et enseignement. *Revue Française de Pédagogie*, 152.
- Gentaz, E., & Dessus, P. (dir.) (2004). *Comprendre les apprentissages. Sciences cognitives et éducation*. Paris : Dunod.
- Houdé, O. (2004). *La psychologie de l'enfant*. Paris : PUF.
- Johnson, R.B., & Onwuegbuzie, A.J. (2004). Mixed methods research : A research paradigm whose time has come. *Educational Researcher*, 33, 14–26.
- Joutard, P., & Thélot, C. (1999). *Réussir l'école. Pour une politique éducative*. Paris : Seuil.
- Kail, M., & Fayol, M. (dir.) (2003). *Les sciences cognitives et l'école. La question des apprentissages*. Paris : PUF.
- Lautrey, J., & Mazens, K. (2004). Is children naive knowledge consistent ? A comparison of concepts of sound and heat. *Learning and Instruction*, 14(4), 399-423.

- Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (2006). Le socle commun de connaissances et de compétences. Paris : MENESR.
- OCDE (1996) *L'économie fondée sur le savoir*. Paris : OCDE (OCDE/GD (96)102).
- Paul, J.-J., & Suleman, F. (2005). La production de connaissances dans la société de la connaissance : quel rôle pour le système éducatif. *Education et Sociétés*, 15, 19-44.
- Rosch, E. (1978). Principles of categorization. In E. Rosch & B.B. Lloyd, *Cognition and categorization*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates. 27-48.
- Samurçay, R., & Pastré, P. (dir.) (2004). *Recherches en didactique professionnelle*. Toulouse : Octarès.
- Sander, E. (2003). Analogie et catégorisation. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 17(5-6), 719–732.
- Serres, G., Ria, L. & Adé, D. (2004). Modalités de développement de l'activité professionnelle au gré des contextes de classe et de formation. *Revue Française de Pédagogie*, 149, 49-64.
- Steiner, P. (2008). Délocaliser les phénomènes mentaux : la philosophie de l'esprit de Dewey. *Revue Internationale de Philosophie*, 245, 273-292.
- UNESCO (2000). *Cadre d'action de Dakar : l'éducation pour tous*. Paris : Unesco.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit. Sciences cognitives et expérience humaine*. Paris : Seuil.
- Veyrunes, P., Gal-Petitfaux, N., & Durand, M. (2009). Configurations of activity : From the coupling of individual actions to the emergence of collective activity. *Research Papers in Education*, 24(1), 95-113.

Annexes

Réunion PIRSTEC

Dynamiques de la construction des connaissances

Approches de la cognition
en situation d'éducation et de formation

15-16 juin 2009 – IUFM de Montpellier

Programme de la réunion

Résumés des communications



Programme

Lundi 15 juin

13h30 : Ouverture de l'atelier

Session 1 : « Des connaissances naïves aux connaissances scientifiques »

14 h - 14 h 45 : Karine Mazens (Université Pierre Mendès France, Grenoble)

« Développement des connaissances naïves en biologie et en physique »

14 h 50 - 15 h 10 - Communication 1 : Jean-François Favrat & Valérie Munier (IUFM – Université Montpellier 2) : « Rôle et place de la visualisation mentale et de la manipulation d'objets réels dans la construction des savoirs scientifiques »

Session 2 : « Transfert et mobilisation de ressources cognitives »

15h15-16h : Emmanuel.Sander (Université Paris 8)

« Analogie, conceptualisation et développement conceptuel ».

16 h - 16 h 30 : Pause Café

16 h 30 - 16 h 50 - Communication 2 : Claude Devichi (Université de Nîmes), Valérie Munier (IUFM- Université Montpellier 2) : « Le concept d'angle à l'école élémentaire, approche interdisciplinaire ».

17 h-18 h Discussion

Mardi 16 juin

Session 3 : « Approche énaactive et recherche technologique en éducation et formation ».

8 h 30 - 9 h 15 - Marc Durand (Université de Genève) :

« Principes de conception de situations de formation sous une hypothèse énaactive ».

9 h 20 - 9 h 40 - Communication 3 : David Adé, Ludovic Seifert (Université de Rouen), Germain Poizat (Université de Bourgogne) :

« Conception d'un dispositif en terme "d'aide à la formation" articulants différents niveaux de description de l'activité. Une illustration à partir de la formation des guides de haute-montagne »

9h45-10h05 - Communication 4 : Nicolas Perrin (HEP de Lausanne) :

« L'usage des exemples appréhendé du point de vue des acteurs et la construction des connaissances »

10 h 05 - 10h30 : Pause Café

10 h 30 - 10 h 50 - Communication 5 : Gilles Dieumegard (IUFM - U. Montpellier 2) : « Perspectives externalistes pour l'étude de « l'activité d'élève » au collège »

11 h - 12 h : Discussion

12 h - 13 h 30 : Pause Déjeuner

Synthèse de l'atelier

13 h 30 - 14 h 15 : Christian Brassac (Université de Nancy) : Synthèse générale

14 h 30 - 16 h : Discussion prospective

16 h : Café de fin d'atelier

Développement des connaissances naïves en biologie et en physique

Karine Mazens

Laboratoire de Psychologie et Neurocognition, CNRS UMR 5105
Université Pierre Mendès France – Grenoble

Développement des connaissances naïves en biologie et en physique

L'étude des conceptions naïves à propos du vivant et de la matière inanimée est abordée avec une approche cognitivo-développementale. Les questions qui animent ce thème de recherche concernent l'origine et le degré de structuration de ces différents domaines ainsi que l'évolution au cours du développement de ces représentations.

Le domaine de la physique comprend de nombreux travaux chez le bébé, consacrés à la connaissance des lois physiques. Par ailleurs, de nombreuses études sont réalisées dans le cadre de la recherche en didactique et concernent plutôt des sujets apprenant en physique. Chez l'enfant d'âge préscolaire et scolaire, assez peu d'études sont réalisées. La principale question posée est celle de l'existence ou non d'une cohérence interne au sein de ces représentations. Peut-on parler de modules (« core knowledge »), de théories ou plutôt de connaissances fragmentées à propos des conceptions des enfants ? Les travaux de Mazens et Lautrey (Mazens & Lautrey, 2003 ; Lautrey & Mazens, 2004) tentent de répondre à cette question concernant la structuration des connaissances et la nature des changements au cours du développement. Ces recherches concernent l'évolution des représentations que les enfants de 6 à 10 ans se font des phénomènes sonores. Les enfants attribuent-ils au son les propriétés des objets ou considèrent-ils le son comme un processus vibratoire ? A partir de petites expériences avec des objets sonores, des questions sont posées concernant la substantialité, le poids, la permanence. Il apparaît que les jeunes enfants considèrent plus le son comme un objet que les enfants plus âgés. Le changement conceptuel ne consiste pas en un transfert soudain du concept de son de la catégorie matière à la catégorie des processus mais plutôt d'un changement lent et graduel. Les propriétés de la matière sont abandonnées dans un ordre hiérarchique. Les réponses des enfants peuvent laisser paraître une relative incohérence mais si on s'attache à étudier la dynamique développementale, on peut voir dans l'évolution conceptuelle une certaine structuration des représentations.

S'il est établi que le domaine de la physique est très précoce au cours de l'ontogenèse, il n'en est pas de même pour le domaine du vivant. De nombreux travaux, en particulier à propos de la compréhension que les enfants ont du mécanisme causal d'hérédité montrent que ce n'est pas avant 7-8 ans que les enfants commencent à distinguer ce qui est hérité par un mécanisme de reproduction de ce qui est acquis par l'environnement (Mazens & Berger, en préparation). Avec un autre paradigme consistant à demander à des enfants de 5 à 11 ans et à des adultes de reconnaître des individus apparentés (retrouver la mère biologique d'un nouveau-né parmi trois femmes), et en introduisant des traits saillants non pertinents dans la ressemblance, on observe également l'évolution développementale des représentations sur l'hérédité (Mazens & al., en préparation). D'une manière générale, les travaux consacrés au domaine de la biologie concernent plutôt les enfants d'âge préscolaire et scolaire. Cependant des travaux très récents s'intéressent à la perception, par des nouveau-nés, des mouvements biologiques et non biologiques. Les résultats montrent qu'à la naissance, les bébés sont déjà capables de discriminer ces deux types de mouvements (Méary & al., 2007).

Si les études consacrées aux conceptions naïves se rangent le plus souvent dans un domaine spécifique, des études s'intéressent également aux liens possibles entre ces différents domaines. Des travaux sont consacrés aux différents systèmes d'explication appartenant à deux domaines distincts comme la biologie et l'esprit et pouvant coexister chez un même individu. Par exemple, les explications concernant la maladie appartiennent plutôt au domaine de la biologie mais peuvent aussi relever des explications du domaine de la psychologie (influence des états mentaux) ou du domaine surnaturel (sorcellerie, religion). Il peut en être de même pour d'autres entités relevant de différents domaines (biologie, physique, esprit). La question de la relation entre ces différents domaines mériterait d'être développée dans les futures années.

Rôle et place de la visualisation mentale et de la manipulation d'objets réels dans la construction des savoirs scientifiques

Jean-François Favrat & Valérie Munier

LIRDEF – Unité « Etude et Recherches sur l'Enseignement des Sciences »
IUFM – Université Montpellier 2

Notre équipe souhaite développer une piste de recherche nouvelle pour elle, dans le cadre d'une coopération avec le CREAS⁸ de l'université de Sherbrooke (Québec). Nous émettons l'hypothèse que les démarches d'enseignement préconisées et effectives dans les disciplines scientifiques (dont les mathématiques) à l'école privilégient en général le recours à l'action, à la manipulation et que l'entraînement à la visualisation mentale est très peu développé. Nous testerons cette hypothèse lors d'observations in situ et par l'examen des outils didactiques mis à la disposition des maîtres. De plus nous supposons que la mobilisation d'images mentales lors d'activités relevant de l'espace (orientation avec une boussole, astronomie, technologie, géométrie des solides...), pratique largement préconisée dans la didactique des disciplines sportives, pourrait permettre de développer le sens spatial tout en permettant une meilleure construction des connaissances visées.

Trois projets seront conduits. Le premier, concernant les déplacements dans l'espace avec ou sans boussole, opposera deux types de tâches : l'une avec anticipation spatiale, l'autre sans. Le deuxième a pour but de chercher une éventuelle corrélation entre le sens spatial et les capacités de décentration en astronomie, et si il y a une différence entre enfants et adultes. Les publics visés en France et au Québec seront des étudiants et des élèves en fin de primaire. Le troisième projet vise à constituer pour les élèves de l'école primaire une banque d'activités géométriques dans lesquelles des images mentales seront sollicitées. Cette banque devra être suffisamment étoffée et organisée afin que les enseignants puissent y trouver matière à programmer sur l'ensemble de la scolarité primaire l'équivalent pour les apprentissages géométriques de ce qui existe pour le calcul mental.

Analogie, conceptualisation et développement conceptuel

Emmanuel Sander
Equipe « Compréhension, Raisonnement et Acquisitions de Connaissances »
Université Paris 8

Les recherches des trois dernières décennies en psychologie cognitive ont contribué à placer l'analogie au cœur de la cognition humaine. Nous développerons, dans une perspective éducative, une approche essentiellement sémantique qui associe l'analogie à la catégorisation et la métaphore et incline à se centrer sur ce qui fait l'unité de ces phénomènes, la mobilisation de structures mentales pourvoyeuses d'inférences.

La manière dont ces processus inférentiels se mettent en œuvre sera d'abord discutée. Les notions de flexibilité catégorielle et d'abstraction permettent d'articuler les travaux des partisans d'une pensée concrète, centrée sur des expériences corporelles ou sur des simulateurs mentaux d'expériences vécues, avec ceux qui font dépendre la cognition de l'abstraction dans la lignée d'une tradition rationaliste classique. Notre point de vue est que des catégories de tout niveau d'abstraction, souvent non lexicalisées, contraignent les interprétations. Évoquées à partir des traits saillants, ces catégories permettent, à travers les inférences que déclenchent leur activation, de prendre un point de vue sur les situations.

⁸ Centre de Recherche sur l'Enseignement et l'Apprentissage des Sciences

À travers l'étude des connaissances naïves, nous chercherons à montrer comment les modes de pensée en général et la compréhension des concepts scientifiques en particulier sont contraints par les catégories, les analogies et les métaphores. Nous nous centrerons sur les notions mathématiques, et en particulier les plus élémentaires, enseignées dès l'école primaire et supposées maîtrisées par tout adulte éduqué, afin de montrer comment des connaissances naïves sont au cœur des conceptions de ces notions. Leur caractère robuste fait qu'elles guident aussi les raisonnements d'adultes instruits, ce qui met à mal l'idée selon laquelle les concepts enseignés évinceraient leurs précurseurs naïfs.

Nous chercherons à préciser les implications de cette perspective pour l'éducation. La notion d'habillage sera questionnée. Les traits de surface passent du statut d'éléments interférents avec la structure à celui d'inducteurs d'une structure reposant sur les connaissances du monde et contraignant l'interprétation. La conceptualisation sera revisitée à travers l'articulation entre la connaissance naïve qui relève de l'interprétation spontanée de la notion à enseigner, la structure induite à partir des traits saillants d'un énoncé de problème et la structure profonde que l'école vise à faire acquérir. S'il est bien établi que la formulation d'un énoncé influence profondément la compréhension et la difficulté du problème qu'il incarne, la manière dont cette formulation pourrait constituer un vecteur d'apprentissage reste à établir. Nous formulerons des propositions pour une approche centrée sur la prise en compte des effets de contenu dans les acquisitions de connaissances.

Mots clés : Analogie, Catégorisation, Conceptualisation, Connaissances naïves, Développement conceptuel, Effets de contenu dans les acquisitions de connaissances, Métaphore, Transfert de connaissances

Référence : Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (2008). Les connaissances naïves. Paris, Armand Colin.

Le concept d'angle à l'école élémentaire, approche interdisciplinaire

Claude Devichi*, Valérie Munier**

*Université de Nîmes – Equipe « Développement, Cognition, Acquisition »

**IUFM – Université Montpellier 2 – LIRDEF

Depuis plusieurs années, nous nous intéressons, en collaboration avec des psychologues du développement, à l'enseignement de concepts géométriques à l'école élémentaire (angle, alignement) à partir de situations relevant de la physique. Outre plusieurs études développementales nous avons élaboré et expérimenté plusieurs séquences d'enseignement, construites selon le même scénario : proposition d'un problème physico-technologique dans l'espace ordinaire, modélisation géométrique de la situation résolue ou explorée empiriquement, décontextualisation. Nous présenterons nos hypothèses de recherche et nous montrerons comment les résultats de nos expérimentations les ont fait évoluer. Enfin nous présenterons les perspectives et les pistes de recherche envisagées pour la poursuite de cette collaboration entre psychologues et didacticiens.

Principes de conception de situations de formation sous une hypothèse énaactive

Marc Durand

**Equipe « Conception Recherche Activité Formation Travail » (CRAFT)
Faculté de Psychologie et Sciences de l'éducation - Université de Genève**

Cette présentation propose à la discussion quelques éléments du programme scientifique conduit dans notre équipe CRAFT à Genève. Elle est organisée en deux parties.

La Partie 1 prend le domaine de la formation des adultes comme une situation privilégiée pour spécifier un débat structurant en Sciences de l'éducation, relatif aux relations entre cognition et action et plus largement à la nature de la cognition. Elle pointe un certain nombre d'apories liées aux postulats sur lesquels reposent les approches de la cognition et des savoirs s'inscrivant dans le mainstream de cette discipline. Elle décrit ensuite le postulat fondamental de l'énaction et celui complémentaire d'expérience ou de « conscience pré-réflexive » adoptés dans notre équipe comme des candidats pour résoudre les difficultés liées aux conceptions discontinuistes des rapports action - cognition et constituer le noyau dur d'un programme scientifique en éducation et formation prenant pour objet l'activité. Elle précise ensuite quelques concepts clés liés à ces postulats : unité d'analyse définie comme un couplage asymétrique, autopoïèse adaptation et viabilité, définition dynamique des situations, conception pragmatiste et praxéologique de la cognition. Elle s'achève par une présentation à grands traits de notre projet scientifique qui articule deux programmes tenus par les mêmes présupposés : l'un de recherche empirique, l'autre de technologie de formation. L'argumentation est tenue par l'idée d'une relation organique et féconde entre ces deux programmes.

La Partie 2 définit plus en détail notre programme technologique. Elle énonce sous une forme synthétique cinq principes de conception des situations de formation : a) perturber et influencer l'activité des formés pour la transformer, b) proscrire et non prescrire, c) prendre une activité cible pour référence, d) assurer le lien entre l'activité cible et l'activité en formation, e) assurer le pontage entre l'activité en formation et l'activité cible.

L'opérationnalisation de ces principes aboutit à la mise en correspondance entre deux séries de transformations : celles de l'environnement des formés sous l'effet des actions des formateurs, et celles hypothétiques du couplage des formés et de leur situation. Cette correspondance est recherchée, mais elle demeure indéterminée au sens où ce qui occasionne effectivement les transformations de l'activité des formés ne peut pas être une commande ou une prescription, mais consiste en une intervention sur leur environnement, tenue par un pari relatif à la pertinence de la perturbation du cours d'action des formés provoquée par le formateur. C'est pourquoi nous conceptualisons les formations à partir de la notion « d'espace d'actions encouragées », c'est à dire des précurseurs d'actions et d'expériences, supposés induire une transformation orientée de l'activité des formés.

Mots clés : énaaction, activité, actions encouragées, conception, situation

Conception d'un dispositif en terme "d'aide à la formation" articulant différents niveaux de description de l'activité : une illustration à partir de la formation des guides de haute-montagne.

David Adé*, Germain Poizat**, Ludovic Seifert*

* Université de Rouen, Laboratoire CETAPS

** Université de Bourgogne, Laboratoire SPMS



Introduction

En terme de conception d'aide à la formation, deux visées nous semblent particulièrement intéressantes : (a) la conception de dispositif d'aide à la formation pour l'activité collective, et (b) la conception de dispositif d'aide à la formation intégrant différents niveaux de description de l'activité individuelle. Dans le cadre de cet atelier, nous nous en tiendrons à nos réflexions en cours concernant la deuxième visée. Nous présenterons les premiers résultats d'une analyse de l'activité de grimpeurs (débutants et experts) en situation réelle d'escalade de cascade de glace articulant une analyse de l'activité (a) au niveau des coordinations motrices, et (b) au niveau significatif pour l'acteur ; puis le potentiel que ces résultats laissent entrevoir en termes d'aide à la formation des guides de hautes montagnes.

Perspectives scientifiques

Nous optons pour une conception de la formation (a) ancrée à l'analyse de l'activité réelle des acteurs et (b) basée sur différents niveaux de description de l'activité étudiée. Aussi, l'un des premiers défis scientifiques concerne l'intégration des données de natures différentes dans le sens où les données quantitatives et qualitatives sont pensées ensemble. L'argument en faveur d'une mixed methods research (Johnson & Onwuegbuzie, 2004) consiste à (a) montrer sa pertinence pour explorer l'ensemble des composantes de l'activité sportive à des fins épistémiques (produire des connaissances sur les grimpeurs) et d'aide à la conception d'artefacts de formation (proposer des environnements et du matériel de formation), et (b) souligner l'insuffisance des approches simples paradigmatiques qualitatives ou quantitatives. Toutefois demeure les interrogations (a) méthodologiques liées à la nature des relations entre les deux types de données (relations de juxtaposition, de complémentarité...) pour analyser et interpréter qualitativement les données quantitatives ou inversement ; et (b) ontologiques, sachant que l'intégration de données issues d'approches scientifiques différentes ne peut s'émanciper d'un minimum d'engagement ontologique commun entre les chercheurs. Si ce travail est réalisé par des chercheurs inscrits dans des courants scientifiques différents - celui des approches dynamiques (Kelso, 1995) et de l'anthropologie cognitive située (Theureau, 2006) - ils partagent l'idée de couplage entre l'acteur et la situation.

Enjeux sociaux et développements technologiques

Défendant l'idée d'une co-définition entre recherche et formation, nous pensons que les enjeux majeurs des artefacts de formation sont (a) de naturaliser les moments de formation en école à partir de traces audio et vidéo de l'activité d'acteurs en situation réelle (un environnement numérique mettant les aspirants guide en situation d'analyse de l'activité individuelle de débutants, d'experts, de pairs et de l'activité collective guide-client), (b) d'offrir des possibles pour être plus efficace en situation naturelle et en fonction du niveau de pratique (réflexion ergonomique sur l'utilisabilité des crampons, piolets, chaussures, gants...). Ces visées de conception nous semblent répondre (a) aux attentes des guides de hautes montagnes (développer des compétences réflexives et sécuritaires ; prendre en compte les dimensions multiples de l'activité - cognitives, affectives, perceptives,... par l'intégration des données quantitatives et qualitatives), et (b) aux nouveaux enjeux économiques visant à conserver les expériences en condition (ou en simulation) naturelle tout en réduisant les coûts de formation. Notre projet s'inscrit dans une réflexion plus générale relative au développement d'un programme de recherche technologique basé sur l'apport et l'intégration de plusieurs programmes de recherches empiriques.

Références

Johnson, R.B., & Onwuegbuzie, A.J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33, 14–26.

Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide. : MIT Press.

Theureau J. (2006). *Le cours d'action : Méthode développée*. Toulouse : Octares.

Exemples appréhendés du point de vue des acteurs et



construction des connaissances

Nicolas Perrin

Haute Ecole Pédagogique du Canton de Vaud (Suisse)
Equipe CRAFT - Université de Genève

Cette communication s'appuie sur une recherche menée dans le cadre d'une thèse de doctorat portant sur une forme d'activité très fréquente dans l'enseignement et la formation : celle qui à la fois prend en compte et constitue des exemples.

Plusieurs recherches ont montré le caractère complexe et paradoxal du recours aux exemples en formation (Lee, 2004; Nonnon, 1993; Perrin & Martin, 2007). L'apprenant est amené à identifier ce qui est pertinent dans l'exemple et cela à un moment où il ne maîtrise pas les connaissances que l'exemple illustre ou permet d'abstraire. Les exemples sont construits au fil des interactions, parfois redondantes ou contradictoires, entre les apprenants et le formateur. Les reprises partielles des exemples, tant par le formateur que les apprenants, posent problème : les reformulations sont multiples, ce qui provoque une transformation des significations et des difficultés à maintenir explicite la référence à la relation entre l'exemplifiant (partie concrète de l'exemple) et l'exemplifié (propriété à construire). Pourtant, le recours aux exemples garde un caractère d'évidence, même lorsque les approches distinguent très clairement l'objet enseigné et l'objet perçu (Marton & Tsui, 2004) ou lorsque la compréhension des exemples fait l'objet d'une négociation (Barth, 1987, 2007).

Le présupposé d'auto-organisation, central dans le paradigme de l'enaction (Maturana & Varela, 1994; Varela, 1989) postule que l'acteur est en relation asymétrique avec l'environnement car il interagit seulement avec ce qui l'intéresse ou est source de perturbation pour son organisation interne. L'enjeu est alors de proposer une description de l'activité et de la situation du point de vue de la dynamique interne de l'acteur. L'activité est conceptualisée comme une permanence dynamique, un flux « ouvert aux deux bouts », pour signifier qu'elle est non bornée a priori, et qu'à chaque instant elle hérite de l'histoire de l'activité passée et préfigure partiellement son futur (Theureau, 2006). Ainsi, le chercheur ne définit pas a priori des épisodes à analyser, des types de savoirs ou des types d'actions à comparer. De même, il ne présuppose pas que des prescriptions/objets sont pris en compte par les acteurs ; les artefacts ne sont que des offres de possibles (Perrin, Theureau, Menu & Durand, soumis) qui ont un rôle plus proscriptif que prescriptif. La démarche d'étude consiste à déconstruire les catégories naturelles ou toutes autres catégories construites par un observateur pour analyser les catégories pragmatiques de l'acteur, telles que la structure de son activité en rend compte.

Une telle approche permet de rendre compte de certains phénomènes liés à la prise en compte et à la structuration des exemples par les acteurs dans leur activité. En n'analysant pas les interactions verbales en 3^e personne, mais en accédant au point de vue de l'acteur en 2^e personne pour documenter les catégories pragmatiques de son activité, il est possible a) d'accéder à l'activité des apprenants qui n'interviennent pas dans les situations d'apprentissage, b) de mettre en évidence la prise en compte de l'histoire des interactions par chaque acteur, telle qu'il peut le faire à partir de son point de vue, c) de rendre compte des phénomènes de synchronisation et désynchronisation, d) de mettre en évidence la logique des enquêtes menées par les acteurs ce qui amène à questionner les catégorisations linguistiques de l'exemple, e) d'interroger les notions d'illustration et d'induction dans les processus de construction de propriétés liées à un exemple, f) de questionner le processus d'appropriation d'un artefact dans les situations de formation et de montrer que l'enjeu consiste à ne pas rendre transparent les artefacts (Perrin & Durand, soumis).

Une approche enactive de la prise en compte et de la construction des exemples en formation, et plus généralement du recours aux artefacts symboliques ou matériels, reste « une approche à la limite ». La volonté de rendre compte de ce qui est pertinent pour l'acteur (et non pour un observateur) pose des problèmes a) dans la définition des objets d'étude qui ne peuvent être posés a priori qu'en terme de révélateur de l'activité, b) pour étudier empiriquement des activités collectives et des phénomènes de synchronisation,

notamment lorsque les traces de l'activité portent sur de longs empanns temporels et que des épisodes différents sont pertinents pour les acteurs concernés, c) pour caractériser ce qu'est un cours de vie relatif à une pratique, cette dernière étant toujours en tension entre une définition a priori et une reconstruction à partir des catégories pragmatiques des acteurs ; or cela à une incidence considérable pour rendre compte des processus de formation, d) pour documenter une activité individuelle, et plus particulièrement pour négocier le contrat de participation et mener les séances d'autoconfrontation, en explicitant l'objet de la recherche sans favoriser l'expression d'un point de vue « filtré » par les catégories naturelles de l'acteur.

Références

- Barth, B.-M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction : méthodes pour une meilleure réussite de l'école*. Paris: Retz.
- Barth, B.-M. (2007). L'établissement de l'intersubjectivité comme outil de médiation : participer pour apprendre. In L. Allal & L. Mottier Lopez (Eds.), *Régulation des apprentissages en situation scolaire et en formation* (pp. 71-89). Bruxelles: De Boeck.
- Lee, Y.-A. (2004). The work of examples in classroom instruction. *Linguistics and Education*, 15 (1-2), 99-120.
- Marton, F. & Tsui, A. B. M. (Eds.). (2004). *Classroom discourse and the space of learning*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Maturana, H. R. & Varela, F. J. (1994). *L'arbre de la connaissance*. Paris: Addison-Wesley France.
- Nonnon, E. (1993). Prenons un exemple : recours aux cas particuliers et problèmes d'intercompréhension dans l'interaction didactique. In J.-F. Halté (Ed.), *Interactions : actualité de la recherche et enjeux pédagogiques* (pp. 201-245). Nancy-Metz: Presse Universitaire.
- Perrin, N. & Durand, M. (soumis). Appropriation et transparence des exemples en formation professionnelle initiale des enseignants. *Travail et apprentissage*.
- Perrin, N. & Martin, D. (2007). L'exemple : moyen ou obstacle pour construire un contexte partagé ? Un regard sur l'activité de deux formateurs et d'une étudiante impliqués dans une situation de formation professionnelle. *Revue des hautes écoles pédagogiques de la Suisse Romande et du Tessin*, 6, 35-59.
- Perrin, N., Theureau, J., Menu, J. & Durand, M. (soumis). *SIDE-CAR : un outil d'aide à l'analyse de l'activité selon le cadre théorique du cours d'action*. Travail & Formation en Education.
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action : méthode développée*. Toulouse: Octarès.
- Varela, F. J. (1989). *Autonomie et connaissance : essai sur le vivant*. Paris: Seuil.

Perspectives externalistes pour l'étude de « l'activité d'élève » au collège

Gilles Dieumegard

LIRDEF – Unité « Travail, Formation, Développement »
IUFM – Université Montpellier 2

Nos recherches sont consacrées à l'activité d'enfants et d'adolescents lorsqu'ils sont « élèves », c'est-à-dire en rapport avec une institution scolaire. Notre objet d'étude est plus large que celui des didacticiens : nous nous intéressons non seulement à leur activité d'étude, mais aussi à tout ce qui constitue son entour, sans préjuger de « rapport au savoir », par exemple : activités non-scolaires, clandestines ou déviantes en classe, relations spontanées entre élèves, jugements en situation, liens avec des situations non-scolaires, etc. Dans l'optique du paradigme de l'énaction, l'autonomie des élèves est prise en considération, c'est à dire leur capacité à configurer leur activité d'élève en fonction des contraintes scolaires et des activités didactiques qui leur sont proposées, mais aussi de préoccupations qui leur sont propres. L'observation empirique associe des méthodes issues de l'ergonomie (autoconfrontations, verbalisation simultanée, instruction au sosie) et de l'ethnologie (observation participante en classe pendant des périodes de plusieurs jours).

Le cadre théorique adopté conjugue une approche psycho-phénoménologique, la méthode « cours d'action », avec des enrichissements provenant d'autres approches externalistes de la cognition. Plus particulièrement :

1) la notion de « système cognitif étendu » permet d'envisager la cognition comme la production d'un système associant acteurs humains et technologies cognitives (externalisme psycho-technique), ce système évoluant au fil de l'activité. Elle permet de rendre compte de l'omniprésence de technologies cognitives (écritures, schémas, symboles graphiques, etc.) dans l'activité d'élève, qui « donnent à apprendre » en tant que ressources culturellement constituées qu'il est nécessaire de maîtriser ;

2) l'approche normative de la conceptualisation considère la connaissance d'un concept comme la maîtrise contextuelle d'obligations, de permissions et d'interdictions d'agir qui sont instituées de manière normative dans une communauté (externalisme social). Cette approche considère l'activité d'élève comme la participation aux pratiques instituant de différentes communautés (enseignants, élèves, familles...) et ce jusque dans les opérations d'apprentissage les plus élémentaires.

En termes de développements technologiques, il nous semble que l'approche de « l'activité d'élève » propose une approche générique (non disciplinaire) et complémentaire de la didactique. Dans la conception des démarches d'apprentissage, elle conduit toutefois à reconsidérer les oppositions traditionnelles entre « savoir » et « savoir-faire », « théorie » et « pratique », pour y substituer un jeu plus complexe entre implicite et explicite, entre objets matériels, formes comportementales et énoncés langagiers.

Dans l'état actuel des recherches, nous pensons qu'un renforcement de la cohérence théorique entre les différentes perspectives externalistes reste nécessaire, notamment pour ce qui est des notions de conscience, de langage et de « phénomènes représentationnels ». Cela appelle des collaborations entre chercheurs de différentes disciplines (sciences de l'éducation, philosophie de l'esprit, psychologie, linguistique,...), permettant de développer de nouveaux échanges réciproques entre sciences cognitives et éducation.

Liste des participants

| | | |
|---------------------|--|---------------------------------------|
| David ADE | Université de Rouen - CETAPS | david.ade@univ-rouen.fr |
| Nathalie Anwandterr | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | nathalie_anw@hotmail.fr |
| René BALDY | Université Montpellier 3 - DCA | rene.baldy@univ-montp3.fr |
| Christian BRASSAC | Université de Nancy - CODISANT | Christian.Brassac@univ-nancy2.fr |
| Danie BRÉHELIN | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | danie.brehelin@wanadoo.fr |
| Alain BRONNER | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | alain.bronner@montpellier.iufm.fr |
| Aurélie CHESNAIS | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | aurelie.chesnais@montpellier.iufm.fr |
| Marc CIZERON | Université Blaise Pascal - PAEDI | marc.cizeron@orange.fr |
| Claude DEVICHI | Université de Nîmes - DCA | claudio.devichi@unimes.fr |
| Gilles DIEUMEGARD | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | gilles.dieumegard@montpellier.iufm.fr |
| Marc DURAND | Université de Genève - CRAFT | Marc.Durand@unige.ch |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| Jean-Michel DUSSEAU | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | jean- michel.dusseau@montpellier.iufm.fr |
| Jean-François FAVRAT | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | jean-francois.favrat @montpellier.iufm.fr |
| Nathalie PETITFAUX | GAL- Université Blaise Pascal - PAEDI | galpetit@club-internet.fr |
| Alain JEAN | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | alain.jean@montpellier.iufm.fr |
| Mirène LARGUIER | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | mirene.larguier@montpellier.iufm.fr |
| Serge LEBLANC | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | serge.leblanc@montpellier.iufm.fr |
| Jean-Michel MARTINEZ | IUFM – Université Montpellier 2 | jean-michel.martinez @montpellier.iufm.fr |
| Karine MAZENS | Université Grenoble 2 - LPNC | karine.mazens@upmf-grenoble.fr |
| Hélène MERLE | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | helene.merle@montpellier.iufm.fr |
| Valérie MUNIER | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | valerie.munier@montpellier.iufm.fr |
| Sandra NOGRY | IUFM de Versailles – CRAC | sandra.nogry@gmail.com |
| Nicolas PERRIN | HEP de Lausanne – CRAFT Genève | nicolas.perrin@hepl.ch |
| Germain POIZAT | Université de Bourgogne - SPMS | germain.poizat@u-bourgogne.fr |
| Christian REYNAUD | IUFM – Université Montpellier 2 - LIRDEF | christian.reynaud@montpellier.iufm.fr |
| Ludovic SEIFFERT | Université de Rouen - CETAPS | ludovic.seifert@univ-rouen.fr |
| Nicolas TURENNE | INRA - MIG | nicolas.turenne@jouy.inra.fr |
| Philippe VEYRUNES | Université Toulouse le Mirail - CREFI | veyrunes@univ-tlse2.fr |

Rehaussement cognitif: neurosciences, pédagogie, remédiation.

par Joëlle Proust (atelier 17)

Cet atelier a été passionnant, et a dégagé quatre axes de recherche en sciences cognitives où des appels d'offre seraient de nature à produire des résultats et des méthodes très novatrices pour les années à venir:

- 1) la neuromodulation des apprentissages perceptifs
- 2) le développement des capacités exécutives chez l'enfant et le sujet âgé
- 3) le développement des capacités métacognitives en milieu scolaire
- 4) les méthodes nouvelles de la remédiation en psychiatrie

1) la neuromodulation des apprentissages perceptifs

Données chez l'homme : Chez des sujets humains porteurs d'implants cochléaires, il a été observé que les performances perceptives concernant certains paramètres des stimuli acoustiques pouvaient être supérieures à celles qui sont observées en moyenne chez un sujet normal-entendant. Cela est par exemple le cas pour la discrimination auditive du timbre des sons complexes non-stationnaires (dont l'intensité fluctue dans le temps), où des performances supra-normales ont pu être démontrées (Lorenzi et al 1997).

Données chez l'animal : Chez l'animal, des études électrophysiologiques effectuées dans le cortex auditif indiquent que des apprentissages perceptifs (ou présentés comme tels) peuvent produire des réorganisations de cartographies corticales impressionnantes tant dans le domaine spectral (Recanzone et al 1993, Rutkowski & Weinberger 2005) que dans le domaine temporel (Bao et al 2004). Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres travaux au cours desquels un système neuromodulateur a été répétitivement activé lors de la présentation d'un stimulus sensoriel (Kilgard & Merzenich 1998 a, b; Bao et al 2001), suggérant ainsi que les systèmes neuromodulateurs pouvaient être à l'origine des effets observés lors des apprentissage perceptifs.

Question : La question centrale qui se pose est de savoir si tout porteur d'implant cochléaire peut réellement récupérer des capacités perceptives normales voire supérieures à la normale en activant certains systèmes neuromodulateurs (par exemple grâce à des agents pharmacologiques). Un appel à propositions pourrait être ciblée sur les mécanismes et le mode d'intervention des neuromodulateurs.

2) le développement des capacités exécutives chez l'enfant et le sujet âgé

Les modèles de la cognition actuels considèrent que les fonctions exécutives, par la régulation de l'attention qu'elles engagent, sont des déterminants directs de la flexibilité cognitive et des comportements intelligents (Shallice, 1994). Des travaux longitudinaux montrent en outre que les capacités exécutives, modulant ce qu'on appelle la "mémoire de travail", sont la clé du résultat scolaire, et la dimension principale de la cognition qui corrèle avec l'origine sociale des élèves (Barrouillet al., sous presse). La variabilité des ressources attentionnelles qu'un individu peut mobiliser dépend en effet non seulement des allèles de quatre gènes régulant la dopamine, mais aussi de l'environnement familial et scolaire (Rueda et al., 2005). Enfin, ce sont également les capacités les plus atteintes dans le vieillissement.

L'une des composantes essentielles des fonctions exécutives consiste dans l'aptitude à gérer l'allocation de l'attention en fonction de l'importance relative des bénéfices et des coûts présentés par des tâche concurrentes. Cette dimension exécutive est étudiée par des paradigmes de "task-switching" dans lesquels les sujets doivent accomplir deux tâches

relativement simples en alternance, comme manipuler un joystick dans l'espace en fonction d'un message verbal ou d'un icône spatial (flèche) présenté à l'écran.

A- Fonctions exécutives et supports d'apprentissage

Les travaux conduits dans le domaine de la théorie de la charge cognitive (e.g. Sweller, 2007) montrent depuis une trentaine d'années comment on peut aménager les supports d'apprentissage pour focaliser l'attention des élèves sur l'apprentissage lui-même et limiter l'attention portée aux traitements interférents ou inutiles. Il n'existe cependant pas de travaux étendant cette approche aux troubles développementaux.

Questions : peut-on améliorer la compréhension d'élèves dyslexiques dans une tâche de lecture par l'aménagement de la charge cognitive ? Peut-on induire, une régulation de la charge cognitive des élèves en situation d'apprentissage, soit par des consignes métacognitives explicites, soit par la présentation implicite du matériel pédagogique?

B - Le rehaussement cognitif par entraînement exécutif

Plusieurs types d'exercices sur ordinateur ont été conçus pour entraîner la mémoire exécutive dans diverses populations: enfants, jeunes adultes, séniors, et patients neurologiques et psychiatriques.

Michael Posner (<http://www.teach-the-brain.org/learn/attention/index.htm>): Les exercices sont proposés au cours d'une série de sept séances d'une heure, pendant lesquelles des enfants de 4 à 6 ans manipulent un joystick conformément aux indications des exercices. L'enfant de 4 ans entraîné pendant une semaine à raison d'une heure par jour atteint deux ans à l'avance – soit à six ans – la capacité attentionnelle normale de l'enfant de huit ans non soumis à cet entraînement (Rueda & Posner, 2005).

Le programme d'entraînement PositScience, de Michael Merzenich, (<http://bfc.positscience.com/eval/bst.php>) vise à combattre le vieillissement cérébral.

Le "Programme d'Entraînement Cérébral" de Ryuta Kawashima a le même objectif, et s'applique aussi en remédiation de la démence.

Questions: Quelles sont les compétences exécutives qui peuvent être entraînées et se généraliser à d'autres tâches ? Quelles sont les méthodes les plus appropriées à l'entraînement exécutif en fonction de l'âge ? Quels outils de validation du transfert d'apprentissage exécutif peut-on développer? Quelle est la répercussion attendue de l'entraînement sur les apprentissages scolaires?

3) le développement des capacités métacognitives en milieu scolaire

Les fonctions métacognitives sont un ensemble de processus qui permettent à un sujet d'évaluer ses ressources cognitives pour une tâche donnée (perceptive, mémorielle, etc.), ou d'évaluer sa confiance dans ses productions cognitives,. On distingue généralement les fonctions exécutives des fonctions métacognitives par le fait que les premières sont présentes dans les tâches impliquant la focalisation de l'attention, même si la réponse est en choix forcé, tandis que les secondes supposent la possibilité de décider de ne pas répondre (Koren et al., 2006). La flexibilité du jugement métacognitif, étant liée à la tâche occurrente, est cruciale pour sa réussite. Mais ce jugement ne peut guider l'action que si le sujet dispose de fonctions exécutives suffisantes.

Le développement des fonctions métacognitives au cours de l'enfance a été exploré principalement dans le domaine de la métamémoire. Les jeunes enfants (4-6 ans) manifestent une confiance exagérée dans leurs capacités de rappel mémoriel, ce qui pourrait s'expliquer en partie par leur envie de réussir à se souvenir (Schneider & Lockl, 2008). Les enfants de 7 et 9 ans présentent en revanche une bonne capacité d'évaluation rétrospective et prospective (item par item); en particulier, l'auto-évaluation non immédiate d'un apprentissage est excellente dès la grande section de la classe maternelle. Cependant, une donnée transversale robuste montre que les enfants en difficulté scolaire ne sont pas capables

d'évaluer correctement leur performance. En outre, même s'ils ont de bonnes capacités de "monitoring", les enfants ne l'utilisent pas toujours pour réguler leurs décisions cognitives (un enfant qui sait qu'il ne sait pas n'ira pas nécessairement chercher l'information avant d'agir). Se pose alors la question de l'interaction entre métacognition et fonction exécutive.

Questions: Comment mieux modéliser l'auto-régulation ? Quels sont les liens entre métacognition, d'une part, motivation et mémoire exécutive de l'autre? Quelles sont les méthodes les plus efficaces d'incitation à l'auto-régulation pour un âge et un niveau scolaire donné? Les enfants migrants allophones, ou issus de milieux défavorisés ont-ils des besoins spécifiques en matière d'auto-régulation ? Quelles sont les interactions entre l'auto-régulation et le concept de soi au cours du développement ?

L'appel d'offres pourrait également viser le développement de programmes de rehaussement métacognitif: La métacognition peut-elle être entraînée? Cet entraînement doit-il passer par l'acquisition de connaissances déclaratives, par l'apprentissage de stratégies propres à un domaine, ou passer par des acquisitions implicites? Doit-il faire l'objet de programmes spécialisés ou s'appliquer à l'intérieur de chaque enseignement? Quels apprentissages chez les maîtres sont-ils favorables à l'apparition de processus métacognitifs chez les apprenants?

4) les méthodes nouvelles de la remédiation en neurologie et en psychiatrie

En neurologie, les recherches récentes dans le domaine du Neurofeedback (NF) et de la "real-time fMRI" (rtfMRI) ont des applications cliniques prometteuses. Le NF vise à auto-réguler l'activité corticale, mais dans le domaine des performances cognitives (attention, mémoire) ou comportementales (musiciens, sportifs), aucun lien statistique probant n'a pu être mis en évidence à ce jour. Pourtant, les études de rtfMRI chez le sujet sain mettent en évidence un parallélisme entre la réduction auto-induite de l'activité cérébrale (e.g., dans l'ACC) et les modifications de l'éprouvé émotionnel associé (e.g., sensation subjective de douleur). L'activité électrique corticale et la réponse hémodynamique, semblent en revanche modulables dans les troubles obsessionnels compulsifs, les phobies et l'hyperactivité. Toutefois, un certain nombre de sujets sont 'non répondeurs' à ces techniques.

Questions: quels sont les liens entre amélioration symptomatique et modification de l'activité cérébrale? L'efficacité de ces techniques, appliquées au sujet sain, dépend-elle de différences interindividuelles (suggestibilité) ? Appliquées à des patients, dépend-elle des comorbidités ou du 'style cognitivo-affectif' (e.g., alexithymie et difficulté d'introspection émotionnelle, perfectionnisme et manque de flexibilité cognitive)? Quelles sont les règles neuroéthiques à respecter dans le domaine du rehaussement cognitif par les praticiens, publics ou privés?

En psychiatrie, de nouvelles formes de remédiation sont en cours de validation dans le traitement de la schizophrénie, tandis que la remédiation des pathologies développementales est une cible importante pour la recherche.

A- Dans le domaine de la schizophrénie: Plusieurs programmes de remédiation cognitive destinés à contribuer au traitement de la schizophrénie (en association avec les neuroleptiques et la psychothérapie) sont déjà validés. L'un des problèmes non résolus est celui de savoir comment développer l'"insight", c'est-à-dire la conscience du trouble. Ici encore, les travaux en métamémoire offrent des modèles de l'introspection normale et pathologique, qui pourraient permettre d'opérationnaliser certains aspects de la conscience chez le sujet délirant (Nelson & Narens 1990 ; Koriat et al. 2006, Koren et al. 2008). Ils permettent aussi de mieux comprendre comment l'introspection guide (ou non) le contrôle volontaire dans une tâche de mémoire (Nelson & Narens 1990 ; Koriat et al. 2006), selon l'interaction existante entre les compétences exécutives et métacognitives.

B – Dans le domaine des pathologies développementales et de l'autisme, la recherche en remédiation présuppose une étude longitudinale des patients (suivi de cohortes) afin de suivre l'expression des troubles au long court, et de vérifier l'impact des interventions précoces. Les troubles perturbent précocement le développement des fonctions adaptatives,

et entraînent en cascade une aggravation et un surhandicap. Les enjeux sont donc de les détecter précocement, et de mettre en oeuvre des mesures de remédiation et d'en évaluer l'impact à long terme. Pour le moment les études ont surtout porté sur le développement global (évolution du QI, du langage etc. Mais il est important de détecter précocement des perturbations de fonctions pouvant faire l'objet de rééducations précoces ciblées, concernant, en particulier, les fonctions exécutives. Les troubles exécutifs entraînent en effet des perturbations dans la planification des actions, leur contrôle, ce qui conditionne l'adaptation à l'environnement physique et social. De même, le développement émotionnel précoce avec la mise en place d'indicateurs comme le défaut d'attention conjointe, de partage émotionnel et d'imitation doivent faire l'objet de mesures de soutien précoce.

Questions: quels sont les déficits cognitifs sous-jacents aux symptômes de la schizophrénie, étudiée de manière syndromique ? Quelles stratégies remédiatives sont-elles susceptibles d'agir sur ces altérations cognitives spécifiques ? Quels paradigmes expérimentaux, et quelles méthodes d'exploration neuro-fonctionnelle, doivent-ils être respectivement utilisés dans la remédiation et la validation?

Comment tirer parti des nouvelles technologies (tracking visuel, etc.) pour détecter les troubles autistiques précoces et en effectuer le suivi? Comment standardiser les mesures du développement émotionnel et exécutif des enfants atteints d'autisme? Comment rendre les conditions de la mesure "écologiques", c'est-à-dire susceptibles de permettre aux patients d'exprimer leur potentiel cognitif lors du test? Quelles méthodes novatrices de remédiation peuvent-elle être précocément mises en oeuvre, en particulier dans le domaine émotionnel et exécutif?

Cette synthèse a été rédigée par

Elisabeth Bacon

Sylvie Berthoz

Valérie Camos

Jean-Marc Edeline

Nicolas Franck

Cécile Goï

Michel Grangeat

Olivier Houdé

Nathalie Huet

Marie Izaute

Claudette Mariné

Joëlle Proust

Bernadette Rogé

André Tricot

Quelles évaluations pour les applications des sciences et technologies cognitives ?

par Frank Ramus

Les principales applications (publiques) des sciences et technologies cognitives se situent dans les domaines de l'éducation et de la médecine. Dans le domaine de l'éducation, la meilleure compréhension des mécanismes des apprentissages peut permettre d'imaginer, de concevoir et de tester de nouvelles méthodes d'enseignement plus efficaces (avec ou sans l'aide de technologies). Dans le domaine de la médecine, la meilleure compréhension des mécanismes cognitifs, et de leurs dysfonctionnements dans les différents troubles psychologiques, neurologiques et psychiatriques, peut permettre de concevoir et tester de nouvelles méthodes de prises en charge (traitements, thérapies, rééducations, compensations du handicap, là encore avec ou sans nouvelles technologies).

De tels développements sont bien sûr déjà en cours. Les chercheurs, enseignants et médecins débordent d'idées, les technologies offrent de nouvelles possibilités, et des entreprises s'en saisissent déjà pour inonder le marché de nouveaux produits. On peut bien sûr vouloir encourager la conception de nouveaux produits, notamment s'ils s'appuient plus solidement sur les résultats de la recherche. Néanmoins il me paraîtrait irresponsable d'encourager une prolifération plus grande encore des produits et des méthodes si l'on ne développe pas parallèlement des évaluations systématiques de leur efficacité.

Prenons un exemple pour illustrer : la dyslexie est un trouble spécifique de l'apprentissage de la lecture, dont on comprend de mieux en mieux les bases cognitives et cérébrales grâce aux recherches en sciences cognitives. S'inspirant (ou pas) de ces recherches, les chercheurs, médecins et autres ne manquent pas d'imagination pour rééduquer la dyslexie. Les familles sont de ce fait confrontées à une offre abondante non seulement de rééducations orthophoniques (de différentes écoles ou philosophies, utilisant différents outils et méthodes), mais également de logiciels de rééducation du langage et de la lecture, de programmes d'entraînement des capacités auditives, des capacités visuelles, ou même de la proprioception (avec des lunettes à prismes et des semelles compensées), sans parler du yoga, de la réflexologie, des compléments alimentaires, etc... Bien entendu les familles n'ont aucun élément objectif pour juger de l'efficacité ni même de la plausibilité des traitements proposés, et pour cause : à peu près aucun n'a jamais été évalué rigoureusement. Qu'est-ce qui est le plus urgent : augmenter encore l'offre de traitements disponibles sur le marché, ou bien faire l'inventaire de ce qui existe déjà et en évaluer rigoureusement l'efficacité ?

La problématique plus générale sur laquelle débouche cet exemple est celle de l'évaluation de tous les traitements non médicamenteux qui, contrairement aux médicaments, ne nécessitent pas d'autorisation de mise sur le marché et donc d'évaluation de leur efficacité. Au-delà même des produits vendus directement aux patients, quelles sont les pratiques des psychiatres, psychologues, orthophonistes, psychomotriciens, ergothérapeutes, etc. en France ? Et quelle est l'efficacité de ces pratiques ? Hormis quelques méthodes déjà évaluées principalement à l'étranger, nul ne le sait. A défaut d'imposer une véritable procédure d'autorisation de mise sur le marché pour tous les traitements non médicamenteux, il paraît donc prioritaire d'engager des moyens substantiels pour financer des essais cliniques et des études d'efficacité pour évaluer l'ensemble des thérapies, rééducations, et produits proposés aux personnes souffrant de troubles cognitifs. C'est à cette seule condition que les apports des

sciences cognitives pour la remédiation de ces troubles pourront produire un bénéfice certain.

Prenons maintenant un deuxième exemple dans le domaine de l'éducation. Depuis bien longtemps, le débat fait rage sur l'efficacité des méthodes d'enseignement de la lecture. La lecture et son apprentissage, voilà bien un domaine sur lequel les sciences cognitives ont accumulé des connaissances importantes, et ont des idées pertinentes à suggérer aux enseignants. Encore faut-il que ces idées, une fois opérationnalisées dans des méthodes, voient leur efficacité évaluée sur le terrain. Dans d'autres pays, des dizaines d'études scientifiques ont comparé l'efficacité de différentes méthodes d'enseignement (National Institute of Child Health and Human, 2000), avec des résultats seulement partiellement extrapolables à la France, du fait des spécificités de notre langue et des pratiques pédagogiques particulières qui y ont cours. Malheureusement, une seule étude rigoureuse a jamais été réalisée en France (Goigoux, 2000), et une autre en Belgique (Braibant & Gérard, 2004). De ce fait, les pratiques des enseignants français se basent en partie sur les extrapolations d'études étrangères, et en partie sur des présupposés, des croyances, des idées qui s'appuient sur des observations informelles mais qui n'ont jamais été évalués rigoureusement. Faut-il convoquer les sciences et technologies cognitives pour apporter encore de nouvelles idées et de nouveaux outils ? Ou ne serait-il pas plus urgent de mettre en place des évaluations rigoureuses pour tester l'efficacité des méthodes déjà utilisées par les enseignants français et répondre enfin aux questions qui restent ouvertes depuis des décennies⁹ ? La psychologie cognitive fournit déjà tous les outils méthodologiques nécessaires à de telles évaluations, largement inspirés des essais cliniques.

Là encore, la problématique se généralise immédiatement à l'évaluation de l'ensemble des pratiques pédagogiques des enseignants, qui ne sont pour ainsi dire pas évaluées en tant que telles, et qui lorsqu'elles le sont, le sont plus en regard des dogmes pédagogiques en vigueur que de pratiques à l'efficacité scientifiquement démontrée. Il paraît donc prioritaire d'engager des moyens importants pour promouvoir de manière générale l'évaluation de l'efficacité des pratiques pédagogiques, et entrer enfin dans l'ère de « l'éducation fondée sur des faits »¹⁰. Les sciences cognitives ont un rôle primordial à jouer dans le transfert des connaissances sur les mécanismes des apprentissages vers les pratiques d'enseignement. Mais ce transfert ne pourra avoir d'utilité réelle qu'à condition que ces pratiques soient systématiquement évaluées.

Pour conclure, il est bien entendu important de stimuler les échanges et transferts entre les connaissances issues des sciences cognitives et leurs applications possibles au sein de la société. Mais ne faisons pas le transfert à moitié. Trop souvent, on conçoit, on développe, on produit, et on oublie d'évaluer. Les applications des sciences cognitives, et surtout les citoyens qui en sont les utilisateurs, ont un besoin vital d'évaluation. Ma recommandation à l'ANR serait donc de réserver des budgets importants à des appels d'offres spécifiquement dédiés à des études d'évaluations, portant d'une part sur tous les traitements non médicamenteux des troubles cognitifs, et d'autre part sur les pratiques d'enseignement. On pourrait également recommander, concernant les appels d'offres visant à financer les transferts vers des applications, de ne financer aucun développement de nouveau produit ou de nouvelle méthode qui ne soit associé à une évaluation rigoureuse et indépendante de son efficacité (évaluation qui doit donc être financée pour elle-même).

⁹ Par exemple : Y a-t-il une différence d'efficacité entre les méthodes synthétiques (dites syllabiques), mixtes et analytiques (dites globales) ? Qu'en est-il des méthodes de lecture-écriture ? De la méthode dite « naturelle » de Freinet ? Quel est le moment optimal pour introduire explicitement les premières relations graphèmes-phonèmes, et à quel rythme introduire les suivantes ? Est-il bénéfique ou nuisible d'encourager les enfants à écrire des mots mal orthographiés ?

¹⁰ Par analogie avec la « médecine fondée sur des faits » (*evidence-based medicine*).

Franck Ramus

Références

Braibant, J. M., & Gérard, F. M. (2004). Influence des méthodes d'enseignement de la lecture sur le niveau d'acquisition des élèves en 2^e année primaire [Electronic Version] from <http://www.fmgerard.be/textes/Methodes.pdf>.

Goigoux, R. (2000). Apprendre à lire à l'école: les limites d'une approche idéo-visuelle. *Psychologie Française*, 45, 233-243.

National Institute of Child Health and Human, D. (2000). Report of the National Reading Panel. Teaching children to read: an evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction: Reports of the subgroups (NIH Publication No. 00-4754). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

VI. Santé et handicaps

Handicap et cognition

par Jean-Luc Nespoulous (atelier 10)

Appel à propositions de réunions de Prospective
en Sciences et Technologies Cognitives

« Handicaps et Cognition »

Jean-Luc Nespoulous
PU.CE

Université de Toulouse Le Mirail
Institut Universitaire de France, Chaire de Neuropsycholinguistique Cognitive

Unité de Recherche Interdisciplinaire OCTOGONE (E.A 4156)
Institut des Sciences du Cerveau de Toulouse (IFR 96)
Dernier co-responsable (avec Jacques Virbel) du Réseau Régional en Sciences Cognitives (PRESCOT)

Mise en situation

Point n'est besoin de souligner l'importance, tant scientifique que sociétale, du développement de travaux d'envergure dans le domaine du handicap. L'article L 114-3 de la loi 2005-102 stipule que « la recherche sur le handicap fait l'objet de programmes pluridisciplinaires associant notamment les établissements d'enseignement supérieur, les organismes de recherche et les professionnels ».

Il convient donc de promouvoir, au sein de la communauté nationale et au-delà, de véritables problématiques de recherche centrées sur le handicap, domaine qui a souvent été considéré comme « à la marge » de recherches plus « fondamentales » (particulièrement en Neurosciences).

L'objet de la présente demande est donc de proposer, au sein de la communauté scientifique en Sciences et Technologies Cognitives, la tenue d'une réunion de prospective visant à identifier différentes avenues de recherche, innovantes et prometteuses, dans le domaine du handicap.

Handicap : définition et périmètre. De la description à l'interprétation et à la modélisation.

Si la définition du terme « handicap » ne pose guère de problèmes dans le champ de la pathologie innée, développementale ou acquise, il est proposé d'en étendre le périmètre à toute situation complexe et/ou inhabituelle susceptible d'être rencontrée par des sujets non pathologiques¹¹ (Perry et al., 1999 & 2004 ; Nespoulous & Virbel, 2004 & 2007).

Dans les deux cas, place devrait être faite tant à la caractérisation fine des handicaps – aux plans descriptif et interprétatif – qu'à la prise en compte des stratégies palliatives – spontanées ou « médiées » de différentes manières (y compris technologiques) – qui sont déployées dans le but de les contourner. Place devrait être également ménagée à des tentatives de modélisation de telle ou telle situation de handicap.

¹¹ Ex : apprenants (ou néophytes), sujets en situation de stress, sujets âgés face au monde numérique (cf. infra)...

Domaines/fonctions cognitives envisagés

Si les dysfonctionnements d'origine centrale – dans des termes empruntés aux modèles (neuro)psychologiques – trouvent tout naturellement leur place dans l'entreprise prospective envisagée, il semble tout aussi important d'inclure dans cette dernière les perturbations habituellement qualifiées de « périphériques » ou de « bas niveau », et ce surtout à partir du moment où est prise en compte l'intervention de stratégies compensatoires, lesquelles ne peuvent être mises en œuvre sans le recours à des processus de (plus) haut niveau. S'il est, en particulier, clair que les Technologies de l'Information et de la Communication ne peuvent intervenir sur les mécanismes causaux des carences périphériques ou centrales, sensorielles, motrices ou cognitives, elles peuvent être utilisées pour pallier ces dernières, y compris à l'échelon de l'interface cerveau/ordinateur (« brain/computer interface »), allant jusqu'à la forme de « neuroprothèses » (cf. infra), et ce sans oublier, dans certains cas, la Robotique.

Ainsi, et dans un tel contexte, peuvent être énumérées, de manière non-exhaustive, des handicaps – pathologiques ou non (Cf. supra) – affectant, isolément ou de manière coordonnée, des fonctions :

Comme le langage (oral et/ou écrit), la mémoire, l'attention, les praxies, les gnosies, le calcul, le raisonnement et, plus généralement, l'ensemble des fonctions cognitives.

Mais aussi comme l'audition, la vision, la motricité (parole, écriture, locomotion, geste...) ...

Il appartiendra aux participants à la réunion envisagée d'identifier, dans l'ensemble des domaines énoncés ci-dessus, les thématiques les plus novatrices et les moins explorées actuellement.

Ex :

étude « en temps réel » de divers dysfonctionnements (perception, mouvement...);
multimodalité et handicaps : déficits et stratégies palliatives (plasticité), processus cérébraux sous-jacents ;
palliatives technologiques (interaction Personne/Système ; neuroprothèses...);
rééducation cognitive ;
programmes de remédiation de dysfonctionnements en contexte d'apprentissage¹²...

Populations d'étude visées :

Compte tenu de la définition du « handicap » retenue (cf. supra), les populations visées par la présente proposition sont¹³, par ordre alphabétique :

les aphasiques (AVC, traumatismes...);
les autistes ;
les dyslexiques ;
les Infirmités Motrices Cérébrales ;
les schizophrènes ;
les sourds (ou mal-entendants) ;
les non-voyants (ou mal voyants) ;
les patients atteints de déficiences dégénératives (Alzheimer, Huntington, Parkinson...);

Mais aussi :

les apprenants (ou néophytes) ;
les sujets (ou « opérateurs ») en situation de Stress ;
les sujets normaux en situation complexe, inhabituelle et/ou de « double tâche » (ex : interprètes simultanés, astronautes ...) ;
les personnes âgées en situation de handicap face au monde numérique ;
les sujets « handicapés » du fait d'adaptations à des mouvements atypiques (ex : rotations rapides des danseurs, patineurs, pilotes de chasse).

¹² En collaboration avec, par exemple, l'Education Nationale (via les IUFM).

¹³ Liste non-exhaustive.

Partenariat :

Comme il se doit en matière de recherche en Sciences et Technologies Cognitives, différentes disciplines se doivent d'être convoquées dans le cadre d'une démarche pluridisciplinaire ou, mieux, interdisciplinaire.

Une telle démarche nécessite l'identification de partenaires appartenant au monde scientifique (universités, organismes de recherche), au monde médical mais aussi au monde associatif, ce dernier (a) regroupant les demandes et les besoins des différentes populations concernées et (b) contribuant, souvent de façon fort importante, à côté de l'état, au financement de la recherche en pareils domaines.

Le partenariat, selon les cas, peut être local, régional¹⁴, national, européen...

Note : Compte tenu des délais très courts qui nous ont été octroyés, ainsi que de la période très chargée que constitue la fin de l'année civile (avec ses multiples soutenances de thèses), il ne nous a pas été possible de contacter directement d'autres partenaires au plan national (RTP Handicap, GDR STIC-SANTE, par exemple. Nadine Vigouroux, de l'IRIT, assurera la coordination des travaux avec ces groupes). Ceci étant, il va sans dire que la présente demande devra s'articuler avec d'autres opérations similaires que n'auront pas manqué de promouvoir d'autres laboratoires et/ou consortia scientifiques nationaux (voire internationaux), et ce en vue de coordonner les différentes propositions sur ce thème.

Format de la réunion prospective

La réunion projetée et proposée visera à réunir, pour une ou deux journées, des chercheurs et enseignants-chercheurs oeuvrant dans le périmètre thématique défini ci-dessus, voire dans un périmètre encore élargi.

Plus une telle réunion aura un spectre large et réunira des acteurs de divers horizons et institutions et mieux ce sera, selon nous !

Comité de pilotage

Le fait que nous ayons décidé d'envoyer cette proposition témoigne certes de notre intérêt (depuis 40 ans) pour une telle thématique. Toutefois, il est clair que nous souhaitons (cf. paragraphe précédent) que le pilotage d'une telle réunion soit assuré par un groupe de personnes aussi représentatif que possible de la diversité du champ.

Un tel Comité devra donc refléter, au plan national, cette dernière, et ce avant l'établissement du « format » et du « programme » définitif de la réunion prospective envisagée.

Proposition de lieu : Toulouse et sa région

Compte tenu de l'engagement, déjà ancien, de la communauté scientifique toulousaine, dans le domaine développé ci-dessus, nous proposons d'organiser une telle réunion à Toulouse, avec le concours des laboratoires suivants (regroupant diverses forces régionales en SdV, ST2I et SHS ayant l'habitude de travailler ensemble) :

URI OCTOGONE (E.A 4156), Université de Toulouse Le Mirail, URI dont nous sommes l'actuel Directeur ;

Institut des Sciences du Cerveau de Toulouse (IFR 96 : INSERM, CNRS, Toulouse 2, Toulouse 3 et Hôpitaux de Toulouse) dont nous avons été le premier Directeur (Directeur et Co-Directeur actuels : François Chollet, INSERM 825, et Yves Trotter, CERCO). Le projet quadriennal 2007-2010 de cet Institut s'intitule « Neurosciences et Handicap » et l'ensemble des unités constituantes s'intéresse aux handicaps cognitifs (Octogone, le CERCO-CNRS (Directrice : Michèle Fabre-Thorpe), l'U 825 de l'INSERM (« Imagerie Cérébrale et Handicaps Neurologiques », Directeur : Pierre Celsis), la Fédération de Neurologie (Directeur : Michel Clanet), le LAPMA (Directeur : Pier Zanone) et le CRCA-CNRS (Directeur : Martin Giurfa).

¹⁴ Au niveau de la communauté scientifique de la Région Midi-Pyrénées, la présente proposition a reçu l'aval de Michèle Fabre-Thorpe (Directrice du CERCO, CNRS), de Nadine Vigouroux et de Christophe Jouffrais (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, CNRS), de Jean-François Démonet (U 825 de l'INSERM) sans parler, bien entendu d'OCTOGONE (E.A 4156, Université de Toulouse Le Mirail).

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (CNRS. Directeur : Luis Farinas del Cerro) au sein duquel plusieurs équipes œuvrent très activement en matière de « Handicap et Technologies), y compris avec l'aide de chercheurs eux-mêmes handicapés (Responsables de projets : Nadine Vigouroux, Christophe Jouffrais...).

Service de Médecine Physique et Réadaptation Fonctionnelle du CHU de Rangueil (P. Marque).

Références bibliographiques

Perry, J., Macken, E. & Israel, D. "Prolegomena to a theory of disability, inability and handicap", in Moss, Ginzburg & de Rijke (Eds.) Language and computation, vol.2, Stanford, CSLI Publications, 1999.

Perry, J., Macken, E. & Israel, D. "Prolegomena to a theory of disability, inability and handicap", Revue Parole, 29/30, 2004.

Nespoulous, J-L. & Virbel, J. "Apport de l'étude des handicaps langagiers à la connaissance du langage humain", Revue Parole, 29/30, pp. 5-42, 2004.

Nespoulous, J-L. & Virbel, J. « From the study of language dysfunction and handicap to a better understanding of linguistic processing in normality», in M.J. Ball & J.S. Damico (Eds.) Clinical Aphasiology. Future directions", Hove & New York, Psychology Press, Taylor & Francis Group, pp.. 107-124. 2007.

Langage et Démence

par Laurent Lefebvre (atelier 11)

(Mons, 3 avril 2009)

Préambule

L'atelier « Langage et démence » s'est inscrit dans une problématique dès plus actuelles : celle des pathologies dont la fréquence augmente au cours du vieillissement, et de leurs diverses conséquences pour les patients. Parmi ces conséquences, l'atteinte du langage, et plus généralement de la communication, a une place toute particulière, non seulement par son influence directe sur la qualité de vie de la personne concernée au premier chef, mais aussi par ses effets sur l'environnement familial et social de celle-ci.

La plupart des démences étant actuellement incurables, la prévention et le dépistage précoce restent les meilleurs moyens de lutter contre ces affections. Sur ce point précis, les intervenants de l'atelier s'accordent quant au fait que les centres de recherche que constituent les universités ont un rôle majeur à jouer. Dans le domaine des sciences de la vie, certes, en isolant les facteurs prédisposants et en raffinant les approches médicamenteuses ; dans celui des sciences de l'homme, bien sûr, en cernant les facteurs comportementaux et en étudiant les techniques de soutien ; mais surtout dans celui, complexe et interdisciplinaire par essence, des sciences du langage.

Actuellement, l'apport de la neuropsychologie dans le domaine se concentre sur deux aspects : le diagnostic et la prise en charge des aspects cognitifs, émotionnels et instrumentaux. Ces deux objectifs sont fondamentaux pour le patient, mais, plus généralement, pour la société dans laquelle nous vivons : l'amélioration des outils utiles au pronostic de la maladie doit permettre l'optimisation de la prise en charge précoce des patients, avec pour visée un accroissement de sa qualité de vie, mais aussi le maintien le plus durable possible de son autonomie.

Toutefois, ces missions de diagnostic et de prise en charge ne pourront être correctement remplies sans que, d'une part, la complexité inhérente aux interrelations cognitives au niveau diagnostique soit considérée, et à tout le moins partiellement maîtrisée, et que d'autre part, le patient soit pleinement intégré au processus thérapeutique, et donc préparé à interagir le plus efficacement possible avec les aidants et les professionnels de la santé. Or, le point d'ancrage commun à ces deux réflexions nous semble être le langage. S'interroger sur la manière de mieux évaluer et développer s'impose dès lors.

Dans ce cadre, il a semblé qu'une réflexion approfondie portant sur les opportunités d'améliorer l'étude du langage et de la communication chez, et surtout avec, les patients présentant une démence trouvait toute sa place au sein des réflexions initiées par le PIRSTEC. Nous disposons en effet aujourd'hui de modèles théoriques, d'expériences cliniques et de possibilités technologiques importants et validés, engager une démarche concertée permettra sans nul doute d'envisager des aspects neufs.

Les troubles du langage dans les pathologies neurodégénératives sont fort variables, selon la démence considérée. Citons l'anomie et la dysfluente, éventuellement annonciatrices de la maladie d'Alzheimer ; d'ailleurs une étude française très importante, l'étude Paquid, a montré que le premier symptôme différenciant la personne Alzheimer, à savoir la dysfluente, pouvait être observé 12 à 13 ans avant que le diagnostic ne puisse être confirmé. Toujours dans la maladie d'Alzheimer, on relève des difficultés de transcodage numérique, et plus largement dans le domaine mathématique, assez caractéristiques. Parmi les autres troubles du langage, citons également le trouble sémantique de la démence du même nom, l'agrammatisme possible d'une aphasie progressive primaire ou d'une démence de Parkinson, associée à une dysarthrie. Quoi qu'il en soit, un trouble du langage préfigurera, dans quasiment tous les cas, à des difficultés pragmatiques et donc, de communication.

A ces constatations portant sur la sphère langagière, il s'agit également d'adjoindre une réflexion sur les interrelations des fonctions exécutives et des différentes composantes de la mémoire dans les troubles du langage.

Il ressort des discussions lors de l'atelier que l'apport de l'étude langagière et communicationnelle dans les démences est fondamental de part l'impact important d'un déficit de ce genre sur le patient, mais également sur l'entourage familial et les intervenants. Ne plus pouvoir s'exprimer, ne plus parvenir à comprendre, entraînent nécessairement des frustrations, des désespoirs qui provoqueront agressivité et replis sur soi. Ceux-ci amèneront tout aussi irrémédiablement une dégradation de la qualité de vie de l'ensemble des acteurs.

Les objectifs de l'atelier ont donc été une réflexion :

- sur l'aide que l'étude des diverses composantes du langage peut apporter aux diagnostics différentiel et précoce des démences,
- sur la pertinence d'un programme de réhabilitation langagière, ou de stimulation langagière, afin de maintenir les compétences communicationnelles, et donc la qualité de vie des patients atteints de démence et ce, aux divers degrés de sévérité.

Avec comme finalité la mise en évidence de thématiques et de problématiques liées au domaine, ainsi que des technologies et méthodologies à utiliser pour y parvenir.

Programme de la journée du 3 avril 2009

Allocution d'accueil

Michel Hecq, Vice-Recteur de l'UMH

Introduction

Laurent Lefebvre, UMH

Comment favoriser la communication entre professionnels, famille et patients ?

Vision et pratiques

Sabine Henry, Présidente de la Ligue Alzheimer ASBL, Vice-Présidente Alzheimer Europe

Evaluation du langage et de la communication dans les pathologies démentielles : problématiques et enjeux

Thi Mai Tran, Université de Lille 2, CMRR (Centre Mémoire de Ressources et Recherche) du CHRU de Lille

Troubles cognitifs légers (TCL) - variante langagière ou aphasie(s) progressive(s) débutante(s) ?

Marie-Pierre De Partz, Centre de réhabilitation neuropsychologique, Cliniques Universitaires Saint-Luc

Adrian Ivanoiu, Service de neurologie des Cliniques Universitaires Saint-Luc

Déficits de la mémoire à court terme et déficits langagiers dans la maladie d'Alzheimer: deux déficits indépendants ?

Eric Salmon, ULG

Steve Majerus, ULG

Traitement des nombres et calcul dans les syndromes démentiels

Xavier Seron, UCLouvain

Voir le haut d'en bas ? Quelles approches phoniques pour quel langage perturbé ?

Bernard Harmegnies, Kathy Huet, Audrey Leclercq, Myriam Piccaluga

Laboratoire des sciences de la parole, Académie Universitaire Wallonie-Bruxelles, UMH

Thérapie écosystémique des troubles de la communication dans la maladie d'Alzheimer

Thierry Rousseau, Université d'Angers

"E.B.M." et prise en charge non médicamenteuse de patients déments : divers modes de communication étudiés

Jean-Christophe Bier, « Jardins de la Mémoire » (Hôpital Erasme, Bruxelles), ULB

Conclusions et perspectives d'avenir

Laurent Lefebvre, UMH

Jean-Luc Nespoulous, Université Toulouse-Le-Mirail

15 conférenciers ont ainsi participé à la réflexion (membres du public : 151).

Prospectives et perspectives

Dans le domaine du diagnostic

Le langage

1. Il ressort des discussions un intérêt marqué au développement d'outils de dépistage précoce notamment concernant les batteries d'évaluation du langage (verbal comme non-verbal), et ce au travers d'un croisement des modalités sensorielles d'entrée et de sortie, des aspects phonologiques, lexicaux, sémantiques, syntaxiques et pragmatiques, des aspects cognitifs et émotionnels, de mécanismes purement langagiers et de l'évaluation d'aspects transversaux (e.g. les positionnements dans des séries, les rythmes (cfr. Les domaines du langage et du nombre)).

De plus, les outils actuels disposent de normes peu fiables, voire inexistantes, alors même que leur utilisation, et leur interprétation, sont fort répandues.

2. Les outils d'évaluation du signal vocal ont fortement évolué ces dernières années, et de nombreux marqueurs permettent aujourd'hui le diagnostic différentiel dans le domaine des pathologies vocaliques, des troubles de l'émotion (VOT, taille des pauses dans le discours, indices phonotactiques). Néanmoins l'utilisation de ces approches dans le domaine des pathologies neurodégénératives est quasiment inexistante, alors même que le potentiel discriminant est conséquent. Certains résultats plaident en effet pour de troubles phonologiques chez des patients atteints de la maladie d'Alzheimer à des stades légers à modérés, ce qui doit encore être affiné.

3. Certaines données d'imagerie IRMf (e.g. Peters, 2008) montrent une altération des réseaux langagiers (moindre recrutement au niveau du sillon temporal supérieur lors des traitements phonologiques et des zones temporelles inférieures lors des traitements

sémantiques). Ceci ne se traduit pourtant pas au niveau comportemental. L'investigation en neuroimagerie pourrait dès lors, par l'utilisation de paradigmes ciblés, participer activement au diagnostic précoce des démences (notamment dans la maladie d'Alzheimer) et constituer aux yeux des membres de l'atelier une piste prometteuse. Se pose en effet en sus la question des types de réponses hémodynamiques en fonction du type de pathologie.

La mémoire

L'actuelle remise en cause du concept de Minimal Cognitive Impairment (MCI) réinterroge les critères de diagnostic. Il semble notamment que l'unique prise en considération du trouble mnésique ne puisse à lui seul être suffisant pour garantir la validité de celui-ci. Ceci s'est d'ailleurs traduit par l'émergence du concept de MCI avec déficits multiples, mais qui là encore peine à rendre compte des facteurs prédisposant à la maladie d'Alzheimer notamment. Les participants de l'atelier plaident dès lors pour une analyse plus approfondie et plus fine (au niveau du lexique ou des aspects sémantiques très précocement touchés) des aspects langagiers précocement atteints (voir l'étude Paquid) afin d'isoler encore mieux les facteurs discriminants.

Le nombre

S'il s'avère que l'utilité de l'étude du nombre dans le diagnostic précoce des démences est faible, les apports de celle-ci dans le fonctionnement cognitif global peuvent faire émerger des pistes de remédiation. Notamment, la réflexion sur les aspects communs entre langage et nombre dans leurs aspects sémantiques et syntaxiques pourrait mener à isoler des processus cognitifs préservés qui serviraient de base à la revalidation des aspects connexes.

Conclusion

Le langage s'inscrit dans une complexité cognitive générale, et les interrogations sur la place du nombre, de la mémoire et des fonctions exécutives dans son évaluation restent conséquentes. Pourtant le défi est de taille, l'amélioration de nos outils diagnostiques étant à ce prix. En ce sens, plaider pour la formation de groupes de réflexion élargis, associant professionnels du langage mais également des neuropsychologues et des chercheurs investiguant les autres facettes cognitives trouve toute sa pertinence. Ce n'est qu'aux croisées des champs de compétences que nous pourrions progresser aujourd'hui le plus significativement.

Dans le domaine de la revalidation et de la prise en charge

La prise en charge précoce et sur le long court des patients présentant une pathologie démentielle est un défi majeur et urgent. Un consensus se dégage sur l'impossibilité d'envisager la prise en charge sans intégrer la famille, les proches et les soignants dans le processus thérapeutique. Former ces personnes à la communication spécifique avec le patient, leur apprendre à gérer le milieu de vie dans un objectif de bien-être accru doit être envisagé. Ceci nécessite au préalable l'étude des aspects les plus fonctionnels dans la communication entre malades et personnes aidantes, notamment en partant des actes de langage encore utilisables par les personnes, mais également des aspects non-verbaux, bien souvent mieux préservés. Ensuite, il sera nécessaire d'envisager des offres de formation.

Une prise en charge langagière cognitive, plus individuelle, afin de stimuler au mieux les compétences préservées des patients a également été proposée. Elle travaillerait sur la sur-stimulation d'éléments soigneusement sélectionnés du lexique du patient afin de les

maintenir les plus efficaces possibles. Ceci se fonde sur le constat que les mots fréquents étant plus longtemps préservés, améliorer « artificiellement » la fréquence de certains de ceux-ci, par de la stimulation, préserverait les habiletés verbales des patients.

A un niveau plus social et sociétal, de grandes avancées doivent encore être faites dans le regard que l'on porte sur le patient, encore trop souvent vu comme sujet alors qu'il est avant tout une personne. Des campagnes de sensibilisation au facteur humain de la maladie, par trop négligé, sont à envisager. Il est évident que mieux comprendre la personne démente permet de mieux vivre à ses côtés.

Conclusion générale

Nous plaçons pour un avenir qui s'ouvrira à de nouvelles voies, de l'apport des aspects phonétiques à des approches éco-systémiques et psycho-éducatives (information, technique/relationnel) des familles. Il conviendra également de travailler à l'amélioration continue des techniques jamais totalement éprouvées, comme les entretiens ou les testings, mais aussi à la découverte et au développement de techniques dites « nouvelles » : l'imagerie, l'utilisation d'approches technologiques et informatiques dans le cadre de prises en charge. La contribution de ces nouvelles approches au maintien à domicile des patients par exemple, reste à évaluer mais sans doute cela constitue-t-il une voie prometteuse, et complexe. L'évaluer impliquera la participation active de l'utilisateur direct, le patient, et là encore, le besoin d'une communication efficace restera un préalable. Et nous sommes encore loin d'une sensibilisation à la mesure des besoins. Sans doute là aussi, tout reste à faire.

Les diverses prospectives isolées dans le cadre de cette journée seront intégrées à une analyse plus globale lors de l'atelier « Handicaps et Cognition » qui se tiendra le 8 et 9 septembre 2009 à Toulouse (organiseurs : Jean-Luc Nespoulous, Nadine Vigouroux, Jean-François Demonet, Laurent Lefebvre).

Recherche Transdisciplinaire sur les Hallucinations et Autres Etats Modifiés de Conscience

par Guillaume Dumas, Juan González et Alexandre Lehmann (atelier 26)

PIRSTEC

RAPPORT n° 26 : Recherche Transdisciplinaire sur les Hallucinations et Autres Etats Modifiés de Conscience

15 Septembre 2009

Le présent rapport a été rédigé par Guillaume Dumas, Juan González et Alexandre Lehmann, pilotes de l'atelier PIRSTEC #26 : « Prospective de la recherche sur les Hallucinations et Autres États Modifiés de Conscience dans les Sciences et Technologies Cognitives ».

Introduction

Intérêt et genèse du groupe de travail

Les états modifiés de conscience (EMC) et, tout particulièrement, les hallucinations perceptives, ont depuis longtemps intrigué les philosophes et les scientifiques s'intéressant à la cognition. On a souvent évoqué ces états anormaux pour, entre autres, cautionner le scepticisme philosophique, fonder l'idée de perception véridique, étayer des théories indirectes sur la perception, étudier la nature et les mécanismes de la conscience, délimiter nos concepts de santé mentale, explorer des thérapies en psychologie clinique, inspirer le travail des artistes et, enfin, pour comprendre ce que William James a appelé « les variétés de l'expérience religieuse ». Pourtant, à l'heure actuelle la phénoménologie précise de ces états demeure largement méconnue par la communauté philosophique et scientifique et, de ce fait, nos théories sur l'expérience hallucinatoire s'avèrent inadéquates ou dépassées – à commencer par la définition d'Esquirol, encore largement répandue, selon laquelle une hallucination serait « une perception fautive ou sans objet ». En outre, les données que nous avons sur le sujet sont dispersées dans des disciplines aussi variées que la littérature, l'histoire, l'ethnobotanique, la psychiatrie, l'anthropologie, la psychologie, les neurosciences cognitives, la philosophie et l'art.

L'étude de ces états est donc non seulement digne d'intérêt scientifique et philosophique, mais d'une pertinence actuelle indéniable. C'est pourquoi, à partir de février 2006, à l'initiative de Juan González —professeur à l'Université de l'État de Morelos à Cuernavaca (Mexique) et à l'époque professeur invité de l'EHESS— une série de séminaires interdisciplinaires autour du sujet des hallucinations ont eu lieu. Cette série s'intitulait « Les hallucinations dans la Philosophie et les Sciences Cognitives ». La plupart des séminaires se sont déroulés pendant le Printemps, sous la direction de J. González et de quelques professeurs invités de plusieurs domaines ayant trait aux Sciences Cognitives (dont la philosophie, la psychiatrie, la modélisation mathématique et l'art).

Lors de ces séminaires on a abordé l'expérience hallucinatoire dans un contexte transdisciplinaire dans le but de 1) mieux comprendre sa phénoménologie concomitante précise; 2) évaluer la validité des arguments épistémologiques et le bien-fondé de certaines postures dans la Théorie de la Perception ; 3) dresser un état de l'art concernant les études empiriques s'y rattachant ; 4) se questionner sur nos conceptions de la nature de la connaissance et de la conscience dans la philosophie et les sciences (post)modernes.

Nous nous sommes alors intéressés tout autant à la nature et aux mécanismes de la perception (notamment visuelle) dite 'véridique' qu'à la nature et aux mécanismes de l'expérience dite 'hallucinatoire', en portant une attention spéciale aux récits de gens normaux qui ont volontairement expérimenté avec des substances psychoactives (et qui ont habituellement une lucidité critique et une capacité descriptive démontrée), et aux études empiriques concernant l'utilisation de ces substances. La justification pour privilégier ces récits se trouve dans plusieurs faits :

Ces substances sont censées provoquer des expériences hallucinatoires ;

L'expérience hallucinatoire représente bien ce qu'est un 'état modifié de conscience'

Les récits des expériences hallucinatoires d'origine pathologique (schizophrénie, psychoses...) ou d'étiologies extrêmes (déshydratation, isolement prolongé...) ne sont pas scientifiquement fiables, par définition ;

Les récits des expériences hallucinatoires d'origine pathologique dépendent trop souvent d'un récit en 3^{ème} personne (d'un psychiatre, par exemple), ajoutant par là un extra-maillon épistémique et un risque de 'contamination' interprétative ;

Ce sont des échantillons représentatifs de la population (et permettent des généralisations) et ont lieu dans des situations relativement contrôlées ;

L'expérience provoqué par l'ingestion de substances psychoactives donne lieu à d'autres états mentaux non exclusivement hallucinatoires, ce qui a un intérêt de lui-même en rapport avec la cognition en général ;

L'existence de la méthode neurophénoménologique pour aborder le vécu ou expérience hallucinatoire en 1^{ère} personne, tout en étant sujet d'étude en 3^{ème} personne.

Évolution de la présente initiative

En 2007, Alexandre Lehmann —qui avait suivi les séminaires 2006— a rejoint Juan González pour organiser une série d'ateliers transdisciplinaires et interactifs sur le même sujet. Cette manifestation a pris un essor considérable par rapport à 2006 et s'est déroulée sur six journées de travail, entre le 25 avril et le 31 mai. Il y a eu seize intervenants de plusieurs domaines (philosophie, anthropologie, biochimie, neuropharmacologie, psychologie, psychiatrie, art visuel, neurosciences cognitives, psychothérapie...) et l'événement a rencontré un franc succès, avec une audience d'environ 45 personnes, dont plusieurs chercheurs et étudiants de 3^è cycle.

(Détail sur : http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=5&Itemid=31)

Suite aux manifestations précédentes, en 2008 a eu lieu le 1^{er} Colloque de Printemps sur les Hallucinations dans la Philosophie et les Sciences Cognitives (26-29 mars), toujours avec plusieurs intervenants de plusieurs disciplines et domaines de recherche venant de plusieurs pays. Guillaume Dumas a alors rejoint Juan González et Alexandre Lehmann pour organiser cette manifestation. Le succès de ce Colloque a permis d'établir, pour la troisième année consécutive, l'intérêt grandissant que suscite l'étude des hallucinations et autres états modifiés de conscience dans le cadre de la philosophie et des sciences cognitives (Détail sur : http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=8&Itemid=55)

Si bien que le Colloque 2009 a été consacré officiellement à l'étude des hallucinations et autres états modifiés de conscience. Pour cette dernière manifestation nous avons eu une audience de plus de 100 personnes venues de plusieurs pays, ainsi que l'intervention de 20 chercheurs internationaux de diverses disciplines et domaines de recherche. Outre l'inclusion d'autres états modifiés de conscience (au-delà des seules hallucinations), ce Colloque a inclus des chercheurs émergents ainsi que d'autres activités scientifiques grand public en parallèle (Détail sur http://hallucinations.risc.cnrs.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=73)

Enfin, une association loi 1901 pour soutenir et développer la recherche dans ces domaines a été créée : l'ARTHEMOC. Le Colloque 2009 a été donc officiellement organisé par l'ARTHEMOC, avec le soutien de l'initiative PIRSTEC, ainsi que d'autres partenaires, dont le RISC, l'EHESS, l'Université de Paris 5, et l'Université de l'État de Morelos à Cuernavaca¹⁵. Une équipe de bénévoles a été également constituée pour aider au bon déroulement du

¹⁵ Nous remercions vivement ces institutions et leurs équipes de travail, ainsi que l'équipe de bénévoles, pour leur précieux soutien.

Colloque 2009. L'atelier PIRSTEC a été ainsi un événement adossé au Colloque 2009 et nourri par un travail postérieur de réflexion collective de la part des organisateurs et de divers intervenants du Colloque.

L'atelier PIRSTEC

Spécifiquement, le soutien de PIRSTEC cette année a permis d'organiser des discussions transdisciplinaires adossées au Colloque, auxquelles ont participé une trentaine d'experts internationaux. Ce soutien a également permis de créer et rendre opérationnelle une plateforme virtuelle de consultation prospective à partir d'un questionnaire à visée scientifique et d'un espace de discussion commune. A partir de la grille de travail présentée dans le document soumis initialement (qui présentait nombreux thèmes et collaborations de recherche possibles), en fonction des partenaires ayant répondu à l'appel et suite aux discussions organisées, seuls certains axes majeurs ont été retenus pour le présent rapport. Ces axes ont été identifiés comme porteurs, autant parce qu'ils touchent à des problématiques clé des neurosciences cognitives que parce que la recherche scientifique Française est très peu représentée dans ces domaines. Après avoir présenté l'apport épistémologique de la philosophie à ces problématiques, ce rapport aborde les neurosciences cognitives de la méditation, le domaine de plus en plus répandu de l'hypno-thérapie, les récentes avancées dans la recherche humaine avec les substances dites hallucinogènes et le potentiel d'action de la musique sur les processus conscients et la régulation émotionnelle. Chacun de ces axes, à son tour, met en relief des enjeux scientifiques concomitants, qui sont triples : à la fois d'ordre fondamental (recherches actuelles sur la conscience, la cognition et l'action, plasticité synaptique, la théorie de l'esprit et de la perception, l'empathie, le schéma corporel, la dimension sociale et symbolique de ces états), d'ordre clinique (actualisation du concept de santé mentale, prise en charge de la composante hallucinatoire souvent sous-estimée des patients parkinsonien et Alzheimer, psychoses et affectivité) et d'ordre thérapeutique (traitement de la douleur et de l'anxiété, thérapies alternatives et complémentaires aux traitements allopathiques, nouveaux traitements de la toxicomanie, l'accompagnement en fin de vie). De plus, l'exploitation des résultats récents pourrait conduire à des ouvertures et applications dans le domaine de la pédagogie et des sciences de l'éducation, ainsi qu'à des applications dans le domaine des interfaces cerveau-robot.

Cadre et enjeux scientifiques

Malgré de nombreuses avancées dans ce domaine, un défi majeur des sciences cognitives actuelles reste la conscience, la caractérisation des différents états de conscience et leur modulation par le sujet, son activité et son environnement, ainsi que leur incidence sur la cognition et l'épistémologie en général. De même, la phénoménologie de l'expérience (perceptive et autre) et de la conscience intrigue les chercheurs et reste réfractaire aux explications disponibles. La question des qualia, par exemple, est au cœur du "gouffre explicatif" —le fameux "hard-problem" dans l'étude de la conscience.

Les états modifiés de conscience, parmi lesquels le rêve est peut-être le plus familier à chacun d'entre nous, sont une gamme d'expériences dont la phénoménologie, les diverses implications et les mécanismes sous-jacents sont encore mal appréciés dans la littérature scientifique et philosophique, bien que l'intérêt de leur étude aie déjà été largement souligné par des pionniers tels que William James. L'unité de la perception, les notions de temps et d'espace, le schéma corporel, le sens de l'agentivité, la distinction entre soi et autrui et les bases mêmes de la rationalité – entre autres – peuvent être radicalement affectées lors de ces expériences. Un examen approfondi des ces phénomènes, à la lumière multidisciplinaire des sciences cognitives et de la phénoménologie¹, permettrait à la fois de mieux les caractériser et de faire progresser notre compréhension de la nature et des fonctions de la conscience, à commencer par les états de conscience ordinaire.

Remarques sur la méthodologie dans la recherche des EMC

À l'instar de la méthode utilisée en neuropsychologie, dans la recherche sur les états modifiés de conscience il s'agit de comprendre et d'expliquer la conscience et la cognition à

partir d'un 'fond de contraste' modifié, déviant ou extraordinaire. De même, il s'agit de mieux cerner la nature et la portée de la conscience et de la cognition afin d'élargir et d'optimiser nos facultés cognitives.

Dans le cas des hallucinations perceptives, par exemple, il est clair qu'elles restent mal comprises et très floues, même au niveau de leur définition, tant dans la philosophie que dans la médecine et la recherche fondamentale. D'une manière générale, la phénoménologie et la nature de ces états « non-ordinaires » est mal appréhendée, en partie à cause d'un certain cloisonnement disciplinaire, mais surtout à cause d'un manque de protocoles et de paradigmes adéquats pour approcher les états de conscience « hors-norme ».

Un premier pas prometteur vers la correcte compréhension de ces états semble être l'exploration des nouveaux paradigmes en sciences cognitives tels que le cadre de la perception active et l'enaction², qui mettent l'accent sur la dimension active et située de la perception, ainsi que sur la dimension intersubjective de l'expérience consciente. De récentes approches basées sur l'étude des phénomènes autoscopiques³⁻⁵, de la méditation⁶⁻⁸, du sommeil⁹ et de l'ingestion d'hallucinogènes¹⁰⁻¹³ ont des implications directes pour l'étude de l'attention, de l'embodiment, du rôle des affects et des émotions, de l'empathie, de la conscience de soi, de la théorie de l'esprit, du 'body awareness', de l'agentivité, de l'intentionnalité, de l'attribution de l'action et des théories oscillatoires de la conscience.

Une méthodologie et une caractérisation multi-niveau des états de conscience semblent indispensables pour faire le lien entre approches en première et troisième personnes, notamment pour la prise en charge des maladies mentales. Elles requièrent une collaboration coordonnée entre neurosciences, psychologie, philosophie, médecine, anthropologie, ethnologie, sociologie, modélisation, nouvelles technologies, pharmacologie, biologie...

Apport de la philosophie

Introduction

Cette section présente l'apport de la philosophie aux sciences et technologies cognitives dans la recherche sur les hallucinations et autres états modifiés de conscience.

Tout d'abord il faut prendre acte du fait que, dans la communauté philosophique en général, il n'y a pas de consensus concernant la nature, la méthode ou la vocation de la philosophie. Il y a notamment deux postures, de prime abord antagonistes, sur le rapport qui peut/doit entretenir la philosophie et les sciences naturelles.

D'une part, il y a des philosophes qui croient que la philosophie se réduit à (ou du moins s'identifie avec) l'analyse conceptuelle, dont la vocation est de démêler des raisonnements confus et de signaler des formulations linguistiques mal conçues, ainsi que de trouver des arguments conceptuellement solides et de formulations logiquement correctes. De ce point de vue, il y aurait une différence de principe et un hiatus catégoriel entre la philosophie et les sciences naturelles, car la philosophie s'occuperait exclusivement de questions descriptives, normatives, conceptuelles et logiques —de questions non-empiriques— tandis que les sciences naturelles s'occuperaient de décrire et d'expliquer les phénomènes du monde tangible. Dans ce camp 'insouciant' de questions empiriques nous pouvons inclure, grosso modo, des sous-disciplines et des courants comme la phénoménologie, l'analyse conceptuelle, la logique et la philosophie du langage ordinaire, ainsi que l'éthique et l'herméneutique.

D'autre part, il y a ceux qui croient que la philosophie peut et doit interagir avec les sciences naturelles pour s'enrichir et faire avancer la connaissance scientifique. De ce point de vue, la philosophie et les sciences naturelles formeraient un continuum conceptuel et empirique, où la philosophie aurait une incidence sur le pôle théorique et une fonction de méta-analyse vis-

à-vis la recherche empirique. La théorie de la connaissance ou épistémologie serait la sous-discipline de la philosophie naturellement douée pour incarner ce rôle d'interlocuteur avec les sciences naturelles de sorte à devenir elle-même (dans les termes de Quine) une épistémologie naturalisée. De plus, dans l'épistémologie il y aurait aussi des branches permettant de se focaliser et de développer un domaine scientifique particulier, comme l'épistémologie (ou philosophie) de la physique, de la biologie ou de l'esprit.

Dans le domaine qui nous occupe, à savoir les états modifiés de conscience, nous aurions tort de croire que nous devons nous rallier exclusivement à l'un ou l'autre des camps susmentionnés. En fait, seule une approche éclectique, multidisciplinaire et multi-niveau permettrait de saisir convenablement et d'étudier productivement ce domaine dans toute sa complexité. C'est pourquoi cette réflexion philosophique inclut des éléments provenant de la phénoménologie, l'analyse conceptuelle, les épistémologies particulières, l'herméneutique, la logique et l'éthique — tout en restant engagée dans une quête épistémologique générale sur la nature de la conscience et de la connaissance. De même, cette réflexion reste ouverte et sensible à toute donnée provenant des sciences naturelles qui résulte pertinente (et tout particulièrement provenant des sciences cognitives, dont notamment la psychologie, la psychiatrie, les neurosciences, la pharmacologie, la biochimie), ainsi que les sciences humaines (dont l'anthropologie, la psychothérapie et l'art).

Quatre thèmes majeurs ont été retenus dans le volet philosophique en tant que champs de recherche prolifiques et d'intérêt commun dans les sciences cognitives:

La connaissance
La conscience
La perception
Les hallucinations

La connaissance

Le thème de la connaissance se trouve toujours implicite, et parfois explicite, dans tout questionnement concernant la nature de la conscience, de la cognition et du monde. Du coup, dans la philosophie et dans les sciences empiriques il résulte difficile de séparer la question ontologique « Qu'est-ce que c'est ? » de la question épistémologique « Comment le sait-on ? » car, d'une part, la connaissance est nécessaire pour répondre aux deux questions et, d'autre part, l'étude de l'acquisition, le traitement, la production et l'expression de la connaissance relève du domaine de l'épistémologie et de la science, et que des présupposés ontologiques sont toujours à l'œuvre en arrière-plan. Ceci lie les deux questions de façon circulaire et inextricable.

L'étude de la conscience, de ses états modifiés ou de n'importe quel autre sujet de recherche implique donc des thèses ou postures épistémologiques et ontologiques — ne serait-ce qu'implicites — de la part du chercheur, ce qu'on ne doit pas négliger. Dans le cas spécifique des états modifiés de conscience, il s'avère que leur étude permet de mettre en exergue certaines de ces thèses ou postures. Par exemple, il y a des expériences méditatives ou psychédéliques dans lesquelles les distinctions 'sujet-objet' et 'interne-externe' sont obliérées et perdent leur sens aux yeux du sujet de l'expérience. Ou encore, il y a des expériences hypnotiques ou musicales qui créent l'impression, chez le sujet, d'un objet qui n'existe pas objectivement. Dès lors, ces expériences mettent à mal notre conception

occidentale, rationaliste et objectiviste, de la connaissance et de la structure de la réalité.

Bien entendu, on peut rétorquer (ou plutôt décréter ?) que là il s'agit des expériences subjectives qui n'ont de réalité que « dans la tête du sujet » ; mais si nous regardons de plus près, nous verrions que les choses ne sont pas si simples et que la connaissance est un vaste thème qu'on ne peut pas étudier convenablement avec ce type d'attitude. Suffise d'évoquer trois cas bien connus pour illustrer la complexité épistémologique du rapport 'conscience-monde' et le lien inextricable entre l'ontologie et l'épistémologie : a) nous voyons des étoiles qui n'existent plus ; b) nous percevons certains aspects du monde à travers une bande très étroite du spectre électromagnétique —d'autres aspects seraient perçus si nous accédions à une bande plus large (comme certains animaux peuvent le faire en accédant à certaines régions du spectre au-delà de notre portée) ; c) il y a des concepts autochtones propres à chaque culture, dont le référent et/ou le sens n'est véritablement accessible à l'étranger qu'à condition d'adopter la forme de vie en question (Wittgenstein) —concepts d'émotions, de couleurs, de comportements ou de traditions, par exemple.

Certes, les distinctions 'sujet-objet' et 'interne-externe' ainsi que la vérité comme correspondance sont des piliers de la rationalité occidentale, mais par là même ces notions demeurent également déterminantes et limitantes lorsqu'on exerce nos capacités cognitives en vue d'établir une connaissance empirique. Il ne s'agit pas de dire que notre rationalité occidentale est erronée ou que l'appréhension de la réalité avec notre conscience ordinaire et bon sens est fautive : il s'agit plutôt de dire que cette rationalité et cette appréhension sont limitées et biaisées et que, par conséquent, connaître la réalité est une entreprise qui ne peut se satisfaire qu'avec les canaux intellectuels et cognitifs dont nous disposons habituellement. Et, justement, les états modifiés de conscience représentent une manière de modifier et de sortir de ces canaux pour, d'une part, mettre en évidence les présupposés ontologiques auxquels on ressort et les mécanismes épistémiques qu'on mobilise quotidiennement à notre insu et, d'autre part, pour explorer de manières alternatives de conceptualiser et d'articuler notre connaissance de la réalité.

On peut aussi penser que la connaissance du monde ordinaire et de nous-mêmes pose déjà suffisamment de problèmes à l'épistémologie pour s'y intéresser à d'autres problèmes comme ceux rattachés aux états modifiés de conscience, certainement plus exotiques et éloignés de la vie quotidienne que les problèmes épistémologiques classiques ——mais pas moins pertinents pour autant. En effet, l'intérêt philosophique des états modifiés de conscience est aussi grand que l'intérêt philosophique de la conscience elle-même, car la nature et les fonctions de la conscience peuvent être mises en évidence lors de sa modification (ce qui pourvoit le fond de contraste nécessaire pour saisir le phénomène 'normal'), surtout si la modification est contrôlée. Enfin, les états modifiés de conscience permettent de concevoir et d'expérimenter la réalité de manières alternatives, ce qui devrait avoir un effet d'autocritique sur nous-mêmes ainsi qu'une incidence

salutaire sur les bases et limites de notre édifice épistémologique et, par voie de conséquence, sur la connaissance scientifique.

La conscience

L'étude de la conscience par la philosophie et la psychologie est bien établie depuis plusieurs siècles ; les sciences cognitives, quant à elles, s'y sont intéressées quasiment dès leur constitution au 20^{ème} siècle, avec le concours des neurosciences, l'anthropologie et l'intelligence artificielle.

Dans la philosophie, la conscience a été étudiée de plusieurs manières par un grand nombre de philosophes. Dans le 20^{ème} siècle nous pouvons mentionner Husserl, Bergson, Heidegger, Sartre, Merleau-Ponty, Ryle, Searle, McGinn, Chalmers, Dennett, Kim, Lycan, Metzinger, Tye, pour n'en citer que quelques uns. La plupart des philosophes étudiant la conscience aujourd'hui sont non seulement sensibles aux données des sciences empiriques, mais reconnaissent aussi que la complexité de l'objet de recherche exige un effort multidisciplinaire et éclectique :

« A comprehensive understanding of consciousness will likely require theories of many types. One might usefully and without contradiction accept a diversity of models that each in their own way aim respectively to explain the physical, neural, cognitive, functional, representational and higher-order aspects of consciousness. There is unlikely to be any single theoretical perspective that suffices for explaining all the features of consciousness that we wish to understand. Thus a synthetic and pluralistic approach may provide the best road to future progress" (*tiré de*
<http://plato.stanford.edu/entries/consciousness/>)

Une vision plurielle pour approcher la conscience semble donc souhaitable, comprenant l'analyse conceptuelle, la phénoménologie et la recherche empirique. Dans cette optique, l'un de nous a tenté de clarifier au préalable les concepts de 'conscience' et d'expérience', qui semblent s'impliquer mutuellement à plusieurs égards¹⁴. Ensuite, une attention toute spéciale à l'approche neurophénoménologique^{15,2} semble s'imposer, car cette approche permet de conjuguer les points de vue en 1^{ère} et 3^{ème} personne, ce qui est méthodologiquement plus riche et donc souhaitable pour étudier l'objet qui nous occupe.

Par ailleurs, et comme il a été mentionné, il est possible d'étudier la conscience à travers ses états modifiés. Cela offre d'avantages méthodologiques indéniables. Cependant, il n'y a pas (ou très peu) d'initiatives philosophiques occidentales pour étudier la conscience de cette manière. Une raison pour cela est la méfiance —voire le tabou— que suscite tout état mental qui s'écarte de la norme et qui, du coup, ne répond pas aux attentes de la rationalité et de la morale en vigueur. Mais il y a aussi le fait qu'au niveau épistémologique nous manquons d'outils conceptuels et méthodologiques pour explorer et exploiter constructivement ces sphères mentales. Enfin, il y a une espèce d'inertie' qui nous pousse à transiter par les canaux habituels de la réflexion, malgré l'incapacité de ceux-ci pour nous montrer un panorama plus large et fidèle des diverses régions de la conscience¹⁶.

La méthode neurophénoménologique pour étudier des états modifiés de conscience commence à y être appliquée. À cet égard sont notables les travaux d'Antoine Lutz sur les moines en méditation⁷ et ceux du Hoasca Project¹⁶⁻¹⁹ par exemple. Nous espérons voir d'autres efforts dans cette direction dans les années à venir. Enfin, à l'instar d'autres chercheurs, dans cette réflexion la conscience perceptive est considérée comme porte d'entrée au thème de la conscience en général. Dès lors, les discussions de l'atelier sont axées

¹⁶ Cette 'inertie' serait comparable à la résistance qui empêche de nouveaux paradigmes scientifiques émerger (Cf. Kuhn¹⁴⁵).

largement autour de la perception et de la conscience perceptive, en privilégiant les hallucinations comme exemple paradigmatique de ce qu'est un état modifié de conscience.

La perception

Le thème de la perception est l'un des plus anciens sujets de recherche dans la philosophie occidentale. On peut citer un grand nombre de théories de la perception émanant depuis les présocratiques jusqu'à nos jours. Dans ces théories l'attention donnée à la modalité visuelle a presque toujours primé sur les autres modalités sensorielles, si bien qu'il ne serait pas exagéré de dire qu'en Occident on pêche d'"oculocentrisme"¹⁷ foncier.

Dans la recherche de l'un de nous (J. C. González) en épistémologie de la perception, un certain nombre et type de problèmes ont été retenus, notamment ceux relatifs à la rivalité entre les théories directes et les théories indirectes de la perception et ceux relatifs à la distinction entre 'perception véridique' et 'perception non-véridique'. Ces problèmes ont été traités sur une plateforme métaphysique réaliste mais non-objectiviste¹⁸.

Concernant le premier type de problème, nous avons adopté d'emblée une posture 'austinienne'¹⁹ en soutenant que les termes 'directe' et 'indirecte' sont malheureux pour caractériser une théorie de la perception (car ils ne permettent pas de saisir convenablement des enjeux cruciaux en épistémologie de la perception, tels que le rapport entre perception et connaissance ou encore la correcte description du processus perceptif —allant de l'environnement physique jusqu'à la symbolisation de celui-ci) et qu'en fait cette dichotomie crée un faux problème. Nous avons ensuite essayé de caractériser la perception à l'aide de trois dimensions : fonctionnelle, expérientielle et symbolique, de sorte que le processus perceptif puisse être compris quant à sa logique interne, sans ignorer le contexte de l'agent et son insertion et influences dans un environnement physique et symbolique, ainsi que dans une histoire naturelle et culturelle particulières. Dans cette caractérisation, le verbe 'percevoir' est réservé uniquement pour les cas de perception sensorial, où le référent existe objectivement.

Concernant le deuxième type de problème, nous avons dès le départ rejeté les termes 'perception véridique' et 'perception non-véridique' : le premier pour être redondant, le deuxième pour être contradictoire. Plus exactement, sur ce point nous nous sommes de nouveau ralliés à la posture d'Austin : la perception n'admet pas de qualificatifs aléthiques ; seules les propositions (i.e., des entités linguistiques) peuvent être caractérisées comme 'vraies' ou 'fausses'²⁰. Du coup, soit on perçoit quelque chose, soit on ne la perçoit pas²¹. Dans cette même direction nous avons suivi et adopté la posture appelée 'disjonctiviste'²⁰. Ce préambule a préparé le terrain pour l'analyse et la discussion autour de l'argument réputé être le plus difficile à surmonter par toute théorie de la perception²¹ : l'argument de l'hallucination. Nous avons critiqué cet argument ²² en soutenant qu'au moins une de ses prémisses est défectueuse : celle qui affirme qu'un état perceptif et un état hallucinatoire sont phénoménalement indiscernables. Nous avons réalisé une analyse multi-niveau qui développe sept arguments contre cette affirmation ²². Ailleurs ²³, nous nous sommes penchés sur le problème de la caractérisation positive du phénomène hallucinatoire et nous avons

¹⁷ Cette expression provient de Francisco Varela, qui regrettait le trop d'attention donnée à la vue par l'épistémologie occidentale aux dépens des autres sens.

¹⁸ 'Réaliste' puisque nous acceptons volontiers que le monde existe indépendamment de la perception qu'on a ou qu'on peut en avoir de lui. 'Non-objectiviste' puisque nous soutenons que les descriptions du monde —et leurs valeurs de vérité— dépendent de la niche écologique, de l'histoire évolutive, de la structure conceptuelle, du contexte et de la perspective de l'agent observateur qui décrit le monde (et ceci n'est pas capturé par le terme 'subjectiviste' que, du coup, nous rejetons).

¹⁹ D'après John L. Austin, philosophe emblématique du courant de 'la philosophie du langage ordinaire'.

²⁰ Peu importe que 'vraie' et 'véridique' soient différents, car la racine étymologique '*veritas*' est partagée par les deux termes ainsi que, et surtout, l'idée de base derrière les vocables.

²¹ Bien entendu, nous pouvons percevoir mal quelque chose (dans une mauvaise lumière ou atmosphère, ou avec sens endommagé, etc.) ; mais si l'on perçoit X, alors il existe quelque chose qui est perçue.

conclu qu'il y a plusieurs type de phénomènes pouvant être appelés 'hallucination', d'où ressort qu'une nouvelle nomenclature est requise à partir d'une étude phénoménologique détaillée sur l'expérience hallucinatoire. Finalement, nous nous sommes intéressés à la phénoménologie de l'expérience perceptive et de l'expérience hallucinatoire et aux mécanismes neuronaux qui sous-tendent ces expériences, dans l'esprit de la méthode neurophénoménologique. Ceci doit aboutir au ferme établissement des bases et des conditions objectives pour fixer le sens de 'percevoir' et à une meilleure compréhension de la perception et de la cognition en général.

Les hallucinations²²

Ce dernier thème représente un des domaines le plus travaillé depuis le début de nos recherches en France et incarne bien ce qu'on peut entendre par 'état modifié de conscience'. Par conséquent, cette section est la plus développée dans le volet philosophique.

La définition classique d' 'hallucination', en tant que « perception fausse ou sans objet »²³, malgré sa longévité, reste problématique. Tout d'abord, dire qu'une hallucination est une perception fausse ou sans objet laisse croire que c'est une perception. En tant qu'organismes cognitifs, nous avons acquis la capacité perceptive à travers des millions d'années d'évolution et d'interaction avec un milieu qui nous détermine. La perception ouvre sur le monde en temps réel et en tire, au moins partiellement, ses propriétés intrinsèques. De ce point de vue, 'percevoir' est catégoriellement différent d' 'halluciner', d' 'imaginer' et de 'rêver'. Ensuite, dire qu'une hallucination est une perception fausse soulève une question : peut-on qualifier une perception (et non une hallucination) de vraie ou de fausse ? Comme nous l'avons vu dans la section précédente, ce sont les propositions, les énoncés, les jugements qui sont susceptibles d'être vrais ou faux, mais pas les états perceptifs. Nous pouvons certainement nous tromper lorsque nous prenons un vêtement sur le sofa pour un chat qui dort, mais ce n'est pas notre expérience sensorielle elle-même qui se trompe, mais le jugement que nous faisons sur cette expérience. Enfin, dire qu'une hallucination est une perception sans objet se heurte au fait que la perception porte sur le monde réel et, par là même, acquiert un contenu. Au niveau linguistique, le verbe « percevoir » exige un complément grammatical, qui désigne le contenu ou l'objet de la perception (qui n'est pas forcément un objet matériel). Autrement dit : une perception porte toujours sur un objet, et dire qu'une hallucination est une perception sans objet est un contresens.

Il est important de distinguer l'hallucination de l'illusion, l'imagination ou encore la rêverie, bien qu'il puisse y avoir des similitudes entre ces états. Y a-t-il donc une définition d' 'hallucination' qui évite ces difficultés, qui la distingue d'autres concepts semblables et qui, enfin, prenne acte qu'elle peut changer de modalité et mode d'induction ? Car selon la nature de son induction, la façon dont elle se manifeste, la personnalité et le contexte socio-culturel de celui qui en est l'objet, l'hallucination peut être vécue comme une simple curiosité cognitive, une grâce visionnaire sacrée, une source d'information, ou encore une pathologie angoissante.

Dans ses Méditations, Descartes pose une question qui préoccupe les philosophes qui s'intéressent à la théorie de la connaissance : comment être certains que nos sens ne nous trompent pas ? Comment être sûr que, par exemple, ce que je crois être mon expérience du monde perçu n'est pas en réalité un rêve ? À l'instar de Platon —et à l'encontre des philosophes empiristes— Descartes estime que l'expérience sensorielle ne peut pas fonder ni fournir une connaissance dépourvue d'erreurs, et que la raison est la seule capacité humaine qui peut nous offrir des certitudes. Descartes est donc un sceptique à l'égard de la connaissance empirique, car il se méfie de tout ce qui provient des sens. Dès lors, les hallucinations constituent peut-être le plus grand défi pour les épistémologues qui s'occupent de la théorie de la perception car, tout comme les rêves, elles sont supposées être

²² Une bonne partie de cette section provient de l'article (González, J.C. et Dokic, J., 2009. 'Hallucination : vrai ou faux ?', *Cerveau et Psycho*, No. 31, pp. 49-51).

²³ Cette définition remonte au 19^{ème} siècle et a été conçue ou du moins consacrée par E. Esquirol.

indiscernables des perceptions réelles. Qui plus est, le sujet ou agent est présumé être éveillé et conscient lorsque le phénomène se produit. Quel est donc ce phénomène qui ne porte pas sur le monde physique, mais se manifeste alors que le sujet est éveillé ? En raison de cette apparente contradiction, les hallucinations ont été traditionnellement l'argument sceptique principal, le talon d'Achille, des théories de la perception. Cependant, dès qu'on étudie le phénomène plus en détail, on voit disparaître plusieurs préjugés et suppositions qui l'ont occulté au détriment d'une analyse conceptuelle et empirique solide et d'une théorie de la perception capable de répondre aux arguments des sceptiques.

La plupart des philosophes de la perception ont invoqué la notion d'hallucination quand ils cherchaient à contrer le « réalisme naïf » selon lequel nous percevons des choses et des événements physiques, indépendants de l'expérience que nous en avons. La prémisse principale de l'« argument de l'hallucination » est que toute perception ordinaire pourrait être remplacée par une expérience hallucinatoire sans que le sujet ne s'en aperçoive. À partir de cette prémisse, l'argument tente d'établir que toute expérience sensorielle, au-delà des seules hallucinations, porte sur une donnée sensorielle « interne », ou du moins distincte du monde physique tel que nous croyons le percevoir. L'argument de l'hallucination, généralement accepté par les philosophes classiques, est la cible de nombreuses discussions critiques dans la philosophie contemporaine. Deux positions principales en émergent. Selon l'intentionalisme, la perception ordinaire et l'expérience hallucinatoire relèvent bien de la même espèce d'expérience (sensorielle), mais doivent être considérées comme des représentations mentales, vraies dans un cas, fausses ou sans objet dans l'autre. L'intérêt de cette position est qu'elle n'a pas besoin de postuler de données sensorielles internes, même dans le cas hallucinatoire : puisqu'il ne s'agit que de représentations mentales, nul besoin de faire appel aux signaux issus du monde extérieur qui déclenchent une expérience sensorielle.

Selon une autre position, le relationalisme, la perception ordinaire doit être conçue en termes réalistes, comme une relation fondamentale au monde physique, distincte d'une hallucination. Par conséquent, dans cette approche, la perception ordinaire et l'expérience hallucinatoire, bien qu'apparemment indiscernables, relèvent de deux approches cognitives différentes. Lorsqu'un éléphant rose nous apparaît visuellement, notre expérience est ou bien véridique (un éléphant rose se trouve réellement en face de nous) ou bien hallucinatoire, d'où l'appellation de « théorie disjonctive de la perception ».

La difficulté principale de l'intentionalisme est que l'hallucination semble nous présenter des objets particuliers, que l'on retrouve parfois d'une expérience hallucinatoire à la suivante. Quant au relationalisme, il rejoint le sens commun pour ce qui concerne la nature de la perception ordinaire (qui nous met effectivement en relation avec les choses et les événements qui nous entourent), mais pêche par l'absence d'une théorie satisfaisante de l'hallucination et de ses objets apparents.

La notion philosophique d'hallucination, conçue comme une expérience indiscernable d'une perception ordinaire, est donc avant tout une « fiction utile », que les philosophes ont forgée pour essayer d'éclairer la nature de la perception ordinaire plus que celle des phénomènes hallucinatoires réels. Une différence importante entre les hallucinations au sens philosophique et les hallucinations réelles concerne la lucidité cognitive du sujet. Quand le philosophe fait l'hypothèse d'une expérience hallucinatoire subjectivement indiscernable d'une perception ordinaire, il suppose que le sujet est cognitivement lucide, au sens où toutes ses facultés cognitives « supérieures » (ses pensées et son raisonnement) sont préservées. Il en va autrement des hallucinations réelles, qui sont souvent accompagnées d'une altération de cette cognition supérieure. Une autre différence pertinente concerne le fait que des sujets hallucinatoires sont capables, dans certains cas, de distinguer leur expérience extra-ordinaire de leurs perceptions ordinaires, contrairement à ce qu'implique (par définition) la notion philosophique d'hallucination.

Ainsi, l'objectif des philosophes est de mettre en évidence les traits qui distinguent l'expérience hallucinatoire de la perception ordinaire. Par exemple, la perception ordinaire implique des contingences sensorielles et motrices caractéristiques²⁴. Ainsi, quand nous voyons un objet familier, nous avons des attentes, au moins implicites, sur la façon dont il nous apparaîtrait si nous nous déplaçons autour de lui, ou si nous le manipulions. Il n'est pas évident qu'en dehors des expériences de pensée philosophiques, l'expérience hallucinatoire implique les contingences sensori-motrices de la perception ordinaire. Gageons que la conscience de ces contingences est l'un des éléments qui sous-tend le sens de la réalité, de l'irréalité ou au contraire de l'hyper-réalité des objets de l'expérience d'un sujet hallucinant.

Étant donné les difficultés que nous avons évoquées quant à la définition des hallucinations, il semble risqué de se prononcer de façon définitive sur la nature des hallucinations, ainsi que sur les conséquences de celles-ci sur nos théories de la conscience et de la connaissance. Toutefois, nous pensons que l'étude des hallucinations est utile pour éclairer la nature de l'expérience perceptive, de la conscience et de la connaissance ; qu'il est possible et souhaitable de distinguer un état perceptif réel d'un état hallucinatoire réel ; enfin, qu'une description précise du phénomène hallucinatoire serait à même de distinguer entre ces deux types d'état, tout en permettant de mieux saisir notre relation cognitive avec le monde et la nature de la conscience des phénomènes. Enfin, indépendamment de l'intérêt philosophique des hallucinations, celles-ci peuvent être vécues soit comme des épisodes trompeurs, indésirables ou pathologiques, soit comme des épisodes visionnaires, bénéfiques ou salutaires. Il suffit de penser aux sujets qui se disent mus par des voix diaboliques lorsqu'ils commettent des crimes épouvantables ou à des chamanes qui guérissent des maladies graves en étant —d'après leur dires— guidés par des visions extra-ordinaires, pour apprécier le gouffre conceptuel qu'il peut y avoir entre les diverses interprétations de ce qu'est une 'hallucination'.

Une bonne partie de notre étude philosophique sur les hallucinations et autres états modifiés de conscience s'est appuyée sur les descriptions des états induits par l'ingestion des substances hallucinogènes (pour des raisons largement discutées déjà). Finissons donc cette partie avec une cite, à notre avis éclairée, de Charles Duits où il tente d'expliquer l'attitude des Occidentaux face aux états modifiés de conscience —plus exactement, face aux plantes (qu'il appelle, à l'instar de beaucoup de peuples indigènes traditionnels) 'sacrées', qui sont bien connues pour induire des états modifiés de conscience :

« A l'égard des plantes sacrées, les Occidentaux et leur conscience ont instinctivement adopté une attitude hostile. Ils voient ceux qui utilisent les plantes —sans se soucier de l'honorabilité de leurs intentions— comme des transgresseurs, comme des fautifs ; ils refusent même de reconnaître que ces plantes ont et restent une partie intégrante de la vie religieuse de certaines civilisations et peuples indiens. Ce rejet, et ce malaise symptomatique, surgit principalement... de l'image de la relation entre l'Homme et l'Univers conçue par les Occidentaux. C'est parce que nous ne nous laissons jamais influencer par le doute —nous, qui avons néanmoins fait du doute le fondement de notre tradition philosophique— que l'acceptation de cette image de l'utilisation des plantes sacrées nous choque et nous effraie. Il nous paraît évident que toute substance qui affecte l'esprit —terme que nous n'utilisons en fait que pour désigner l'intelligence— est, fatalement, un élément obscurcissant, un 'narcotique'. En partant de cela, chaque fois qu'un utilisateur de plante s'exprime, il est automatiquement discrédité. Si les plantes sacrées trompent nos sens, alors il faut les interdire, ce qui justifie l'attitude des autorités. Mais qu'en est-il si elles ont un effet tout autre ? Personne ne prend cette possibilité en considération. La conséquence serait trop lourde » (Duits, 1994a : 11-12).

Méditation

Description

La méditation est un terme général désignant une pratique mentale ou spirituelle qui consiste à porter son attention sur un certain objet. On en distingue principalement deux classes: la méditation à attention focalisée et celle à attention diffuse. Toutefois, ces deux extrêmes bornent un continuum formé par un ensemble de pratiques à travers le monde. Si la méditation est très anciennement utilisée dans diverses cultures humaines, les bases neurophysiologiques de cette pratique en revanche restent méconnues. Les premières études qui lui font référence datent des années 50 mais il faut attendre les années 90 pour voir un essor d'intérêt envers ce champ d'investigation. A présent, de nombreuses équipes à travers le monde multiplient des paradigmes expérimentaux impliquant la méditation. Leurs objectifs sont à la fois du ressort de la recherche fondamentale et de la thérapeutique. Ainsi de nombreuses études ciblent le traitement de certaines pathologies d'actualité comme par exemple la dépression ou l'hyperactivité. Fait important attestant de cet intérêt grandissant pour la méditation, le « National Institute of Health » (NIH) États-Uniens a pour projet d'ici deux ans de créer un centre totalement consacré à cette thématique réunissant des spécialistes en physiologie, immunologie, neurosciences et psychologie. Il est important de noter que ce champ de recherche est également lié à un regain d'intérêt dans l'intégration de l'expérience première personne concernant l'étude du phénomène conscient. Le projet neurophénoménologique développé par Francisco Varela fait partie de cet élan méthodologique. Par une méthode rigoureuse de l'étude des rapports de l'expérience consciente à la première personne combinée à l'analyse de signaux neurodynamiques, cette approche a été appliquée avec succès à la méditation, ouvrant ainsi un champ paradigmatique pour son étude.

Effet corporels

La méditation entretient par sa composante relaxante un lien direct avec le corps. Cependant les effets physiques sont très diversifiés et peu de résultats permettent de fournir une explication à ce qui est constaté. En ce qui concerne la perception de soi, la méditation semble par exemple changer à la fois les représentations que nous nous faisons de nous-mêmes à bas niveau aussi bien qu'à haut niveau²⁵. Elle modifie notamment les réseaux corticaux impliqués dans la perception du corps²⁶. Et sans en augmenter les performances perceptives²⁷, elle semble changer le concept intrinsèque de « soi » chez ceux qui la pratique en induisant notamment une dépersonnification du sujet²⁵. La méditation peut également être vue comme un état d'éveil hypo métabolique²⁸. Les circuits sympathiques et parasympathiques, formant le système nerveux autonome, sont en effet impliqués notamment par le contrôle respiratoire continu²⁹, qui dans beaucoup de pratiques méditatives est l'objet même de l'attention portée. Ce contrôle respiratoire exerce un effet sur le système cardiovasculaire chez les méditants experts³⁰; notamment par une augmentation de l'activité parasympathique ainsi que de l'Arythmie Sinusale Respiratoire (ASR). Ces experts en méditation révèlent également un besoin en sommeil moins élevé que la population moyenne³¹, ce qui pourrait s'expliquer par une meilleure régulation du système nerveux autonome. Concernant le système immunitaire, de nombreuses études restent à faire afin de montrer un réel impact de l'activité méditative. Quelques études ont commencé à démontrer une meilleure réponse aux infections en comparant des méditants expérimentés à des non-méditants^{32,33}. La multiplication de ce type d'études révèle un réel potentiel concernant la compréhension des interactions entre le système nerveux autonome et le système immunitaire. La méditation aurait également un potentiel de ralentissement du vieillissement cérébral^{26,34}. Bien que constaté, cet effet bien reste inexpliqué.

Contrôle attentionnel

L'attention joue un rôle central dans la méditation. De nombreuses études révèlent qu'elle induit une amélioration des processus attentionnels à plusieurs niveaux. Les structures affectées sont notamment celles impliquées dans l'apprentissage et la prise de décision comme le cortex préfrontal dorsolatéral, le gyrus frontal supérieur et le gyrus intra pariétal ³⁵. Ces effets semblent corrélés au niveau de pratique du méditant. Ceci tend à prouver qu'au fil de l'entraînement, la méditation devient de plus en plus efficace et possède une inscription biologique mesurable. Cette régulation attentionnelle semble être la résultante de trois processus ³⁶:

La concentration sélective et intense qui implique des structures telles que la jonction temporo-pariétale, le cortex préfrontal ventro-lateral, le champ oculaire frontal (FEF) et le sillon intra pariétal³⁷.

Le contrôle permanent sur l'objet de l'attention qui est un état de vigilance constant se traduisant par une augmentation des synchronisations entre le thalamus, le cortex frontal droit et le cortex pariétal droit ^{38,39}.

Les sauts attentionnels contrôlés ^{25,36}, permettant de revenir à l'objet de la méditation en cas de dérive attentionnelle, et qui sont liés entre autres à l'activité du cortex cingulaire antérieur et du cortex préfrontal dorsolatéral.

Du point de vue des performances attentionnelles, la méditation améliore de manière significative les scores de négativité de discordance ^{40,41}. Elle permet de moduler un effet attentionnel pourtant supposé largement automatique nommé « attentional-blink »⁴². Elle améliore l'habituation perceptive⁴³ et permet une remise en œuvre plus rapide des ressources attentionnelle⁴⁴. Des expériences sur la rivalité binoculaire ont également permis de montrer à quel point la méditation pouvait modifier le contrôle cognitif sur les perceptions à leurs plus bas niveaux. Les travaux d'Olivia Carter ont notamment permis de mesurer en rivalité binoculaire un allongement significatif des périodes de perceptions cohérentes chez des moines experts en méditation focalisée ⁸. Ces résultats ont également été reproduits dans le cas de stimuli visuels en conflits à plus haut niveau ^{45,46}. Mais d'un point de vue paradigmatique la méditation permet surtout d'étudier de manière innovante le contrôle des dérives attentionnelles ("mind wandering") puisqu'il est au cœur de la pratique. Ce phénomène de glissement de l'attention permet non seulement de montrer le caractère fluctuant de l'attention mais il montre aussi qu'il est possible de l'observer et de le contrôler. On parle alors de méta-conscience où le contenu même de l'expérience est re-représenté ^{47,48}. Une étude comparant sujets entraînés et naïf à la pratique de la méditation a ainsi mis en évidence une implication du cortex préfrontal médian lors d'épisodes de dérives de l'attention⁴⁹. De plus, cette étude a également montré à contrario que l'état méditatif maîtrisé conduisait parallèlement à une désactivation de cette structure et à une activation du cortex préfrontal droit et des aires viscéro-somatiques. Ceci tendrait à prouver une différence fonctionnelle entre le soi corporel inscrit dans le présent et l'image du soi projeté dans le passé ou le futur. L'hypothèse sous-jacente est que tout agent cognitif doit nécessairement fluctuer attentionnellement entre sa perception de l'environnement et l'analyse raisonnée des informations qu'il en extrait⁵⁰. La dérive attentionnelle est alors considérée comme l'interférence d'une tâche forcée et ce fonctionnement oscillatoire par défaut. La pratique poussée de la méditation permettrait donc d'améliorer le contrôle sur ce fonctionnement spontané de l'attention³⁶. De ce fait, une approche thérapeutique peut être envisagée.

Contrôle émotionnel

Un autre aspect intéressant de la pratique méditative est qu'elle permet d'améliorer le contrôle sur les émotions. Certes, cet effet est implicitement lié à ceux déjà cités mais certains processus spécifiques interviennent aussi dans cette régulation. En augmentant la sensibilité des sens liés au corps, la méditation permet tout d'abord de mieux percevoir les émotions elles-mêmes. Elle réduit également les dérives attentionnelles en agissant sur la

concentration ce qui a pour effet de réduire les réactions aux émotions. Après plus de vingt ans de recherche sur les émotions de nombreuses preuves expérimentales attestent que l'asymétrie des activités corticales, notamment au niveau du cortex préfrontal, corrélient avec la manière dont nous percevons les émotions et comment nous y faisons face^{51,52}. Une activation préférentielle pour le cerveau antérieur gauche est ainsi liée à une réaction positive face à des émotions négative⁵³. L'entraînement à la méditation de type « Mindfulness » a un effet sur l'activation du cortex préfrontal gauche dans la bande alpha³². Cet effet est de plus associé à une réduction de l'anxiété et une meilleure réactivité vis-à-vis des affects jugés négatifs. Ces effets sont expliqués par la forte connectivité entre le système nerveux autonome et la partie antérieure du cerveau⁵⁴: le côté gauche étant plus connecté au système parasympathique et le côté droit avec le système sympathique. La méditation agit en aidant à accepter les émotions comme un phénomène qu'il n'est pas nécessaire de juger. Le fait de l'observer sans chercher à l'interpréter et lui donner une connotation positive ou négative permet ainsi de mieux les contrôler. Ce contrôle sur les émotions est médié par le contrôle attentionnel et le contrôle cognitif ; or la méditation agit sur ces deux processus de manière très efficace. L'équanimité face aux sensations est également un principe clef rencontré à travers la plupart des pratiques méditatives. Mis en lien avec l'hypothèse des marqueurs somatiques de Damasio⁵⁵, cette équanimité permettrait également d'expliquer l'efficacité à long terme de la méditation sur le contrôle émotionnel. Outre les répercussions théoriques sur notamment la plasticité cérébrale chez l'adulte, l'ensemble de ces phénomènes, mesurés et prouvés, laisse de gros espoir sur le plan thérapeutique.

Applications thérapeutiques

Depuis de nombreuses années, la méditation est appliquée avec succès aux Etats-Unis, dans des programmes thérapeutiques liés au contrôle des émotions comme par exemple dans les troubles du comportement alimentaire, la dépression, le traitement de la douleur ou encore celui de l'hyperactivité. Ces applications de la pratique méditative se sont faites en parallèle de ce qu'on appelle la troisième vague de psychothérapie formé en partie par les thérapies cognitives. Concernant la régulation des émotions, les travaux de Davidson et Kabat-Zinn⁵⁶⁻⁵⁸ ont montré que des résultats durables apparaissaient après 6 mois d'entraînement à la méditation mindfulness. De manière plus générale, la régulation émotionnelle peut aider dans le traitement des troubles dissociatifs, de l'alexithymie ou de manière plus générale dans tous les comportements d'évitement des émotions. La dépression a fait également l'objet de nombreux programmes thérapeutiques impliquant la méditation, par exemple ceux de Jon Kabat-Zin avec la méditation mindfulness (MBSR) ou encore ceux de McQuaid associant méditation et thérapie cognitive. De telles approches remportent de plus en plus de succès car sans l'emploi de médicament elles permettent de conserver l'intégrité cognitives des patients et montrent une baisse du taux de rechute^{59,60}

Ainsi la méditation semble par ces nombreux aspects être un sujet de recherche très prometteur en sciences cognitives. Tant sur le plan de la recherche fondamentale que sur celui de la thérapie, même si des équipes à travers le monde ont déjà entamé des programmes de recherche sur cette thématique, nombreuses choses restent à élucider notamment sur le mode d'action de la méditation. Car si les effets de la pratique méditative commencent à être bien recensés, les processus au cœur de la méditation restent très méconnus.

Hypnose

Qu'est-ce que l'hypnose ?

Si la méditation commence à être admise aussi dans le cadre thérapeutique, l'hypnose est un excellent exemple de pratique faisant appel aux états modifiés de conscience qui a su trouver

sa place dans le paysage des pratiques cliniques. Pourtant, elle a du traverser une lourde période de remise en question. Il serait inexact de fixer une date précise pour l'apparition de l'hypnose car, comme en ce qui concerne la méditation, il existe un spectre continu de pratiques proches dans les cultures ancestrales. De plus, même aujourd'hui il est difficile de fixer une frontière franche entre plusieurs pratiques s'en approchant. Actuellement, la définition la plus consensuelle de l'hypnose est l'induction d'un état cognitif dans lequel la nature sceptique et critique d'une personne est contournée de manière à permettre l'acceptation de suggestions. Elle est également souvent décrite comme l'état de transe normale avec une attention focale et réceptive. Ce dernier cas apparaît spontanément lors d'activités qui absorbent toute l'attention: lecture d'un livre passionnant, visionnage de la télévision après une journée fatigante, activités monotones répétitives, etc. Dans cet état de réceptivité à la suggestion positive il a été constaté que des changements cognitifs et physiologiques pouvaient être induits de manière efficace. Toutefois, ces effets restent inexpliqués et continuent de défier les fondements de la médecine moderne.

Un bref historique

Historiquement, on peut voir une première apparition formalisée en occident avec les travaux de Franz Anton Mesmer. Celui-ci l'introduit en 1778 sous la dénomination de "magnétisme animal". Mais Mesmer fût rapidement contesté puis discrédité notamment par une commission dirigée par Benjamin Franklin sous la demande de Louis XVI. Le rapport de cette commission fût d'ailleurs repris par Thomas Jefferson afin d'empêcher la diffusion du "Mesmérisme" aux Etats-Unis. Il va falloir attendre le 19ème siècle pour revoir apparaître des travaux similaires. C'est à cette époque que le terme d'hypnose est créé par James Braid. Celui-ci commença par introduire des techniques basées sur le mouvement du regard pour induire l'état d'hypnose puis découvrit l'intérêt d'y ajouter des suggestions. A la même époque, John Elliotson et James Esdaile commencèrent à utiliser l'hypnose comme anesthésie pour leurs opérations chirurgicales. Malgré un taux de mortalité très faible pour l'époque, la technique sombra dans l'oubli à cause de la popularisation de l'éther et du chloroforme.

C'est au XXème siècle que l'hypnose trouve enfin une reconnaissance parallèlement à la psychanalyse. Milton Hyland Erickson, influencé par les travaux de Carl Leonard Hull, pose alors les bases de ce que l'on pourrait nommer l'« hypnose moderne » ou « hypnothérapie » en 1937. Il construisit un ensemble d'outils basés sur la conversation permissive et respectueuse, ce qui représente un fort changement par rapport aux anciennes méthodes beaucoup plus autoritaires. Il introduit également la régression au cours de laquelle le patient peut revivre son passé tout en étant guidé par le thérapeute. Erickson développe aussi l'autohypnose afin que les patients puissent s'impliquer eux-mêmes dans le processus thérapeutique. Mais il faudra attendre 1958 pour qu'une étude du Conseil sur la Santé Mentale soit approuvée par l'Association Américaine de Médecine, suivie de celle de Psychiatrie en 1961. En France, les intérêts pour l'hypnose reprennent également dans les années 50 mais il faudra attendre 1971 pour que Léon Chertok, psychiatre et psychanalyste français inaugure à Paris le Laboratoire d'Hypnose Expérimentale.

L'hypnose aujourd'hui

Mais la méfiance face à l'hypnose reste toujours présente, notamment vis-à-vis d'éventuels effets secondaires tels que l'apparition d'états anxieux, somnolents ou de maux de tête. Mais ces effets demeurent souvent liés à des défauts dans la technique de l'hypnothérapeute. L'un des principaux défauts est la non-vérification de l'acceptation totale des suggestions chez le patient. Bien qu'un consentement écrit ne soit pas nécessaire, un entretien avant l'hypnothérapie est souvent utilisé pour prévenir de ce problème. L'hypnose reste tout de même un traitement bénin avec peu de contre-indications. C'est d'ailleurs son gros intérêt compte tenu du champ extrêmement large qu'elle possède.

Un large champ d'applications

La première application et la plus reconnue et étudiée est celle du traitement de la douleur. Celle-ci fût approuvée sur plusieurs causes de douleurs: chroniques, chirurgicales ⁶¹, psychologiques, soins palliatifs ⁶², etc. De nombreuses expériences réalisées en laboratoire démontrent sa grande efficacité ⁶³ et commencent à exhiber des pistes explicatives de son fonctionnement. Mais elle permet également de développer de nouveaux paradigmes expérimentaux et d'ainsi approcher de manière innovante le problème de la perception de la douleur (ou "nociception") et ceci sous ses différentes formes: la composante sensorielle qui permet son identification qui semble être associée à l'insula et au cortex somatosensoriel ; la composante émotionnelle qui est nécessaire au signalement de l'inconfort et qui est plutôt liée au cortex cingulaire antérieur ; et enfin la composante cognitivo-comportementale permettant l'interprétation de la douleur et sa modulation dans laquelle est impliqué le cortex préfrontal et prémoteur. Il n'y a donc pas de centre cérébral spécifique à la douleur ⁶⁴. On parle en générale de la matrice corticale de la douleur, et c'est cette matrice que l'hypnose cherche à moduler dans ses différents modes de fonctionnement ⁶⁵. Les études menées ont également permis la mise en place de protocole de neurofeedback en IRMf ⁶⁶ dans lequel les sujets apprennent à moduler eux-mêmes leurs douleurs. L'analgésie par hypnose a également été bien différenciée de celle par placebo: des études ont montré sa totale indépendance du système des récepteurs aux opiacés ⁶⁷.

D'un point de vue thérapeutique beaucoup d'autres applications sont possibles: traitement des migraines ^{68,69}, trouble du fonctionnement des organes notamment de l'intestin ⁷⁰, traitement des angoisses, des phobies ou du trac, arrêt du tabac ^{71,72}, dermatologie (eczéma, pelade) ⁷³, traitement de l'obésité ⁷⁴, otorhinolaryngologie ⁷⁵, soin de l'asthme ⁷⁶, traitement de l'hémophilie ⁷⁷, soin de l'hypertension ⁷⁸, oncologie ^{79,80}, traitement des allergies ⁸¹, obstétrique ^{82,83}, rhumatologie ⁸⁴.

Outil et Sujet de choix pour les neurosciences fondamentales

D'un point de vue neuroscientifique, les potentiels sont également très variés: outre l'étude de la perception de la douleur, la régression sous hypnose a permis l'étude de la remémoration de souvenirs. Il a été ainsi révélé que l'hypnose différait de l'état de rêve ou d'imagination car le processus de remémoration sous hypnose était plus un revécu de l'expérience ⁸⁵. L'hypnose permet également la modulation de la perception et d'une manière contrôlable ce qui est un avantage certain au niveau paradigmes en sciences cognitives. Là aussi, les sujets peuvent avoir des hallucinations contrôlées au cours desquelles les structures neurales activées sont plus proches de celles impliquées dans la perception réelle que lors de l'imagination ou de la remémoration ^{86,87}. On retrouve ce phénomène lors de la modulation de la motricité par l'hypnose: l'activité alors induite est similaire à celle produite lors de la production réelle du mouvement.

Du point de vue de l'hypnose elle-même, certaines études se sont intéressées aux facteurs de l'hypnotisabilité ⁸⁸. Il apparaît que les sujets possédant un corps calleux plus épais au niveau du rostrum soient plus sensibles à l'hypnose. Cette partie sert au transfert d'information entre les deux cortex préfrontaux et est souvent associée à l'attention. Chez ces patients hautement hypnotisables, il est possible de réduire fortement les conflits cognitifs: des études ont notamment montré une très forte augmentation de leurs performances dans un test de Stroop sous hypnose ⁸⁹.

Conclusion

L'hypnose a déjà permis de grandes avancées, tant sur le plan thérapeutiques que sur celui de la recherche fondamentale ⁹⁰. Toutefois il reste encore à expliquer son fonctionnement et à imaginer d'autres applications. En France, quelques centres de recherches continuent des

travaux dans ce domaine et ainsi soutiennent l'intérêt scientifique des états modifiés de conscience.

Substances dites hallucinogènes ou psycho-intégratrices

Rappel sur hallucinogènes

Avant tout il faut noter que la terminologie même de ces substances « psychédéliques », ou « hallucinogènes » est débattue, et, s'avère ambiguë. De nombreux termes ont été proposés au fil du temps, de « psychodisleptique » à « onirogènes » en passant par « lucidogènes » (Charles Duits). Psycho-intégrateur est un terme pour refléter le rôle catalytique que ces substances exercent dans le processus psycho-thérapeutique, proposé par Winkelmann⁹¹. Enthéogène fait référence au sens du sacré/divin caractéristique de ce type d'expérience⁹². Des plantes contenant des substances hallucinogènes sont utilisées rituellement dans des contextes médicaux et/ou spirituels par différents peuples depuis des temps très reculés. Ces plantes sont considérées sacrées et l'expérience associée à leur ingestion rituelle est plutôt décrite comme visionnaire que pathologique. Le mot psychédélique est un néologisme qui combine les mots grecs pour "esprit," ψυχη (psyche), et "rendre manifeste," δηλειν (delein).

Les substances dites psychédéliques ou hallucinogènes ont un effet très variable sur l'homme, elles touchent la quasi-totalité des fonctions perceptuelles, cognitivo-émotionnelles, en particulier la conscience de soi et la conscience du corps, aussi bien au niveau des fonctions perceptivo-motrices de base que des processus plus complexes de raisonnement et de décision. La phénoménologie de ces états s'étend sur un très large spectre qui comprend les hallucinations, les distorsions de la perception, la synesthésie, une altération de l'état d'éveil, des états mystiques et potentiellement des psychoses.

Ces substances sont non-addictives, leur action n'est pas neurotoxique, et leur usage médical supervisé est relativement sûr^{93,94,91}. Divers peuples en font un usage régulier dans un rituel s'inscrivant dans une tradition et une cosmovision. Un article de Science en 78⁹⁵ faisait remonter l'usage du Peyote par les Nord-Amérindiens aux environs de l'an -900 (soit il y a environ 3000 ans), un article récent⁹⁶ conclut que ces peuples ont découvert les propriétés psychotropiques du Peyote il y a 5700 ans. On en sait très peu scientifiquement sur le fonctionnement de ces substances et la manière dont elles peuvent altérer de manière drastique le fonctionnement cognitif des humains.

Contrairement à la plupart des médicaments, leur effet est très dépendant du contexte de l'expérience et des attentes du patient, d'où un de leur nom ; psychédélique (« qui manifeste ou révèle la psyché »). C'est pour cela qu'il est indispensable d'associer une psychothérapie au traitement et de prendre en charge le patient de manière spécifique.

On distingue trois groupes chimiques :

Les tryptamines (acide lysergique, psilocybine, ibogaïne, dimethyltryptamine). De par leur structure moléculaire proche de la sérotonine, ils se lient aux récepteurs sérotoninergiques 5HT_{2A}, d'une manière spécifique⁹⁷. Parmi les « traces amines », ces nouveaux transmetteurs découverts très récemment, se trouvent plusieurs hallucinogènes triptaminiques endogènes, notamment la dimethyltryptamine.⁹⁸⁻¹⁰⁰

Les phényléthylamines (mescaline et 3,4-méthylènedioxyamphétamine (MDMA)). Ils agissent également sur le système sérotoninergique mais surtout sur le circuit dopaminergique de par leur ressemblance à la dopamine.

Certains considèrent également les anesthésiques dissociatifs, tels que la kétamine et la phencyclidine, comme faisant partie de la famille des psychédéliques, bien que leur mode d'action soit différent (ils se lient aux récepteurs NMDA).

La recherche sur les substances hallucinogènes au milieu du 20^{ème} siècle

La découverte de l'acide lysergique en 1943 par Albert Hofmann, suivie par l'extraction de la molécule de psilocybine en 1958, ont suscité un vif enthousiasme de la part de psychiatres et des chercheurs en psychologie pour la famille des substances dites psychédéliques ou hallucinogènes. Dans les années 60 et 70, diverses études ont exploré de nombreuses applications potentielles, notamment le traitement de l'alcoolisme, de l'angoisse des patients en stade terminal, des troubles obsessionnels compulsifs ainsi que des diverses conditions psychopathologiques. Ces substances étaient administrées dans un cadre psychothérapeutique rigoureux et contrôlé, sous la supervision de professionnels ayant reçu une formation adaptée aux états cognitivo-émotionnels particuliers à ce type d'expérience. Ce fut l'époque de l'engouement pour l'approche dite psychomimétique ; on espérait, grâce aux recherches sur ces substances, comprendre les troubles mentaux tels que la schizophrénie et l'autisme et progresser dans notre compréhension du cerveau. En dépit de résultats prometteurs la recherche chez l'homme a été délaissée entre 1972 et 1990. Ce type de recherche prend de l'ampleur depuis le début des années 90, et bénéficie du soutien d'institutions de recherche notamment le Heffter Research Institute et Maps aux Etats-Unis et de la fondation Beckley ainsi que l'Association Suisse des Médecins pour la Thérapie Psycholitique en Europe. Un certain nombre d'études, fondamentales et appliquées, sont en cours dans le monde (Allemagne, Suisse, Israël, Espagne, Finlande, USA, Canada, Mexique), sur des thématiques d'actualité en sciences cognitives. Elles sont d'autant plus importantes à considérer dans la politique d'orientation de la recherche dans la mesure où la France fait preuve d'un véritable retard dans ce domaine stratégique.

Intérêt pour la recherche fondamentales

Nous ne détaillerons pas ici les thématiques de recherche fondamentale spécifiques à la neuropsychopharmacologie des hallucinogènes, qui est très vaste et fait l'objet d'études incessantes, notamment chez l'animal. Nous considérerons plutôt l'utilisation de ces substances en tant qu'outil d'investigation pour les sciences cognitives. Elles offrent en effet l'avantage de permettre l'induction temporaire et contrôlée d'altérations profondes de la conscience et de la perception, chez des sujets sains. L'objectif est donc d'une part de mieux comprendre et caractériser les états de conscience modifiés, ce qui est théoriquement possible dans la mesure où ces états partagent une phénoménologie et une psychobiologie commune, indépendamment du mode d'induction ¹⁰¹ (il existe différents tests et échelles pour l'évaluation subjective des états de conscience modifiés (APZ, PE et HRS, pour Abnorme psychische. Zustaende¹⁰², Peak Experience et Hallucinogenic Rating Scale¹⁰³). D'autre part, à l'instar de la stimulation magnétique transcranienne, il est possible en étudiant les perturbations du système cognitif, d'élucider son fonctionnement « normal ».

Dans un paradigme en double aveugle utilisant la psilocybine, Wittmann et al.¹⁰, ont montré l'implication sélective du système sérotoninergique dans le traitement de durées supérieures à 2-3 secondes et dans le contrôle volontaire de la vitesse d'exécution de mouvement. Ces résultats ont également été élargis dans le cadre du modèle « dual klepsydra » d'écoulement interne du temps ¹⁰⁴. D'autres études sont en cours sur le liage perceptuel et la mémoire. En partant de l'observation des motifs géométriques visuels induits par différents hallucinogènes, Klüver a défini quatre catégories de constantes de formes. Inspirés par ces observations, Bressloff et al.¹⁰⁵ ont établi un modèle général du cortex visuel primaire, dont les paramètres permettent de reproduire le cas particulier des hallucinations géométriques. Leur approche suggère que les mécanismes corticaux impliqués dans les hallucinations sont fortement liés à ceux de traitement des bords, contours, surfaces et textures.

Bien qu'utiles pour étudier différents processus cognitifs, les substances psychédéliques s'avèrent particulièrement efficaces pour l'étude de la conscience et ses corrélats neuronaux.

Les hallucinations induites par les agents psychédéliques sont une illustration extrême du gouffre explicatif entre expérience subjective et mesure objective comportementale et neurophysiologique.

Le très classique paradigme de rivalité binoculaire, dont la mise en œuvre permet d'observer une modification de la perception consciente en l'absence de changement dans le stimulus, a été étudié chez des volontaires sains ayant ingéré de la psilocybine^{106,11} ainsi qu'une décoction amazonienne (yagé, hoasca ou ayahuasca) contenant de la dimethyltryptamine^{12,107}. Ces résultats, à la lumière d'autres données sur la rivalité binoculaire, notamment chez des patients schizophrènes et chez des méditants experts, étayaient la théorie dite de l'« oscillateur ultradien », proposée par Carter et Pettigrew¹⁰⁸ qui permet d'expliquer les résultats obtenus dans divers paradigmes de rivalités. Cette approche, qui s'inscrit dans la lignée des théories oscillatoires de la conscience, accorde une importance cruciale aux boucles thalamo-striato-corticales.

Enfin il est important de noter l'importance de l'approche psychotomimétique. Un faisceau d'études, comparant principalement les populations schizophréniques à des sujets sains sous l'influence de la psilocybine, ont donné naissance au modèle de psychose fonctionnelle¹³, basé sur l'hypothèse sérotoninergique de la schizophrénie.

Ces recherches actuelles rejoignent et prolongent les premières applications des substances hallucinogènes en psychiatrie. Elles pourraient permettre à terme de prendre en charge de manière plus adéquate les états de conscience pathologiques des patients. De nombreuses autres voies thérapeutiques ont fait l'objet d'un nombre croissant d'études au cours des 15 dernières années.

Intérêt pour la recherche thérapeutique

Une étude de Zarate et al.¹⁰⁹ a mis en évidence de fortes propriétés anti-dépressives de la kétamine. Une seule prise a soulagé en quelques heures des patients dépressifs et cet effet a persisté pendant plusieurs jours. (la plupart des traitements antidépresseurs classiques mettent parfois plusieurs semaines à faire effet et nécessitent des prises quotidiennes)

La kétamine¹¹⁰, déjà bien connue pour ses propriétés anesthésiques, se révèle efficace dans le cas de douleurs intenses qui résistent aux traitements opiacés. De plus des médecins allemands pratiquent des injections de kétamine pour traiter les douleurs chroniques résistantes à la morphine.

En Russie, Krupitsky et ses collègues utilisent depuis de nombreuses années une psychothérapie associée à la kétamine pour traiter des toxicomanes dépendant à des drogues dures telles que les opiacés et l'alcool. Des études rétrospectives, menées respectivement sur 10 ans pour l'alcool¹¹¹ et sur 2 ans pour l'héroïne¹¹², ont montré l'efficacité et la sûreté de ce traitement.

Diverses sources suggèrent que le yagé (ou hoasca ou ayahuasca) aurait des applications thérapeutiques pour le traitement des dépendances¹¹³. Il s'agit d'une longue décoction d'une liane contenant les alkaloides harmine et harmaline avec une plante qui contient de la dimethyltryptamine, ces premiers inhibent notamment la digestion de cette dernière par l'enzyme monoamine oxydase. Sa sûreté d'utilisation a été démontrée chez l'adulte sain¹¹⁴ mais peu d'études ont été entreprises pour clarifier son potentiel thérapeutique, il existe un certain nombre de centres à travers le monde (Canada, Pérou, Etats-Unis, Brésil, Hollande, Mexique) qui ont un programme de traitement de la toxicomanie incluant la prise de plantes hallucinogènes traditionnelles (notamment ayahuasca et iboga).

Les effets de l'ibogaïne, principe actif de la racine Tabernathe iboga isolé en 1901¹⁵⁴, peuvent s'étendre jusqu'à 24 – 36 heures. L'iboga est connue des Pygmées depuis au moins 2000 ans, elle est utilisée traditionnellement dans certaines tribus africaines, notamment dans le rituel Bwiti des Mitsogo du Gabon central et des Fang du Nord Gabon et du Cameroun. Au début des années 60, il a été constaté que l'ibogaïne provoque une interruption brusque et complète

de la dépendance physique à l'héroïne sans crise de manque, en l'espace de 24 heures^{115,116,112,117,118}. Le chimiste français Robert Goutarel, un pionnier de la recherche sur l'ibogaïne dès les années 50, suggère une explication mettant en jeu un état fonctionnellement proche du sommeil paradoxal. Ces recherches ont été abandonnées en France depuis de nombreuses années.

L'algie vasculaire de la face (AVF) est une forme aiguë de céphalée. Il s'agit d'une affection rare, extrêmement douloureuse et invalidante pour celui qui en souffre. Elle se caractérise par une double périodicité. Aucun traitement connu ne parvient à soulager ou traiter complètement cette condition.

Une équipe Américaine¹¹⁹ a interviewé 53 patients qui s'auto-traitent avec de l'acide lysergique diéthylamide (LSD) ou de la psilocybine. Les résultats ont prometteurs ; non seulement ces substances parviennent à interrompre des périodes de migraines (ce qu'aucun médicament à ce jour ne fait), mais elles nécessitent de plus seulement une à trois prises pour l'ensemble de la période (contre une prise quotidienne pour les médicaments actuels) et agissent à des doses sub-hallucinogènes. La même équipe mène actuellement une étude utilisant le LSA (une molécule proche du LSD, on trouve du LSA dans les graines de certaines plantes de la famille des Convolvulacées comme la Liane d'Argent ou la Gloire du Matin)

Moreno et collaborateurs¹²⁰ ont montrés que, dans un environnement clinique contrôlé, la psilocybine pouvait être utilisée de manière sûre chez des patients souffrants de troubles obsessionnels compulsifs (TOC) et entraînait une rapide et significative réduction des symptômes de TOC chez plusieurs sujets.

Plusieurs substances psychédéliques seraient indiquées pour le traitement des symptômes liés à des maladies en phase terminale (anxiété, angoisse face à la mort). La psilocybine diminuerait la détresse psychologique associée aux phases terminales du cancer. Une étude clinique est en cours pour évaluer son efficacité sur la réduction de l'anxiété, de la dépression, de la douleur physique et psychique chez des patients cancéreux en stade terminal à l'Université de Californie.

Une étude visant à déterminer l'efficacité de la psychothérapie assistée au LSD pour traiter l'anxiété dans les stades avancés de maladies terminales a été approuvée par un comité d'éthique suisse. Cette étude, la première depuis 35 ans chez l'homme avec du LSD, est une étude de phase 2, pseudo-randomisée, en double aveugle, conduite par Peter Gasser, psychiatre, psychothérapeute et président de l'Association Suisse des Médecins pour la Thérapie Psycholitique.

L'équipe de John Halpern à Harvard est également en train de mener une étude sur une population de patients similaires, visant à étudier l'effet psychothérapie assistée au MDMA. La MDMA (ou 3,4-méthylendioxyamphétamine) possède un mode d'action différent de la plupart des phényléthylamines, elle provoque la libération de dopamine, de sérotonine et de noradrénaline. Bien que vivement débattue, aucun résultat à ce jour ne permet de conclure sur la neurotoxicité du MDMA. En effet un article de Ricaurte et al. paru dans Science en 2002, démontrant une neurotoxicité du MDMA injecté à des primates non-humains, n'a pas été répliquée par d'autres laboratoires et a été rétractée¹²¹ par les auteurs en 2003.

Bouso et al.¹²² ont montré que l'administration de faibles doses (entre 50 et 75 mg) était sûre du point de vue psychologique et physiologique, pour tous leurs sujets. Des articles très récents suggèrent le bénéfice de son utilisation en psychothérapie¹²³. La MDMA pourrait réduire efficacement les syndromes d'anxiété et de stress intense, notamment le syndrome de stress post-traumatique (PTSD). Dans leur étude sur les mécanismes possible de son action, Johansen et al.¹²⁴ concluent que la MDMA exerce une combinaison d'effets pharmacologiques qui, dans un contexte thérapeutique, pourraient fournir un équilibre ; en activant les émotions des patients tout en maintenant un sentiment de sécurité et de contrôle. Des études sur l'effet de la MDMA dans le traitement du PTSD sont en cours au Etats-Unis, en Suisse, en Israël et d'autres commencent au Canada et en Jordanie. Certaines visent des

populations ayant subies de forts traumatismes liés à des actes de guerre ou de terrorisme et résistants à tout autre traitement.

L'ingestion de substances hallucinogènes en psychothérapie a longtemps été un sujet débattu, au même titre que d'autres techniques telles que le traitement par électrochocs ou la stimulation électrique profonde. Etant donné leur relative sûreté et le nombre de directions de recherche prometteuses, il apparaît que le ratio risque/bénéfice joue en leur faveur, en particulier dans les cas où aucune autre approche ne fonctionne. Elles ont été largement employées dans un contexte psychothérapeutique depuis les années 60, donnant naissance aux écoles de thérapie psychédélique et de thérapie psycholitique. On ignore largement le mécanisme qui sous-tend leur action thérapeutique (tout comme on ignore tout d'ailleurs du fonctionnement de la psychothérapie en général d'un point de vue des neurosciences). Ces substances se révéleraient particulièrement efficaces pour permettre l'accès au patient à des souvenirs douloureux et réprimés, et les considérer sous une perspective nouvelle.¹²⁵

Il serait souhaitable de réexaminer la littérature prolifique sur le sujet datant de plus de 30 ans, et de la soumettre à l'examen critique des nouveaux paradigmes en neurosciences cognitives et des nouvelles techniques d'imagerie, afin d'évaluer de manière scientifiquement rigoureuse ces nombreuses directions prometteuses pour la thérapie et la recherche fondamentale.

Musique

La musique est une activité intrinsèque à toutes les cultures. L'écoute musicale active un réseau cérébral bilatéral très étendu, impliquant notamment l'attention, le traitement sémantique, la mémoire, les fonctions motrices et le traitement émotionnel. C'est un objet d'étude prometteur pour les neurosciences cognitives de la musique qui ont connu un essor sans précédent au cours des cinq dernières années. L'objectif de cette section n'est pas de passer en revue l'immense champ de recherche fondamental, mais plutôt de mettre en avant le potentiel thérapeutique des états de conscience induits par la musique. En particulier nous verrons comment et pourquoi la musique module la perception de la douleur (nociception), le stress et le fonctionnement du système moteur ainsi que le processus psychothérapeutique.

Douleur

La musique ne doit pas être considérée comme un traitement principal de la douleur. L'écoute musicale a cependant l'avantage d'être peu coûteuse, facile à implémenter, non-pharmacologique et totalement sûre. Une revue systématique basée sur 51 études totalisant 3663 sujets a montré que la musique réduit la douleur et diminue le recours aux opiacés. L'amplitude des effets est faible cependant.¹²⁶ L'écoute de la musique est efficace à la fois pour les douleurs chroniques (ex. arthrite)¹²⁷ et non-chroniques (ex. accouchement, douleurs postopératoires)¹²⁸. Un effet sur les niveaux de stress et d'anxiété a été observé de manière concomitante.¹²⁸

Stress, anxiété, système immunitaire, pression artérielle

De nombreuses études ont démontré que l'écoute musicale réduit le stress et l'anxiété^{129,130}, même chez les nourrissons. La musique agit indirectement sur le système immunitaire, en réduisant les niveaux de cortisol, (dont un fort taux affaiblit le système immunitaire), mais également via l'expérience émotionnelle positive qu'elle engendre, qui conduit à la sécrétion d'hormones qui renforcent le système immunitaire¹³¹.

En écoutant chaque matin de la musique relaxante, des sujets ont été capable de diminuer leur pression artérielle, de manière durable¹³². L'écoute musicale permet également de moduler le rythme cardiaque et le taux respiratoire¹³³, principalement en fonction du tempo de la musique.

Mécanisme d'action

On ne sait rien ou presque du mécanisme d'action de la musique dans les cas mentionnés ci-dessus. Il existe plusieurs hypothèses dans le cas de son effet sur la douleur. La musique pourrait agir comme un distracteur, qui réduit l'attention portée à la douleur. Good et al.¹³⁴ ont élaboré à partir cette hypothèse une théorie dite de « gate control » qui postule un mécanisme top-down d'inhibition de l'information nociceptive.

Elle pourrait aussi agir comme un support d'autohypnose ou encore un facilitateur de la détente musculaire.

La diminution du rythme cardiaque et du taux respiratoire pourrait également contribuer à l'effet analgésique. Certains auteurs proposent un modèle physiologique, accordant à la molécule d'oxyde d'azote (NO) un rôle fondamentale dans la réduction de l'anxiété et stress par la musique¹²⁹

Le rôle de l'émotion positive engendrée par la musique est souvent mis en avant pour expliquer l'effet analgésique¹³⁵ et relaxant. La question de savoir si la musique agit comme un simple évocateur d'émotions (approche cognitiviste) ou si elle est capable de véritablement engendrer des émotions (approche émotiviste) a longtemps été vivement débattue. Ce débat a récemment été tranché de manière convaincante en faveur de la position émotiviste par Roy et al.¹³⁶, apportant ainsi une justification théorique à l'utilisation thérapeutique de la musique.

Une étude extrêmement récente¹³⁷ vient d'ailleurs de confirmer de manière très claire une libération de dopamine striatale corrélées avec les moments d'écoute intensément agréable, suggérée par des résultats précédents¹³⁸. Sous certaines conditions, la musique peut donc avoir un effet neurophysiologique qui active le circuit de la récompense, de façon similaire à la prise de drogues ou l'activité sexuelle, ce qui permet d'expliquer partiellement son action antidouleur et euphorisante.

Déficits moteurs

(Parkinson, accident vasculaire cérébral (AVC), traumatismes crâniens)

Le processus d'entraînement rythmique des fonctions motrices constitue une variable thérapeutique efficace pour réduire les déficits moteur. Il existe des programmes de rééducation spécifiques qui tirent parti de la capacité des individus à synchroniser leur mouvements en rythme avec des stimuli auditifs, afin d'améliorer la régularité temporelle et le contrôle moteur. Des améliorations significatives ont été observées chez des victimes d'AVC et de traumatismes crâniens, ainsi que chez des patients Parkinsoniens.^{139,140} Ces résultats suggèrent que des stimuli auditifs rythmiques facilitent la planification et l'exécution de tâches motrices, et permettent d'améliorer le contrôle moteur à la suite de lésions du système nerveux central.

Le mécanisme d'« entraînement », par lequel la réponse motrice est guidée par l'information temporelle rythmique auditive, est inexplicé à ce jour et mérite de plus amples investigations. Les recherches sur l'intégration multisensorielle ont mis en évidence des interactions entre modalités à des étapes à la fois tardives et précoces de la perception, avec une forte dominance de la modalité auditive dans les tâches temporelles. L'audition servirait donc de métronome à l'exécution motrice, voir même de guide attentionnel. Une interaction avec la vision a également mise en évidence dans une étude où l'écoute musicale améliore significativement les déficits d'hémi-négligence de patients AVC¹⁴¹. Les auteurs de cette étude suggèrent que l'émotion positive induite par la musique contribue à mobiliser les ressources attentionnelles. Enfin, Sarkamo et al.¹⁴² ont montré, dans le cadre d'une étude sur 60 patients victimes d'AVC, une meilleure récupération des fonctions cognitive ainsi qu'une diminution de la confusion et de la dépression, pour le groupe assigné à la condition d'écoute de la musique.

Utilisation de la musique en psychothérapie

Les résultats précédents suggèrent que l'écoute musicale agit à de multiples niveaux sur le corps et le système nerveux central, autant au niveau cognitif (ex : rythme cardiaque, synchronisation sensori-motrice) qu'émotionnel (ex : régulation de l'humeur). Elle apparaît donc adaptée comme outil psychothérapeutique¹²⁷, une étude de méta-analyse récente¹⁴³ confirme le bénéfice psychothérapeutique de la musique, mais des études contrôlées, à plus large échelle, s'avèrent nécessaires, notamment sur les effets de plasticité synaptique¹⁴².

De plus, il est important de noter la différence entre l'utilisation médicale de la musique et la musicothérapie. Cette première consiste à faire écouter passivement de la musique enregistrée à des patients hospitalisés, la majeure partie des études évoquées dans les parties précédentes relèvent de cette catégorie. La musicothérapie quant à elle utilise un spectre très large d'interventions (production musicale par le patient, imagerie guidée, chant, improvisation, imitation) et intègre les dimensions physique, psychologique, cognitive et sociale. Elle s'inscrit dans le cadre d'une relation patient – thérapeute suivie. Dileo et al.¹⁴⁴ ont effectué une méta-analyse de 183 études et concluent que les interventions en musicothérapie sont plus efficaces que l'utilisation médicale de la musique pour le traitement de la douleur. Ces interventions semblent également plus efficace en terme de bien-être et de satisfaction de la vie, durables dans le temps. La musicothérapie est actuellement à l'état de « pré-science » selon Thomas Kuhn¹⁴⁵, des avancées scientifiques majeures dans ce domaine sont encore à venir.

Parmi les applications prometteuses de la musicothérapie, on peut citer le traitement de la toxicomanie. Winkelmann¹⁴⁶ suggère que des groupes de percussions sont un complément efficace de traitement de l'addiction, en particulier pour les patients qui rechutent fréquemment et là où d'autres types de médiation ont échoués.

A l'instar de la psychothérapie en général, le mécanisme de fonctionnement de la musicothérapie est largement inconnu. De nombreuses cultures ont une longue tradition d'utilisation de la musique dans un contexte de soin. Il est intéressant cependant de noter une convergence entre différentes approches ayant recours aux états de conscience modifiés. La « transe hypnotique » de l'hypnose, la transe qui peut être induite par la musique et l'état de conscience modifié induit par les plantes hallucinogènes ont des similarités à la fois comportementales et neurophysiologiques. Il est d'ailleurs intéressant de noter, eu égard aux autres sections de ce rapport, que la musique est très souvent utilisée pour guider l'expérience visionnaire induite par les substances hallucinogènes, autant dans les contextes cérémoniels traditionnels que dans les approche psychothérapeutiques moderne (ex : thérapie psycholitique).

Directions de recherches futures

A Directions Thématiques:

Lorsqu'ils ne sont pas assortis d'une nouvelle citation, les éléments repris ici correspondent à une publication citée dans les sections 2 à 6.

A.I Recherche fondamentale:

A.I.1- Conscience :

Utiliser les nouvelles approches oscillatoires faisant appel à la dynamique non-linéaire afin d'établir un modèle multi-niveau du continuum de conscience entre la conscience dite ordinaire et les états de conscience dits modifiés (hypnose, méditation, orgasme, accouchement, endormissement, syndrome confusionnel de fin de vie, hallucinations, usage contrôlé de psycho-actifs, transe chamannique et également des conditions pathologiques

telles qu'états végétatifs, comas, syndrome d'enfermement, épilepsie). Des modèles multi-niveau sont actuellement développés dans le cadre d'un projet du National Institute of Mental Health qui intègre des données objectives (dites en 3^{ème} personne) concernant à la fois comportement, génétique, neurotransmetteurs et imagerie cérébrale.

Introduire les données phénoménologiques (dites en 1^{ère} personne), et les combiner avec les données quantitatives en 3^{ème} personne dans un cadre neurophénoménologique : Ceci implique non seulement de développer des méthodes d'investigation en première personne qui soient compatibles avec les paradigmes en neurosciences mais également de former spécifiquement les neuro-scientifiques à l'approche en première personne (et vice-versa). Au-delà des outils de la phénoménologie en tant que discipline philosophique, il serait souhaitable d'intégrer les diverses méthodologies issues de la branche phénoménaliste de la psychologie. Enfin il existe un certain nombre d'échelles psychométriques qui ont été développées pour évaluer les états de conscience (APZ et HRS, pour Abnorme psychische. Zustaende¹⁰², Hallucinogenic Rating Scale¹⁰³) mais peu d'entre elles permettent un rapport 'online' qui pourrait être corrélé à l'activité temps-réel du cerveau. Une solution multimodale tirant parti des récentes avancées technologiques en termes d'interfaces est souhaitable.

Développer la recherche en Philosophie de l'esprit dans un cadre naturaliste : Cette recherche, attentive aux données et percées empiriques, doit se situer à l'avant-garde théorique des modèles sur la conscience, notamment sur la conscience dite phénoménale et le problème des qualia. Elle doit offrir une analyse conceptuelle et un cadre épistémologique utilisables par les disciplines empiriques afin d'éclaircir les notions et les enjeux fondamentaux dans ce domaine. Il est souhaitable que cette recherche soit sensible à la phénoménologie des états modifiés de conscience pour enrichir l'analyse par la voie de la méthode comparative.

Eveil, Sommeil et Rêve : Bien que non abordés dans le présent rapport, l'étude du sommeil et en particulier du sommeil REM est en plein renouveau, notamment en ce qui concerne la plasticité synaptique et l'apprentissage. Le rêve est un état modifié de conscience familier à chacun d'entre nous. La théorie onirique des hallucinations, une des explications théorique des hallucinations, pourrait être étudiée comparativement à plusieurs types d'hallucinations. Il est connu que le cycle veille-sommeil est perturbé dans diverses conditions pathologiques comme la schizophrénie et la maladie de Parkinson, avec l'incursion d'épisodes de type REM durant l'éveil¹⁴⁷. La forte modulation des systèmes sérotoninergiques et dopaminergiques par les substances hallucinogènes permettra de mieux comprendre le système veille-sommeil et ses dysfonctionnements. Des études longitudinales sont en cours pour étudier l'impact sur le sommeil et les phases REM de la méditation et de l'ingestion de hoasca (aux Etats-Unis et en Espagne respectivement). Des pratiques d'entraînement cognitif spécifiques telles que le yoga du rêve ou la technique du rêve lucide laissent entrevoir des paradigmes expérimentaux innovants. Les récentes avancées en imagerie, couplées à des techniques de rapport en première personne rendent possible des études avec un seul sujet, voire même sur une seule nuit. L'hypothèse de Goutarel postulant l'induction d'un état comparable au sommeil REM pour expliquer les propriétés anti-addictives de l'ibogaïne serait tout à fait testable dans cette approche neurophénoménologique du rêve.

Système nerveux autonome, système endocrine, système immunitaire : Le besoin en sommeil moins élevé chez les méditants que chez dans la population moyenne, pourrait s'expliquer par une meilleure régulation du système nerveux autonome, de même les effets de la méditation sur l'anxiété et la régulation émotionnelle pourrait s'expliquer par une modulation du système endocrine. Ces éléments du système nerveux ont été largement délaissés dans les sciences de la cognition au profit du système nerveux central, en dépit de leur rôle crucial dans la régulation homéostatique. Ils ont longtemps été considérés comme indépendants du contrôle volontaire, ce qui est remis en question par les résultats obtenus chez les méditants et ouvre ainsi un champ entier de recherches prometteuses sur leur régulations et leur interactions.

Rivalité binoculaire : Le phénomène de rivalité binoculaire montre à quel point le cerveau possède des manières très différentes d'assembler une réalité subjective à partir d'éléments en provenance de l'environnement et ceci y compris quand ces « morceaux de réalité » sont contradictoires. Les études chez les méditants ont pu montrer qu'une modulation consciente

pouvait être obtenue sur cet assemblage. Ce type d'étude pourrait permettre de mieux cerner les mécanismes sous-tendant ce phénomène ainsi que le contrôle que nous pouvons développer.

Méta-cognition et méta-conscience : De nombreux états modifiés de conscience se caractérisent par un manque ou une exacerbation de la méta-cognition. Ainsi si l'hypnose, la dissociation ou les états de flow semblent être corrélés à une disparition de la méta-cognition, la prise d'acide lysergique au contraire semble l'augmenter considérablement. L'absence d'une méta-cognition est d'ailleurs plus présente qu'il n'y paraît au cours des heures d'éveil et il reste encore à explorer ce qui caractérise ces fluctuations dans nos capacités méta-cognitives.

A.1.2- Perception :

Étude des mécanismes perceptifs : La méthode comparative (entre les états 'normaux' et les états 'modifiés' de conscience perceptive) et la méthode neurophénoménologique s'avèrent particulièrement utiles à cette fin. De même, il est souhaitable des travaux sur l'effet inducteur de l'ingestion de certaines substances psychoactives (de façon éthique et contrôlée) ou de l'usage de certains stimuli technologiquement produits (stroboscope, états de saturation ou de privation sensorielle, etc.) susceptibles de révéler le mode de structuration du champ de perception extéroceptif et intéroceptif.

Étude philosophique de la perception vis-à-vis l'hallucination : En postulant que le verbe 'percevoir' doit s'utiliser uniquement dans les cas de perception sensorielle, où le référent existe objectivement, l'étude des hallucinations pose plusieurs problèmes au niveau théorique, à commencer par un manque de définition opérationnelle d'hallucination. Dans cette optique, l'expérience hallucinatoire constitue le terrain idéal pour déployer et tester des thèses et des postures épistémologiques et ontologiques à propos de la nature de la réalité et de la perception. De même, une nouvelle nomenclature est requise à partir d'une étude phénoménologique détaillée sur l'expérience hallucinatoire qui jette de la lumière sur l'expérience perceptive et sur les mécanismes neuronaux qui sous-tendent ces expériences, dans l'esprit de la méthode neurophénoménologique. Ceci doit aboutir au ferme établissement des bases et des conditions objectives pour fixer le sens de 'percevoir' et à une meilleure compréhension de la perception et de la cognition en général.

Perception du temps : Développer et étendre les modèles actuels via des paradigmes interdisciplinaires. Par exemple le modèle « dual klepsydra » développé à partir des données obtenues à l'aide de la psilocybine permet d'appréhender les altérations qualitatives de l'expérience du temps (« le passage du temps subjectif »). Des impressions telles que la sensation de « temps qui se fige », rapportées dans des conditions aussi diverses que l'ingestion d'hallucinogènes, les expériences mystiques et en psychopathologie trouvent une explication psycho-physiologique commune.

Perception de soi : Il existe un récent débat¹⁴⁸ en théorie de l'esprit sur les aspects de soi effectivement impliqués dans les tâches d'imagerie liées à la perception de soi et à l'agentivité (distinction Self as object \ Self as subject). L'étude expérimentale des expériences autoscopiques et d'autres états de conscience modifiés (hypnose, méditation, psycho-intégrateurs) offre l'énorme avantage de produire des situations dans lesquelles les différentes composantes du sens de soi, confondues en temps normal, sont dissociées et altérées de façon contrôlée.

A.1.3- Attention :

Les états modifiés induits par la méditation et les substances psychotropes permettent une étude fine des mécanismes attentionnels et des différentes sous-composantes de l'attention

Recherche sur l'effet d'attentional blink, le paradigme de multiple-object tracking, et le change-blindness dans des états modifiés de conscience.

Recherche sur le rôle de l'attention dans la méditation et inversement : Il s'agit de continuer sur la piste de nombreuses études qui révèlent que la méditation induit une amélioration des processus attentionnels à plusieurs niveaux. Les structures affectées sont notamment celles impliquées dans l'apprentissage et la prise de décision comme le cortex préfrontal dorsolatéral, le gyrus frontal supérieur et le gyrus intra pariétal (Brefczynski-Lewis 2007, Lutz 2008).

A.1.4- Filtrage et intégration sensori-motrice

Role du Sensory-motor gating et boucles thalamo-corticales : Etude comparative de l'influence de plusieurs états de conscience modifiés sur le « prepulse inhibition of the startle reflex ». Mesure de connectivité fonctionnelle avec les nouvelles techniques d'imagerie, évolution dynamique des différents clusters.

Effet d'Entraînement rythmique : Etude comparative des la synchronisation motrice produite par la stimulation musicale rythmique, la transe hypnotique et la phényléthylamine MDMA. Permettrait d'élucider les phénomènes d'inhibition de la dyskinésie et de normalisation de l'activité motrice chez les parkinsoniens, induits par la musique et la MDMA¹⁴⁹.

Modulation de la motricité par l'hypnose.

A.1.5- Hallucinations

Étudier les mécanismes cognitifs et affectifs dans l'apparition et le maintien des hallucinations, à la fois dans des populations cliniques et dans la population normale.

Étudier les hallucinations dans toutes les modalités perceptives, ainsi que celles hypnagogiques et hypnopompiques, à la fois dans des populations cliniques et dans la population normale.

Étudier l'incidence des troubles neurologiques, les démences, les traumatismes psychologiques et les déficits sensoriels sur les hallucinations dans toutes les modalités sensorielles.

Etudier de manière contrôlée les hallucinations induites expérimentalement chez un sujet sain grâce à des psycho-actifs ou avec l'hypnose qui est une alternative non-pharmacologique.

Effectuer une étude comparative longitudinale des psychoses à la lumière du modèle sérotoninergique de psychose fonctionnelle.

Étudier l'influence de la culture et du contexte social sur les expériences hallucinatoires.

A.1.6- Affective & Social Neuroscience : Emotions, Empathie, Intersubjectivité...

Appliquer les paradigmes qui ont émergés au cours de la dernière décennie (Affective Neuroscience) aux problématiques des états de conscience modifiés. (jugement émotionnel, valence, arousal...)

Utiliser la méditation comme un outil pour étudier l'asymétrie des activités corticales, notamment au niveau du cortex préfrontal, qui corrélerent avec la manière dont nous percevons les émotions et comment nous y faisons face.

A.1.7- Mémoire et plasticité synaptique

A.1.8- Effets, Mécanismes de fonctionnement et bases neurales des états de conscience modifiés

L'hypnose, la méditation, les psychédéliques et le recours thérapeutique à la musique sont utilisés sous diverses formes depuis parfois des temps immémoriaux (il y a 5700 ans pour le peyote par exemple) par différents peuples humains. Bien que des études systématiques aient été entreprises au cours de ces dernières années, les mécanismes d'action de ces pratiques restent largement inconnus. Une étude systématique pourrait notamment permettre à terme de reproduire ou amplifier les effets de ces techniques grâce au neurofeedback.

Etude des différences individuelles à la survenue d'états modifiés de conscience : Permet de déterminer au mieux quelle méthode est adaptée à un patient.

Bien qu'ils soient modérés selon la littérature, il est indispensable d'étudier plus avant les éventuels effets secondaires de ces pratiques, comme pour tout médicament, afin de préparer au mieux les patients comme les thérapeutes.

Dans certaines études plus ou moins récentes, il est fait états de résultats significatifs mais le choix du groupe contrôle est critiquable. Des facteurs connexes tels que la pratique régulière d'une activité en groupe, le sentiment d'appartenance à une communauté, ou des biais dans les populations s'orientant vers un type de pratique, sont opposables à ces résultats. Il ne faut pas pour autant rejeter ces études mais plutôt essayer de les répliquer avec des paradigmes récents et des approches de contrôle originales. Un exemple brillant nous est donné par l'équipe de Davidson aux Etats-Unis, ils étudient des groupes sans expérience de la méditation, et comparent leur performance, avant et après participation à un programme de réhabilitation de 8 semaines ; soit le MBSR (Mindfulness-Based Stress Reduction), soit le HEP (Health Enhancement Program). Le HEP a été désigné pour servir de contrôle actif. Il est équivalent au MBSR en terme de durée, activité quotidienne, structure des classes et croyances des professeurs en l'efficacité du traitement, la seule différence est qu'il lui manque la composante méditative du MBSR.

A.II- De recherche appliquée (Clinique et thérapeutique) :

A.II.1- Traitement de la Douleur

Développement clinique des applications de l'hypnose pour les douleurs chroniques, chirurgicales, psychologiques, et en soins palliatifs ; étude des combinaisons optimales avec des anesthésiques. Bien que son mécanisme d'action soit inconnu, l'analgésie par hypnose a bien été différenciée de celle par placebo.

L'efficacité de la kétamine pour traiter les douleurs chroniques reste à être clairement démontrée dans des études contrôlée. Elle offre cependant une alternative raisonnable dans le cas des douleurs chroniques résistantes à la morphine.

Renforcer les approches existantes avec l'utilisation de la musique.

Effectuer une étude en double aveugle, versus placebo, afin d'évaluer de manière fiable le potentiel des hallucinogènes sérotoninergiques à soulager les algies vasculaire de la face, pour lesquelles il n'existe aucun traitement connu pour la double périodicité des crises.

A.II.2- Stress, Anxiété, Phobies, Dépression

Mise en place d'étude cliniques pilotes avec les programmes de réduction du stress de type MBSR

Etude clinique pilote avec de la MDMA pour réduire les syndromes d'anxiété et stress post-traumatique (PTSD), en particulier dans des populations ayant subies de forts traumatismes et résistants à tout autre traitement.

Combinaisons possibles avec le traitement des phobies en thérapie cognitivo-comportementale et les approche utilisant l'exposition en réalité virtuelle.

Etudes en vue de développer des stratégies pour maintenir sur le long-terme l'effet anti-dépresseur immédiat observé avec la kétamine.

Plusieurs substances psychédéliques seraient indiquées pour le traitement des symptômes liés à des maladies en phase terminale (anxiété, angoisse face à la mort).

A.II.3- Toxicomanie

Explorer plus avant l'utilisation de la méditation et de certaines substances psychédéliques (iboga, hoasca et ketamine)^{116,118,117,115,112,111,113} en tant que partie intégrante de programmes de réhabilitation, associés à une psychothérapie.

Soumettre à une validation clinique à plus grande échelle les résultats prometteurs obtenus avec ces techniques. Trouver les conditions optimales pour une utilisation efficace et sans danger, adaptée au contexte socio-culturel de notre pays. Voir la partie santé publique B.I.2 pour plus de détails.

A.II.4- Prophylaxie

Il a été suggéré que les pratiques présentées dans ce rapport ont un rôle prophylactique primaire et secondaire (rechutes). Ce genre d'effet est cependant très difficile à quantifier expérimentalement.

Une étude est en cours à l'université de Floride du Sud (par le Dr J. Sanchez-Ramos) afin d'évaluer si la psilocybine peut contribuer à la naissance et au développement de nouvelles cellules nerveuses dans l'hippocampe.

Concernant le système immunitaire, de nombreuses études restent à faire afin de montrer un réel impacte de l'activité méditative. Des études ont commencé à démontrer une meilleure réponse aux infections en comparant méditants expérimentés et non pratiquants (Davidson et al. 2003, Robinson, Mathews et al. 2003). La multiplication de ce type d'études révèle un réel potentiel dans la compréhension de l'interaction entre les systèmes nerveux autonome et immunitaire.

A.II.5- Hallucinations

Développer des interventions thérapeutiques non-pharmacologiques des hallucinations et étudier l'efficacité de ces interventions.

Étudier les expériences hallucinatoires vécues par des personnes saines/dans des cadres non-cliniques, par la méthode de l'interview ou autres méthodes pertinentes.

Mettre en correspondance à différents niveaux (phénoménologie, psychologie, imagerie cérébrale...) des expériences hallucinatoires pathologiques et non-pathologiques, via une analyse en composante avancée type AmiCA

A.II.6- Hybridations de techniques

Combiner de manière optimale les approches utilisant les états de conscience modifiés avec des techniques thérapeutiques existantes (à l'image de l'hypnose en complément d'anesthésie dans le bloc opératoire) ou combiner entre elle différentes techniques mentionnées dans ce rapport. On peut envisager par exemple : combiner la réhabilitation cognitivo-comportementale avec des doses modérées de MDMA dans le traitement des phobies, combiner méditation et neurofeedback pour la régulation émotionnelle et le contrôle attentionnel, hypnose et neurofeedback, combiner thérapie psychédélique et musique pour traiter les addictions, hypnose et musique pour traiter la douleur.

B Orientations Stratégiques:

B.I- Santé publique:

B.I.1 : Papy boomers : enjeu social et financier

- ***Intégrer les pratiques dérivées du 'mindfulness' dans le système de santé publique.*** Application thérapeutique ; prise en charge, qualité de vie et réinsertion de patients ; arrivée des 'papy boomers'.
- Diverses approches technologiques commerciales prétendent fournir des approches (jeux vidéos notamment) d'« entraînement et de rajeunissement cérébral », censées stimuler des fonctions cognitives telles que la mémoire et prévenir certains effets du vieillissement cérébral. Aucun effet de ces techniques n'a été scientifiquement démontré et un article récent ¹⁵⁰ conclut que l'entraînement cérébral a des effets modestes et doit être considéré comme une simple distraction. Paradoxalement, il a été montré qu'une pratique ancestrale et extrêmement simple à mettre en œuvre telle que la méditation a un effet sur le **vieillissement cérébral** (Pagnoni 2007, Lazar et al. 2005).
- ***Parmi les applications thérapeutiques mentionnées dans la section A.II, un certain nombre sont très pertinentes chez les patients âgés. Il apparaît fondamental d'entamer une véritable réflexion de fond en santé publique et d'explorer ces techniques thérapeutiques non médicamenteuses, sans effets secondaires, et bon marché.***
- De telles approches remportent de plus en plus de succès car sans l'emploi de médicament elles permettent de conserver l'intégrité cognitive des patients et montrent une baisse du taux de rechute.
- De plus, ces approches sont soit non-pharmacologiques, soit (dans le cas des psycho-intégrateurs) elles nécessitent en général un nombre restreint de prises et agissent à des doses sub-hallucinogènes
- Enfin il est recommandé de suivre la piste des travaux américains qui montrent l'économie réalisée en utilisant l'hypnose à la place de l'anesthésie au bloc opératoire¹⁵¹ et de procéder à une évaluation systématique des économies potentielles pour les organismes de santé, pour une efficacité et une qualité de soins équivalente

B.I.2 : Toxicomanie

L'addiction à des drogues dures (neurotoxiques et induisant une dépendance physique) telles que l'alcool, l'héroïne, la cocaïne, le crack sont de véritables fléaux dans notre société moderne, engendrant une forte mortalité, pour lesquels aucune solution satisfaisante n'existe à ce jour. La toxicomanie génère un fort coût humain, social et financier. Dans le cas des opiacés, le traitement de substitution à la méthadone est un palliatif imparfait, dont le coût pour les organismes de santé publique est exorbitant.

Les approches mentionnées dans le rapport (cf section A.II.5, et cf les sections 5 et 6 pour plus de détails), pourraient permettre d'une part de réduire le coût des traitements, et d'autre part peuvent s'avérer efficace dans le cas de fortes dépendances résistantes à tout traitement. (en particulier alcool et opiacés).

B.I.3 : Prise en charge hospitalière

Stimuler et développer la médecine intégrative : offrir d'emblée au patient hospitalisé, en complément des meilleurs traitements médicaux et chirurgicaux, une ou plusieurs thérapie complémentaire : chimiothérapie et hypnose, chirurgie cardiaque et méditation. Divers pays, notamment le Canada, ont entrepris des travaux de consultation en santé publique afin d'intégrer des pratiques alternatives, en particulier pour les patients à domicile.

B.II- Education:

B.II.1- Académique

Développer la recherche transdisciplinaire et introduire l'étude de la phénoménologie en neurosciences.

Stimuler la recherche en anthropologie sociale et cognitive afin de connaître d'autres interprétations culturelles concernant les états modifiés de conscience.

B.II.2- Publique et politique

Informers le grand public, ainsi que les sphères politiques et académiques, sur la nature des états modifiés de conscience, en mettant à l'avant des faits scientifiques et une analyse philosophique sérieuse. Ceci permettrait de diminuer les préjugés sur le sujet et de développer la recherche dans ce domaine.

Informers le grand public sur le potentiel et les limites de certaines techniques pour modifier la conscience, tout en favorisant l'exercice de l'esprit critique afin éviter les éventuelles dérives d'endoctrinement.

B.II.3- Ethique

Établissement d'un cadre de travail légal permettant de limiter ou d'éviter le charlatanisme actuel qui exploite certains aspects encore inexpliqués et très importants des états modifiés de conscience et qui prolifère du fait de l'absence d'un cadre scientifique, culturel et légal clair.

Nécessité d'une affirmation éthique forte de la part de la communauté scientifique pour éviter l'application des recherches sur ces états de conscience à des fins malhonnêtes (neuromarketing intrusif) ou incontrôlées : des jouets utilisant les ondes cérébrales sont déjà sur le marché (cf Mindflex de Mattel) et exposent des enfants de tout âge à un entraînement massivement spécialisé dont les conséquences à long terme sur un cerveau en développement sont totalement inconnues

Améliorer le rapport médecin-patient en explorant des nouvelles conceptions de santé mentale non-réductrices, notamment en psychiatrie.

B.II.4- Cursus scolaire

- Etant donné les effets de la méditation sur le stress et l'anxiété, ainsi que sur le contrôle attentionnel, introduire une pratique régulière chez des jeunes étudiants est envisageable. Des résultats^{42,152} suggèrent que la méditation pourrait être indiquée pour pallier au syndrome d'hyperactivité et des troubles attentionnels.
- Des initiatives pilotes pourraient être mises en place, en utilisant une pratique adaptée aux enfants et adolescents, une méthode d'évaluation restant à définir. Certains collèges en France (à Arles notamment) ont déjà introduit une pratique optionnelle combinant yoga et méditation.

B.II.5- Networking professionnel

Mettre en relation psychologues, neuroscientifiques, philosophes, pharmacologues et psychonautes. Créer des groupes de travail multidisciplinaires incluant aussi des médecins et des patients.

C Prospectives Technologiques :

C.I.1- Techniques neurophénoménologiques

Développer des outils d'investigation en première personne, échelles, validations et harmonisations pour plus de répliquabilité : Des méthodes rigoureuses pour recueillir les comptes-rendus d'expérience à la première personne sont à développer. De grandes avancées ont déjà été faites notamment par l'approche neurophénoménologique, toutefois la marge de progrès est encore grande. Certes, l'implication en science cognitive de l'expérience subjective est une tâche difficile et dangereuse, mais elle ne peut être écartée sans risquer de perdre une part essentielle de la phénoménologie des états conscients modifiés ou non. Le clivage entre disciplines thérapeutiques et neuroscientifiques est un frein important au développement de ce type de méthodes et il est à espérer que ces deux méthodologies se rapprochent à l'avenir afin d'apprendre l'une de l'autre sans pour autant fusionner. Ici encore, le but thérapeutique peut donner un objectif commun qui catalyserait leurs interactions.

Une étude en cours à l'université McGill à Montréal utilise un dispositif sans-fil de type multi-touch pour permettre à un auditoire de 60 personnes de rapporter «en ligne» leur état émotionnel face à une performance musicale. On peut imaginer adapter ce type de dispositifs à la recherche sur les états de conscience, afin d'obtenir des rapports au moment même de l'expérience et évoluant dans le temps (versus remplir un questionnaire post-session).

C.I.2- Techniques d'imagerie cérébrale

Appliquer à ce champ de recherche la fusion de données PET ou IRMf avec EEG ou MEG, mise en place de paradigmes inédits

Raffinement des techniques existantes : Artéfacts liés aux mouvements en IRMf : logiciel de correction et recalage, diminution du temps d'acquisition des séquences fonctionnelles.

Localisation spatiale plus précise en EEG haute résolution. Techniques de reconstruction de source avancée type amICA.

Hyperscanning : Les progrès récents dans le domaine de la cognition sociale ont permis le développement de nouvelles techniques de mesure et d'analyse adaptées à l'étude de phénomènes intersubjectifs. Par exemple, l'hyperscanning consiste à l'enregistrement en neuroimagerie de deux ou plusieurs sujets simultanément. Il serait intéressant d'utiliser ce type de méthode afin d'analyser les états modifiés de conscience à une échelle sociale. Ceci permettrait de mieux comprendre l'articulation entre l'expérience subjective et celle à la troisième personne. De la même manière, ce type d'étude pourrait approfondir les différences entre réalité objective et réalité construite inter-subjectivement.

Enregistrement sans fil et correction en ligne d'artefact pour mesure dans un contexte écologique qui requiert du mouvement : qui combine EEG sans fil, capture de mouvement (Développement d'un système portable permettant l'acquisition continue d'un EEG haute densité, de l'activité des muscles, des mouvements dans l'espace 3d, de la scène audiovisuelle et du suivi du regard). Cf Système MoBI ¹⁵³

Études comparatives longitudinales (incluant épisodes de sommeil) des effets de l'hypnose, de la méditation et des psychédéliques, en cartographie EEG et EMG et en IRMf avec fusion de données pour faire des neurosciences de terrain sur les états modifiés de conscience..

Les états de consciences modifiés comme une nouvelle technique à part entière comme l'étude des lésions ou la TMS

Bases de données : L'utilisation de base de donnée de résultats hétérogènes (mesures d'électrophysiologie quantitative, données anatomiques, génétiques, psychologique, etc.) rendent les approches méta-analytiques de plus en plus possible. L'organisation des informations récoltées lors de différentes études donne ainsi la possibilité de mieux cerner l'étendue des états modifiés de consciences et leurs caractéristiques. Par une telle approche perturbative réalisée sur une grande quantité de données, une prise de recul sur le phénomène conscient serait rendue possible.

C.I.3- INTERFACES CERVEAU - ORDINATEUR

Etats de conscience et Neurofeedback en EEG mais également en IRMf temps-réel

C.I.4- AUTRES

Stimulation du co-financement de la recherche appliquée entre le secteur du gouvernement (CNRS, INSERM, etc.) et le secteur privé (Fondations telles que le Mind and Life Institute, Esalen Institute, The Beckley Foundation, MAPS, Institute of Noetic Studies, The Heffter Institute...).

Etude des conditions neurophysiologiques et psycho-dynamiques propices à la survenue d'états modifiés de conscience. Idéalement, recherche d'un moyen de déclencher de manière fiable ces états pour les étudier à volonté. Explorer les « états de conscience modifiés volontairement » qui sont une alternative totalement non pharmacologique.

Stimuler la création et le soutien des associations ou organismes de recherche sur les états modifiés de conscience : Peut-être effectué via une initiative incitative spécifique. Envisager la création d'un pôle de recherche dédiés à ces thèmes, incorporant recherche fondamentale et appliquée, au niveau national et/ou européen, à l'image de ce qui se fait depuis plusieurs années au US à l'initiative du NIH.

De manière générale, se vouer au rattrapage du retard que la France a pris dans ce domaine.

Conclusion

Les sciences et technologies de la cognition (STC) représentent la plus importante révolution conceptuelle et technologique depuis l'avènement de la physique atomique, ayant un impact à long terme à tous les niveaux de la société. Héritières de la cybernétique, elles ont à peine une soixantaine d'années, et font figure d'adolescente comparées aux disciplines qu'elles regroupent.

Depuis la fin des années 90 on assiste à un véritable « boom de la conscience », explorant la façon dont le mental ou le cognitif est relié à notre propre expérience. La plupart des recherches faites dans cette direction évitent cependant de s'attaquer à ce qui est communément désigné comme le « hard problem » de la conscience. Certains ont proposé de résoudre ce problème de manière radicale, en traitant la conscience comme un épiphénomène dans une perspective quasi-behavioriste. Au cours de la dernière décennie ont émergées des approches plus satisfaisantes qui mettent l'accent sur le caractère dynamique et participatif de la cognition, le rôle fondamental joué par les émotions et l'importance de l'expérience phénoménologique. Ces sciences de la conscience pourraient être le jeune enfant des STC.

Dans cette famille métaphorique, les sciences et technologies des états de conscience modifiés constituent certainement l'embryon d'un nouveau-né en devenir, qui aura au moins autant à enseigner qu'à apprendre de ses aînés. Depuis longtemps présente à l'état de pré-science, l'étude des états modifiés de conscience s'annonce aujourd'hui comme une discipline non seulement rigoureuse et fondée, mais qui promet de contribuer significativement à l'essor des STC dans leur totalité. Comme décrit dans le présent rapport, de plus en plus de nations saisissent cet enjeu, la plupart étant situés hors d'Europe.

Selon Benny Shanon, « toute théorie générale de la conscience doit être basée non seulement sur l'étude de la conscience soi-disant "ordinaire" mais également sur celle des états "non-ordinaires" de la conscience ».

Au delà de cet enjeu théorique et, à l'instar de la neuropsychologie, les hallucinations et autres états modifiés de conscience peuvent révéler de manière inédite le fonctionnement de l'esprit et du cerveau. En effet, les systèmes complexes révèlent bien souvent plus clairement leurs principes de fonctionnement lorsqu'ils sont altérés, perturbés, modifiés, que lorsqu'ils fonctionnent de façon courante, ordinaire, habituelle.

Il a clairement été établi, à la lumière des sections précédentes, que l'étude des états modifiés de conscience contribue de manière multiple aux STC :

D'un point de vue ontologico-épistémologique : définition opérationnelle d'une hallucination et de distinction avec une perception, postures à propos de la nature de la réalité et de la perception...

D'un point de vue théorique, en particulier vis à vis de : corrélats neuronaux de la conscience, qualia, contrôle attentionnel, régulation émotionnelle, neurosciences sociales et affectives (intersubjectivité, empathie, perception de soi et de l'autre)

D'un point de vue thérapeutique et clinique : traitement de la douleur, stress et anxiété, approches thérapeutiques de la toxicomanie. Il s'agit souvent d'alternatives non pharmacologiques ou basées sur l'usage d'un nombre limité de prises supervisées d'agents

pharmacologiques. Traitement de certaines conditions pour lesquelles aucune alternative n'est connue (algies vasculaires de la face, syndrome de manque aux opiacés).

En tant que véritable défi technique et méthodologique: paradigmes neurophénoménologiques, imagerie cérébrale haute résolution temps-réel multi-sujet...

Enfin, un quatrième enjeu qui dépasse le cadre strict des STC est un enjeu d'ordre social et stratégique majeur : notamment en terme de santé publique (amélioration de la prise en charge de la population vieillissante des baby-boomers, toxicomanie, réduction des coûts), d'éducation (formation initiale et professionnelle), et de réflexion éthique.

Comment expliquer l'émergence rapide de ce champ de recherche dans le contexte actuel ? L'intérêt pour une étude scientifique des états modifiés de conscience n'est pas nouveau, il a notamment été souligné dans les travaux de pionnier effectués par William James à la fin du 19^{ème} siècle. Les hallucinations en particulier représentent une illustration extrême du gouffre explicatif entre phénoménologie et mesures objectives. Plusieurs arguments justifiés ont été traditionnellement opposés à la possibilité d'étude rigoureuse de ces phénomènes, l'évolution récente des STC permet cependant de s'en affranchir.

Le premier argument est le caractère hautement subjectif de ces expériences qui rend difficile leur étude systématique et leur mesure. Cet argument est en partie lié au rejet de l'introspection dans la psychologie au début du 20^{ème} siècle, notamment au travers du manifeste de Watson. La centration exclusive sur les méthodes objectives et le rejet de l'introspection ont changé la manière de voir le sujet humain dans la situation de laboratoire. Traditionnellement vu comme à la fois observateur et observé, le sujet devient le simple objet d'une observation, une machine qui se comporte. Depuis quelques années, les STC modernes, notamment les approches émotivistes et enactives, réintroduisent la notion d'un observateur incarné, agissant dans un univers intersubjectif. Ce changement de point de vue est parfaitement illustré par la démarche neuro-phénoménologique : l'expérience subjective n'est plus vu comme une donnée accessoire et non fiable ; au contraire des techniques originales de mesure de l'expérience subjective sont développées et corrélées aux résultats objectifs.

Un second argument est le manque de reproductibilité des effets obtenus dans l'étude de ces phénomènes et le nombre trop important de facteurs explicatifs potentiels. Une variabilité individuelle élevée est en effet problématique pour obtenir des résultats statistiquement significatifs. C'est toutefois un problème général dans les STC, qui se manifeste en particulier dans les études de processus élaborés tels que la conscience et les émotions. Un paradigme expérimental adéquatement contrôlé peut partiellement résoudre ce problème. D'un point de vue théorique cependant, il ne faut pas oublier qu'une grande partie de la littérature en neuropsychologie est basée sur l'étude de cas unique. Enfin l'étude de cas uniques et de la variabilité inter-individuelle est en train de prendre une nouvelle dimension dans les STC, grâce à l'émergence de puissantes techniques d'analyse. La très récente approche AmICA par exemple, permet d'extraire et reconstituer les différents générateurs d'un tracé EEG haute résolution, non seulement les sources dipolaires corticales, mais également les différentes composantes du « bruit » musculaire (yeux, cou, nuque...).

Un dernier argument est le manque d'écologie inhérent à l'étude en laboratoire de ces différentes pratiques. C'est particulièrement le cas lorsque ces pratiques sont collectives, requièrent d'effectuer des mouvements et s'étendent dans le temps. Que reste-t-il dès lors du phénomène que l'on souhaite étudier lorsque le sujet est seul, allongé dans un IRMf et effectue une tâche durant quelques minutes ? Les récentes avancées en imagerie cérébrale, informatique embarquée et analyse temps-réel permettent de s'affranchir des précédentes limitations. Il est en effet possible de mesurer simultanément l'activité cérébrale de plusieurs individus lors de l'exécution d'une tâche donnée, de combiner les informations provenant de capteurs multiples (capture de mouvement, oculomètre...) dans des algorithmes de réduction

d'artefacts. Enfin il existe des systèmes permettant la collecte de données EEG sur un sujet mobile, soit sans-fil, soit avec une longue fibre optique spécifique pour plus de résolution. Ces systèmes existent déjà, parfois à l'état de prototype, et vont bouleverser l'ensemble des STC au cours des années à venir.

L'émergence de l'étude des états modifiés de conscience en tant que discipline scientifique des STC se produit dans un contexte actuel de changement de paradigme dans les STC. Cette discipline trouve de fortes résonances avec le courant enactif qui voit l'homme comme incarné et agent participatif de la réalité. A l'instar d'autres changements de paradigme historiques, telles que la découverte de l'ADN ou du rayonnement électromagnétique, des protocoles novateurs sont encore à développer ; adaptés à l'étude de l'intersubjectivité et des différences individuelles.

Bien que leur mécanisme d'action soit largement inconnu, il est important de soumettre ces pratiques à l'examen critique et objectif de la science moderne, sans rejeter leur validité à priori. A l'inverse il convient également d'être vigilant et valider les résultats prometteurs obtenus dans des paradigmes souvent préliminaires, en effectuant des répliques avec tous les contrôles nécessaires. Leur utilisation doit avoir lieu sous la supervision de personnel formé spécifiquement, et dotés d'une éthique irréprochable.

Eu égard des substances dites hallucinogènes ou psycho-intégratrices (dont certaines sont considérées comme illégales en France), le présent rapport ne constitue aucunement une incitation à l'auto-médication non-supervisée ni à la consommation récréative, il est indispensable de les associer à une psychothérapie et de prendre en charge le patient de manière spécifique. Il serait souhaitable de réexaminer la littérature prolifique sur le sujet datant de plus de 30 ans, et de la soumettre à l'examen critique des nouveaux paradigmes et techniques d'imagerie en STC, afin d'évaluer de manière scientifiquement rigoureuse ces nombreuses directions prometteuses pour la thérapie et la recherche fondamentale. Il serait logique que des patients atteints de conditions invalidantes graves, qui ne sont soulagées par aucun traitement disponible sur le marché, puissent bénéficier d'alternatives potentielles dont l'efficacité est prouvée scientifiquement.

En résumé, l'étude des états modifiés de conscience constitue une chance et un défi pour les STC qui sont actuellement en pleine mutation ; elle constitue selon nous un enjeu majeur non seulement scientifique mais aussi technologique, thérapeutique, social, financier et éthique, qu'un nombre croissant de pays ont saisi.

Remerciements

Ce document effectue une synthèse des présentations, tables rondes et discussions organisées en Avril 2009, ainsi que des réponses au questionnaire de consultation prospective qui a suivi. Nous tenons à remercier vivement tous les chercheurs qui y ont participé.

Un remerciement particulier est adressé à Claire Braboszcz (Doctorante, *Université Paul Sabatier, Toulouse*) pour nous avoir transmis son excellent travail de revue intitulé « Meditation and Neuroscience: from basic research to clinical practice » dont la partie « Méditation » est largement inspirée. (Ce chapitre du livre « Handbook of integrative clinical psychology, psychiatry and behavioral medicine: perspectives, practices and research. » édité par Roland A. Carlstedt, Ph.D a été corédigé par C Braboszcz, S. Hahusseau, et A. Delorme).

Nous tenons également à remercier Thomas Droulez (Doctorant, Université de Strasbourg), Pierre Etevenon (INSERM de 1967 - 1999, Directeur de Recherches honoraire), Frank Laroï (Cognitive Psychopathology Unit, Université de Liège, Belgique), Bruno Suarez (Service d'Imagerie Médicale du Pr Christian Vallée. Hôpital Raymond Poincaré, Garches) et Manuel

Vidal (Chargé de recherches au CNRS, LPPA / Collège de France), pour leur contribution substantielle à la partie « Direction Futures », au travers de leurs réponses à la consultation virtuelle.

Enfin nous remercions PIRSTEC pour avoir accepté et soutenu notre proposition d'atelier de prospective dans la cadre de son mandat pour l'Agence Nationale de la Recherche.

Références

1. Thompson, E. *Between Ourselves : Second-Person Issues in the Study of Consciousness.* (Imprint Academic: 2001).
2. Varela, F.J., Thompson, E.T. & Rosch, E. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience.* (The MIT Press: 1992).
3. Blanke, O., Landis, T., Spinelli, L. & Seeck, M. Out-of-body experience and autoscapy of neurological origin. *Brain* 127, 243-58(2004).
4. Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T. & Blanke, O. Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness. *Science* 317, 1096-9(2007).
5. Schwabe, L. & Blanke, O. Cognitive neuroscience of ownership and agency. *Conscious Cogn* 16, 661-6(2007).
6. Jaseja, H. Meditation and epilepsy: the ongoing debate. *Med Hypotheses* 68, 916-7(2007).
7. Lutz, A., Slagter, H.A., Dunne, J.D. & Davidson, R.J. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends Cogn Sci* 12, 163-9(2008).
8. Carter, O.L. et al. Meditation alters perceptual rivalry in Tibetan Buddhist monks. *Curr Biol* 15, R412-3(2005).
9. Axmacher, N., Helmstaedter, C., Elger, C.E. & Fell, J. Enhancement of neocortical-medial temporal EEG correlations during non-REM sleep. *Neural Plast* 2008, 563028(2008).
10. Wittmann, M. et al. Effects of psilocybin on time perception and temporal control of behaviour in humans. *J Psychopharmacol* 21, 50-64(2007).
11. Carter, O.L. et al. Modulating the rate and rhythmicity of perceptual rivalry alternations with the mixed 5-HT_{2A} and 5-HT_{1A} agonist psilocybin. *Neuropsychopharmacology* 30, 1154-1162(2005).
12. Frecska, E., White, K.D. & Luna, L.E. Effects of the Amazonian psychoactive beverage Ayahuasca on binocular rivalry: interhemispheric switching or interhemispheric fusion? *J Psychoactive Drugs* 35, 367-74
13. Geyer, M.A. & Vollenweider, F.X. Serotonin research: contributions to understanding psychoses. *Trends Pharmacol Sci* (2008).doi:S0165-6147(08)00154-5
14. González, J.C. Une perspective wittgensteinienne sur le problème de la conscience dans les sciences cognitives. *Intellectica I*, (2001).
15. Varela, F.J. Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem. *Explaining consciousness: The hard problem* 338–43(1997).
16. Grob, C.S. et al. Human psychopharmacology of hoasca, a plant hallucinogen used in ritual context in Brazil. *Commentary. The Journal of nervous and mental disease* 184, 86–98(1996).
17. Callaway, J.C., Airaksinen, M.M., McKenna, D.J., Brito, G.S. & Grob, C.S. Platelet serotonin uptake sites increased in drinkers of ayahuasca. *Psychopharmacology* 116, 385–387(1994).
18. Grob, C.S. & McKenna, D.J. The Hoasca Project: Current Status. *Maps Bulletin* 5, (1995).
19. MCKENNA, D., CALLAWAY, J. & GROB, C. The scientific investigation of ayahuasca: a review of past and current research. *The Heffter Review of Psychedelic Research* 1, 65-77(1998).
20. Martin, M.G.F. The limits of self-awareness. *Philosophical Studies* 120, 37–89(2004).
21. Smith, A.D. *The problem of perception.* (Harvard University Press: 2002).
22. González, J.C. El argumento de la alucinación revisitado. *Acta Comportamental* 12, 55-73(2004).

23. González, J.C. Du concept 'hallucinogène' au concept 'lucidogène' (aller-retour). Réalités Altérées, Initiations, Thérapies et quêtes de soi à travers les substances psychotropes.
24. O'Regan, J.K. & Noë, A. A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and brain sciences* 24, 939–973(2002).
25. Cahn, B.R. & Polich, J. Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychological bulletin* 132, 180–211(2006).
26. Lazar, S.W. et al. Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport* 16, 1893–7(2005).
27. Khalsa, S.S. et al. Interoceptive awareness in experienced meditators. *Psychophysiology* 45, 671-677(2008).
28. Jevning, R., Wallace, R.K. & Beidebach, M. The physiology of meditation: a review. A wakeful hypometabolic integrated response. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 16, 415–24(1992).
29. Badra, L.J. et al. Respiratory modulation of human autonomic rhythms. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 280, H2674–88(2001).
30. Saul, J. Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. *Physiology* (1990).at <<http://physiologyonline.physiology.org/cgi/content/abstract/5/1/32>>
31. Ajaya, S. Yoga psychology: A practical guide to meditation. books.google.com (1976).at <<http://books.google.com/books?hl=en&lr=&ie=UTF-8&id=UjgmFmUdMU8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Ajaya+1976&ots=c1m9cZm9rw&sig=KHZv8VJgtmTSRQfuq9GqHHhM2I8>>
32. Davidson, R., Kabat-Zinn, J. & Schumacher, J. Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine* (2003).at <<http://www.psychosomaticmedicine.org/cgi/content/abstract/65/4/564>>
33. Robinson, F., Mathews, H. & Witek-Janusek, L. Psycho-endocrine-immune response to mindfulness-based stress reduction in individuals infected with \ldots. *The Journal of Alternative & Complementary Medicine* (2003).at <<http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/107555303322524535>>
34. Pagnoni, G. & Cekic, M. Age effects on gray matter volume and attentional performance in Zen meditation. *Neurobiology of Aging* (2007).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17655980>>
35. Brefczynski-Lewis, J., Lutz, A. & Schaefer, H. Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2007).at <<http://www.pnas.org/cgi/reprint/104/27/11483.pdf>>
36. Lutz, A., Slagter, H.A., Dunne, J.D. & Davidson, R.J. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences* 12, 163–9(2008).
37. Corbetta, M. & Shulman, G.L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci* 3, 201–15(2002).
38. Coull, J.T. Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology* 55, 343–61(1998).
39. Berger, A., Kofman, O., Livneh, U. & Henik, A. Multidisciplinary perspectives on attention and the development of self-regulation. *Progress in Neurobiology* 82, 256–86(2007).
40. Srinivasan, N. & Baijal, S. Concentrative meditation enhances preattentive processing: a mismatch negativity study. *Neuroreport* 18, 1709–12(2007).
41. Cahn, B. Neurophysiologic correlates to sensory and cognitive processing in altered states of consciousness. gradworks.umi.com (2007).at <<http://gradworks.umi.com/32/58/3258980.html>>
42. Slagter, H.A. et al. Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biology* 5, e138(2007).
43. Wenger, M. & Bagchi, B. Studies of autonomic functions in practitioners of yoga in India. *Behavioral Science* (1961).at <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/114075024/abstract>>

44. Valentine, E. & Sweet, P. Meditation and attention: A comparison of the effects of concentrative and mindfulness meditation on \dots. *Mental Health* (1999).at <<http://www.informaworld.com/index/784099659.pdf>>
45. Fan, J., McCandliss, B.D., Sommer, T., Raz, A. & Posner, M.I. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of cognitive neuroscience* 14, 340–7(2002).
46. Tang, Y. et al. Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proc Natl Acad Sci USA* 104, 17152–6(2007).
47. Schooler, J. Re-representing consciousness: dissociations between experience and meta-consciousness. *Trends in Cognitive Sciences* 6, 339–344(2002).
48. Smallwood, J., McSpadden, M. & Schooler, J.W. The lights are on but no one's home: meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychonomic Bulletin & Review* 14, 527–33(2007).
49. Farb, N. et al. Attending to the present: mindfulness meditation reveals distinct neural modes of self-reference. *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 2, 313–322(2007).
50. Sonuga-Barke, E.J.S. & Castellanos, F.X. Spontaneous attentional fluctuations in impaired states and pathological conditions: a neurobiological hypothesis. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 31, 977–86(2007).
51. Wheeler, R.E., Davidson, R.J. & Tomarken, A.J. Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: a biological substrate of affective style. *Psychophysiology* 30, 82–9(1993).
52. Allan, S.A. & Kline, D. Evaluation of various attributes of gravid female traps for collection of *Culex* in Florida. *J Vector Ecol* 29, 285–94(2004).
53. Davidson, R. Asymmetric brain function, affective style, and psychopathology: The role of early experience and \dots. *Development and Psychopathology* (2008).at <http://journals.cambridge.org/abstract_S0954579400004764>
54. Craig, A. Forebrain emotional asymmetry: a neuroanatomical basis? *Trends in Cognitive Sciences* (2005).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364661305002949>>
55. Damasio, A.R. Descartes' error and the future of human life. *Sci Am* 271, 144(1994).
56. Davidson, R.J. et al. Alterations in Brain and Immune Function Produced by Mindfulness Meditation. *Psychosom Med* 65, 564-570(2003).
57. Kabat-Zinn, J., Lipworth, L. & Burney, R. The clinical use of mindfulness meditation for the self-regulation of chronic pain. *J Behav Med* 8, 163-90(1985).
58. Kabat-Zinn, J. et al. Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *Am J Psychiatry* 149, 936-43(1992).
59. Teasdale, J.D. et al. Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy. *Journal of consulting and clinical psychology* 68, 615–23(2000).
60. Michalak, J., Heidenreich, T., Meibert, P. & Schulte, D. Mindfulness predicts relapse/recurrence in major depressive disorder after mindfulness-based cognitive therapy. *The Journal of nervous and mental disease* 196, 630–3(2008).
61. Blankfield, R. Suggestion, relaxation, and hypnosis as adjuncts in the care of surgery patients: a review of the literature. *The American journal of clinical hypnosis* (1991).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2012007>>
62. Marcus, J., Elkins, G. & Mott, F. The integration of hypnosis into a model of palliative care. *Integrative Cancer Therapies* (2003).at <<http://ict.sagepub.com/cgi/content/abstract/2/4/365>>
63. Faymonville, M., Roediger, L. & Fiore, G.D. Increased cerebral functional connectivity underlying the antinociceptive effects of hypnosis. *Cognitive Brain Research* (2003).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926641003001137>>
64. Derbyshire, S., Whalley, M. & Stenger, V. Cerebral activation during hypnotically induced and imagined pain. *Neuroimage* (2004).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811904002435>>
65. Peyron, R., Laurent, B. & Garcia-Larrea, L. Functional imaging of brain responses to pain. A review and meta-analysis (2000). *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* (2000).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0987705300002276>>

66. Decharms, R., Maeda, F., Glover, G. & Ludlow, D. Control over brain activation and pain learned by using real-time functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2005).at <<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/51/18626>>
67. Petrovic, P., Kalso, E., Petersson, K. & Ingvar, M. Placebo and opioid analgesia-imaging a shared neuronal network. *Science* (2002).at <<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/295/5560/1737>>
68. Bogaards, M. & Kuile, M.T. Treatment of Recurrent Tension Headache: A Meta-Analytic Review. *Clinical Journal of Pain* (1994).at <<http://www.clinicalpain.com/pt/re/clnpjain/abstract.00002508-199409000-00003.htm>>
69. Melis, P., Rooimans, W. & Spierings, E. Treatment of chronic tension-type headache with hypnotherapy: a single-blind time controlled study. *Headache: The Journal of Head and Face Pain* (1991).at <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/119343401/abstract>>
70. Spiegel, D. Neurophysiological correlates of hypnosis and dissociation. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* (1991).at <<http://neuro.psychiatryonline.org/cgi/content/citation/3/4/440>>
71. Viswesvaran, C. & Schmidt, F.L. A meta-analytic comparison of the effectiveness of smoking cessation methods. *The Journal of applied psychology* 77, 554–61(1992).
72. Crasilneck, H. Hypnotic techniques for smoking control and psychogenic impotence. *The American journal of clinical hypnosis* (1990).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2296915>>
73. Spanos, N., Williams, V. & Gwynn, M. Effects of hypnotic, placebo, and salicylic acid treatments on wart regression. *Psychosomatic Medicine* (1990).at <<http://www.psychosomaticmedicine.org/cgi/content/abstract/52/1/109>>
74. Bolocofsky, D., Spinler, D. & Coulthard-Morris, L. Effectiveness of hypnosis as an adjunct to behavioral weight management. *Journal of Clinical Psychology* (1985).at <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/112458055/abstract>>
75. Attias, J., Shemesh, Z., Sohmer, H. & Gold, S. Comparison between self-hypnosis, masking and attentiveness for alleviation of chronic tinnitus. *International Journal of Audiology* (1993).at <<http://www.informaworld.com/index/786723216.pdf>>
76. Collison, D. Which asthmatic patients should be treated by hypnotherapy? *The Medical journal of Australia* (1975).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1152761>>
77. LaBaw, W. The use of hypnosis with hemophilia. *Psychiatric medicine* (1992).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1289965>>
78. Friedman, H. & Taub, H. A six-month follow-up of the use of hypnosis and biofeedback procedures in essential hypertension. *The American journal of clinical hypnosis* (1978).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/757320>>
79. Spiegel, D. & Sephton, S. Psychoneuroimmune and endocrine pathways in cancer: effects of stress and support. *Seminars in clinical neuropsychiatry* (2001).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11607921>>
80. Jacknow, D., Tschann, J. & Link, M. Hypnosis in the prevention of chemotherapy-related nausea and vomiting in children: a prospective study. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics* (1994).at <<http://www.jrnldbp.com/pt/re/jdbp/abstract.00004703-199408000-00007.htm>>
81. Black, S. Inhibition of immediate-type hypersensitivity response by direct suggestion under hypnosis. *British Medical Journal* (1963).at <<http://www.bmj.com/cgi/reprint/1/5335/925>>
82. Jenkins, M. & Pritchard, M. Hypnosis: Practical Applications and Theoretical Considerations in Normal Labour. *Obstetrical & Gynecological Survey* (1993).at <<http://www.obgynsurvey.com/pt/re/obgynsurv/abstract.00006254-199309000-00011.htm>>
83. Martin, A., Schauble, P., Rai, S. & Curry, R. The effects of hypnosis on the labor processes and birth outcomes of pregnant adolescents. *Journal of Family Practice* (2001).at <<http://www.jfponline.com/Pages.asp?AID=2223&UID=>>>
84. Haanen, H., Hoenderdos, H. & Romunde, L.V. Controlled trial of hypnotherapy in the treatment of refractory fibromyalgia. *The journal of Rheumatology* (1991).at <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2023202>>

85. Maquet, P., Faymonville, M. & Degueldre, C. Functional neuroanatomy of hypnotic state. *Biological Psychiatry* (1999).at <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006322397005465>>
86. Kosslyn, S., Thompson, W. & \dots, M.C. Hypnotic visual illusion alters color processing in the brain. *American Journal of Psychiatry* (2000).at <<http://ajp.psychiatryonline.org/cgi/content/abstract/157/8/1279>>
87. Szechtman, H., Woody, E. & Bowers, K. Where the imaginal appears real: A positron emission tomography study of auditory hallucinations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (1998).at <<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/95/4/1956>>
88. Horton, J., Crawford, H. & Harrington, G. Increased anterior corpus callosum size associated positively with hypnotizability and the ability to control pain. *Brain* (2004).at <<http://brain.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/127/8/1741>>
89. Raz, A., Fan, J. & Posner, M. Hypnotic suggestion reduces conflict in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2005).at <<http://www.pnas.org/cgi/content/abstract/102/28/9978>>
90. Oakley, D. Hypnosis as a tool in research: experimental psychopathology. *Contemporary Hypnosis* (2006).at <<http://www.hypnosisunituk.co.uk/articles/Oakley2006.pdf>>
91. Winkelman, M.J. & Roberts, T.B. *Psychedelic Medicine [Two Volumes]: New Evidence for Hallucinogenic Substances as Treatments.* (Praeger Publishers: 2007).
92. Griffiths, R., Richards, W., Johnson, M., McCann, U. & Jesse, R. Mystical-type experiences occasioned by psilocybin mediate the attribution of personal meaning and spiritual significance 14 months later. *J. Psychopharmacol.* (Oxford) 22, 621-632(2008).
93. Johnson, M., Richards, W. & Griffiths, R. Human hallucinogen research: guidelines for safety. *J Psychopharmacol* 22, 603-20(2008).
94. Passie, T., Halpern, J.H., Stichtenoth, D.O., Emrich, H.M. & Hintzen, A. The Pharmacology of Lysergic Acid Diethylamide: A Review. *CNS Neuroscience & Therapeutics* 14, 295-314(2008).
95. Bruhn, J.G., Lindgren, J., Holmstedt, B. & Adovasio, J.M. Peyote Alkaloids: Identification in a Prehistoric Specimen of *Lophophora* from Coahuila, Mexico. *Science* 199, 1437-1438(1978).
96. El-Seedi, H.R., De Smet, P.A.G.M., Beck, O., Possnert, G. & Bruhn, J.G. Prehistoric peyote use: alkaloid analysis and radiocarbon dating of archaeological specimens of *Lophophora* from Texas. *J Ethnopharmacol* 101, 238-242(2005).
97. González-Maeso, J. et al. Hallucinogens recruit specific cortical 5-HT(2A) receptor-mediated signaling pathways to affect behavior. *Neuron* 53, 439-452(2007).
98. Bunzow, J.R. et al. Amphetamine, 3,4-methylenedioxymethamphetamine, lysergic acid diethylamide, and metabolites of the catecholamine neurotransmitters are agonists of a rat trace amine receptor. *Mol Pharmacol* 60, 1181-8(2001).
99. Jacob, M.S. & Presti, D.E. Endogenous psychoactive tryptamines reconsidered: an anxiolytic role for dimethyltryptamine. *Med Hypotheses* 64, 930-7(2005).
100. Wallach, J.V. Endogenous hallucinogens as ligands of the trace amine receptors: A possible role in sensory perception. *Med Hypotheses* (2008).doi:S0306-9877(08)00398-8
101. Vaitl, D. et al. Psychobiology of altered states of consciousness. *Psychol Bull* 131, 98-127(2005).
102. Dittrich, A. Zusammenstellung eines Fragebogens (APZ) zur Erfassung abnormer psychischer Zustände. *Zeitschrift für klinische Psychologie und Psychotherapie* 23, 12–20(1975).
103. Strassman, R.J., Qualls, C.R., Uhlenhuth, E.H. & Kellner, R. Dose-response study of N, N-dimethyltryptamine in humans. II. Subjective effects and preliminary results of a new rating scale. *Archives of General Psychiatry* 51, 98–108(1994).
104. Wackermann, J., Wittmann, M., Hasler, F. & Vollenweider, F.X. Effects of varied doses of psilocybin on time interval reproduction in human subjects. *Neurosci. Lett* 435, 51-55(2008).

105. Bressloff, P.C., Cowan, J.D., Golubitsky, M., Thomas, P.J. & Wiener, M.C. What geometric visual hallucinations tell us about the visual cortex. *Neural Comput* 14, 473-491(2002).
106. Carter, O.L. et al. Psilocybin links binocular rivalry switch rate to attention and subjective arousal levels in humans. *Psychopharmacology (Berl)* 195, 415-24(2007).
107. Frecska, E., White, K.D. & Luna, L.E. Effects of ayahuasca on binocular rivalry with dichoptic stimulus alternation. *Psychopharmacology (Berl)* 173, 79-87(2004).
108. Pettigrew, J. & Carter, O.L. Perceptual Rivalry as an Ultradian Oscillation. *Binocular Rivalry* (2004).
109. Zarate, C.A. et al. A randomized trial of an N-methyl-D-aspartate antagonist in treatment-resistant major depression. *Arch. Gen. Psychiatry* 63, 856-864(2006).
110. Mercadante, S., Arcuri, E., Tirelli, W. & Casuccio, A. Analgesic effect of intravenous ketamine in cancer patients on morphine therapy: a randomized, controlled, double-blind, crossover, double-dose study. *J Pain Symptom Manage* 20, 246-252(2000).
111. Krupitsky, E. & Grinenko, A. Ten Year Study of Ketamine Psychedelic Therapy (KPT) of Alcohol Dependence. *The Heffter Review of Psychedelic Research* 1, (1998).
112. Krupitsky, E. et al. Ketamine psychotherapy for heroin addiction: immediate effects and two-year follow-up. *Journal of substance abuse treatment* 23, 273-283(2002).
113. McKenna, D.J. Clinical investigations of the therapeutic potential of ayahuasca: rationale and regulatory challenges. *Pharmacol. Ther* 102, 111-129(2004).
114. Gable, R.S. Risk assessment of ritual use of oral dimethyltryptamine (DMT) and harmala alkaloids. *Addiction* 102, 24-34(2007).
115. Goutarel, R. L'ibogaïne en psychothérapie et dans la lutte contre les pharmacodépendances aux stupéfiants. Institut de Chimie des Substances Naturelles du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) (1992).at <<http://www.ibogaïne.org/goutarel.html>>
116. Alper, K.R. Ibogaïne: a review. *Alkaloids* 56, 2-38(2001).
117. Freedlander, J. Ibogaïne: A Novel Anti-Addictive Compound A Comprehensive Literature Review. *Journal of Drug Education and Awareness* (2003).
118. Alper, K.R., Lotsof, H.S., Frenken, G.M.N., Luciano, D.J. & Bastiaans, J. Treatment of acute opioid withdrawal with ibogaïne. *American Journal on Addictions* 8, 234-242(1999).
119. Sewell, R.A., Halpern, J.H. & Pope, H.G. Response of cluster headache to psilocybin and LSD. *Neurology* 66, 1920-1922(2006).
120. Moreno, F.A., Wiegand, C.B., Taitano, E.K. & Delgado, P.L. Safety, tolerability, and efficacy of psilocybin in 9 patients with obsessive-compulsive disorder. *Journal of Clinical Psychiatry* 67, 1735-1740(2006).
121. Ricaurte, G.A., Yuan, J., Hatzidimitriou, G., Cord, B.J. & McCann, U.D. Retraction. *Science* 301, 1479(2003).
122. Bouso, J.C., Doblin, R., Farré, M., Alcázar, M.A. & Gómez-Jarabo, G. MDMA-assisted psychotherapy using low doses in a small sample of women with chronic posttraumatic stress disorder. *J Psychoactive Drugs* 40, 225-36(2008).
123. Nature Editorial Ecstasy could augment the benefits of psychotherapy. *Nature* 456, 293(2008).
124. Johansen, P.O. & Krebs, T.S. How could MDMA (ecstasy) help anxiety disorders? A neurobiological rationale. *Journal of Psychopharmacology* 0269881109102787v1(2009).
125. Morris, K. Research on psychedelics moves into the mainstream. *Lancet* 371, 1491-1492(2008).
126. Cepeda, M.S., Carr, D.B., Lau, J. & Alvarez, H. Music for pain relief. *Cochrane Database Syst Rev* CD004843(2006).doi:10.1002/14651858.CD004843.pub2
127. Siedliecki, S.L. & Good, M. Effect of music on power, pain, depression and disability. *J Adv Nurs* 54, 553-562(2006).
128. Nilsson, U., Unosson, M. & Rawal, N. Stress reduction and analgesia in patients exposed to calming music postoperatively: a randomized controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 22, 96-102(2005).
129. Salamon, E., Kim, M., Beaulieu, J. & Stefano, G.B. Sound therapy induced relaxation: down regulating stress processes and pathologies. *Med. Sci. Monit* 9, RA96-RA101(2003).

130. Rudin, D., Kiss, A., Wetz, R.V. & Sottile, V.M. Music in the endoscopy suite: a meta-analysis of randomized controlled studies. *Endoscopy* 39, 507-510(2007).
131. Kuhn, D. The effects of active and passive participation in musical activity on the immune system as measured by salivary immunoglobulin A (SIgA). *J Music Ther* 39, 30-39(2002).
132. Teng, X.F., Wong, M.Y.M. & Zhang, Y.T. The effect of music on hypertensive patients. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2007, 4649-4651(2007).
133. Bernardi, L., Porta, C. & Sleight, P. Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart* 92, 445-452(2006).
134. Good, M. et al. Relief of postoperative pain with jaw relaxation, music and their combination. *Pain* 81, 163-172(1999).
135. Roy, M., Peretz, I. & Rainville, P. Emotional valence contributes to music-induced analgesia. *Pain* 134, 140-147(2008).
136. Roy, M., Mailhot, J.P., Gosselin, N., Paquette, S. & Peretz, I. Modulation of the startle reflex by pleasant and unpleasant music. *International Journal of Psychophysiology* 71, 37-42(2009).
137. Salimpoor, V. Evidence for Striatal Dopamine Release During Music Listening. (2009).
138. Blood, A.J. & Zatorre, R.J. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98, 11818(2001).
139. Arias, P. & Cudeiro, J. Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in Parkinson's disease patients. *Exp Brain Res* 186, 589-601(2008).
140. Thaut, M.H. et al. Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: a single-blind, randomized trial. *Neurorehabil Neural Repair* 21, 455-459(2007).
141. Soto, D. et al. Pleasant music overcomes the loss of awareness in patients with visual neglect. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 106, 6011-6016(2009).
142. Särkämö, T. et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain* 131, 866-876(2008).
143. Maratos, A.S., Gold, C., Wang, X. & Crawford, M.J. Music therapy for depression. *Cochrane Database Syst Rev* CD004517(2008).doi:10.1002/14651858.CD004517.pub2
144. Dileo, C. & Bradt, J. *Medical Music Therapy*. (Jeffrey Books: 2005).
145. Kuhn, T.S. *The structure of scientific revolutions*. 1962. Chicago: U of Chicago P (1962).
146. Winkelman, M. *Complementary Therapy for Addiction: "Drumming Out Drugs"*. *Am J Public Health*. 93, 647-651(2003).
147. Dzirasa, K. et al. Dopaminergic control of sleep-wake states. *J. Neurosci* 26, 10577-10589(2006).
148. Legrand, D. & Ruby, P. What is self-specific? Theoretical investigation and critical review of neuroimaging results. *Psychological Review* 116, 252-282(2009).
149. Sotnikova, T.D. et al. Dopamine-independent locomotor actions of amphetamines in a novel acute mouse model of Parkinson disease. *PLoS Biol* 3, e271(2005).
150. Lorant-Royer, S., Spiess, V., Goncalves, J. & Lieury, A. Programmes d'entraînement cérébral et performances cognitives : efficacité, motivation... ou « marketing » ? De la Gym-Cerveau au programme du Dr Kawashima. *Bulletin de psychologie* 498, 531-549(2008).
151. Lang, E.V. & Rosen, M.P. Cost Analysis of Adjunct Hypnosis with Sedation during Outpatient Interventional Radiologic Procedures 1. 222, (RSNA: 2002).
152. Zylowska, L. et al. Mindfulness meditation training in adults and adolescents with ADHD: a feasibility study. *J Atten Disord* 11, 737-746(2008).
153. Makeig, S., Gramann, K., Jung, T., Sejnowski, T.J. & Poizner, H. Linking brain, mind and behavior. *Int J Psychophysiol* 73, 95-100(2009).
154. Robert Goutarel, Otto Gollnhofer and Roger Sillans, *Pharmacodynamics and Therapeutic Applications of Iboga and Ibogaine, Psychedelic Monographs and Essays*, 6:70-111, 1993

Rapport du GDR CNRS 296 GRAEC

par Christian Lorenzi

Rapport sur les thèmes à soutenir dans le domaine de l'audiologie expérimentale et clinique et les sciences de l'audition

La journée scientifique du GDR GRAEC de Juin 2009 (INM, Montpellier) a donné lieu à une réflexion prospective, visant à établir plusieurs thèmes susceptibles d'être soutenus par l'ANR dans de futurs appels d'offre dans le domaine des sciences cognitives. Les trois thèmes décrits ci-dessous portent sur de nouvelles pathologies pouvant remettre en cause les modèles actuels de codage de l'information sensorielle, de nouvelles formes de diagnostic des fonctions auditives périphériques et centrales, de nouvelles méthodes d'études des mécanismes neuronaux de la plasticité du système auditif central, de nouvelles méthodes d'étude et d'évaluation des systèmes de réhabilitation par prothèse ou implant, et enfin l'établissement de nouveaux facteurs pronostiques.

Neuropathies auditives

Les neuropathies auditives présentent un défi majeur pour les sciences de l'audition, initié par des travaux cliniques récents. Véritable mosaïque d'entités regroupées sous la terminologie anglo-saxonne auditory neuropathy spectrum disorder (ANSD), les neuropathies auditives correspondent à un déficit particulier de la fonction sensorielle auditive, généralement associé avec une plainte majeure des patients : trouble de la reconnaissance de la parole, et plus particulièrement marqué dans le bruit : « j'entends, mais je ne comprends pas ! », trouble de perception de la hauteur des sons, et trouble de la perception des modulations temporelles présentes dans les signaux sonores.

Les critères diagnostiques des ANSD reposent principalement sur un faisceau d'arguments discordants : une préservation de la fonction des cellules ciliées externes (évaluées par les produits de distorsion acoustiques et/ou le potentiel microphonique cochléaire) et une désorganisation sévère voire une absence des potentiels évoqués auditifs précoces. Les performances en reconnaissance de parole sont très dégradées, sans corrélation avec des seuils audiométriques tonaux généralement considérés comme sub-normaux.

Cette entité pathologique peut être liée à une atteinte sélective des cellules ciliées internes (CCI), des fibres afférentes ganglionnaires, de la synapse glutamatergique (entre CCI et fibres afférentes) et d'une façon plus globale d'une atteinte du nerf auditif (trouble de la myéline, de l'énergétique cellulaire).

Les mécanismes sous-tendant le concept récent de neuropathie auditive sont essentiellement représentés par une dégradation de la synchronisation des décharges neuronales auditives, ouvrant la voie à la définition d'un trouble auditif purement supraliminaire (au dessus du seuil absolu de détection) et de nature temporelle. Les conséquences perceptives qui en découlent sont des difficultés de traitement de la parole (plus marqués en milieu bruité), liées à une perturbation de la réception des modulations temporelles clés du signal sonore.

La fréquence des ANSD est indéniablement sous estimée (5 à 10% parmi les sujets atteints de déficience auditive confirmée) de par l'hétérogénéité des étiologies et l'absence d'outils d'évaluation électrophysiologiques et psychoacoustiques adéquats.

Dans le futur, les efforts de recherche devraient se concentrer sur le développement de nouvelles méthodes d'approche allant de l'expérimentation animale à l'évaluation clinique avec la mise au point de nouveaux indices/outils (électrophysiologiques, psychoacoustiques) :

- accessibilité à des modèles animaux transgéniques (atteintes de la myéline, de l'énergétique cellulaire) ou à l'induction pharmacologique des atteintes sélectives (CCI, neurones...)
- construction de cohortes « homogènes » de patients atteints de pathologies neurologiques (comme nos études à Clt-Fd avec leucodystrophie (Pelizaeus-Merzbacher) et ataxie de Friedreich)
- facteurs de risques : prématurité, hypoxie périnatale, hyperbilirubinémie néonatale, drogues ototoxiques, pathologies infectieuses, pathologies génétiques (troubles ophtalmiques-auditifs (maladie de Leber, OPA *atrophie optique dominante avec surdité*, neuropathies héréditaires comme ataxie de Friedreich ou maladie de Charcot-Marie-Tooth, leucodystrophies dont maladie de Pelizaeus-Merzbacher, synaptopathies à Otoferline).

Les résultats de ces recherches bénéficieraient au champ plus général des sciences de l'audition et de l'audiologie, par la démonstration de troubles purement supraliminaires, la compréhension et l'évaluation du rôle des mécanismes de codage temporel en audition, et la mise au point de nouveaux tests diagnostiques des fonctions post-cochléaires.

Facteurs pronostiques de la réhabilitation auditive

L'avancée technologique des systèmes de réhabilitation auditive par prothèse numérique ou implant cochléaire a permis depuis maintenant plus d'une vingtaine d'années à de nombreux patients sourds de récupérer une excellente intelligibilité de la parole, aspect fondamental de la vie sociale de ces patients. Ainsi, le domaine de l'implantation par prothèse auditive a atteint une efficacité et une fiabilité dont ne bénéficie pas encore les domaines de la vision ou la motricité. Cependant, le potentiel de récupération de l'intelligibilité de la parole chez les patients sourds repose en grande partie sur la capacité du cerveau à traiter après une longue période de privation, les informations véhiculées par le nerf auditif. Ainsi, il existe une forte disparité dans les performances de récupération des patients et la dynamique temporelle de cette récupération est relativement variable d'un sujet à l'autre. La question se pose sur l'origine d'une telle variabilité et la recherche de facteurs pronostiques du succès de réhabilitation est un enjeu important pour les cliniciens afin d'adapter les stratégies de réhabilitation à son potentiel de récupération. Plusieurs stratégies de recherches doivent être mises en jeu dans le futur. Ces stratégies concernent principalement: l'impact de l'étiologie et de l'évolution naturelle de la surdité, l'importance des atteintes morphologique périphériques, l'exploration des potentiels de plasticité cérébrale, l'influence de la maturation des systèmes sensoriels chez l'enfant réhabilité, l'évaluation fine des systèmes de réhabilitation et des méthodes de rééducation. Dans ce contexte, l'identification de marqueurs électrophysiologiques et/ou d'imagerie cérébrale de la bonne, ou mauvaise, utilisation de la prothèse auditive, qu'elle soit implantée ou non, est une priorité, tout comme l'établissement de leurs corrélats comportementaux et/ou psychoacoustiques.

Plasticité auditive normale et pathologique

Il est maintenant bien établi qu'un dépistage et une prise en charge précoce de la surdité cochléaire de l'enfant constitue un gage de succès de la réhabilitation auditive et d'une acquisition normale des fonctions linguistiques. Suite à une surdité et/ou au cours de son établissement de nombreuses réorganisations neuronales et perceptives se produisent dans le système auditif central afin d'essayer de compenser les déficits d'entrées sensorielles. Ainsi pour la parole, différents indices acoustiques d'identification phonétique deviennent sur- ou sous- pondérés, et ceci est aussi vrai pour toutes sortes d'autres sons. Un aspect particulier de plasticité est le phénomène d'acouphènes; chez certains sujets ayant un déficit sensoriel périphérique des réorganisations auditives centrales se produisent de façon "anormale" et semblent essayer de ré-engendrer une excitation périphérique manquante donnant ainsi naissance à un acouphène. De même, les potentiels de récupération auditive chez l'adulte sont probablement reliés aux réorganisations fonctionnelles induites par la période de déafférentation sensorielle. Ainsi, une connaissance accrue des mécanismes cérébraux de la

plasticité développementale et adulte apportera des informations cruciales sur les capacités d'adaptation des patients aux stratégies de réhabilitation. Il est clair que cette connaissance doit dépasser le cadre restreint de la surdité congénitale/acquise dans la petite enfance et de l'altération progressive de l'audition des fréquences aiguës chez le sujet âgé, pour mieux explorer les cas hier particuliers aujourd'hui de plus en plus fréquents de surdité (surdité unilatérale, surdité affectant les fréquences graves) et de réhabilitation auditive (uni- versus bilatérale, bilatérale simultanée versus bilatérale séquentielle). Le domaine d'investigation de la plasticité du système auditif portera tout autant sur l'analyse des capacités perceptives (psychophysique, électrophysiologie, imagerie cérébrale) chez le sujet normal, ou atteint de surdité (acquise ou induite) que dans des modèles animaux expérimentaux qui permettront d'appréhender des domaines non accessibles chez l'homme tels que la connectivité cérébrale (hodologie) et les marqueurs cellulaires de plasticité corticale en les confrontant à leurs corrélats neuronaux ( lectrophysiologie cellulaire). Chez l'humain, ces aspects méritent d'être abordés chaque fois que la modalité auditive joue un rôle pivot dans la maturation des systèmes cognitifs. A ce titre, l'étude des troubles des apprentissages ayant trait à l'acquisition de la langue, comme la dyslexie, trouve parfaitement sa place dans la recherche sur la plasticité auditive liée à la réhabilitation ou à l'entraînement.

C. Structures et Infrastructures

Atelier Cognisud

par Philippe Blache

Contribution à PIRSTEC pour un appel d'offre ANR

Ces notes sont une contribution à la réflexion dans le cadre de PIRSTEC, faite par le réseau Cognisud suite à un atelier organisé le Jeudi 11 Juin à Aix-en-Provence (LPL). Elles ont vocation à être complétées avant la contribution finale à la conférence PIRSTEC. En particulier, certains thèmes sont très développés, tandis que d'autres doivent l'être encore.

Les sciences cognitives constituent un domaine scientifique particulier à la fois par ses enjeux scientifiques et par son interdisciplinarité. Il s'agit donc d'un domaine stratégique essentiel, et dans une certaine mesure emblématique de la recherche moderne, reposant sur une mise en perspective de pratiques, de résultats, de modèles, de problèmes issus du croisement de disciplines extrêmement diverses.

Mais pour ces mêmes raisons, les sciences cognitives ne constituent pas un domaine opérationnel identifié ni dans les organismes de recherche, ni dans les Universités (par exemple sous la forme d'UFR, d'Instituts, etc., même s'il existe un petit nombre de laboratoires dont c'est la thématique de recherche principale). Il ne s'agit pas de remettre en cause ce mode d'organisation : les sciences cognitives reposent sur un ancrage disciplinaire fort plutôt que de chercher à se construire en tant que discipline à part entière.

Le soutien institutionnel à ce domaine scientifique doit donc prendre en compte cette spécificité : les sciences cognitives ne constituent pas une thématique de recherche du type de celles identifiées par les différents appels de l'ANR. Elles ne constituent pas non plus une discipline qui pourrait être soutenue et organisée en tant que telle par les opérateurs de recherche.

Nous pensons donc qu'un soutien dans le cadre de l'ANR doit répondre aux besoins de ce champ scientifique à la fois en termes scientifiques et organisationnels. Nous proposons pour cela que l'ANR puisse soutenir différents types d'initiatives de nature à renforcer le domaine en variant la nature des soutiens accordés, tout en restant dans son rôle d'agence de moyens. Plusieurs types d'actions pourraient être ainsi envisagés :

- Soutien à des projets de recherche
- Soutien à la constitution de réseaux thématique
- Soutien à l'instrumentation et à la réflexion sur son usage pour les sciences cognitives
- Soutien à la valorisation

1. Thématiques de recherche

1.1. Cognition morale, effets affectifs, émotion et raison

Les études sur la cognition morale partent souvent de deux distinctions: le conventionnel/ le moral, l'heuristique émotionnelle/le raisonnement moral. Or notre souci d'être reconnu socialement nous motive et conventionnellement et moralement, et la reconnaissance ou son déni sont sources d'émotions aussi bien que de stratégies. Il faut donc pour ne pas en rester simplement à ces dualités étudier les relations dans ce domaine entre émotions et choix d'interactions, et tenter de croiser les expériences (comportementales et imagerie) pour analyser les interférences entre reconnaissance sociale et moralité (ex: si les conventions

changent, mais pas le groupe des gens qui nous reconnaissent; si pour satisfaire une exigence morale nous avons à changer de partenaires de reconnaissance sociale, mais que des conventions restent en vigueur, etc.).

1.2. Cognition spatiale

L'étude de la cognition spatiale se prête à de multiples interactions interdisciplinaires. Elle est, de nos jours, le point de rencontre des approches en sciences cognitives, neurosciences et psychologie cognitive et d'autres disciplines du champ des sciences humaines et sociales comme l'anthropologie et l'ethnologie qui mettent en exergue le rôle des aspects culturels et linguistiques. De plus, de nombreuses applications dans les domaines de la robotique, des sciences de l'ingénieur, de l'architecture, de l'urbanisme, etc. reposent sur les données provenant des recherches sur les mécanismes neuropsychologiques et linguistiques du traitement de l'espace. Réciproquement, les sciences humaines et sociales de même que l'ingénierie sont à même d'apporter leur contribution propre à l'amélioration de l'ergonomie des systèmes artificiels (p.ex. aide à la navigation). Les axes forts qui se dégagent dans le réseau Cognisud incluent :

Les relations perception-comportement : codage spatial (neuronal), expérimentation en réalité virtuelle

Les liens avec la robotique

Les recherches sur la construction, le maintien et les perturbations des représentations spatiales dans le cas de pathologies sensorielles ou neurologiques, et la modulation de ces processus par l'attention et l'émotion.

1.3. Perception et traitement du temps et du risque

Comment le temps et le risque sont-ils perçus ? Comment sont-ils traités ? Comment la perception du temps et du risque interviennent dans la prise de décision ? Ces questions sont particulièrement pertinentes pour traiter des questions d'évaluation d'investissement public ou privé mais aussi pour comprendre bon nombre de situations d'interaction. Ainsi, le temps et l'incertitude sont considérés comme les deux forces qui gouvernent la dynamique d'une négociation. Comment alors, l'aversion au risque et la nature des préférences temporelles face à l'incertitude stratégique peuvent conditionner l'issue d'un mécanisme de négociation ? La théorie économique s'est beaucoup intéressée à ces questions. Pourtant de nombreux problèmes se posent dans ce cadre comme celui de la séparation entre temps et incertitude dans la représentation des décideurs ou encore la distinction entre situation de risque et d'incertitude. Les notions habituelles de révision des croyances mais également d'actualisation du futur méritent d'être révisées. L'approche expérimentale utilisée par des psychologues et des économistes ainsi que l'économie comportementale ont permis d'apporter de nouveaux modèles. La poursuite et/ou le renouvellement de ces approches pourraient passer par une analyse des fondements de ces mécanismes cognitifs.

1.4 La prise de décision en interaction

Quels sont les processus qui sous-tendent les interactions sociales telles que des échanges économiques, les comportements altruistes, l'émergence d'une situation de confiance, l'émergence d'une action collective ou encore les phénomènes d'apprentissage collectif ? Sans doute faut-il distinguer les situations d'interaction entre deux ou un petit nombre d'individus et les situations d'interaction au niveau d'un groupe ou d'une société. Même si l'interaction au niveau d'une société n'est que le résultat d'interactions entre individus. Doit-on considérer que les fonctionnements cognitifs diffèrent en fonction du niveau considéré ? Doit-on comprendre un niveau d'interaction à partir d'un autre ?

1.4.1 Cognition en interaction et motricité

Vision croisée en Economie et en Neurosciences

Durant la dernière décennie, les chercheurs en sciences cognitives qui s'intéressaient aux fondements neuronaux des interactions bilatérales ou entre un petit nombre d'individus ont

utilisé les résultats et le cadre qu'offraient la théorie des jeux et l'économie expérimentale. Ainsi, ce cadre permet d'analyser des situations d'interactions que l'on a interprétées comme des modèles de confiance, d'altruisme ou d'équité. Cependant, jusqu'à présent une caractéristique de l'économie expérimentale et de la neuroéconomie est que les processus de décision sont toujours étudiés sans tenir compte de l'enveloppe corporelle et les mouvements qu'elle peut produire qui jouent pourtant un rôle majeur dans les interactions sociales, le développement et l'entretien de processus cognitifs. Comment les mouvements perçus par des individus en interaction affectent leurs processus cognitifs et émotionnels impliqués dans la prise de décision ? Quel est l'effet en retour associé ?

1.4.2 Cognition sociale et structures sociales

L'objectif est de concevoir la structure économique et sociale comme un système complexe. De l'articulation de comportements individuels hétérogènes émerge un système global qui a ses logiques de fonctionnement propres. Cette approche permet d'aborder des questions diverses.

Apprentissage individuel, apprentissage social

Comment se construisent les systèmes de représentation des agents ? Quels sont les mécanismes de l'apprentissage social ? A partir d'une situation où les agents ont des représentations hétérogènes de leur environnement, comment se fait l'apprentissage collectif ? Quel est l'impact des représentations individuelles et de la capacité à interagir avec d'autres agents sur les processus d'apprentissage ? Doit-on parler d'apprentissage par actions collectives ?

Morphogénèse des réseaux sociaux

Comment se construisent les réseaux sociaux à travers l'histoire des interactions inter-individuelles ? Comment fonctionnent les diffusions d'innovations, de standards techniques, de normes de comportements, de consommation, mais aussi les dynamiques d'opinion, de connaissances ?

Identité individuelle et collective et rapports entre individus et groupes

Comment émergent des groupes dans une population hétérogène ? Quelle relation entre identité personnelle et identité de groupe ? Parmi les différents aspects de l'identité personnelle (par exemple identité historique, caractéristique de l'individu, mais aussi identité souhaitée) il y a aussi l'identité du groupe avec lequel l'individu s'identifie. L'identité du groupe est elle-même modifiée par ceux qui le choisissent, ce qui peut en retour modifier les choix des individus. Comment se construit l'identité d'un individu à travers son appartenance à des groupes ?

Autres thèmes

Interaction naturelle et située, en contexte, écologique

Développement, apprentissages

Variabilité

Complexité de traitement et charge cognitive

Comportements aux différents niveaux d'interaction

Cognition située

Bio-inspiration

2. Réseau

Proposition de création d'un réseau développement : Petite enfance, enfance et adolescence

Bien que significativement représenté au niveau national, le développement chez l'enfant, qu'il soit cognitif, perceptif ou moteur est un sujet de recherche que l'on voit subsister sous

forme d'îlots de compétences mais plus véritablement comme un thème unificateur au niveau des laboratoires et même des équipes. Souvent associée à la thématique du vieillissement, l'approche ontogénétique peine, actuellement à être véritablement identifiée comme une thématique à part entière.

Or il existe une véritable demande sociétale en matière de connaissance développementale au cours des différentes étapes clés que constituent la petite enfance, l'enfance et l'adolescence. Afin de relancer une dynamique développementale forte, il nous paraît pertinent de structurer les recherches dans un cadre pluridisciplinaire. En effet, le développement est par nature plurifonctionnel, les acquisitions de nouvelles habiletés motrices, cognitives ou sociales se croisent et coexistent chronologiquement aux différentes étapes clés de l'ontogénèse.

Etablir un réseau de chercheurs étudiant l'enfant dans des disciplines complémentaires telles que les neurosciences, la psychologie, les sciences de l'éducation, la pédiatrie, la pédopsychiatrie, la philosophie, ou encore l'économie..., permettrait de mettre en avant les mécanismes fondamentaux du développement basé sur les interactions motrices, cognitives et sociales, qui construisent l'individu. La création d'un tel réseau pluridisciplinaire serait aussi une occasion exceptionnelle pour les diverses communautés de chercheurs développementalistes et de professionnels de la petite enfance, de l'enfance et de l'adolescence d'échanger et de donner leur point de vue sur les applications éventuelles des recherches fondamentales dans le cadre de dysfonctionnements des apprentissages, de retards ou d'échecs scolaires.

3. Outils pour les sciences cognitives

Expérimentation et cognition : réflexion sur les expérimentations complexes (exploitant les résultats obtenus par différents outils) leur pertinence. Etude de la complémentarité des outils, leurs interactions. Le réflexion peut dépasser le cadre de la neuroimagerie et aborder la question de l'interaction avec d'autres moyens d'investigation comme la réalité virtuelle, la mesure de l'activité physiologique, etc.

Réalité virtuelle : pour quels type de question la RV est-elle indispensable, avec quels capteurs, etc.

4. Valorisation

Motricité, inter-relations entre performances cognitives et motrices : une double approche pour une longévité non dépendante. Disciplines concernées : Neurosciences, Sciences sociales. Application : rééducation. Mise au point de programmes d'entraînements cognitif et/ou sensorimoteurs

Plasticité cérébrale et vieillissement : Ce thème vise à une meilleure compréhension de la stimulation cognitive et des mécanismes cellulaires de la plasticité cérébrale qui la sous-tendent. La plasticité peut-être définie comme la modification adaptative et prolongée du fonctionnement et de la structure du cerveau. Différentes circonstances peuvent induire ce remodelage à commencer par le fonctionnement du cerveau lui-même qui stimule certains réseaux neuronaux. Le problème porte ainsi sur les relations entre plasticité cérébrale et sollicitation cognitive du cerveau et expérience. Il s'agit de comprendre au travers de programmes d'entraînement cognitif adaptés, comment s'organise la plasticité cognitive en regard des différentes fonctions cérébrales et qu'elles sont les limites de cette plasticité.

Réunion de Prospective en Sciences et Technologies Cognitives : Lyon-Dijon-Besançon

par Barbara Tillmann (atelier 28)

Le 3 février 2009 s'est tenu à l'Institut des Sciences Cognitives, à Bron, et à l'initiative de Barbara Tillmann et Nicolas Grimault (porteurs du projet PIRSTEC «Atelier n° 28 : Réunion de Prospective en Sciences et Technologies Cognitives : Lyon-Dijon-Besançon»), un atelier de réflexion autour des besoins de financement de la recherche dans le champ des sciences cognitives.

La matinée a été consacrée à la présentation des activités des différents laboratoires représentés, localisés à Besançon, Dijon, et Lyon. L'objectif était de faire un état des lieux des forces présentes au niveau thématique et méthodologique en sciences cognitives dans ces trois régions. Au cours de l'après-midi, les différents représentants ont identifié un certain nombre d'axes porteurs pour le développement de la recherche en sciences et technologies cognitives au sein de leurs unités et en interaction.

Participants (Code Unité et NOMs)

EA3188 : A. Didierjean ; E. Laurent ; S. Vieillard ; EA 3082: E. Reynaud ; UMR5020: M. Bensafi; JP Royet; H. Thai Van; B. Tillmann; N. Grimault ; UMR 5596 : F. Meunier ; UMR 5230 : T. Nazir ; U821 : M.H. Steiner-Giard ; O. Bertrand ; U846 : M. Hoen ; U864 : L. Pisella ; UMR5022 : E. Bigand est excusé, l'unité est présentée par B. Tillmann.

Unités de recherche – Thématiques représentées

Besançon:

EA 3188 Laboratoire de Psychologie (Dir. Pr. Jean-Pierre Minary).

Discipline principale:

Psychologie.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:

Psychologie clinique ; psychologie cognitive et psychologie sociale.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):

Expertise cognitive ; Apprentissage ; Compressibilité de l'information ; Enaction, Indicage contextuel ; Mémoire.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):

Capture attentionnelle ; Emotion ; Humour.

Utilisation des techniques d'enregistrement du mouvement oculaire à des fins de dépistage précoce de la maladie d'Alzheimer.

Variabilité des couplages entre systèmes psychologiques.

Dijon:

UMR-CNRS 5022 Laboratoire d'Étude de l'Apprentissage et du Développement (Dir. E. Bigand)



Discipline principale:
Psychologie

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:
Psychologie clinique ; psychologie cognitive ; psychologie du développement ; modélisation.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):
Apprentissage et développement.
Apprentissage implicite ; ingénierie de l'apprentissage ; mécanismes d'apprentissage et de réapprentissage ; relations apprentissage-développement et plasticité.
Traitement et acquisition du langage ; traitement de l'information pour la perception et l'action.
Méthodes comportementales, neuroscientifiques et modélisation connexionniste.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):
Apprentissage et développement ; ingénierie cognitive de l'apprentissage et de la rééducation.

Lyon :
DDL UMR-CNRS 5596 Dynamique du Langage (Dir. F. Pellegrino)

Discipline principale:
Linguistique.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:
Sciences du Langage ; psychologie clinique ; psycholinguistique ; psychologie cognitive ; développement ; neurosciences cognitives et neuropsychologie.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):
Langage: interlangue ; acquisition ; pathologie ; phonologie ; lexique ; morphologie ; syntaxe ; discours ; compréhension de la parole dans le bruit et de la parole dégradée.
Approches descriptives, comportementales, neurosciences et modélisation.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):
Origines de la cognition ; influences socioculturelles sur le développement précoce ; compréhension de la parole bruitée ; pathologies langagières.

EA 3082 Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs (Dir. O. Koenig)

Discipline principale:
Psychologie.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:
Psychologie cognitive ; neuropsychologie cognitive ; neurosciences ; neurosciences cognitives ; modélisation cognitive.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):
Processus attentionnels ; états de vigilance (sommeil) ; langage oral et écrit (apprentissage, développement et troubles) ; mémoire ; émotion ; représentations (nature, émergence, contenu) ; intégration multisensorielle ; compréhension du discours ; apprentissage ; classification de patterns d'activité cérébrale ; cognition incarnée.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):

Etats de vigilance et distractibilité ; Modélisation neurocognitive large-échelle ; effets du sommeil sur la mémorisation ; mémoire, émotion et maladie d'Alzheimer.

L2C2 UMR-CNRS 5230 Laboratoire sur le Langage, le Cerveau et la Cognition (Dir. I. Noveck)

Discipline principale:
Neurosciences cognitives.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:
Psychologie expérimentale ; Linguistique ; Philosophie

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):
Evolution du langage ; langage et action ; cognition incarnée ; développement et pathologies développementales ; raisonnement ; syntaxe ; sémantique ; pragmatique ; philosophie de l'esprit et du langage. Modèles mathématiques et informatiques pour le langage.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):
Développement (langage, communication, raisonnement, croyances), normal et pathologique (autisme). Psycholinguistique ; cognition incarnée. Raisonnement et culture.

NSCC UMR-CNRS 5020 Neurosciences Sensorielles, Comportement, Cognition (Dir. R. Gervais)

Discipline principale:
Neurosciences.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:
Psychoacoustique ; Neurosciences cognitives ; Neurosciences intégratives ; Neuropsychologie ; Psychologie cognitive ; Psychophysique ; Audiologie ; Physiologie.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):
Perception auditive et psychoacoustique ; Niveau de vigilance et perception (consciente vs. inconsciente et profondeur de traitement) ; cognition auditive (langage et musique) ; audiologie ; compréhension de la parole ; plasticité de privation et de remédiation auditive ; implants cochléaires ; malperception auditive (acouphènes – hyperacousie) ; troubles des apprentissages ; olfaction et émotion ; olfaction et mémoire ; olfaction et cognition.
Approches comportementales, neuropsychologiques, neuroscientifiques et modélisations (simulations).

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):
Variabilité de la représentation et expertise; plasticité induite et plasticité d'apprentissage ; émotions et mémorisation ; niveaux de conscience et profondeur de traitement ; Interaction audio-visuelle des analyses des scènes auditives, attention temporelle, cognition et intégration temporelle; la musique au service de la réhabilitation ; mémoire olfactive (déformations ; savoirs et croyances).

U821-INSERM Dynamique Cérébrale et Cognition (Dir. O. Bertrand)

Discipline principale:
Neurosciences.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:
Psychologie cognitive ; Neurosciences Cognitives ; Neuropsychologie ; Anatomie et psychophysologie du développement ; Neuroimagerie ; modélisation ; traitement du signal.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):

Comportement et neuroimagerie (sujets sains, patients neurologiques et psychiatriques) ; perception auditive et multisensorielle ; attention ; conscience ; sommeil (rêve) ; cognition sociale ; corrélats oscillatoires des processus cognitifs (gamma band) ; Neuroimagerie temps-réel.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):

Neuroimagerie (temps réel) ; rééducation perceptive et cognitive ; développement de marqueurs électrophysiologiques du fonctionnement cognitif dans les états de conscience altérée ; corrélats cérébraux et organisation fonctionnelle du rêve ; neuroimagerie et maturation cérébrale normale et pathologique ; interfaces cerveaux-machines (neurofeedback).

U846-INSERM Institut Cellules Souches et Cerveau (Dir. H. Kennedy)

Discipline principale:

Biologie - Neurosciences.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:

Biologie cellulaire et moléculaire (cellules souches) ; anatomie et architecture corticale ; chronobiologie ; neurosciences cognitives ; psychologie cognitive ; neuropsychologie ; psychologie expérimentale ; modélisation ; robotique.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):

Architecture corticale (description ; développement ; modélisation et impact computationnel) ; Fonctions exécutives (études primates-hommes) ; modélisation robotique ; langage et cognition incarnée.

Approche par modèles animaux, électrophysiologie et neuroimagerie singes-hommes, comportemental ; psychophysique.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):

Prodromes de la maladie de parkinson (modèles animaux ; diagnostic cognitif homme et animal ; modélisation ; remédiation cellulaire et cognitive). Microarchitecture corticale et computation. Modélisation des fonctions exécutives. Neuroimagerie Homme-Singe. Modélisation robotique du langage et de la cognition ; interactions robots-humains.

U864-INSERM Espace et Action (Dir. Y. Rossetti)

Discipline principale:

Neurosciences.

Autres disciplines présentes dans le laboratoire ou déclinaisons:

Psychophysique de la motricité et de la perception ; neuropsychologie et rééducation ; Modélisation.

Thématiques actuelles (en sciences cognitives):

Réseaux de contrôle moteur automatique et volontaire ; rééducation (motrice, perceptive et cognitive) ; adaptation visuo-motrice ; référentiels et réseaux de programmation visuo-motrice ; compétition ou facilitation multisensorielle ; simulation motrice pour la compréhension de la parole ; saccades et attention visuelle.

Thématiques fortes pour l'avenir (en sciences cognitives):

Saccades et constance spatiale ; mesure et rééducation du champ attentionnel ; simulation motrice pour la compréhension des gestes ; anticipation visuo-spatiale ; développement normal et pathologiques des praxies ; stimulation cérébrale et plasticité ; modèles animaux de l'intégration multisensorielle.

identification des thèmes porteurs

Les besoins de financement identifiés sont de deux ordres.

D'une part, ils concernent les recherches affichant clairement des enjeux sociétaux ancrés dans le champ de la santé, et qui peuvent s'inscrire dans des cadres épistémologiques et méthodologiques très variés. Un exemple est donné par les recherches portant sur la détection précoce de maladies neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson...) et l'évaluation des troubles cognitifs qui leur sont associés. De manière générale ces recherches appliquées, encouragées au niveau national, doivent continuer à être soutenues par des financements ANR.

Mais toute recherche appliquée repose sur des travaux à caractère fondamental qu'il est souvent beaucoup plus difficile de financer. Ceci est particulièrement vrai dans le champ des sciences cognitives – qu'elles concernent les domaines de la Psychologie, de la Linguistique ou des Neurosciences cognitives. C'est donc plus dans ces domaines de recherche que nous exprimons nos besoins, parce qu'ils nous semblent être moins favorablement soutenus dans le cadre des appels à projets publiés ces dernières années, et qu'ils correspondent pourtant à des stratégies essentielles à emprunter afin de faire émerger des savoirs fondamentaux et appliqués en Sciences et Technologies Cognitives. Ces recherches de caractère fondamental permettront ainsi d'acquérir les connaissances nécessaires afin de définir des recherches ultérieures avec des applications directes pour la société et la santé (e.g., adressant le vieillissement, l'éducation, la prise en charge et réhabilitation des patients et cas pathologiques) ainsi que des liens vers la technologie et les sciences de communication. Ces recherches avec retombées économiques et sociales pourraient faire objet des appels d'offres ultérieures. Afin de souligner l'importance et l'implication de ces recherches fondamentales, nous indiquons pour chacun des thèmes prospectifs ci-dessous les applications futures envisagées.

proposition de thèmes prospectifs

Huit champs d'investigation et de financement ont été définis à l'issue des débats qui ont animé cette journée de réflexion :

1. ETUDE DES DIFFERENTS NIVEAUX DE PERCEPTION

... en fonction des états de vigilance :

Effets de l'attention endogène (volontaire) et exogène (capture attentionnelle) .

La perception inconsciente et la perception dans des états de conscience altérée (sommeil, comas).

Sommeil et cognition.

↳ Applications futures : meilleurs diagnostic, pronostic et prise en charge des patients comateux et souffrant de troubles du sommeil.

2. INTERACTIONS ENTRE EMOTIONS ET REPRESENTATIONS COGNITIVES

Interactions émotion - perception et cognition incarnée : sujet sain.

Interactions émotion – perception/mémoire : dans le cadre du vieillissement normal et pathologique (maladies neurodégénératives) et dans le cadre de pathologies liées notamment au traitement des émotions (autisme, schizophrénie).

Bases innées et acquises de l'émotion olfactive.

↳ Applications futures: Modélisation des représentations cognitives et applications dans le domaine de la robotique. Prise en charge de patients souffrant de troubles de la mémoire (maladie d'Alzheimer) ; diagnostic et prise en charge de patients souffrant de troubles affectant le traitement des émotions (autisme, schizophrénie).

3. VARIABILITES INTER-INDIVIDUELLES

Du novice à l'expert (modifications induites par l'apprentissage).

Au cours de la maturation (développement, vieillissement normal et pathologique).

Étude de la variabilité typique.

Adaptation, plasticité, apprentissages implicites.

↳ Applications futures : tests permettant la détection précoce de déficits sensoriels et cognitifs ainsi que la définition des programmes de prise en charge, optimisation des apprentissages.

4. CULTURE ET REPRESENTATIONS MENTALES

- Variabilité culturelle ; multiculturalisme et cognition.
- Bilinguisme et plasticité de la perception du langage.
- Inter-culturalité et variabilité des représentations et stratégies cognitives.

↳ Applications futures : Développement des programmes favorisant l'intégration culturelle; promotion du multilinguisme.

5. APPRENTISSAGE, REEDUCATION ET REMEDIATION

Approches multisensorielles.

Multi-dimensionnalité, systèmes complexes (hors STIC MATH PHYSIQUE).

Plasticité de développement ; d'apprentissage et plasticité induite.

↳ Applications futures : création de programmes de rééducation et réhabilitation sensorielles et cognitives

6. METHODOLOGIE (hors ANR TecSan & PIRSTEC Temps réel) (peut être en lien avec Atelier n° 23 : Imageries cérébrales pour les sciences cognitives: bilans et enjeux, souligne la nécessité de développements dans les domaines de l'Imagerie, de l'électrophysiologie)

- Etude des connectivités.

Analyse spatio-temporelle avancée.

Fusion de modalités dans l'acquisition de signaux biologiques.

Marqueurs biologiques de la cognition

↳ Applications futures: Optimisation et amélioration des techniques de neuroimagerie.

7. STRUCTURE, COGNITION ET FONCTION

Rapports microstructures corticales et fonctions cognitives, computation, modélisation corticale.

Les fonctions cognitives latéralisées : acquisition ; développement ; plasticité et performances.

Bases neuronales et cognitives du traitement de l'organisation structurelle des informations (e.g., langages, mouvement, mathématiques, musiques)

↳ Applications futures : prise en charge de troubles développementaux, créations de programmes de rééducation et réhabilitation sensorielles et cognitives

8. MEMOIRE : FIABILITE et BIAIS

Contenu mnésique : savoirs ; croyances et biais.

Prise de décision et fiabilité du contenu mnésique.

Variabilité intra-individuelle des performances mnésiques.

↳ Applications futures: prise en charge de patients de troubles de la mémoire (maladie d'Alzheimer) ; meilleure caractérisation des démences et prise en charge des patients déments.

CJCSC'09 : Un regard jeune sur les problématiques d'avenir

Par Sébastien Crouzet

Compte Rendu de l'atelier PIRSTEC organisé dans le cadre du Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives 2009

Organisé tous les deux ans par la Fédération Nationale des Étudiants en Sciences Cognitives (FRESCO) en collaboration avec les associations locales d'étudiants en sciences cognitives, le CJCSC permet de promouvoir les Sciences Cognitives en France, d'animer cette communauté scientifique et de favoriser les rencontres entre jeunes chercheurs issus de toute la France. Après avoir été organisé à Bordeaux en 2005, puis à Lyon en 2007, le 8ème Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives s'est déroulé à Toulouse les 9, 10 et 11 juin 2009, à la Manufacture des Tabac. Le CJCSC constitue un formidable lieu d'échange scientifique, qui de par son caractère jeune et convivial favorise les interactions entre étudiants, jeunes chercheurs et chercheurs confirmés invités. C'est aussi l'un des rares événements nationaux en France à mettre en avant les Sciences Cognitives en tant que discipline scientifique. Il participe donc directement à la valorisation des Sciences Cognitives auprès des autres domaines scientifiques.

Cette année encore, cet événement a été un franc succès, avec une soixantaine de participants, onze conférenciers invités, dix-huit présentations orales et une trentaine de présentations affichées. Surtout, ces trois jours ont été l'occasion de multiples échanges et interactions entre les participants. Nous avons décidé d'orienter le colloque vers les approches originales en Sciences Cognitives, notamment les approches mettant en avant le rôle de l'action et de l'environnement.

Les trois jours de colloque ont couvert une grande partie des thématiques fortes en Sciences Cognitives, allant de la perception à la communication homme/machine, en passant par la mémoire ou le langage. Les différentes interventions ont aussi permis de démontrer l'intérêt de la pluralité des sujets d'étude, avec de nombreuses études portant sur l'humain mais aussi sur l'animal ou la machine.

L'atelier PIRSTEC à proprement parlé a eu lieu durant la dernière session du colloque. Celui-ci a été l'occasion d'une discussion ouverte impliquants tous les participants. La thématique majeure ayant émergée durant ce débat aura clairement été l'envie de pouvoir continuer à interagir, comme cela a été le cas durant ces 3 jours de colloques, avec des personnes ayant les mêmes objets d'étude (la perception, le code neural, la mémoire, etc) mais des compétences et une culture différentes (psychologie expérimentale, biologie, philosophie, mathématiques).

L'importance de l'interdisciplinarité dans les recherches en Sciences Cognitives constitue leur fondement. Cependant nous avons l'impression qu'elle n'est aujourd'hui pas assez mise en avant dans les projets de recherche français.

Ainsi, les formations en Sciences Cognitives en France, qui sont le garant de cette pluridisciplinarité au niveau individuel, semble être en perte de vitesse. Une des causes étant certainement la difficulté à trouver un emploi ensuite sur des postes académiques spécifiques à ces profils pluridisciplinaires. Ensuite, durant la thèse, les équipes de recherche étant souvent structurées autour des mêmes approches, la pluridisciplinarité parfois développée durant les années de formation a tendance à disparaître. Nous pensons donc qu'il serait

important de développer les stages et formations à des méthodes d'analyse et des approches différentes durant la thèse.

Ces formations enrichiraient le parcours du doctorant au niveau théorique mais aussi au niveau méthodologique. En effet, à l'heure où les outils d'analyse deviennent de plus en plus complexes, le fait de pouvoir se former à des outils nouveaux ne faisant pas partie de nos compétences initiales devient indispensable.

Dans le même ordre d'idée, le quotidien des jeunes chercheurs, du fait de l'organisation de la recherche en France, est désormais constitué d'une thèse de 3 ans (il devient très difficile de poursuivre en 4ème année avec un financement) puis d'un enchaînement de contrats à durée déterminés. Ce cadre ne laisse pas le temps de se former à des méthodologies différentes, et n'incite donc pas à un travail multidisciplinaire, qui est pourtant le fondement du domaine.

Une proposition concrète pourrait être de faciliter un stage durant la thèse qui permettrait au doctorant de rejoindre une équipe d'un domaine différent des Sciences Cognitives durant six mois. Ce stage pourrait prendre la forme d'une demande de bourse à laquelle les doctorants postulerait.

Cependant, un autre aspect particulièrement important est de d'inciter à la pluridisciplinarité dans les thématiques de recherche, notamment en favorisant les interactions. C'est ce que permet notamment le CJCSC, en permettant à des psychologues expérimentalistes, des biologistes, des mathématiciens et informaticiens de se retrouver autour des mêmes questions. Ces interactions sont donc primordiales car ces approches complexes nécessitent des compétences de plus en plus difficiles à acquérir par une seule et même personne. Ceci est très présent au niveau des jeunes chercheurs, tout d'abord à l'aide des formations de Sciences Cognitives, puis notamment grâce au CJCSC. Cependant, nous avons clairement le sentiment que cet aspect disparaît ensuite et que la majorité des équipes de recherches sont plus axées sur une approche que sur un objet d'étude. Il en est de même pour la grande majorité des conférences. Il est donc extrêmement important de continuer à promouvoir l'organisation d'événements multi-disciplinaires.

D. Axes transversaux :

Explicitation de l'expérience cognitive

Par Michel Bitbol et Claire Petitmengin

Synthèse des travaux de l'atelier PIRSTEC n° 30 :

Ce rapport a été rédigé par Claire Petitmengin, Michel Bitbol, Jean Vion-Dury et Béatrice Cahour avec la collaboration de l'ensemble des participants à l'atelier. Il synthétise les résultats de deux réunions de réflexion prospective sur les possibilités d'intégrer l'étude de l'expérience vécue dans les sciences et technologies cognitives. La première réunion, qui s'est tenue le 3 juin 2009 à l'ENST, s'est focalisée sur l'application des méthodes d'explicitation de l'expérience vécue à l'étude des usages des technologies et services. La seconde, qui s'est tenue le 4 juin 2009 au CREA, a été consacrée aux questions méthodologiques et aux applications des méthodes d'explicitation dans les domaines clinique et pédagogique. Ces journées ont tout d'abord permis aux participants de présenter leurs propres recherches dans ce sens : contextes, méthodes, apports et difficultés rencontrées, pistes d'approfondissement identifiées. Elles ont ensuite permis de dégager les axes de recherche fédérateurs qui sont présentés dans ce rapport. Celui-ci inclut également les contributions de quelques chercheurs qui n'ont pas pu participer à ces journées mais dont les travaux portent sur ces axes.

L'atelier a été organisé par le comité scientifique suivant :

Michel Bitbol (Directeur de Recherche au CNRS, co-directeur adjoint du Centre de Recherche en Épistémologie Appliquée, Paris)

Claire Petitmengin (Maître de Conférences à l'Institut Télécom, Chercheur associé au Centre de Recherche en Épistémologie Appliquée, Paris)

Jean Vion-Dury (Maître de Conférences - Praticien Hospitalier, Unité de Neurophysiologie et Psychophysologie, Pôle de Psychiatrie Universitaire, Hôpital Ste Marguerite, et Institut des Neurosciences Cognitives de la Méditerranée (INCM-CNRS 6193, Marseille)

Dorothee Legrand (Chercheur CNRS, Centre de Recherche en Épistémologie Appliquée, Paris)

Bernard Pachoud (Maître de conférences à l'Université de Paris VII, membre du Centre de Recherche en Épistémologie Appliquée, Paris)

Béatrice Cahour (Chercheur CNRS, LTCI UMR 5141, Telecom ParisTech, Paris)

Participants à la réunion du 3 juin :

Claire Petitmengin (CREA), Béatrice Cahour (CNRS Télécom ParisTech), Christian Blatter (SNCF R&D), Pascal Salambier (Université de Technologie de Troyes/ ICD-TechCICO, FRE 2848 CNRS), Carole Sève (Université de Nantes, UFR STAPS), Corinne Van de Weerd (INRS Nancy), Moustafa Zouinar (Orange Lab).

Six de ces participants appartiennent à des équipes membres du GDR 3169 (Psycho Ergo), GDR qui soutient cet atelier.

Participants à la réunion du 4 juin :

Michel Bitbol, Claire Petitmengin, Béatrice Cahour, Jean Vion-Dury, Bernard Pachoud, Dorothee Legrand, Natalie Depraz (Université de Rouen / CREA), Pierre Vermersch (CNRS), Eve Berger (responsable de formation à l'École de somato-psychopédagogie, Docteur en



sciences de l'éducation), Jacques Labiche (Université de Rouen / Laboratoire LITIS EA 4108), Maryvonne Holzem (Université de Rouen), Anne Rémillieux (doctorante en sciences cognitives), Thi Bich Doan (doctorante en sciences cognitives).

Autres chercheurs ayant contribué au rapport :

Michel Cermolacce (Psychiatre, CHU Marseille), Jean-François Forzy (Renault DREAM/DTAA), (à compléter)

Entreprises partenaires : SNCF, Renault, Orange

1. Expliciter l'expérience cognitive... un enjeu crucial

Depuis les années 1980, les techniques d'exploration cérébrale ont fait des progrès remarquables. La neuro-imagerie cérébrale notamment, permet de décrire l'activité cérébrale avec une résolution de plus en plus grande. Les données ainsi obtenues sont cependant ininterprétables en l'absence de toute référence à l'expérience vécue du sujet dont on observe ou enregistre l'activité : par exemple, qu'est-ce qui permet à l'expérimentateur de qualifier une aire cérébrale "d'auditive", si ce n'est l'observation d'une corrélation entre son activation, et la description par le sujet d'une expérience d'ordre auditif ? Tant que les investigations neuro-physiologiques restaient grossières, la référence à l'expérience vécue pouvait être négligée. Mais avec l'affinement croissant de ces techniques, cette référence à l'expérience vécue ne peut plus rester implicite. Car plus le grain d'analyse neuro-physiologique s'affine, plus le niveau de granularité de la description de l'expérience correspondante doit être fin. Or une description fine et rigoureuse ne peut être obtenue que par une enquête explicite. De plus, la recherche classique des corrélats neuronaux d'états mentaux, réalisée dans un souci de mieux comprendre le fonctionnement cérébral, fait une place de plus en plus grande à la recherche explicite des corrélats mentaux d'états neuronaux. Par exemple, de nouvelles méthodes d'analyse de la dynamique globale de l'activité cérébrale, ont permis de déceler des modifications subtiles de l'activité cérébrale quelques minutes avant l'irruption d'une crise d'épilepsie (Martinerie et coll., 1998; Le Van Quyen et coll., 2001). Ces modifications neuro-électriques correspondent-elles à des sensations ressenties par les patients ? Pour répondre à cette question, il est nécessaire de disposer d'une méthode permettant de recueillir une description fine de l'expérience vécue correspondante.

Les progrès des techniques d'investigation neuro-physiologique sont donc en train de susciter chez un nombre grandissant de chercheurs la prise de conscience de l'impossibilité d'une science de la cognition qui excluerait l'expérience vécue de son champ d'investigation. Plus généralement, les méthodes traditionnellement utilisées par les sciences expérimentales et cognitives permettent de recueillir des données observables ou enregistrables de l'extérieur, dites données "en troisième personne" : elles ne donnent pas accès à l'expérience vécue du sujet, qui reste invisible. Mais ne pas se donner des moyens d'accès rigoureux à ce que vit le sujet, selon lui, n'est-ce pas se priver d'une source d'informations essentielle ? Comment étudier par exemple un processus d'apprentissage ou de prise de décision en faisant abstraction des opérations que le sujet réalise mentalement, de ce qu'il voit, se dit et ressent intérieurement, informations qu'aucune méthode d'analyse des observables et des traces ne permet d'obtenir ? Cette question suscite à son tour celle de la légitimité même d'une science de la cognition qui excluerait l'étude de l'expérience vécue. Comment étudier un processus cognitif sans prendre en compte l'expérience vécue associée à ce processus ? Et surtout, comment étudier la conscience si le point de vue de l'être conscient manque ?

La mise au point de méthodes permettant de recueillir des données précises et rigoureuses "en première personne", c'est-à-dire exprimant le point de vue du sujet lui-même sur son expérience, est donc devenue un enjeu crucial pour les sciences cognitives. Se pose immédiatement la question de la validité de telles données "introspectives". De multiples critiques ont été adressées à l'introspection, depuis Auguste Comte contestant sa possibilité même ("Comment pourrais-je me couper en deux pour m'observer moi-même ?") jusqu'aux célèbres études de Nisbett et Wilson qui montrent l'absence de fiabilité des rapports verbaux naïfs. Entre temps, les résultats apparemment divergents des écoles introspectivistes du début du vingtième siècle ont jeté le discrédit sur les méthodes introspectives, et du coup

stoppé net les travaux de recherche sur l'introspection. Ces vingt dernières années ont cependant vu se développer en France et aux Etats-Unis plusieurs méthodes disciplinées de recueil de données en première personne tirant la leçon de ce discrédit. Mais ces méthodes sont encore peu connues et utilisées dans la recherche en sciences cognitives. Ce rapport dessine l'esquisse d'un programme de recherche fondé sur l'explicitation de l'expérience cognitive. Après avoir décrit dans une première partie les axes de recherche méthodologique, nous décrirons les applications possibles des méthodes d'explicitation dans les domaines clinique, pédagogique et technologique.

2. Axes de recherche méthodologique

Le premier axe de recherche porte sur les méthodes de recueil de descriptions en première personne et la validité des descriptions recueillies. Le deuxième axe est celui de l'analyse et de l'exploitation de ces descriptions. Le troisième axe est celui de l'articulation et de l'affinement mutuels des analyses en première et en troisième personne. Le quatrième est celui des fondements épistémologiques de l'introspection.

2.1 Méthodes de recueil de descriptions en première personne et validité des descriptions recueillies

Les chercheurs qui ont réellement et concrètement tenté de recueillir des descriptions de l'expérience vécue associée à un processus cognitif donné, ont rencontré d'importantes difficultés. Comme le prouve généralement la pauvreté des descriptions spontanées, décrire son expérience n'est pas une activité triviale, mais au contraire particulièrement difficile. Qui d'entre nous saurait décrire spontanément et précisément ses procédés de remémoration, de prise de décision, ou bien ses processus émotionnels ? Le fait de vivre ces expériences ne garantit pas un accès immédiat à la conscience réfléchie. De plus, curieusement, nous ne sommes pas conscients de cette déficience de conscience réfléchie. Notre expérience vécue étant ce qui nous est le plus proche, le plus intime, nous n'imaginons pas qu'un travail particulier soit nécessaire pour en prendre conscience, ce qui est le premier et le principal obstacle à la prise de conscience individuelle comme à l'élaboration d'une science de l'expérience vécue : pourquoi, en tant qu'individu, me mettrais-je en quête d'acquérir une conscience dont je ne sais pas qu'elle me manque ? Pourquoi, en tant que chercheur, me donnerais-je le projet de concevoir des méthodes permettant de développer une telle conscience ?

La principale raison de ce déficit de conscience réfléchie semble être l'absorption dans le contenu, l'objet, le "quoi" de notre activité, au détriment du "comment". Nous sommes un peu comme des personnes aveugles explorant un objet du bout de leur canne, dont l'attention est entièrement dirigée vers l'objet, ayant une conscience seulement indirecte ou transparente du contact et des variations de pression de la canne dans la paume de leur main. Dans nos processus mentaux comme dans nos processus émotionnels ou perceptifs, nous ne sommes pas ou peu en contact avec notre expérience immédiate : images et discours intérieurs, ressentis subtils qui nous servent de critères de décision... Comme les personnes aveugles, nous utilisons ces informations dans l'action, mais habituellement elles restent implicites ou pré-réfléchies.

L'entretien d'explicitation (Vermersch, 1994/2003) est une méthode qui permet de susciter leur prise de conscience et leur description dans le cadre d'un entretien, grâce à la médiation d'un interviewer expert utilisant un ensemble de procédés de guidage. Ces procédés permettent par exemple d'aider le sujet interviewé à stabiliser son attention, ordinairement très capricieuse, sur l'expérience particulière qui est explorée; à identifier et abandonner les croyances et représentations, explications et généralisations qui se substituent ordinairement à la description de l'expérience même; à réaliser un geste très particulier de présentification de l'expérience passée qui permet d'entrer en contact avec sa dimension pré-réfléchie et ses différentes facettes. Cette méthode d'entretien permet d'obtenir des descriptions d'un degré de granularité très fin, et de détecter des micro-processus auparavant inaperçus.

Nous avons identifié plusieurs deux voies d'approfondissement méthodologique des techniques d'entretien.

La première vise à préciser notre connaissance des processus d'accès à la conscience réfléchie et de description de l'expérience. Elle consiste à réaliser une étude métacognitive, avec les outils mêmes de l'explicitation, des différents moments et les différentes dimensions du processus de prise de conscience et de description lui-même. Il s'agit de décrire les opérations ou "gestes" intérieurs qui permettent d'entrer en contact avec son expérience ou de s'en couper, ceux qui permettent de présentifier une expérience passée, d'orienter son attention vers les différentes facettes de l'expérience... Les premiers travaux réalisés montrent une convergence : chacun de ces gestes semble constitué d'une succession déterminée d'opérations internes précises. Prendre conscience de son expérience n'est pas un événement aléatoire, mais un processus qui semble posséder une structure dynamique générique. Cette structure est encore une hypothèse qui reste à confirmer. Mais son existence pourrait avoir d'importantes conséquences méthodologiques et épistémologiques. La première est qu'en fournissant à tout chercheur une description de son processus de production, elle rendrait reproductible la description d'une expérience vécue, reproductibilité qui est le fondement de toute validation scientifique. L'existence d'une structure générique du processus de prise de conscience et de description permettrait par ailleurs de mieux évaluer la pertinence des procédés utilisés pour le susciter. Elle permettrait aussi la création progressive d'un vocabulaire partagé sur les méthodes en première personne, condition essentielle pour constituer une communauté de recherche dans ce domaine. Il est donc essentiel de poursuivre les recherches engagées dans cette direction.

Une voie d'affinement méthodologique complémentaire de la précédente est l'affinement des procédés (questions, relances) permettant de susciter les actes de prise de conscience et de description, notamment grâce à l'analyse en première personne des effets perlocutoires : quels effets produit une question, une relance, sur l'attention, les actes cognitifs et les états internes de l'autre, selon lui ?

On pourra également étudier en quoi les techniques dites d'auto-confrontation (consistant à recueillir les verbalisations des acteurs "remis en situation" à l'aide des enregistrements vidéo de ce qu'ils percevaient pendant l'activité) peuvent être éventuellement complémentaires des techniques d'explicitation. Par exemple, l'auto-confrontation peut-elle avoir un effet d'amorçage sur la présentification (ou évocation) de l'expérience passée que l'on cherche à expliciter et dans quelles conditions? En quoi ce recours façonne-t-il la façon de se rapporter au passé ?

2.2 Méthodes d'analyse d'un corpus de descriptions en première personne

Un autre axe de recherche méthodologique porte sur la phase qui suit le recueil de descriptions. Une fois les descriptions recueillies et transcrites, tout un travail de réorganisation, d'analyse et de formalisation est en effet nécessaire pour identifier la structure des expériences décrites, c'est-à-dire un réseau de relations entre catégories descriptives, indépendant du contenu expérientiel, et détecter d'éventuelles structures génériques, progressivement extraites des descriptions initiales grâce à une succession d'opérations d'abstraction. La structure diachronique de l'expérience correspondant aux étapes de son déroulement temporel, la structure synchronique de l'expérience correspondant à sa configuration à un instant donné (registres sensoriels utilisés, type d'attention mobilisé...). Ce processus délicat a pour l'instant été peu décrit et formalisé.

2.3 Articulation des analyses en première et en troisième personne

Les données en troisième personne peuvent prendre différentes formes - mesures ou enregistrements neuro-physiologiques, enregistrements vidéo des comportements – l'articulation de ces données avec les données en première personne étant différente dans chaque cas.

Tout d'abord, plusieurs projets ont montré que les analyses expérientielle et neuro-physiologique pouvaient se déterminer, se guider et s'enrichir mutuellement. L'utilisation d'une catégorie expérientielle comme critère d'analyse neuro-physiologique peut permettre de déceler une structure originale sur ce plan (Lutz, 2002), ce qui confirme en retour la pertinence de cette catégorie. Inversement la détection d'une structure neuro-physiologique

nouvelle peut permettre d'affiner la conscience de l'expérience correspondante (Petitmengin et al., 2007). Un axe de recherche essentiel consiste à mettre au point des méthodes rigoureuses de corrélation "neuro-phénoménologique" (Varela, 1996), en identifiant et en faisant varier les différents paramètres de corrélation :

niveau de généralité : la corrélation est-elle recherchée pour une occurrence ou pour un ensemble d'occurrences du processus cognitif étudié ?

dimension instigatrice : la recherche de corrélation est-elle initiée par l'identification d'une catégorie expérientielle ou par la détection d'une structure neuro-physiologique ?

mode de repérage (a priori ou a posteriori) de la variable expérientielle structurante : est-elle repérée a posteriori, par comparaison des descriptions recueillies après les expérimentations (Lutz, 2002), ou a priori et intégrée dans le protocole d'expérimentation, l'expérimentateur fournissant des instructions au sujet sur la manière de réaliser la tâche (Gallagher 2003) ?

caractère statique ou dynamique : recherche-t-on une corrélation entre les valeurs d'une catégorie expérientielle (par exemple l'état attentionnel du sujet) et les configurations (ou "signatures") neuronales associées, ou un homéomorphisme entre la dynamique expérientielle (par exemple l'intensification d'une sensation) et la dynamique neuronale (par exemple une augmentation progressive de synchronisation neuronale) ? Dans ce dernier cas, l'un des pré-requis de l'articulation neuro-expérientielle est la mise au point d'un formalisme unique (symbolique ou analogique) pour représenter les deux types de structure dynamique – neuro-électrique et expérientielle - afin de pouvoir les comparer, cette mise au point étant particulièrement délicate du côté expérientiel.

Les données "en troisième personne" peuvent aussi prendre la forme d'enregistrements vidéo des comportements (actions, gestes, mimiques, discours en situation), qui permettent dans certains cas de confirmer, enrichir, ou remettre en question la description en première personne.

Il semble enfin que l'analyse linguistique des rapports verbaux permette d'identifier des indices linguistiques précis du degré de contact du sujet avec son expérience. Les premiers travaux réalisés dans cette direction (Hendricks 2009) ouvrent donc une piste de recherche prometteuse vers une possibilité de validation en troisième personne des descriptions en première personne.

2.4 Epistémologie de l'introspection

Depuis le début du vingtième siècle et la réaction behavioriste, l'introspection est considérée comme une approche tellement peu digne de confiance qu'elle est quasiment bannie de la psychologie et des sciences cognitives. En même temps, nous avons déjà signalé qu'elle est utilisée de facto, bien que sur un mode mineur, par ces disciplines qui ne peuvent pas complètement s'en passer. Un axe de recherche consiste dans ces conditions à évaluer si des biais méthodologiques et des préjugés épistémologiques n'ont pas conduit à écarter prématurément l'introspection de l'outillage de la psychologie cognitive, et si un nouveau départ ne peut pas être pris dans un contexte épistémologique plus moderne.

Un examen de l'histoire des écueils et des objections qui ont émaillé la psychologie introspectionniste conduit à identifier l'obstacle majeur : c'est la prégnance d'une théorie de la connaissance représentationnaliste et dualiste, empruntée à la physique classique. De l'extrapolation de cette théorie de la connaissance traditionnelle découlent : (1) une définition contestable de l'introspection comme observation d'événements intérieurs, (2) des objections classiques sur la régression à l'infini induite par la séparation entre sujet et objet d'introspection, ou sur la perturbation du processus psychique induit par son observation voire sa description verbale, (3) une norme de vérité-correspondance inaccessible à l'investigation introspective, et (4) une clause d'objectivité-détachement qui exclut par principe un domaine d'investigation aussi intime que l'expérience en première personne.

A contrario, la mise en œuvre d'une théorie de la connaissance non-dualiste et non-représentationnaliste comme celle que favorise la réflexion sur la physique quantique peut permettre de lever l'ensemble de ces obstacles :

Dans l'étude de l'expérience en première personne, comme en physique quantique, le phénomène n'est pas séparable de ses conditions de manifestation ;

Dans l'étude de l'expérience en première personne, comme en physique quantique, le non-détachement des phénomènes exige des méthodes particulières d'objectivation, que l'on peut qualifier de "deuxième instance" (par opposition à l'objectivation de première instance que réalise la perception des corps dans l'espace). Ces méthodes comprennent un double mouvement de descente et de montée :

descente vers un niveau interprétatif minimal pour les "faits" expérimentaux, ou vers un domaine résultant d'une forme de "réduction phénoménologique" pour l'étude de l'expérience (voir § 2.1)

montée a posteriori vers un niveau d'invariance maximale qui, pour la physique quantique, est d'ordre probabiliste, et pour l'expérience d'ordre structural (voir § 2.2)

Dans l'étude de l'expérience en première personne, comme en physique quantique, la recherche d'un mode de validation des connaissances par "correspondance" avec leur objet ne peut même pas s'appuyer sur une stratégie du comme si au sens de Kant. Elle est donc nécessairement reconduite à des tests de cohérence élargie, de type pragmatique.

Le développement et l'amélioration de méthodes d'accès aux dimensions pré-réfléchies de l'expérience vécue, comme l'entretien d'explicitation, passent par la pleine réalisation de ces enjeux épistémologiques, et par leur rétro-action sur les procédés employés.

3. Pistes d'application des méthodes d'explicitation cognitive

Grâce aux méthodes d'explicitation, de nombreux processus et expertises cognitives pourraient être étudiés jusque dans leur dimension corporelle, sensorielle (notamment intermodale), et émotionnelle - dimensions particulièrement implicites et non accessibles en troisième personne - et être ainsi éclairés d'une lumière nouvelle. Le champ d'investigation couvre les processus perceptifs, attentionnels, intersubjectifs, les processus de mémorisation, de constitution, de compréhension et de transmission de sens, de création, de résolution de problème et prise de décision... Nous nous intéresserons tout particulièrement à l'utilisation des méthodes d'explicitation dans les domaines clinique, pédagogique et technologique, où nous avons identifié trois thèmes de recherche transversaux :

En quoi l'explicitation de l'expérience cognitive peut-elle faciliter la conception d'outils, qu'ils soient thérapeutiques, pédagogiques ou technologiques ?

En quoi l'explicitation de l'expérience cognitive peut-elle aider à évaluer de tels outils (l'efficacité d'un traitement thérapeutique, l'utilité d'un dispositif éducatif, l'acceptabilité d'une technologie) ?

Quel est l'effet de l'explicitation de l'expérience cognitive ? La prise de conscience de son expérience vécue peut-elle être transformative ? A-t-elle un effet amplificateur (par exemple des émotions) ?

3.1 Domaine clinique

Dans le domaine de la clinique (notamment en neurologie et en psychiatrie), les techniques d'explicitation de l'expérience cognitive comportent deux applications essentielles portant sur a) l'amélioration des procédures de diagnostic ou de traitement, b) l'explicitation du vécu du médecin

a) Sur le plan diagnostique et thérapeutique

La stricte position objective revient d'une certaine manière à méconnaître voire à dénier le vécu de la maladie. C'est tout particulièrement vrai, par exemple, dans le cas du syndrome subjectif du traumatisé crânien léger ou modéré, pour lequel l'essentiel des symptômes est de l'ordre du vécu subjectif, alors que les examens d'imagerie sont normaux. Des entretiens d'explicitation en situation pathologique pourraient permettre une prise de conscience beaucoup plus fine par le médecin de l'état du patient que les tests neuropsychologiques. Symétriquement, grâce à une telle démarche, le patient lui-même pourrait apprendre à mieux connaître sa maladie. Complétant ou prolongeant les méthodes actuelles de remédiation

cognitive, l'explicitation de l'expérience vécue dans des situations emblématiques ne peut que faciliter le contournement ou le dépassement des blocages.

Les méthodes en première personne pourraient permettre d'évaluer l'efficacité thérapeutique des traitements pharmacologiques (notamment en psychiatrie) non par le seul inventaire des symptômes, ou par un questionnaire sur la qualité de vie, mais par une explicitation de la modification de l'expérience vécue du patient : par exemple, avant et après traitement, quel a été le vécu d'une situation similaire (comme l'arrivée d'une personne, le repas, la toilette) ? Cela permettrait d'étudier l'effet du traitement sur le quotidien du patient et sur sa manière de se sentir dans le monde qui l'entoure. Ceci pourrait aussi être appliqué à d'autres protocoles thérapeutiques comme ceux de la cardiologie ou de l'endocrinologie, par exemple.

Dans la schizophrénie, qui entraîne une remise en cause du vécu quotidien, le plus souvent dans une hyper-réflexivité pathologique, les entretiens d'explicitation pourraient dans certains cas permettre de mieux cerner les troubles de la balance réflexif - pré-réflexif. Il existe en effet peu d'outils dans ce domaine pour évaluer cette balance et ses anomalies.

Dans le contexte de la paraclinique, il s'agit de faire converser en médecine ce qui relève de l'observation paraclinique en troisième personne et ce qui relève des compte-rendus en première personne. Ce point intéresse particulièrement la finesse de l'interprétation des examens de neurophysiologie (EEG potentiels évoqués), en particulier dans le domaine de la psychiatrie. Les modifications de l'EEG par exemple correspondent-elles à une perception et à un vécu modifiés d'un stimulus (ou d'une situation) constant(e), ou est-elle indépendante de ce stimulus ? Ceci pourrait s'appliquer à d'autres domaines comme l'exploration des pathologies cardiaques.

Les techniques d'explicitation de l'expérience cognitive pourraient être utilisées pour l'éducation à la santé. Elles pourraient faciliter le dépistage et la prévention, non par des campagnes abstraites, mais par l'éducation à la perception de son propre corps. Dans quelle mesure la prévention, le diagnostic et le traitement d'une pathologie peuvent-ils être facilités par la prise de conscience précoce de ses symptômes ? Comment une telle conscience corporelle peut-elle être éduquée ? Ceci pourrait être particulièrement utile dans le contrôle des addictions (notamment l'obésité et le jeu).

b) L'explicitation du vécu du médecin

L'impact de la pratique de l'explicitation de son propre vécu par le médecin sur la relation thérapeutique pourrait probablement très importante. L'analyse de ce qui se passe pour lui, de manière pré-réflexive, pendant un moment de soin, une rencontre avec le patient, ou encore lors de l'annonce d'un diagnostic de maladie grave ou mortelle, pourrait amener le soignant à prendre conscience de ce qui est en jeu dans le colloque singulier, et à mieux comprendre la nature de ses réactions et la manière dont elles participent à l'échec ou à la réussite de la relation ou du moment thérapeutique.

Exemple concret d'application de l'explicitation cognitive : la thérapie cognitive de l'épilepsie (à compléter)

3.2 Domaines de l'enseignement et du transfert de connaissances (à compléter)

Les applications potentielles de l'explicitation cognitive dans ces domaines sont considérables. Ces techniques sont déjà utilisées dans l'enseignement primaire, la formation pour adultes, l'analyse de pratiques, le retour d'expérience, mais un travail de recherche systématique reste à réaliser, notamment autour des axes suivants :

- L'effet de l'explicitation sur le sujet apprenant : dans quelle mesure la prise de conscience réfléchie de l'expérience vécue associée à un processus cognitif donné (procédés implicite de lecture, d'écriture, de mémorisation, de remémoration, de calcul...) permet-elle de le transformer, de le perfectionner ? En quoi la prise de conscience de sa propre manière d'apprendre permet-elle d'améliorer le processus d'apprentissage (Balas-Chanel, 1998) ? La prise de conscience est-elle suffisante ? Si non, par quoi doit-elle être complétée ?

Le transfert ("internalisation" ou "implication") d'expertise cognitive implicite : quels types d'expertise peuvent-ils être transmis ? Sous quelles conditions est-il possible de s'approprier une expertise implicite, et quel rôle joue l'explicitation de cette expertise dans ce processus

d'appropriation ? Comment s'articulent l'apprentissage par observation / imitation et l'apprentissage par explicitation ?

Comment identifier le niveau de granularité de description qu'il est pertinent d'atteindre, en fonction du type de processus décrit et de l'objectif poursuivi : perfectionner un processus cognitif ou faciliter le transfert d'une expertise cognitive ? Sous quelle forme les connaissances implicites doivent-elles être représentées (textuelle, graphique...) pour faciliter leur appropriation ?

L'utilisation de l'explicitation cognitive dans l'enseignement pourrait avoir d'importantes conséquences pédagogiques. En amenant les apprenants à entrer en contact avec leur expérience, et à prendre conscience de processus cognitifs habituellement occultés, l'explicitation cognitive pourrait contribuer à promouvoir un enseignement qui consisterait non seulement à transmettre des contenus conceptuels et discursifs de connaissance, mais aussi à développer la capacité d'apprendre à apprendre ou de trouver la solution d'un problème.

3.3 Domaine des technologies et services

Dans le domaine des technologies de l'information, de la communication et de la connaissance, les méthodes d'explicitation cognitive représentent un outil essentiel pour la conception et l'évaluation de nouvelles technologies. La conception de nouvelles technologies et de nouveaux services nécessite en effet, pour qu'ils soient pertinents et adaptés aux utilisateurs, une description fine de ce que ces derniers font, pensent et ressentent en situation d'interaction avec ces dispositifs. Or une grande partie de cette activité et de ce vécu n'est pas décelable par la seule observation du comportement des sujets ou par l'enregistrement de leurs réactions physiologiques. C'est le cas de nombreux processus cognitifs (intentions, inférences...), mais aussi de sensations (présence de l'interlocuteur, perte de contrôle...) et de mouvements émotionnels (doute, inquiétude...) vécus pendant l'utilisation du dispositif. La description de ce vécu, en renseignant sur la façon dont le sujet s'approprié ou non le dispositif, permet d'évaluer et de concevoir l'outil ou le service dans le respect de ses besoins et désirs, et de sa sécurité. Les méthodes d'explicitation cognitive ont déjà montré leur efficacité dans les contextes suivants :

Interactions médiées par des nouvelles technologies de communication

Les méthodes en première personne permettent de mieux comprendre en quoi le rapport du sujet à l'espace, à autrui et à sa propre action, est transformé lorsqu'il est médié par une technologie. Notamment, que se passe-t-il lorsqu'une technologie instaure une distance corporelle dans la communication, lorsque le corps de l'autre est éloigné ou absent, (communication téléphonique, courrier électronique, enseignement à distance, colloques enregistrés, jeux de rôle sur Internet) ? Et comment faire pour compenser éventuellement l'absence du corps ? Les méthodes d'explicitation cognitive ont ainsi permis de déceler : dans le cadre de visioconférences mobiles, un sentiment de frustration dû à la perte de contrôle de l'exploration visuelle de l'environnement; dans le cadre de téléconférences à trois, un sentiment d'isolement parfois aigu ou d'inquiétude quant à ce qu'il advient du "tiers silencieux" (un participant muet et invisible); dans le cas de situations de réalité virtuelle ou mixte, une désorientation spatiale due à la perception d'un décalage entre la perception et l'action, et une perturbation du sentiment d'engagement dans l'activité et du sentiment de présence dus à la distanciation qui s'opère; enfin, pour certains utilisateurs de messagerie électronique, un phénomène de dispersion et de surcharge cognitive.

Recherche d'information sur le web ou dans des bases documentaires

L'explicitation cognitive permet de documenter les stratégies de recherche, les frustrations, les incompréhensions et les motivations qui sous-tendent le choix du mode de navigation, ainsi que le rapport qui s'établit entre l'ordinateur proximal et la zone distale de ce qui est exploré, tous phénomènes difficilement accessibles par le biais d'observations ou de traces.

Conduite automobile et systèmes d'aide

En conduite automobile, la gestion de la multi-activité et de l'attention dispersée sur de multiples sources d'information peut être une source d'inconfort et de risque pour les conducteurs, notamment seniors. Les techniques d'explicitation permettent de préciser comment ils gèrent ou sont débordés par les sources d'attention multiple qui les sollicitent, et de concevoir des systèmes d'aide adaptés (par exemple régulateurs de vitesse, line keeping).

Relation de service et services automatisés

Les nouveaux services et la relation client-agent peuvent aussi être évalués et transformés de façon très fine à l'aide de l'explicitation : comment, par exemple, le client se sent compris et soutenu, comment l'agent adapte et gère sa relation au client, comment le client ressent le service automatisé.

De manière générale, les méthodes d'explicitation cognitive permettraient de comprendre plus finement la manière dont les technologies transforment nos processus socio-cognitifs, dans de nombreux contextes professionnels, pédagogiques ou privés, afin d'accompagner cette évolution de manière pertinente, et d'identifier et prévenir les risques possibles.

Conclusion

Les méthodes d'explicitation de l'expérience cognitive sont non seulement des méthodes nouvelles, mais des méthodes dont l'utilisation dans la recherche scientifique marque une rupture culturelle. Il est donc crucial de se donner les moyens :

d'évaluer la validité des données en première personne, en s'appuyant non sur des arguments abstraits a priori, traduisant une méconnaissance de la pratique de l'introspection, non sur l'analyse de descriptions de novices non entraînés à cette pratique, mais sur une étude rigoureuse de la pratique disciplinée des actes introspectifs;

d'étudier précisément les conditions de possibilité et les modes d'articulation et d'affinement mutuel des analyses en première et en troisième personne;

de comprendre le changement de position épistémologique que représente l'utilisation explicite de données en première personne dans les sciences cognitives, et en quoi ce changement traduit une rupture plus profonde qui concerne aussi les sciences de la nature.

Ces prérequis méthodologique et épistémologique, en rendant possible l'intégration d'une étude disciplinée de l'expérience vécue dans les sciences cognitives, permettraient d'affiner notre compréhension de nos processus cognitifs et d'ouvrir de nombreuses voies de recherche dans les domaines clinique, pédagogique et technologique.

Bibliographie (à compléter)

Balas-Chanel, A. (1998), *La prise de conscience de sa manière d'apprendre : de la métacognition implicite à la métacognition explicite*, thèse en Sciences de l'éducation de l'Université de Grenoble

Cahour B., Brassac C., Vermersch P., Bouraoui J.L., Pachoud B., Salembier P. (2007). Etude de l'expérience du sujet pour l'évaluation de nouvelles technologies; l'exemple d'une communication médiée, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2007/1

Gallagher, S. (2003), "Phenomenology and experiential design", *Journal of Consciousness Studies*, 10(9–10), 85–99.

Hendricks, M. (2009), "Experiencing Level: An instance of developing a variable from a first person process so it can be reliably measured and taught", *Journal of Consciousness Studies*, 16, 10–11, in press

Le Van Quyen M., Martinerie J., Navarro V., Boon P., D'Havé M., Adam C., Renault B., Varela F., Baulac M. (2001a), "Anticipation of epileptic seizures from standard EEG recordings", *Lancet* 357, 183-188

Lutz A. (2002), "Toward a Neurophenomenology of generative passages: a first empirical case study", *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1:133-167

Martinerie J., Adam C., Le Van Quyen M., Baulac M., Clémenceau S., Renault B., Varela F. (1998), "Epileptic seizures can be anticipated by non-linear analysis", *Nature Medicine* 4, pp. 1173-1176

- Petitmengin C. (2006), "Describing one's subjective experience in the second person. An interview method for a science of consciousness", *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 5, 229-269
- Petitmengin C. (ed) (2009), *Ten Years of Viewing from Within* (London: Imprint Academic), in press
- Petitmengin C., Navarro V., Le Van Quyen M. (2007), "Anticipating seizure: Pre-reflective experience at the center of neuro-phenomenology", *Consciousness and Cognition* 16, 746-764
- Petitmengin C. and Bitbol M. (2009), "The validity of first-person descriptions as authenticity and coherence", *Journal of Consciousness Studies*, 16, 10–11, in press
- Varela F. (1996) "Neurophenomenology: A methodological remedy for the hard problem", *Journal of Consciousness Studies*, 3: 330-35
- Varela F.J. and Shear J. (1999), 'First-person methodologies: What, Why, How?', in *The View from Within. First-person approaches to the study of consciousness*, ed. F.J. Varela and J. Shear (London: Imprint Academic), 1–14
- Varela F. J. and Shear J. (ed) (1999), *The View from Within. First-person Approaches to the Study of Consciousness* (London: Imprint Academic).
- Vermersch P. (1994/2003), *L'entretien d'explicitation* (Paris: Éditions ESF)
- Vermersch P. (2009), "Describing the practice of introspection", *Journal of Consciousness Studies*, 16, 10–11, in press

Autres Contributions libres

Les contributions libres peuvent être consultées à l'adresse
<http://pirstec.risc.cnrs.fr/ressources>

Ce que la cognition peut apporter à la compréhension de pathologies psychiatriques, et quels sont les verrous à lever ?

Proposé par Anne Giersch

Modéliser les "états" de santé pour compléter la recherche interdisciplinaire

Proposé par Marika Bouchon

Développer et disséminer les technologies des sciences cognitives

Proposé par Charles Tijus

Contribution du LEACM (LEACM -CRIS -E.A. 647-ISH)

Proposé par Robert Martin

Contribution autour du domaine de la compréhension de textes

Proposé par Amal Guha

Sciences cognitives et psychopharmacologie

Proposé par Anne Giersch

Objets intelligents: capacités d'auto initiation, support environnemental et action

Proposé par Denis Brouillet

A future for systems and computational neuroscience in France?

Proposé par Yves Fregnac

Travail collaboratif : quand, et comment?

Proposé par Bachira TOMEH

Les acteurs de la cognition à Grenoble

Proposé par Jean-François Le bas