

Consortium 5 : « Formation manuelle, technique, technologique et numérique »

RAPPORT final - Août 2023

ANNÉE 7



Barrier, Thomas (ULB)

Dahmouche, Hichem (ULB)

François, Caroline (HE2B)

Hernalesteen, Alyson (UNamur)

Housiau, Anne-Cécile (UMONS)

Skilbecq, Philippe (HE2B)

Vermeulen, Valérie (ULB)

1 Introduction

Le travail du consortium 5, dans sa septième année, a consisté en la poursuite du travail d'identification, d'analyse critique et de validation d'un certain nombre de dispositifs disponibles, construits en lien avec des recherches en éducation. Il s'est agi également d'élaborer quelques dispositifs à partir de constats émis par le consortium.

Nous souhaitons aussi porter une attention aux dispositifs qui permettent de couvrir les besoins du référentiel identifiés par différentes cartographies fiches-référentiels et/ou des dispositifs destinés aux premières années du tronc commun.

Dans ce rapport, nous présenterons les différents projets de conception et de validation de dispositifs réalisés cette année par le consortium 5 et des perspectives de travail pour l'année 8. Des annexes sont également disponibles afin d'approfondir certains contenus exposés brièvement dans ce rapport. Les « fiches 1 » et les canevas de validation rédigés cette année sont joints à ce rapport.

2 Projets de validation des chercheurs

2.1 Construire un lombricomposteur : mode d'emploi

Ce projet avait pour objectif l'élaboration et l'analyse d'une séquence pour le référentiel FMSTN, avec pour projet la construction d'un Lombricomposteur en tant qu'objet technique. L'enjeu était de construire et de tester cette séquence avec l'aide d'une enseignante, en P4, afin de pallier le manque de ressources disponibles sur e-classe.

L'étude exploratoire visait à observer comment les enseignant·e·s et élèves s'emparent de cette matière, en travaillant plus particulièrement les aspects « Matières et Matériaux » et « Objets Technologiques », tout en gardant une attention aux enjeux environnementaux. Le lombricomposteur était aussi une opportunité pour envisager un projet qui pourrait continuer d'année en année et rejoindre aussi des attendus liés à la P5 (Techniques de Culture), ainsi qu'à la P6 (Trier des déchets recyclables, compostables, etc.). Cette séquence peut également être mise en relation avec le thème « Alimentation » travaillé en P4, avec la réalisation de recettes qui produisent souvent des « déchets ». Ces derniers peuvent alors être considérés comme une ressource utile au fonctionnement d'un lombricomposteur (ou d'un compost). Ceci rejoint les intentions du référentiel pour la valorisation des déchets (p. 39). Enfin, il était important de voir

s'il était possible d'établir des moments pluridisciplinaires durant ce dispositif, notamment en sciences et en français.

Cet essai montre des résultats prometteurs, suite à sept semaines d'observation de la séquence, avec un suivi sur le long terme. Le processus de cette étude exploratoire, réalisée en fonction des intentions du Pacte et du référentiel, est détaillé dans l'annexe A de ce rapport.

Une ressource finale a été réalisée suite à cet essai sur le terrain, en bénéficiant du retour de l'enseignante, mais également d'autres participant.e.s (Responsable Compost Collectif, ASBL Worms). [Cette ressource est disponible sous format PDF](#), en accès libre.

2.2 Sans demi-mesure (construction raisonnée d'une balance à plateaux et extension aux mobiles de Calder)

Il s'est agi de la construction et de l'analyse d'une séquence de techno-sciences portant sur la construction d'une balance à plateaux. C'est le domaine « objet technologique » du référentiel FMTTN qui est visé ainsi que diverses visées annuelles, en particulier celle de la « créativité » ou plus largement les visées transversales « développer la créativité et l'esprit d'entreprendre » et « apprendre à apprendre ». Nous visions également le travail de diagnostic comme volet des technologies, en cas de dysfonctionnement de l'objet construit. Enfin, plusieurs attendus du Pacte ont été rencontrés (O.S 1.2, 1.5 et 1.7).

Le projet a été mené conjointement avec le consortium 4 afin que cette séquence centrée sur la technologie (niveaux P4-P6) croise avec les attendus scientifiques, en particulier pour le concept de forces.

Les essais en classe montrent des résultats intéressants. Nous avons pu observer dans une classe la réalisation de mobiles de Calder, ce qui n'est bien entendu pas la réalisation d'une balance à plateau, mais qui peut être un indice de l'entrée des élèves dans une démarche FMTT mobilisant les principes des leviers. Les limites identifiées ont permis la réalisation d'une ressource finale. [Celle-ci est proposée sous la forme d'un PDF](#). Elle comporte une série d'aides et de points de vigilance didactiques pour accompagner la mise en œuvre de la séquence. L'annexe B rend compte plus longuement du processus ayant conduit à la production de la ressource. Nous remettons également un « canevas 2-3 » et une « fiche 1 ».

2.3 Validation du premier guide *techno-sciences*

Lors de l'année 6 de nos travaux, un guide portant sur l'enseignement des technologies avait été élaboré comme réponse à une confusion fréquente entre les disciplines « sciences de la nature » et « technologies », souvent au détriment de l'enseignement des technologies. À travers ce guide, il s'agissait de faire un bref point sur les distinctions et complémentarités entre les deux disciplines d'un point de vue historique et didactique ; nous proposons également une reprise particulière de ressources déjà recensées par le consortium afin de faciliter le travail techno-sciences conjoint lorsqu'il est possible.

Pour cette année, nous avons mis à l'épreuve ce guide auprès de praticiens de l'enseignement primaire (enseignants, formateurs, etc.) lors de deux focus-groups. Nous souhaitons comprendre les difficultés que leur posent sept intentions de ce guide. Grâce aux informations obtenues lors de ce processus de validation, nous avons mis à jour le guide afin de l'améliorer. Le détail de cette validation et de cette mise à jour est disponible à l'annexe C. Précisons que la référence au dispositif « [Sans demi-mesure](#) » a été introduite à cette occasion.

[Cette mise à jour est disponible](#) avec la remise du rapport final. Le canevas 2-3 lié décrit également le processus de validation réalisé.

2.4 Création et validation du dispositif : “Utiliser un logiciel de traitement de texte”

La cartographie réalisée lors de l'année 6 met en évidence des contenus d'apprentissages non couverts dans le volet numérique pour lesquels il n'existe pas ou peu de ressources.

Dans un premier temps, nous avons choisi de créer un dispositif d'apprentissage développant les attendus prescrits dans le référentiel FMTTN pour le champ “création de contenus” en ce qui concerne l'utilisation d'un traitement de texte en quatrième primaire.

Pour consulter le dispositif, cliquez [ici](#).

Ce dispositif s'articule en 5 séquences reposant sur des concepts tels que la classe inversée, l'utilisation de tablettes en contexte d'apprentissage, le jeu ainsi que le recours aux capsules vidéo.

- Afin d'évaluer le niveau initial de connaissances des élèves quant à l'utilisation d'un traitement de texte, une évaluation diagnostique (prétest) leur est administrée. Elle porte sur les attendus prescrits dans le référentiel FMTTN relatifs à l'utilisation d'un traitement de texte dans le domaine de la création de contenus. Les apprenants sont informés du fait

que cette même évaluation sera réitérée en fin d'apprentissage (posttest) afin de favoriser leur motivation.

Ensuite, un brainstorming est organisé afin de faire émerger les notions éventuellement déjà connues par les apprenants au sujet de l'utilisation d'un traitement de texte.

Dans le but d'initier et de développer les savoirs prescrits dans la FMTTN relatifs au vocabulaire spécifique au traitement de texte ainsi que les icônes principales de l'interface d'un logiciel de ce type, un jeu est proposé aux apprenants. Ils doivent collaborer au sein de groupes de 3 ou 4 pour résoudre un *escape game* composé de 8 missions. Pour clôturer cette première séquence, les apprenants sont invités à prendre connaissance d'une capsule vidéo à domicile dont le contenu leur permettra de résoudre des missions lors de leur retour en classe.

- En seconde séquence, les apprenants seront confrontés, en binôme, à 3 missions pour lesquelles ils devront utiliser le logiciel de traitement de texte de manière progressive.
- La troisième séquence est consacrée à l'insertion d'images dans un document créé avec un traitement de texte toujours grâce à des missions évolutives à effectuer en binôme.
- Lors de la quatrième séquence, les élèves devront réaliser un autoportrait sous la forme d'un texte continu de 500 caractères maximum en respectant les contraintes d'écriture imposées. Ils devront également y insérer leur propre photo. Une grille d'auto évaluation est prévue pour les élèves.

L'objectif de cette activité est de rassembler tous les autoportraits, de les lire à voix haute afin d'identifier son auteur. La vérification se fera aisément grâce à la photo.

Pour chaque séquence, des outils de différenciation sont prévus sous forme d'indices, de banque de mots, d'illustrations et de capsules vidéo consultables librement par les apprenants. Les documents mis à disposition sont adaptés aux DYS.

- La dernière séquence est consacrée à l'évaluation. Comme annoncé en début d'apprentissage, le test diagnostique est à nouveau proposé aux apprenants pour que ces derniers puissent prendre conscience de leur évolution.

Une production individuelle leur sera également demandée pour laquelle ils devront écrire le portrait d'un élève de la classe en respectant les mêmes contraintes que pour la séquence 4. Une grille d'évaluation est prévue pour l'enseignant.

L'étude quasi-expérimentale relative à ce dispositif a été réalisée du mois de mars 2023 au mois de mai 2023. L'objectif de cette étude est de valider le dispositif technopédagogique décrit ci-avant.

Dans un premier temps, une étude quantitative est menée afin de déterminer si ce dispositif a un impact significatif sur la progression des performances globales des apprenants.

Cette étude quantitative se structure en trois parties. La première est consacrée au calcul du gain relatif (Gérard, Braibant & Bouvy, 2006) qui permet de révéler un éventuel impact effectif sur la progression des performances globales des apprenants. La seconde porte sur l'hétérogénéité de la classe afin de déterminer si le dispositif, créé en tenant compte des différenciations possibles à mettre en place, tend à réduire les différences entre les élèves. La dernière partie tente de mettre en lumière une éventuelle différence de progression de performances globales entre les groupes au regard de la question de genre.

Ensuite une étude qualitative structurée en deux phases a été réalisée. La première interroge les élèves au sujet de leurs perceptions concernant le dispositif pédagogique mis en place. La seconde consiste à identifier une tendance d'évolution des perceptions des élèves selon leur genre.

L'analyse des différentes données récoltées lors de la quasi-expérimentation du dispositif technopédagogique "Apprendre à utiliser un traitement de texte" montre que celui-ci a un effet d'apprentissage. Une progression importante des performances globales des élèves, quel que soit leur genre, quant à la création de contenus avec un logiciel de traitement de texte dont les attendus sont précisés dans le référentiel FMTTN (FWB, 2022) a été constatée. Nous avons également observé que le taux d'hétérogénéité, initialement modéré pour les filles et faible pour les garçons, présente une tendance à la diminution globale. Cependant, cette réduction est plus importante pour le groupe des filles pour lequel ce taux est considéré comme faible après l'administration du dispositif. Ceci permet également de statuer sur le fait que les phases de différenciation proposées permettent de réduire les écarts entre les performances des élèves.

Pour suivre, nous avons analysé les performances globales des élèves au regard de la question du genre. Le traitement statistique appliqué révèle qu'il n'existe aucune différence de performance selon le genre des apprenants.

Ensuite, la perception des apprenants à l'égard de ce dispositif est positive. L'usage de vidéos en contexte d'apprentissage, la manipulation de tablettes, l'escape game proposé et le travail en équipe ou binôme sont, selon les apprenants, source de motivation, de plaisir et d'apprentissage.

Enfin, nous avons pu observer que le dispositif technopédagogique permettait au groupe des filles de faire évoluer positivement leur sentiment de compétence quant au domaine du numérique. Pour le groupe des garçons, le dispositif leur a permis de l'ajuster.

Nous pouvons donc affirmer que cette étude permet de valider le dispositif "Apprendre à utiliser un traitement de texte (Word) en quatrième année primaire".

2.5 Création du dispositif : Collaborer dans un espace numérique

Nous avons pour ambition de créer un dispositif d'apprentissage développant les attendus prescrits dans le référentiel FMTTN pour le champ "communication et collaboration" en ce qui concerne la collaboration sur un contenu numérique pour les élèves de cinquième année primaire. Malheureusement, ce dispositif n'a pas pu voir le jour par manque de temps. Sa création ainsi que sa validation sont reportées à l'année académique 2023-2024. Comme annoncé lors du précédent rapport, un volet de la validation sera orienté sur la question du genre et des liens seront établis avec l'utilisation d'un logiciel de traitement de texte dont la création et la validation ont été effectuées cette année (voir paragraphe précédent). Aussi, une des séquences intégrera l'utilisation de l'intelligence artificielle en contexte d'apprentissage.

2.6 Création et validation du dispositif : Initiation à la pensée informatique en P1 & P2

Nous avons ensuite eu l'opportunité de créer un dispositif se structurant en 3 blocs d'apprentissage qui développent chez les apprenants des prérequis nécessaires à la certification, prévue à partir de la cinquième année primaire, de la verbalisation, l'écriture et la conception d'un logigramme ou d'un programme séquentiel de déplacement intégrant une boucle et une condition. Ces attendus sont prescrits dans le volet numérique du référentiel FMTTN en termes de savoirs, savoir-faire et compétences.

Ce dispositif se compose de différentes séquences et a été conçu au regard du modèle ITP (Housni & al., 2022) ce qui a permis une phase de régulation après l'expérimentation sur le terrain.

Pour consulter le dispositif, cliquez [ici](#).

- Dans un premier temps, des activités débranchées ont été proposées aux élèves afin de les familiariser avec le vocabulaire spécifique à la pensée informatique, mais aussi pour initier le développement des attendus suivants : programmer le déplacement d'un personnage dans un parcours et découvrir les notions de condition et de répétition afin de les appliquer dans un parcours.

- Le second bloc d'apprentissage est consacré à la programmation de déplacements du robot mTiny sans et avec contraintes.
- Lors de la dernière séquence, les élèves sont initiés à l'environnement de l'application Scratch Junior et y créent une histoire.

L'expérimentation de ce dispositif a pris fin au début du mois de juin 2023. Lors de cette étude, nous avons évalué, dans un premier temps, le taux de réussite des élèves quant à l'utilisation pertinente et correcte de la pensée informatique pour résoudre des situations problèmes de type codage et décodage de déplacements d'un robot ou d'un personnage.

Ensuite, les élèves ont été interrogés au sujet de leurs perceptions concernant le dispositif, de leur motivation ainsi qu'à propos des stratégies de collaboration mises en place lors des travaux de groupe.

L'étude menée a pour objectif de valider ce dispositif technopédagogique en analysant les performances, les processus et les perceptions des apprenants au regard du modèle des 4P selon Temperman (2013).

Dans un premier temps, en observant les moyennes globales obtenues aux différentes activités qui composent le dispositif, nous pouvons constater que celles-ci sont majoritairement supérieures aux 80%, seuil de réussite recommandé par la pédagogie de maîtrise pour considérer des compétences comme étant acquises et maîtrisées (Temperman & al., 2020). En effet, que ce soit pour les activités branchées ou débranchées, une tendance se dessine pour laquelle le concept de déplacements simples est acquis par tous les élèves (90% ; 62/69). Le concept de condition est également intégré par plus de 80 % des élèves (81,5% en P1 et 88,8% en P2). En revanche, la notion de répétition semble être moins facile à intégrer, particulièrement chez les élèves de première année, avec cependant un taux de réussite de 73,3% pour l'ensemble des élèves de P1 et P2. Afin de pallier ce déficit, le dispositif a été modifié à postériori.

Dans le bloc consacré aux activités débranchées, des activités issues du scénario pédagogique "Motif..Motif.." (Léonard & al.,2021) ainsi que la manipulation de blocs de constructions de couleurs ont été intégrées. En effet, il est indispensable de travailler le concept de répétitions exclusivement, sans la difficulté induite par la spatialité et les déplacements.

Pour le bloc dédié à l'utilisation du robot mTiny, des activités pour lesquelles des contraintes relatives au nombre de cartes à utiliser ont été intégrées afin de susciter chez les apprenants le besoin d'utiliser la fonction de répétition.

En ce qui concerne le troisième bloc où l'application Scratch Jr est utilisée, un référentiel a été ajouté afin que les élèves disposent d'illustrations concrètes des fonctionnalités de base

disponibles. Aussi, des activités proposant des niveaux de difficulté croissants ont été intégrées afin que les élèves puissent expérimenter l'ensemble des catégories de blocs.

Ensuite, en ce qui concerne le processus, les analyses nous permettent d'affirmer que le dispositif permet aux apprenants de développer des stratégies qui permettent la collaboration et à les mobiliser lors de travaux de groupe pour résoudre des problèmes algorithmiques. En effet, nous avons observé que plus de 80 % (56/69) des élèves utilisent correctement la pensée algorithmique pour résoudre des problèmes simples de déplacement.

Concernant les perceptions des apprenants par rapport au dispositif, nous constatons que la majorité des élèves (90%) ont une perception générale positive du dispositif en argumentant par son attractivité, l'aspect collaboratif ainsi que le degré de difficulté des activités adapté à leur niveau. Ils ont également fait part de leur motivation pour ce genre d'activité ainsi que leur envie d'en apprendre davantage sur le codage.

Pour conclure, nous pouvons affirmer que l'étude de cas menée permet de valider le dispositif "Initiation à la pensée informatique en première et deuxième années primaires".

2.7 Workshop (projet C8-C5)

Un workshop lié à l'axe "Création de contenus" du *Référentiel de formation manuelle, technique, technologique et numérique* (FWB, 2022) a été organisé le lundi 3 juillet 2023 à l'UMONS avec les membres du Consortium 8 "Éducation par le numérique" et quelques experts extérieurs. Les objectifs de cette journée étaient de : partager les travaux des chercheurs du C5 et du C8 sur les compétences visées par la thématique du workshop, réfléchir à des outils d'analyse pour les enseignants et créer un livrable qui leur est destiné. L'objectif est de proposer une réponse concrète aux enseignants qui souhaitent développer cet axe de compétences. De plus, si nous en avons l'opportunité, il pourrait être pertinent, d'une part, de valider la démarche du workshop et, d'autre part, de répliquer ce type d'initiative à d'autres champs du volet numérique du référentiel FMTTN. Le temps ayant manqué pour mener ce premier Workshop à terme, le livrable n'a pas pu être finalisé. Il fera l'objet d'une fiche descriptive lors de l'année 2023-2024. Pour consulter le livrable (en construction), cliquez [ici](#).

2.8 La Fabrique des données (projet C8-C5)

Comme annoncé dans le rapport final du Consortium 8, nous vous présentons ici une synthèse de la validation du dispositif "La fabrique des données". Un canevas de validation a été rédigé. Une

fiche a également été rédigée dans la nouvelle version du canevas. Elle se trouve en annexe de ce rapport.

Présentation du dispositif

La fabrique des données est une activité créée par une équipe pluridisciplinaire de l'Université de Namur. Elle est destinée à des élèves de P6 à S2. L'objectif est de leur faire prendre conscience de ce que signifie le terme "donnée" ou "data" dans leurs usages quotidiens du numérique et de la différence qu'il existe entre les termes "donnée" et "information" dans ce contexte précis. Cette prise de conscience permet ensuite de les amener à se questionner sur les données qu'ils produisent et les usages qui en sont faits lorsqu'elles deviennent des informations pour des publicitaires. La notion d'algorithme est également brièvement abordée pour illustrer le traitement opéré sur les données. Les élèves prennent successivement les rôles d'utilisateur (producteur de données), de gestionnaire de base de données (création des tables et structure des données) et de publicitaire (traiter les données collectées en vue de répondre à la demande d'un client commercial). Au-delà de la compréhension des notions informatiques, le dispositif a pour objectif de développer une réflexion critique sur les pratiques médiatiques numériques des élèves en lien avec la problématique des données.

Méthode et récolte de données

La méthode de conception mise en œuvre (Design-Based Research) est identique à celle éprouvée lors de la création de "Qui est-ce ? Initiation à l'Intelligence Artificielle et au Machine Learning" (Années 3 - 4) et "Stop Hackers" (Année 5). Elle s'appuie sur une étroite collaboration entre des experts dans la thématique abordée et des enseignant.es du niveau ciblé par l'activité. Les données sont collectées par des entretiens avec les enseignant.es avant et après l'activité en classe ainsi que par des observations pendant l'activité. Des enseignant.es et des référent.es au numérique qui n'ont pas testé l'activité dans une classe sont également impliqués dans le processus afin d'évaluer et commenter le dispositif. A chaque itération, la version est corrigée, complétée voir remaniée par l'équipe pluridisciplinaire. Deux questions ont permis d'orienter notre validation à savoir : l'activité éducative permet-elle d'atteindre les objectifs d'apprentissage ? Les enseignants parviennent-ils à mettre en œuvre l'activité dans leur classe ?

Déroulement de l'étude

La validation de ce dispositif a débuté en septembre 2021 par la structuration de l'activité et la création du matériel. Le dispositif ne comportait qu'une seule phase appelée "La découverte des données". Un détail de l'expérimentation est disponible dans le rapport final de l'année 6 (août 2022). A partir de septembre 2022, nous nous sommes concentrés sur la structuration de l'activité en ajoutant deux phases qui nous semblaient nécessaires afin d'atteindre les objectifs

d'apprentissage fixés. Après un nouveau processus de structuration et de création du matériel avec les experts disciplinaires et les enseignant.es, nous avons présenté le dispositif lors du salon SETT (School Education Transformation Technology) qui s'est tenu à Namur les 26 et 27 janvier 2023 et testé le dispositif en avril 2023 dans une classe de S1 et une classe de S2.

Principaux résultats

Après les expérimentations dans les classes, il apparaît que les objectifs d'apprentissages sont atteignables pour le niveau scolaire visé. En débutant l'activité, les élèves ont une vision très parcellaire de ce qu'est une donnée et de la manière dont on peut les utiliser. En fin d'activité, ils ont une meilleure compréhension de comment les données sont produites et utilisées. Les élèves sont capables de faire des liens avec leur expérience personnelle. Toutefois, nous remarquons que certaines phases (et les tâches qui les composent) sont trop simples pour les élèves plus âgés (notamment une classe de S2). En effet, dans la phase 2 du dispositif, les élèves doivent découper des vignettes en papier et les classer dans des tableaux. Dans la phase 3, les élèves doivent répondre à une requête publicitaire en choisissant les données pertinentes, ce qui semblait trop évident. L'enseignant.e qui s'approprie l'activité devra adapter certaines tâches en fonction de sa classe, ce que nous avons explicité dans le document final.

Concernant l'appropriation du dispositif, les enseignant.es se disent prêts à mener l'activité. Pour les plus novices dans le domaine, ils précisent que cela est possible grâce aux documents fournis (déroulement de l'activité, tutoriels de connexion au questionnaire de la phase 1) qui sont suffisamment précis et détaillés. Sur base des retours des participant.es, un moment de fixation des apprentissages a été ajouté. Plusieurs propositions s'offrent aux enseignant.es selon leurs affinités pédagogiques : un document de synthèse créé par les élèves ou fourni par l'enseignant.e, un questionnaire en ligne, etc.. La mise en page générale des documents est l'une des dernières modifications apportées afin de rendre le dispositif plus attrayant.

2.9 FabLab et STEAM (projet C8-C5-C3)

Comme annoncé dans le rapport final du Consortium 8, ce projet vise à outiller les enseignants avec une idée d'activité à mener dans leur classe en partenariat avec un FabLab (ou autre lieu créatif similaire) afin de développer des savoirs, savoir-faire et compétences des référentiels FMTTN et ECA (Education Culturelle et Artistique) en partenariat avec le Consortium 3.

Concrètement, l'activité se divise en quatre phases. La première phase (2x50 minutes), en classe, va se focaliser sur la création d'un arbre en s'inspirant de la nature (C3) et sur la réflexion au niveau du souhait que l'on aimerait exprimer (qui se doit d'être un souhait "pour la Terre" dans une vision de développement durable" [C5]). La deuxième phase (2x50 minutes), toujours en

classe, aura pour objectif de formuler concrètement son souhait pour la Terre. Enfin, la troisième phase (3x50 minutes) consiste à prototyper l'arbre à souhait et, pour terminer, la quatrième phase (½ à 1 journée) se conclut par la visite d'un Fablab pour créer l'arbre et y accrocher son souhait.

A ce stade, la structure de l'activité a été validée par l'ensemble des concepteurs. Même si une partie du dispositif est déjà développée, nous travaillons encore, avec le C3, sur les savoirs, savoir-faire et les compétences en lien avec l'ECA.

Lorsque ce travail sera terminé, le dispositif sera relu et validé par des experts dans les domaines concernés. Au niveau du référentiel FMTTN, la lecture sera effectuée par Philippe Skilbecq, membre du C5 (Haute École Bruxelles-Brabant). Au niveau de l'ECA, nous ferons appel à Dorothée Pauls, ancienne membre du C3 et du C5 (Haute Ecole Albert Jacquard). Le dispositif sera ensuite expérimenté dans une classe de P2 d'une école communale de Charleroi. Enfin, le dispositif sera mis en lien avec le projet global dont il est issu à savoir le p.ART.cour(t) intitulé "Le technolab, un lieu créatif au sein de l'école" du C3. Une fiche et un canevas de validation seront créés.

2.10 Genre et numérique (projet C8-C5)

Dans un premier temps, un séminaire exploratoire a été organisé au sein du Consortium 5 afin de cerner la question du genre en lien avec les visées du référentiel FMTTN, cette question étant en effet un point d'attention récurrent lors de nos travaux de validation dans les classes. Lors de ce séminaire, nous avons fait la synthèse des concepts clés et des problématiques de genre en mobilisant les études de genre et en les situant par rapport au développement de l'enfant et de l'adolescent. Au niveau numérique, nous avons ciblé un outil particulièrement intéressant et déjà éprouvé dans la formation de futurs enseignants en Suisse : "La toile de l'égalité" d'Isabelle Collet. Il permet d'analyser des activités d'éducation au numérique avec une grille de lecture "genre" et de chercher à avoir une visée égalitaire dans ces activités (<https://interstices.info/appliquer-une-pedagogie-de-egalite-dans-les-enseignements-dinformatique/>).

Dans un second temps, les problématiques de "genre et numérique" ainsi que "La Toile de l'égalité" ont fait l'objet d'une demi-journée de formation dans le cadre du Certificat en éducation aux STEAM co-organisé par l'UNamur le 28 janvier 2023. Il s'agissait de proposer aux participants (formateurs d'enseignants, enseignants, éducateurs) un cadre de lecture genre de leurs projets d'éducation aux STEAM et des pistes afin de les rendre plus égalitaires. Cette formation nous a permis d'identifier certaines problématiques de genre qu'ils rencontrent sur le terrain et la manière dont "La Toile de l'égalité" peut y répondre. Par contre, les participant.es n'ont pas

intégré cette réflexion dans leurs projets finaux. Il nous semble donc important d'en tirer des enseignements au niveau de la manière d'introduire cet outil auprès des enseignants.

Partant de ces constats, nous mettrons en place et testerons une nouvelle formation dans un cours dédié aux questions de genre dans le domaine numérique à la Haute École Bruxelles-Brabant (année académique 23-24). Les données qui seront collectées à partir des observations de la manière dont les étudiants s'approprient l'outil permettront de produire un document d'accompagnement qui répond aux réalités des enseignants de primaire et secondaire devant appliquer le référentiel FMTTN. L'analyse de cas concrets par les étudiant-es en Formation Initiale des Enseignants (FIE) permettra également d'enrichir et d'adapter l'outil initialement pensé afin de le rendre directement opérationnel pour les enseignants.

Dans les prochaines semaines, nous solliciterons également une entrevue avec Cedric Vanaudenhove afin qu'il nous éclaire sur la manière d'intégrer au mieux la "Toile de l'égalité" dans une "fiche outil" sur e-classe.

2.11 Analyse et expérimentation de dispositifs ESERO (STEM)

Les dispositifs ESERO sont des dispositifs STEM conçus en partie par l'ESA. Ils sont proposés notamment lors de la Rentrée des Sciences soutenue par la FWB et lors des projets Missions X, Moon Camp, Astro Pi, ... Deux dispositifs ESERO destinés aux élèves de P1 et P2 ont été analysés et expérimentés en classe. Ces dispositifs associent savoirs, savoir-faire et compétences scientifiques et techniques.

Ces deux dispositifs ont pour thème le *cadran solaire* et la *formation des nuages*. L'analyse de ces deux dispositifs a été réalisée à partir de :

- une analyse épistémologique des savoirs présentés dans les deux dispositifs
- une analyse de la correspondance entre les savoirs, savoir-faire et compétences dans ces deux dispositifs et les référentiels pour le public cible (P1 P2)
- une analyse de la scénarisation didactique proposée par les concepteurs des deux dispositifs.

Ces analyses ont été complétées par des expérimentations dans quatre classes de P1, P2 et P3, par l'analyse des évaluations des acquis d'apprentissage des élèves, ainsi que par les interviews des enseignantes.

Si nous pouvons conclure que ces dispositifs ne présentent aucune erreur d'un point de vue épistémologique, il faut néanmoins constater que les informations présentes dans le document ne permettent pas aux enseignants de prendre pleinement en charge les deux dispositifs. Les

enseignantes qui ont eu à mettre en œuvre ces dispositifs dans leurs classes ont dû préalablement recourir à une prise d'informations à caractère scientifique et technique.

En ce qui concerne la correspondance avec les nouveaux référentiels de science pour les années de P1 et P2, nous n'avons trouvé que peu de correspondances directes. Des correspondances secondaires ont pu être mises à jour, cependant ces dernières ne permettent pas à elles seules de justifier l'implémentation de ces deux dispositifs dans les classes de P1 et P2.

Pour ce qui est de la scénarisation didactique, tant la mise en pratique dans la classe que les interviews des enseignantes ont mis en évidence des carences et des incongruités par rapport à des pratiques pédagogiques et didactiques prônant davantage l'activité réelle de l'élève, le questionnement et le raisonnement scientifique, la problématisation.

D'un point de vue pratique, la description des dispositifs manquent également de clarté quant aux modalités de travail des élèves, aux différentes étapes structurant les dispositifs.

En conclusion, il apparaît que ces deux dispositifs, malgré leurs manquements mise en évidence lors de leur analyse, correspondent à des apprentissages programmés plus tard dans la scolarité. Un travail d'adaptation et de complétion devrait permettre un implémentation cohérente de ces dispositifs dans des classes de P4, P5, P6.

2.12 Construire des tables lumineuses

Les expérimentations du dispositif « tablette lumineuse » sont arrivées à leur terme pour ce qui avait été programmé au cours de cette année scolaire. Celles-ci ont eu lieu dans une classe de 3^e maternelle, et dans 3 classes de l'enseignement primaire, en P1, P2 et P3.

Comme annoncé dans le rapport intermédiaire de juin dernier, l'expérimentation en classe de P3, à partir d'un mode de fabrication prenant la forme d'un *sketchnote* et d'une

capsule vidéo (<https://cutt.ly/rwe0U3pf>) a permis de mettre en évidence l'intérêt de la capsule vidéo pour davantage autonomiser les élèves.

Le dispositif initial prévoyait, comme pour les dispositifs de maternelle et de P1, P2, une prise de connaissance du mode de fabrication comme suit :

- découverte du matériel et du mode de fabrication à partir d'un document écrit prenant la forme d'un sketchnote, en groupe de 3 ou 4 élèves,
- reformulation du mode de fabrication par les élèves,
- visionnement de la vidéo en collectif classe,

- reformulation du mode de fabrication par les élèves,
- réappropriation du mode de fabrication au format sketchnote en groupe avant le démarrage de la fabrication.

Après questionnement des élèves, il apparaît qu'il serait préférable de procéder dans un ordre quelque peu différent, à savoir :

- visionnement de la vidéo en collectif classe,
- lecture du mode de fabrication sous la forme d'un sketchnote, en groupe de 3 ou 4 élèves,
- reformulation du mode de fabrication par les élèves,
- deuxième visionnement de la vidéo si des incompréhensions subsistent encore avant le démarrage de la fabrication.

Il apparaît également que l'autonomisation des élèves pourrait davantage être favorisée si ceux-ci disposaient d'un outil de visionnement de la vidéo au sein de chaque groupe. L'utilisation d'une tablette numérique pourrait être un atout pour atteindre l'objectif d'autonomisation accrue. Nous pensons également, que l'ajout de l'outil tablette numérique pourrait intervenir au niveau de la différenciation en termes de communication, et plus particulièrement d'accès à la lecture.

L'aménagement en ce sens du dispositif tablette lumineuse n'a pu être expérimenté au cours de l'année scolaire. Nous tenterons d'obtenir un accord de collaboration avec une nouvelle classe de P3 au cours de l'année scolaire 2023-2024 pour valider les changements au niveau du dispositif.

Comme annoncé dans le rapport de juin 2023, l'extension de ce dispositif à la fin du primaire et à l'enseignement secondaire permettrait un travail technique relatif au matériel électrique dont notamment la soudure à l'étain, ainsi qu'un travail sur les premières notions d'électricité (sens du courant, conducteur-isolant, ... loi d'Ohm). Des contacts ont d'ores et déjà été établis avec des classes de P5, P6 et S1, S2 pour penser la régulation de ce dispositif pour ces années d'enseignement et l'expérimentation de ce dispositif permettant de rencontrer également des contenus inclus dans le référentiel de sciences. Les premières séances de travail avec les élèves débiteront à la fin du mois d'octobre.

L'ensemble du dispositif tablette lumineuse peut être consulté sur :

<https://cutt.ly/lwkzeFVz>

<https://cutt.ly/5wkzrdxj>

2.13 S'initier à la couture en maternelle

L'expérimentation du dispositif « couture en maternelle » s'est terminée fin juin de cette année scolaire. Chacun des élèves est rentré chez lui avec son « doudou » ! Ce qui était l'objectif de production annoncé aux élèves.

Nous précisons cela car un des éléments que les expérimentations ont pu mettre à jour est le temps nécessaire à la réalisation des productions personnelles. En effet, quatre séances de travail avaient été initialement programmées avec l'institutrice pour cette réalisation. Au final, c'est sept séances qui ont été nécessaires pour finaliser l'ensemble des réalisations. Ce qui fera dire à l'enseignante : *« c'est une activité extraordinaire, les élèves étaient motivés, ils ont appris beaucoup de choses, ils ont compris qu'ils pouvaient réaliser eux-mêmes, et quasiment seuls, un objet qui leur paraissait complexe au début. Mais c'est un projet qui prend beaucoup de temps et d'énergie, qui demande une organisation de classe particulière car il n'est pas possible de le mener avec tous les élèves en même temps. J'ai bien eu peur qu'on n'arrive pas à finir avant la fin de l'année, ou que je sois obligé de faire une partie moi-même. Et ça je ne le souhaitais vraiment pas parce que j'avais dit aux élèves qu'ils feraient leur doudou tout seul ».*

Au total, le dispositif proposé compte 10 séances de travail. Au cours de ces dix séances, les élèves ont rencontré essentiellement deux points de couture : le point avant ou point droit et le point surjet simple. Ils ont réalisé une carte de vœux et leur doudou.

Outre les aspects techniques spécifiques à la couture à la main, la visée transversale « oser entreprendre » a été particulièrement présente dans ce projet :

Extrait de l'activité de classe à l'entame du projet :

Institutrice : "Les activités que nous allons faire aujourd'hui vont servir à vous préparer à coudre vous-mêmes votre doudou, un de ceux du livre ici." (en montrant les pages du livre)

Élève (g) : "On va le faire tout seul ?"

Institutrice : "Oui, chacun et chacune va choisir son doudou, ses couleurs de tissu, ses couleurs de fils."

Un autre aspect de ce projet est la communication et les échanges qui ont pu naître entre les élèves et leurs parents (ou éducateurs). En effet, après chaque séance de travail, les élèves pouvaient reprendre leur pochette contenant tous les éléments du travail de couture (patron, éléments de tissus découpés, ...). Dans la classe où nous avons expérimenté ce dispositif, les retours des parents ont été enthousiastes, y compris chez les parents de garçons qui ont exprimé le fait qu'ils étaient satisfaits que leur enfant fasse de la couture.

Ce dispositif est décrit [ici](#).

○ **2.14 Construire un objet contenant un objet technologique**

À la suite d'un dispositif mis en œuvre l'an dernier dans une classe de P3 (fabriquer un porte-téléphone, <https://cutt.ly/Wwe0pATL>), nous avons expérimenté cette année avec les mêmes élèves, un dispositif qui leur proposait de construire un objet en bois contenant un ventilateur de PC. L'origine de ce dispositif se trouve dans la commande d'un élève de 2^e primaire. Cet élève, à la suite de l'activité de construction de la table lumineuse dans sa classe, nous avait fait parvenir une demande écrite (voir ci-contre).

Nous avons répondu à sa demande en prototypant un robot-ventilateur réalisé à partir d'un ventilateur récupéré dans une tour de PC obsolète.

C'est suite à la présentation de ce robot dans la classe de 2^e année que l'institutrice de 4^e a souhaité montrer le robot à ses élèves et que ceux-ci ont demandé s'ils pouvaient aussi réaliser un objet avec un ventilateur. La motivation était là.

Le dispositif de fabrication que nous avons proposé a permis, entre autres, de mobiliser des savoirs, savoir-faire et compétence rencontrés l'an dernier dans le cadre du dispositif « construire un porte-téléphone » :

- le prototypage en 2D-3D
- utiliser des outils pour agir sur du carton et du bois : découper (ciseaux), poncer (bloc à poncer)
- choisir l'outil adéquat pour effectuer une tâche, notamment poncer : papier à poncer pour de petites surface, bloc à poncer pour des surfaces plus grandes pour des bords, ponceuse à bande pour un ponçage plus difficile
- optimiser l'utilisation de consommables
- construire la conscience matérielle
- entreprendre, être créatif

De nouveaux savoirs et savoir-faire ont également été rencontrés dont, notamment :

- l'utilisation d'une plateforme numérique pour la réalisation des fichiers permettant la découpe des pièces de bois à la découpeuse laser (numérique, mathématiques dont construction/déconstruction dimensionnelle des objets géométriques),
- utiliser une foreuse à main (visseuse-dévisseuse et mèche à bois) pour perforer du bois,
- pouvoir nommer et utiliser des clés plates pour boulonner,
- pouvoir nommer et utiliser une pince coupante, une pince à dénuder, une pince à sertir.

Ce dispositif contient également plusieurs séances de travail permettant aux élèves d'appréhender des notions de base en électricité (circuit simple, isolant-conducteur, tension, circuit en série, en parallèle, utilisation d'un voltmètre), nécessaires à la finalisation de l'objet.

Pour une majorité, les élèves ont utilisé les ventilateurs proposés. Mais certains élèves ont proposé de remplacer les ventilateurs par des petits moteurs pour faire tourner des hélices. D'autres ont proposé de placer des lampes LED.

Quel que soit l'objet électrique utilisé, il s'agit de l'alimenter et donc de comprendre quelques éléments d'électricité de base.

Un dispositif polytechnique similaire a également été expérimenté en classe de P5. Mais par manque de temps, nous n'avons pu produire un objet et n'avons pu que mettre en expérimentation les séances relatives à l'électricité. Le projet reprendra en ce début d'année scolaire avec les mêmes élèves en P6.

Ce dispositif a également été testé auprès d'étudiants en bac1 normale primaire dans le cadre d'une recherche sur la dimension de genre en cours au sein de la HE2B. La tâche proposée aux étudiants était toutefois quelque peu différente. Il leur a été demandé de prototyper en groupe un objet contenant un ventilateur de PC qu'ils devaient eux-mêmes récupérer de ce PC.

Ces dispositifs sont toujours en cours d'analyse et de rédaction sur le site "Techno pour petits et grands" : <https://urlz.fr/nofj>

3 Conclusion

Il s'agira, au cours de l'année 8 à venir de poursuivre la mission de repérage, d'évaluation et de construction de dispositifs. La priorité sera de continuer à combler les manques repérés, notamment grâce à la cartographie obtenue le 31 mai 2023 (éléments novateurs) et à rencontrer des intentions du Pacte pour un Enseignement d'excellence.

Les développements réalisés dans les précédentes sections nous conduisent à annoncer provisoirement les pistes de travail suivantes :

- Étendre certains dispositifs au début du secondaire et poursuivre l'élaboration de ressources pour les domaines faiblement couverts, notamment ceux de la cartographie communiquée lors de la réunion du 31 mai 2023 : les domaines de l'« alimentation », de l'« habitat », des « techniques de culture » et la sécurité/ergonomie. Concernant l'élément

novateur « construire un objet de mesure capacité/masse », il est atteint avec la ressource *Sans demi-mesure* développée cette année (ci-dessus dans le rapport) ; cependant, d'autres dispositifs analogues pourraient également être élaborés.

- Enrichir des dispositifs précédemment élaborés grâce à de nouveaux essais en classes, des alternatives à proposer, une veille sur la recherche, etc.
- Créer et expérimenter en classe (P5) le dispositif consacré à la collaboration dans un espace numérique.
- Élaborer ou repérer des dispositifs polytechniques qui associent les domaines techniques et numériques.
- Poursuivre la conception et la validation de dispositifs technopédagogiques “clé sur porte” pour les domaines faiblement couverts en P5 et P6 dans les domaines de la communication et collaboration (notions spécifiques liées à l'éthique des médias numériques, utiliser un outil de communication, téléverser un contenu numérique en ligne, respecter la netiquette du média), et de la création de contenus (respect des droits de propriété) avec une attention particulière pour le développement du vocabulaire spécifique propre au numérique pour chaque domaine.
- Inclure la perspective des études de genre dans la conception, validation ou veille de dispositifs, afin d'induire l'intérêt des filles et de les inclure dans la participation à des activités d'habitude genrées au masculin.
- Poursuivre la création de dispositifs d'éducation critique au numérique telle que développée depuis plusieurs années. Plusieurs thématiques sont actuellement analysées sur base des validations antérieurs et des problématiques émergentes.
- Valider le dispositif “Arbre à souhait” (collaboration entre le C3, C5 et C8) par les membres (ou anciens membres) du C5 et expérimenter le dispositif dans une classe de P2.

4 Répertoire final des « fiches 1 » pour l'année 7

Dans le tableau ci-dessous, veuillez trouver les dispositifs/outils recensés et décrits cette année 7 :

	Titre du dispositif/outil décrits :
1	Sans demi-mesure
2	Construire un lombricomposteur : mode d'emploi
3	Le traitement de texte

4	Utiliser un traitement de texte (Word) en P4
5	Initiation à la pensée informatique en P1 et P2
6	L'ordinateur, internet et moi ! (P3 et P4)
7	Vocabulaire autour de la recherche en ligne
8	Internet pas net
9	Créer des book trailers pour encourager la lecture
10	Utiliser le clavier de l'ordinateur
11	Logic Gates

Annexe A : Conception et validation du dispositif “Construire un lombricomposteur : mode d’emploi”

1. Introduction

Cette annexe explicite la conception et validation du dispositif présenté plus haut “Construire un lombricomposteur : mode d’emploi”. Ce dernier a été réalisé une démarche similaire à celle déjà en place dans les consortiums 4 et 5, depuis plusieurs années. Cette séquence conçue à priori selon les attendus du nouveau référentiel fut donc testée sur le terrain, en classe, avec l’aide d’une enseignante ainsi que d’autres acteurs et actrices de terrain, en tenant compte de leurs retours. Il convient d’inclure ces expériences afin de proposer des ressources les plus adéquates possibles aux enseignant·e·s, souvent confrontés à de multiples difficultés.

Dans sa construction même, ce dispositif tient compte des recherches actuelles en éducation et vient répondre à des attentes spécifiques liées au Pacte. En effet, Le référentiel FMTTN¹, de par sa nouveauté, comporte des enjeux nouveaux que les enseignant·e·s rencontreront dans leurs classes. Face à ces changements, il existe actuellement peu de ressources pédagogiques et/ou didactiques disponibles pour l’enseignement en quatrième primaire, y compris dans l’inventaire actuel destiné à e-classe. Ce projet vient en réponse à ce besoin.

En conséquence, l’étude ci-après est donc exploratoire et vise avant tout à observer comment les élèves (et l’enseignant·e participante) s’emparent de cette thématique qui sous-entend la construction d’un objet technologique : le lombricomposteur. S’il existe bien une pléthore de ressources sur ce thème, facilement accessibles sur Internet, celles-ci sont surtout destinées à des particuliers et tentent de vulgariser une activité dont les objectifs sont peu clairs. Est-ce pour réaliser un élevage de lombrics ? Est-ce pour réduire ses déchets ménagers ? Est-ce pour aller un cran plus loin dans la permaculture de son potager ? Face à cette multitude de possibilités, il semble essentiel de pouvoir guider les praticien·ne·s vers les attendus de ce nouveau référentiel, qui demande bel et bien une “formation manuelle et technique” impliquant une certaine maîtrise d’outils, de gestes, de connaissances de divers matériaux, etc. (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021a, p. 18).

C’est bien l’ensemble de cette démarche qui a permis la construction d’une [ressource](#) qui se veut être une proposition raisonnée et illustrée du travail qu’il est possible de réaliser avec les élèves.

Les parties suivantes présenteront successivement le cadre théorique qui a guidé l’élaboration de la séquence, le processus de validation et, enfin, une présentation rapide de la ressource finale qui a été construite.

¹ Il faut préciser ici que la séquence se concentre sur la partie FMTT du référentiel.

2. Cadre théorique et intentions

Qu'est-ce qu'un objet technique ? Quel(s) geste(s) technique(s) sa construction implique-t-il ? Quels enjeux scolaires se cachent derrière la réalisation d'un tel objet ?

■ 2.1. Vous avez dit "technique" ?

Lorsque l'on parle de formation technique et manuelle, de quelle technique parle-t-on ? Le référentiel la définit par un geste manuel que l'on applique, mais aussi intellectuel (p.19, p.100). Si nous suivons cette acception, *le geste technique* semble être l'interface nécessaire entre l'humain et l'objet en lui-même. Cette action, Leroi-Gourhan (1965) la définit comme étant plus qu'un mouvement du corps, c'est également un mouvement de l'esprit. En effet, réaliser un geste technique nécessite de pouvoir organiser différentes étapes cognitives² qu'il faut pouvoir réaliser dans un certain ordre, où l'on anticipe le résultat sur le matériau, anticipe les conséquences du geste, ... (ibid.). Le geste technique est donc bien plus qu'un geste en lui-même : il est le résultat d'un processus qui implique réflexion, la planification d'actions et une adaptation. Il faut noter que la réalisation du geste technique est fortement variable d'une personne à l'autre, d'un groupe humain à l'autre, et d'un expert à l'autre (Bril, 2020).

Le geste technique amène à différencier trois éléments qui entrent en interaction : l'objectif poursuivi (le but), le résultat obtenu (qui peut être différent de ce que l'on attendait), ainsi que les moyens pour y parvenir (ibid.). Si nous pouvons tenter en classe d'avoir un contrôle sur l'objectif poursuivi et un regard critique sur le résultat obtenu, il apparaît que la méthode est sans doute là où nous aurons moins de contrôle. Et pour cause : les moyens pour parvenir à un objectif poursuivi changent en fonction du corps en lui-même (Bril, 2019). Chaque corps aura sa propre capacité à exercer une pression, un débitage, un forage sur le matériau en fonction de l'anatomie et ces variations interindividuelles peuvent donner lieu à des combinaisons quasiment infinies de mouvement pour arriver à un même but (Bril, 2018, 2019). Il semble également qu'établir des recommandations précises sur chaque geste technique à réaliser, en préconisant une technique d'apprentissage particulière, peut être inefficace et peu économe en termes d'énergie dépensée (Bernstein, 1926).

² C'est dans ce sens que nous pouvons aussi tenter de comprendre la notion de *geste intellectuel* du référentiel.

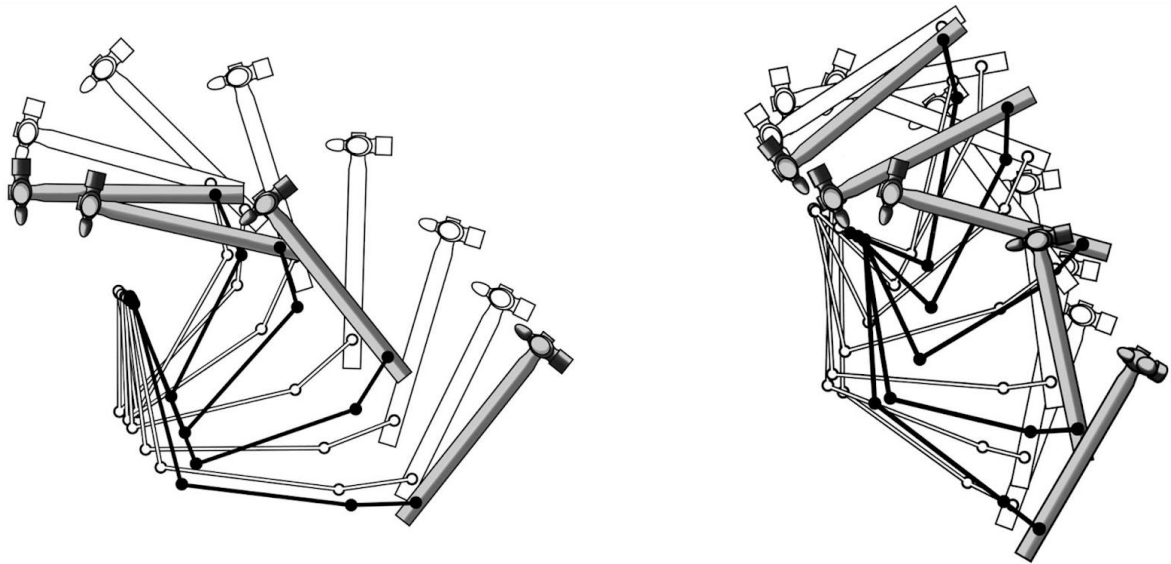


Figure 1 - Schémas décrivant le mouvement de frappe d'un marteau. Respectivement, à gauche : le mouvement qui s'est avéré peu efficace, mais recommandé aux ouvriers par les autorités ; à droite le mouvement préconisé par Bernstein (1926).

Or, pour parvenir à un geste expert qui se veut à la fois économe en énergie, précis et efficace en termes de vitesse, le processus d'apprentissage est très complexe (Ivanova, 2005). S'il est difficile d'établir une méthode qui conviendrait d'appliquer à toute variation anatomique, il est préférable d'utiliser le précepte suivant : "tout ce qui n'est pas nécessaire pour donner de la vitesse au marteau, est mauvais" (Bernstein, 1926, p. 171).

D'un point de vue de la FMTT, il conviendrait dès lors de davantage se centrer avec les élèves sur l'objectif qui sera poursuivi par la classe, puis le résultat obtenu ; tout en tentant de conserver des traces écrites du processus entre les deux, grâce notamment à l'écriture d'un mode d'emploi expérimental. Ceci car la quantité de gestes techniques qu'impliquent la construction d'un lombricomposteur sera difficilement contrôlable, d'une part dû à la multiplicité des corps au sein d'une même classe³, mais également dû à la multiplicité des méthodes pour arriver à un même résultat.

En effet, comme nous l'avons explicité auparavant, si l'objectif poursuivi et le résultat obtenu peuvent être les mêmes, en réalité, sur le terrain, les méthodes déployées peuvent être différentes (Bril, 2019) :

³ Ce qui, au passage, pose également la question de l'inclusion scolaire dans les thématiques liées à la technologie, où le geste manuel est plus présent que dans d'autres cours. Si nous souhaitons aller vers une école inclusive (Tremblay, 2012), il convient de penser et proposer du contenu autour des technologies qui prendrait déjà en compte ces préoccupations. Il convient également d'engager des pistes réflexives sur quelle différenciation cela peut amener en classe (Kahn, 2010). D'autres recherches exploratoires concernant l'inclusion et la différenciation nous semblent indispensables.

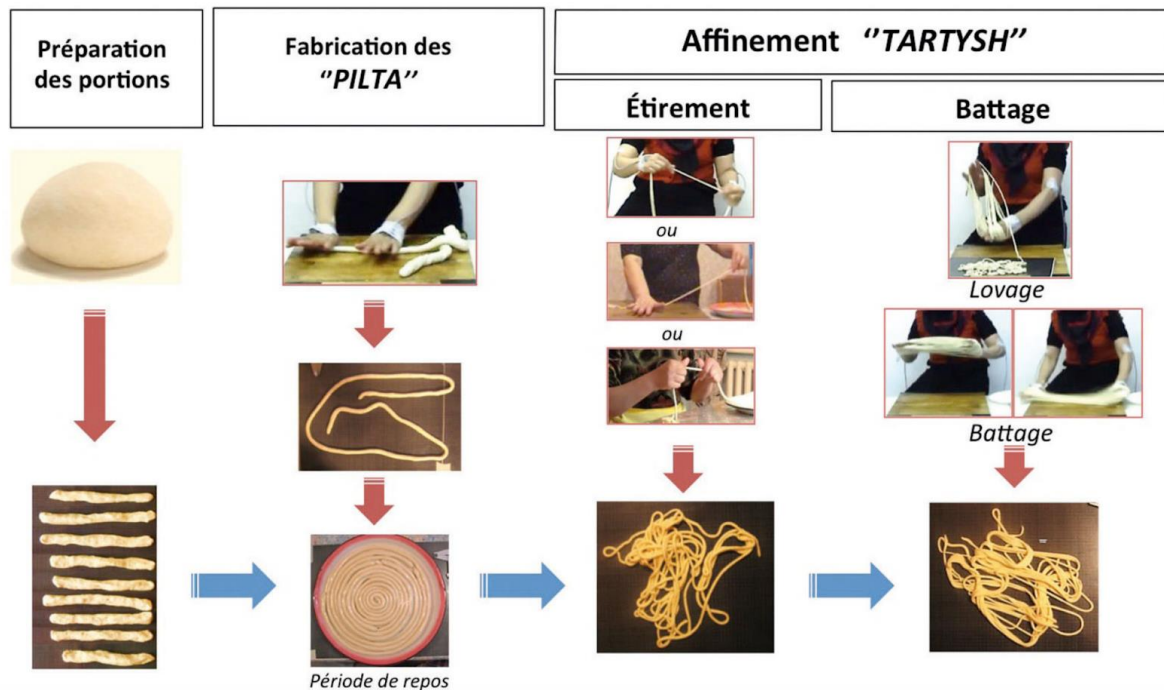


Figure 2 - Fabrication de leghmen. Illustrations des variations possibles au niveau des techniques pour une seule et même action d'étirement de la pâte, pour parvenir à un même résultat obtenu (Rodda, 2017 ; Rodda, Bril & Dietrich, 2017 ; Bril, 2018).

Notons aussi que certains gestes techniques, avec l'évolution de la technologie en général, voient un appauvrissement du sens pour la personne qui les réalise (Garçon, 2015). Pourquoi apprendre ces gestes, si une machine le réalise déjà parfaitement à notre place ? Il conviendrait donc d'intégrer la construction du lombricomposteur dans un contexte qui est porteur de sens, à la fois pour l'enseignant-e et les élèves⁴.

Mais qu'en est-il de l'objet technique en lui-même ? Avant toute chose, il semble qu'un objet technique ne puisse pas être considéré comme un "ustensile" qui existerait pour lui-même (Viard, 2002). L'objet est le résultat d'un processus de concrétisation, et d'un ensemble de gestes techniques déterminés par une multitude de facteurs⁵ qui déterminent la manière dont le geste sera réalisé. Cette surdétermination fonctionnelle met en évidence le caractère contextuel de l'objet technique, qui est issu d'une évolution (ibid.). L'objet technique serait donc bien plus qu'un instrument utilitaire créé en fonction d'un but clair et distinct (Havelange, Lenay & Stewart, 2002) : « Le concept d'un but clair et distinct formé par un individu isolé et autosuffisant est un leurre. D'une part, les buts émergent d'un processus social qui est distribué parmi les acteurs et qu'aucun individu ne maîtrise intégralement. D'autre part, les objets techniques débordent systématiquement les finalités préconçues, en vertu des pratiques de détournement et de

⁴ Pour cette séquence, la demande émanait à la fois directement de l'enseignante qui souhaitait réaliser une activité manuelle avec ses élèves qui soit lié au projet potager de l'école; et à la fois des élèves qui, durant la mise en place du potager l'année précédente, avaient réalisé une première tentative de ramener des vers de terre en classe sans parvenir à trouver les conditions de vie idéales. Une contrainte qui a guidé le projet était également financière : il fallait sélectionner du matériel dans un petit budget (+-30€) contrairement à un lombricomposteur préfabriqué (entre 100 et 150€).

⁵ Tels que les caractéristiques de l'outil qui est utilisé, les propriétés du matériau, les contraintes environnementales, ...

réappropriation déployées par les acteurs sociaux. En somme, on peut dire que la finalité d'un objet technique ne pré-existe guère plus à sa fabrication et à son utilisation que l'objet d'une visée intentionnelle à sa *représentation* effective. » (p.124). Si, grâce à cet extrait, nous comprenons que le processus même pour déterminer la fonction d'un objet est complexe (ibid.), nous pouvons alors mieux appréhender qu'avec le temps, d'autres fonctions peuvent aussi se superposer à celle qui a été initialement déterminée (Simondon, 1967). En effet, l'objet peut voir son utilisation détournée ou réappropriée en de nouvelles manières, ce qui peut conduire à l'émergence de nouvelles finalités et à de nouvelles utilisations. Ceci laisse à penser que pouvoir déterminer une fonction principale à l'objet technique que sera notre lombricomposteur sera probablement un processus complexe pour les élèves. Plus encore : les élèves superposeront peut-être plusieurs fonctions, soit durant la concrétisation de l'objet, soit après sa finalisation.

Simondon (1967) réalisait d'ailleurs une définition de l'objet technique comme étant un "organisme". Celui-ci "vit" dans un environnement, selon les contraintes de son milieu qui vont conditionner la genèse de l'objet et son évolution. Considérer l'objet comme étant neutre et hors-contextuel serait donc une erreur, car l'objet serait plus que l'assemblage de matériaux : c'est sa fonction qui lui donne corps (ibid.). Cette dernière ne fait pas juste référence à un rôle que l'objet remplit, selon un contexte donné. Là encore, Simondon préconise une vision systémique : la fonction de l'objet n'a de sens que parce que celui-ci est relié à d'autres objets techniques qui peuvent eux-aussi servir à une fonction plus globale⁶.

La Commission permanente de réflexion sur l'enseignement de la technologie⁷ (1986) se basera notamment sur ses travaux pour établir le concept de fonction comme étant central dans la compréhension de l'objet technique. Toujours selon la Commission, cette manière d'envisager l'objet technique permettrait différentes perspectives. La notion de fonction va bien au-delà de sa simple utilité (puisque'il est le résultat d'un agencement en vue d'un usage spécifique). Elle détermine la raison d'être de l'objet, sa structure, ainsi que son utilité. L'objet est donc le résultat d'une pensée créatrice qui parvient, au cours d'un processus qui est parasité par différents phénomènes, à agencer des phénomènes scientifiques et empiriques choisis spécifiquement pour sa réalisation. Lors de sa concrétisation, il faut alors tenter de maîtriser ces phénomènes parasites et perturbateurs, soit en les exploitant à notre avantage, soit en les éliminant de manière stratégique. En bref, pour construire un objet technique, il faut pouvoir être maître de sa création. Et c'est bien la fonction, définie telle que dans ce travail, qui orientera l'ensemble de cette conception, construction et réalisation. Il faut noter ici que nous parlons bien d'une situation où l'objet se concrétise. Nous n'aborderons pas ici le cas de l'objet abstrait, où Simondon l'entend (1958).

Dès lors, il semble essentiel que les élèves puissent identifier la (ou les) fonction(s) du

⁶ L'objet possède une fonction, une utilité qui est à comprendre comme un écosystème. Par exemple, le téléphone peut remplir la fonction d'un appel; mais cet objet technique est lui-même connecté à d'autres (système de réseaux, satellites, etc...) qui collectivement soutiennent et facilitent les interactions sociales à plus large échelle.

⁷ La COPRET a pour objectif de contribuer à la réflexion et à l'amélioration de l'enseignement de la technologie, dans le système scolaire français. Celle-ci voit le jour lorsque l'Éducation Manuelle et Technique est mise en avant à l'école, afin notamment de revaloriser le travail manuel. Suite à ces changements, la Commission proposera une série de textes qui conditionneront les bases de l'enseignement des technologies en France.

lombricomposteur qu'ils construiront, en sachant que cette fonction est complexe et revêt de multiples facettes ; et qu'elle est elle-même comprise dans un système bien plus grand. L'intérêt sera justement d'observer sur le terrain comment l'enseignante et les enfants s'emparent de cet objet.

■ 2.2. Pourquoi le lombricomposteur ?

Nous l'avons vu, un *objet technique* n'est pas juste une "machine", nous explique Simondon (1967). Il exprime une intention. Il résulte d'une action. L'objet technique n'est donc pas inerte, mais possède bien un contenu humain qui exprime certaines valeurs sociales (ibid.). L'objet est indissociable du sujet : il transporte avec lui une certaine vision du monde (Latour, 2007). En ce sens, tout dispositif entraîne un programme d'actions de par son existence même; l'objet vient donc concrétiser une manière d'envisager l'environnement et la société (ibid.). Si l'objet lui-même est porteur de morale (Simondon, 1967), le choix de ce qui va être construit apparaît d'autant plus essentiel. Le référentiel FMTT insistant sur des thèmes qui mettent en avant des enjeux écologiques et notamment le développement durable (p. 26), le lombricomposteur donne l'opportunité de réaliser une séquence tournée vers "Matières et Matériaux" en 4e primaire, tout en gardant une attention à l'impact environnemental.

La 4e année peut être considérée comme un moment charnière en FMTT, puisque l'élève construira son premier objet technologique⁸(p. 38). Cet objet doit permettre à l'élève de s'exercer à la mesure, mais la mesure de quoi ? Le lombricomposteur offre de nombreux moments de mesures possibles, qui sont inclus dans un projet plus grand qui se veut porteur de sens pour les enfants et l'enseignant·e : mesure des espaces pour percer les bacs sans fendre le plastique, mesure de la production de lombrithé⁹, mesure du lombricompost dans le bac dédié et sa variation, etc. Ceci nous semble préférable que de proposer une activité décontextualisée, où l'on "mesure pour mesurer". Ainsi, si l'élève réalise une tâche, celle-ci s'inscrit dans une situation plus globale, où les activités sont situées dans un contexte social (Grossen, 1988). Car souvent, les élèves réalisent un comportement attendu sans pour autant se rendre compte de l'objet d'apprentissage, ni de son sens (Brossard, 1993).

La construction de cet objet technique permet également de découvrir un bon nombre d'outils (y compris une machine), de s'exercer à l'utilisation de pinceaux/rouleaux, ... et de réaliser, aussi pour la première fois, un croquis à main levée d'un objet technologique dans son cadre d'application. Tout ceci dans le but de réaliser un ouvrage en sélectionnant et utilisant *ces outils*, avec certains gestes techniques; qui permettent d'aborder les consommables sous un angle original et créatif.

Comme l'alimentation est centrale en 4e primaire au niveau du référentiel (p.39), les recettes que nous réalisons supposent souvent la production de "déchets" organiques. Le référentiel enjoint à ce que l'élève "veille à limiter l'impact écologique de ses activités, notamment en triant et en

⁸ L'objet technologique, à notre sens, rejoint la définition de l'objet technique et met en exergue la notion de systémique (l'objet est à envisager dans un cadre social, économique, culturel).

⁹ Le lombrithé est un liquide issu de l'activité des vers et des micro-organismes qui composent le lombricomposteur, lorsqu'ils sont nourris. Ce liquide est riche en nutriments, nécessite une dilution et est utilisé comme un engrais de haute qualité.

valorisant les déchets produits” (p.39). La construction d’un tel objet technique permettrait donc, à la fois, d’être lié aux attendus en proposant un fil conducteur au cours de l’année (réalisation d’une recette → production de “déchets” → que faire de ceux-ci ?), mais aussi de faire un pont avec ce qui sera vu en 5ème année avec la technique de culture qui suppose de préparer le substrat et d’entretenir un végétal (p. 47); ainsi qu’en 6ème année (où l’élève sera amené à trier en autonomie des déchets recyclable, compostables, récupérables¹⁰).

Rappelons au passage que l’éducation au développement durable possède des difficultés particulières, car les problèmes liés à cette thématique sont “flous” (Fabre & al., 2014), c’est-à-dire caractérisés par une certaine incertitude sur les données et conditions, l’absence d’un critère pour décider unanimement de la bonne solution et l’absence à priori de procédure de résolution. L’essentiel de l’enjeu éducatif se trouverait dans le fait de non pas donner des recommandations aux élèves sur ce qu’il est approprié de faire écologiquement, mais bien de les rendre capables de faire des choix raisonnés par eux-mêmes (Barroudi, 2022).

Bien que ce ne soit pas le thème principal de cette séquence - qui est davantage centrée sur la construction d’un objet technique et la réalisation d’un mode d’emploi - le lombricomposteur semble donc être approprié pour aborder des notions liées à l’axe de développement durable pensé par le référentiel. Puisque les vers de terre sont souvent issus de donations par des composts collectif de quartier, les élèves auront normalement l’occasion de faire une visite sur place. L’activité de compostage semble d’ailleurs s’insérer socialement, et ce, particulièrement à Bruxelles (Philippot, 2010). Ce dispositif pourrait amener à ce que l’enfant dépasse la conception de déchet considéré comme un élément “inutile” dont on doit se débarrasser (Marchal-Gaillard, 2021).

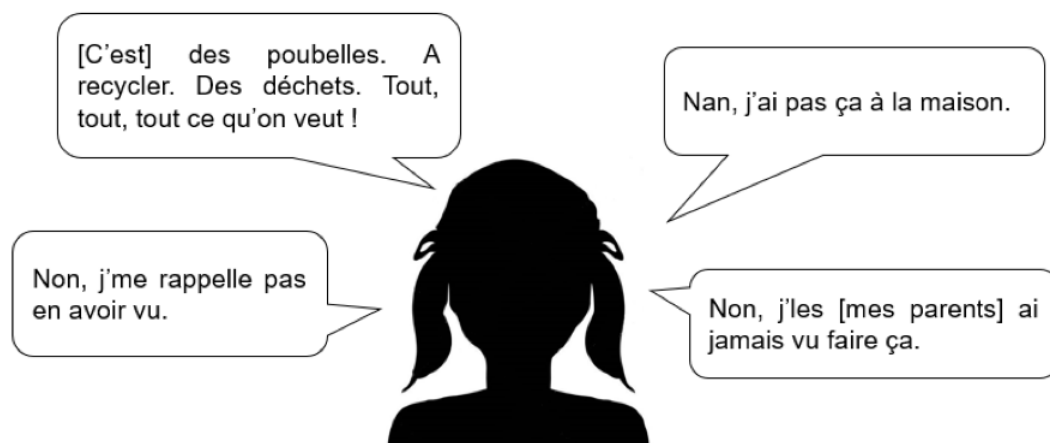


Figure 3 - Extrait d'un entretien d'une élève interrogée sur le compostage. L'élève, qui n'a pas de composteur à la maison, considère le compost comme une poubelle et ne reconnaît pas les déchets organiques comme faisant partie de l'alimentation des vers et cloportes (Marchal-Gaillard, 2021).

Il semble que les élèves parviennent à établir un lien entre les deux lorsqu'il s'agit de transformation de la matière, à la condition que l'occasion leur soit présentée d'observer le

¹⁰ Tableaux synoptiques FMTTN, p.15.

compost et les vers de terre, (Marchal et al., 2021). Cette observation pourrait créer un moment de rupture avec leur expérience première, au sens où l'entend Bachelard (1940).

Cette séquence pourrait donner lieu à un dispositif parallèle en sciences sur le compost¹¹, afin de travailler des notions de transformation de la matière et de processus de fermentation. Il est à noter que bien que les vers de terre fassent partie des organismes du compost, le lombricomposteur est à différencier en terme de processus de transformation de la matière (Barroudi, 2022), où la chaleur n'est pas nécessaire aux différentes étapes de fermentation et de maturation (Marchal-Gaillard, 2021). Le lombricompostage est avant tout un processus biologique de transformation de la matière en un produit appelé compost ou lombricompost ou encore vermicompost (Milliet, 2015 ; Talla & Jantou Nankem, 2021). Ce processus biologique se réalise grâce à l'action des vers de terre et des micro-organismes et ne nécessite pas de passer par une phase thermophile qui est une caractéristique du compost classique (Talla & Jantou Nankem, 2021). Les produits du lombricompost sont d'une grande qualité (ibid.), avec un taux élevé de minéraux (Milliet, 2015), et pourrait donc être très utile à la culture et l'entretien de végétaux. Si à l'école, le compost est souvent placé à l'extérieur par crainte des mauvaises odeurs (Marchal-Gaillard, 2021), le lombricomposteur, s'il est bien entretenu, peut être gardé en classe sans risque de miasme (Talla & Jantou Nankem, 2021). Le lombricomposteur est aussi plus efficace que le compost classique, qui, en comparaison, ne divise que par deux le volume des déchets frais (Milliet, 2015).

Enfin, un dernier élément qui a guidé le choix de cette séquence était la demande explicite des élèves, et de l'enseignante, de travailler cette thématique en particulier. Nous remercions d'ailleurs chaleureusement l'enseignante qui, depuis deux ans, nous réserve un accueil sur le terrain. En effet, l'année précédente, lors de l'expérimentation d'un autre dispositif, les élèves ont pris part à la réalisation d'un projet potager au sein de l'école. En réhabilitant le terrain, les élèves ont rencontré pour beaucoup des vers de terre. Bien qu'ils aient de prime abord suscité du dégoût, ce qui est plutôt commun (Marchal-Gaillard, 2021), les élèves ont souhaité ramener des lombrics en classe et les ont placés dans un terrarium pour mieux les observer. Les conditions de vie n'ayant pas été remplies, les vers de terre n'ont pas survécu. Cette séquence pourrait être l'occasion d'observer si le dégoût initial des invertébrés peut être dépassé par les enfants. Et nous pouvons espérer qu'au minimum, les valeurs sous-jacentes de ce projet participeront à une éducation propice au développement citoyen des élèves qui font face à une transformation profonde de la société (Référentiel FMTTN, p. 3).

■ 2.3. Schématiser en technologie : quel mode d'emploi ?

Si le processus autour de la formation de gestes techniques (de leurs évolutions ou non), ainsi que de leur observabilité dans toute leur complexité, semblent difficile sur le terrain, les traces écrites restent un moyen d'accéder, dans une certaine mesure, aux différentes étapes par lesquelles passent les élèves.

Le référentiel de 4e primaire enjoint à travailler sur l'aspect de communication, notamment sur

¹¹ Des ressources sont déjà disponibles sur ce sujet et pourraient être exploitées les prochaines années : <https://sciencesencadence.be/outils-magazine-n16-composter-cest-imiter-la-nature/>

le traitement de l'information et des données dans un but de création de contenu (p. 38). Bien que ceci pourrait être, pour les prochaines années, pleinement centré sur le numérique, il apparaît que la demande spécifique de réaliser pour la première fois un croquis à main levée d'un objet technologique est une forme de communication en soi, sur papier. Cet attendu met en avant la place de la communication écrite technique, au sein de la classe de FMTT.

Cependant, si l'écrit est essentiel pour structurer la pensée (Goody, 1979) et amène même l'élève à aller plus loin dans celle-ci en la précisant et étant un levier dans l'appropriation et la structuration des connaissances (Schillings, 2022), il semble que la classe de technologie et de formation manuelle requiert un type d'écrit particulier dont il est difficile de se passer : le mode d'emploi. Or, pour que l'élève soit à même, un jour¹², de critiquer le document qui s'offre à lui, il est nécessaire qu'il soit capable d'identifier le genre¹³ auquel il appartient (Chartrand, Blaser & Gagnon, 2006). Un objectif que l'on retrouvera d'ailleurs clairement dans le référentiel de français en 4e primaire (p. 98). Dès lors, comment favoriser en classe un type d'écrit spécifique au FMTT qui répondrait à ses propres critères ?

Selon Hasni, Lefebvre et Drouet (2010), il convient de se centrer sur le *schéma de principe* comme moyen de préférence lorsqu'il s'agit de communiquer sur un objet technique (Hasni, Lefebvre et Drouet, 2010). Celui-ci est à considérer comme faisant partie des graphismes techniques, utilisés généralement dans la conception et la fabrication lors d'activités industrielles. L'objectif étant alors de réaliser une représentation d'une réalité technique, qu'elle soit un objet, un processus ou un système (Vérillon, 2001).

Cette représentation, au travers d'un croquis, peut s'avérer difficile à appréhender pour l'enseignant·e, qui n'a pas conscience à quel type d'activité industrielle le type de schéma de principe fait référence (Hasni, Lefebvre et Drouet, 2010). En effet, de par la multiplicité des domaines dans lesquels ce type de communication sémiotique est issu, prendre en compte les critères de chacun en classe est impossible. Les auteurs recommandent alors que l'enseignant·e se centre avant tout sur les difficultés que les élèves peuvent rencontrer (ibid.) :

- Nommer correctement le type de graphisme utilisé,
- Associer une partie du système à une description précise,
- Établir la fonction des graphismes utilisés.

¹² La critique de document telle que décrite ici serait peu accessible pour des élèves de 4ème primaire. Cependant, nous pouvons déjà construire une séquence qui tient compte d'un mode de pensée qui favoriserait à terme cette démarche.

¹³ Référence au genre littéraire. Il s'agit donc de construire la connaissance des caractéristiques propres à un texte.

Points de repère à considérer pour aborder la notion de schéma de principe	
Quoi?	Un schéma de principe est un outil permettant de décrire le fonctionnement d'un objet ou d'un système réel ou imaginé
Pourquoi?	Pour communiquer et s'assurer de la conservation de l'information
Comment?	À l'aide de figures réalisées à main levée en ayant recours à des symboles
Par qui?	Les concepteurs qui imaginent et conçoivent des systèmes
Pour qui?	D'autres concepteurs ou des opérateurs qui mettent en œuvre le système
Où?	Principalement dans le domaine des génies techniques (génie mécanique, électrique, civil, etc.)
Quand?	Surtout au début du cycle de vie d'un produit (conception)

Figure 4 - Points de repère et de vigilance lors de la réalisation d'un schéma propre à l'enseignement de la technologie en secondaire, proposé par (Hasni, Lefebvre, et Drouet, 2010).

Il s'agit ici de recommandations issues pour les classes principalement du secondaire. En 4e primaire, il nous semble qu'avant toute chose, établir la fonction du schéma réalisé est un essentiel. Nous avons déterminé ce choix selon la philosophie même de la construction d'un objet technique, dont la fonction semble être ce qui lui donne corps (Simondon, 1967). Nous appliquerons ici cette recommandation selon ce même principe.

■ 2.4. Conséquences pour cette séquence FMTT

Ces repères théoriques nous permettent d'élaborer une série de recommandations que cette séquence tentera au mieux de suivre, tout en laissant un espace de liberté à l'enseignant·e dans la mise en œuvre effective de ces intentions. Car, en effet, ce dispositif se veut être une co-construction avec les acteurs et actrices de terrain (enseignant·e-s, chercheurs·euses, membres d'ASBL, formateur·trice, ...).

Nous l'avons vu, un *objet technique* exprime bien une intention, nous explique Simondon (1967). Il résulte d'une action qui est pétrie par différentes contraintes.

L'objet technique serait donc à la rencontre de différentes tensions qui produira un "résultat obtenu" sans doute différent de l'objectif de départ, le tout au regard d'une multitude de méthodes possibles. Ceci semble être un terrain propice à la problématisation. En effet, cette dernière suppose un processus qui permet la mise en examen d'une question, en articulant doute et certitude (Fabre, 2016). L'articulation entre ces deux éléments doit permettre une tension entre ce dont l'élève est certain et ce que l'élève veut savoir, en mettant en rapport données et conditions du problème. Ce problème doit d'ailleurs être *construit*, contextualisé dans une discipline et dans un réseau de sous-problèmes qui s'y rapportent (ibid.), qui ne sont pas donnés à priori et qu'il convient de faire apparaître. Il est alors tentant de faire le parallèle : construire un

objet technique, n'est-ce pas construire le problème ? Cette séquence tentera d'explorer cette piste.

En dehors de la construction en tant que telle, la séquence donne aussi l'occasion aux élèves d'observer sur une longue période comment la matière (ici des morceaux d'aliments) est petit à petit transformée en lombricompost, ainsi qu'en lombrithé. L'observation et l'entretien nécessaires de l'objet technique peuvent amener ces questions : pourquoi faut-il régulièrement donner des morceaux d'aliments/déchets ? Pourquoi ceux-ci disparaissent-ils ? Pourquoi la terre dans le bac "se tasse" alors que l'on ajoute toujours de la matière organique ? Ici aussi, il semble que l'entretien de l'objet soit propice aux conditions de problématisation sur la transformation de la matière, en permettant aux élèves de formuler eux-mêmes des questions.

En dehors du processus de problématisation, nous souhaitons être vigilants aux points suivants qui peuvent être envisagés comme des objectifs que nous pourrions atteindre ou explorer durant ce dispositif :

- Explorer la manière dont les élèves et l'enseignant·e s'emparent de la thématique du référentiel,
- Tenter d'établir avec les élèves la fonction de l'objet (recyclage, production de matière organique utilisable pour cultiver, etc.),
- Réaliser des gestes techniques, comme la maîtrise de la perceuse pour pouvoir participer aux étapes de construction,
- S'entraîner à schématiser de manière technique la réalisation d'un objet, sous la forme d'un mode d'emploi qui comporte des croquis techniques,
- Tenter de dépasser la notion de "déchet" pour aller vers une valorisation de celui-ci,
- Tenter d'aborder la notion de transformation de la matière et de dépasser la conception de "disparition",
- Créer des espaces de pratique d'écrit où l'élève est libre d'expérimenter celui-ci sous forme de brouillon.

De la même manière, nous pouvons, grâce à ce cadre théorique et à notre connaissance préalable du terrain, identifier des difficultés qui pourraient être rencontrées au cours de la séquence :

- Déterminer la fonction de l'objet qui peut être multiple. La fonction sera peut-être identifiée comme un élevage (tel qu'un animal de compagnie), plutôt qu'un objet technique qui permet de réaliser certaines actions (de recyclage par exemple, ou de valorisation des déchets),
- Difficulté pour l'enseignant·e de se positionner face à une nouvelle matière, qui comporte ses propres codes, son propre vocabulaire, son propre genre d'écrit et de schématisation, ...
- Rester à une conception de la matière qui "disparaît" dans le lombricomposteur au lieu d'être transformée,
- Difficulté pour l'enseignant·e et les élèves à établir ce qu'est un schéma technique et pourquoi l'utiliser dans ce cadre (fonction),

- Confondre les différentes actions du compost (avec des actions de fermentation, de production de chaleur qui en résulte, etc.) et du lombricomposteur (transformation de matière par la digestion et production d'excrément),
- Considérer l'écrit comme étant d'autant plus accessoire dans une matière où le geste manuel semble être privilégié.

3. Conception du dispositif

Les intentions et différents points de vigilance explicités ci-dessus constituent le fondement de la séquence. Celle-ci a été rendue possible grâce à la collaboration d'une enseignante volontaire de 4e primaire (ISE: 20/20), qui a testé le dispositif dans sa classe sur une durée de 7 semaines au total (dont une semaine de congé scolaire utile au repos des vers de terre après leur transport).

De part la nature exploratoire de cette étude, particulièrement due à la nouveauté du référentiel FMTT et le manque de ressources associées, nous ne souhaitons pas que ce dispositif soit réalisé en classe de manière applicationniste (selon Bronckart, 2016). Il est préférable que l'enseignant.e puisse procéder à des adaptations de la séquence, car comme décrit auparavant, nous envisageons cette étude comme une collaboration. Cependant, il est nécessaire de souligner que nous n'avons pas non plus une vision relativiste de l'enseignement dans la mesure où nous portons des intentions didactiques (présentées précédemment). La forme finale de ce récit de séquence se présente sous un dossier PDF qui comporte bel et bien une série de repères didactiques et pédagogiques. Ces recommandations, déjà issues de ce cadre théorique, sont également renforcées par une série de communications ouvertes sur les difficultés rencontrées par l'enseignant.e au cours du dispositif. De manière générale, le test du dispositif semble avoir des résultats intéressants, particulièrement quant à l'exploration du geste technique, la création d'un schéma de principe, des occasions diverses de problématisation, ainsi qu'un impact sur l'engagement des élèves.

L'ensemble des traces qui ont été recueillies consistent en :

- un suivi de chaque séance dans leur intégralité, sur place, avec des moments de retour après le cours entre l'enseignante et la chercheuse,
- des photos des activités en classe, en dehors durant la visite, ainsi que des productions réalisées,
- des enregistrements audio des interactions entre l'enseignant.e et les élèves et/ou les élèves entre eux,
- des traces écrites issues de l'activité des élèves, à différents moments du dispositif,
- des vidéos courtes montrant certains moments clés d'activité (comme le geste technique),
- une [interview d'une élève](#) centrée sur l'entretien du lombricomposteur et l'utilité perçue.

L'ensemble des traces citées ci-dessus ont bien servi à la validation et/ou la réalisation de la [ressource finale](#) disponible sous forme PDF; à l'exception des enregistrements audios.

Concernant la mise en œuvre du dispositif, durant la première séance, les élèves ont comparé des modèles de lombricomposteurs entre eux pour tenter de déterminer quels sont leurs points communs et leurs différences. Sur base de cette comparaison, les élèves identifient les parties essentielles qui sont nécessaires à la construction d'un tel objet. Sur base de ce travail, les élèves

établissent une première liste de matériel qui sera nécessaire, ainsi qu'un bref schéma de ce à quoi leur lombricomposteur pourrait ressembler. La particularité liée à ce groupe-classe est qu'ils possèdent déjà un terrarium qui avait servi de première tentative à héberger les vers de terre du potager en classe. Cependant, ceux-ci n'avaient pas survécu. Ce terrarium a donc été considéré comme un des modèles à comparer avec deux autres, qui, eux, étaient considérés comme fonctionnels.

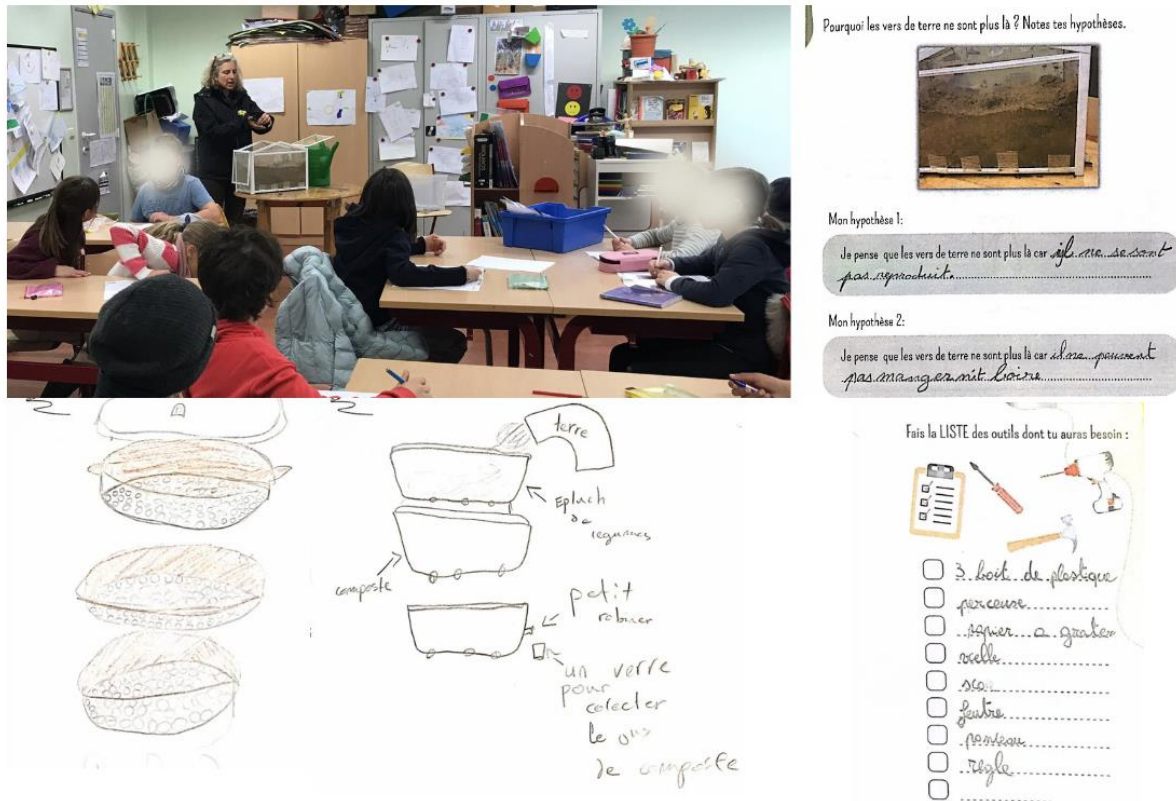
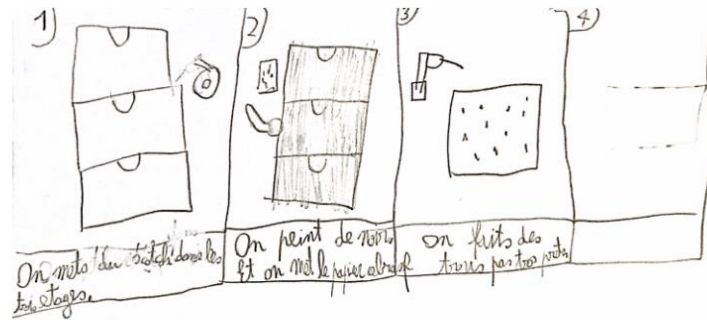


Figure 5 - Illustrations et schémas issus de la 1ère séance, avec l'observation et comparaison des différents modèles, ainsi que les premiers essais de schématisation sur les éléments nécessaires à un lombricomposteur fonctionnel. La plupart de ces premiers jets mettent en évidence la nécessité de percer des trous dans un ou plusieurs bacs, ce qui établit la nécessité d'une perceuse dans la liste d'outils. Ce besoin est établi grâce aux informations liées aux modèles fonctionnels présentés qui montrent la production d'un lombrithé.

Ce dysfonctionnement conduit les élèves à comparer des modèles que l'enseignante annonce comme "fonctionnels" et un premier modèle qu'ils ont pu constater comme étant inefficace. L'échec, comme le décrivait Fabre (2016) est un terrain idéal de problématisation, qui pousse les élèves à revenir sur ce qu'ils ont réalisé, afin de remettre en question la procédure, les moyens utilisés, ainsi que de repenser leurs objectifs.

La deuxième séance se centre sur la construction du lombricomposteur, en tentant d'imaginer les étapes nécessaires à sa réalisation, en se basant sur un matériel donné. En fonction du matériel, à la fois sélectionné par les élèves et par l'enseignante, la classe a à sa disposition l'ensemble des matériaux nécessaires à la construction. Par groupe, les enfants passent à la table « matériel » où ils ont l'occasion de se familiariser avec celui-ci avec l'aide d'une animatrice (papier de verre pour

faire adhérer la peinture acrylique, consignes de sécurité de la perceuse, etc.). Les élèves s'aident également des modèles vus précédemment pour discuter ensemble des étapes nécessaires à la construction. Il s'agit de tenter d'établir la chronologie des étapes et d'établir la nécessité de chacune d'entre elles. Par exemple : il est nécessaire de peindre le plastique transparent pour que les vers de terre évoluent dans le noir, car ils vivent habituellement sous terre. Cependant, avant de peindre, il faudra poncer le plastique pour le rendre adhérent à la peinture.



Étape 1:
fait des trous
dans les 3 boîtes (6cm)
Étapes 2:
grater la boîte
avec du papier
abrasif pour
que la
peinture
noire
reste
plus longtemps.

Étape 3:
peindre la
boîte
noire.
Étape 4:
Mettre la
terre scotch
les 3 boîtes
Étape 5:
Mettre la
terre
dans la
boîte.



Figure 6 - Illustrations, schémas et textes de brouillon où les élèves tentent d'organiser les étapes de construction du lombricomposteur. C'est un moment privilégié pour travailler la mesure, comme le montre l'illustration au centre, en réalisant un quadrillage à l'aide d'une règle. Cette mesure servira plus tard à savoir où percer le plastique pour que le lombrithé puisse circuler vers le bac qui sera en dessous (illustration en bas à droite).

Les élèves se montrent appliqués au niveau des consignes de sécurité de la perceuse, et se montrent enthousiastes durant l'activité. Il semble que c'est également un moment de régulation dans le groupe : chacun choisit et se met d'accord sur un partage des tâches dans lequel il/elle a envie de s'y essayer ou se sent spécialiste. Le geste technique associé à la perceuse est particulièrement intéressant. Après une démonstration de la part de l'animatrice, chaque élève du groupe réalise le perçage, tour par tour. Les élèves s'appliquent à bien tenir la perceuse à la verticale et à ne pas trop exercer de pression sur la mèche au risque de casser le plastique. Lorsqu'un des trous fend le plastique, les élèves décident collectivement de délimiter au marqueur la zone fragilisée et adaptent à la fois la grille pour réaliser les prochains trous, et adaptent également leurs gestes techniques en exerçant moins de force sur la mèche et le plastique. Les rétroactions des élèves, et les divers ajustements, sont réalisées en autonomie. On peut également constater qu'après 1/2h, l'utilisation de l'outil est réalisée dans des gestes plus fluides, plus rapides et plus précis, mais qui changent en fonction de l'élève qui choisit de se positionner différemment, ce qui rejoint notre cadre théorique (notamment Bril, 2019). Par cette

activité, les élèves ont donc aussi l’occasion de construire la compétence “Exécuter une tâche en toute sécurité”, où (p. 42).

La troisième séance se concentre sur la visite d’un compost collectif de quartier. En collaboration avec l’ASBL Worms et le Compost de quartier du Jardin du Chat, les élèves se rendent sur place et explorent les différentes parties du compost avec la guidance de la responsable. Les élèves posent leurs questions sur la différence entre compost et lombricomposteur. Il existe un moment de transmission magistrale également sur le recyclage, le tri des déchets et le rôle d’un compost de quartier dans la réduction des déchets ménagers. Les élèves constatent en retournant le compost à la recherche de lombrics qu’il existe une multitude d’autres organismes (insectes, araignées, cloportes, ...) qui ne correspondent pas aux modèles vus en classe. Les élèves sélectionnent les vers de terre, tout en gardant une partie du compost qui a déjà été transformé et où il existe moins de restes alimentaires. Les vers de terre sont emmenés dans une boîte de transport qui est installée à l’école, à la cave, afin que les vers puissent récupérer du choc de température et du changement d’habitat (congé d’une semaine suivant l’activité).

La quatrième séance se déroule après une semaine de repos nécessaire aux vers de terre pour rester en bonne santé. Les élèves transfèrent les vers de terre du bac de transport au lombricomposteur. Pour ce faire, les lombrics doivent être extraits à la main de la terre qui composait le compost, pour ne pas laisser proliférer d’autres organismes. C’est un moment de remobilisation de la visite où l’enseignant.e questionne les élèves sur la différence entre compost et lombricomposteur, mais c’est également un moment de transmission d’informations, où l’enseignant.e explicite la litière nécessaire aux vers de terre. L’activité demandait de chercher les vers de terre à la main dans le bac de transport, pour pouvoir les transférer dans une litière appropriée. La plupart des élèves étaient réticent.e-s au début de l’activité. Ceci est un phénomène récurrent : les apprenant.e-s ont souvent une attitude de rejet (figure 7 ci-dessous) envers les invertébrés ou tout organisme qui produit du mucus, à l’instar des vers de terre (Marchal-Gaillard, 2021).

Id.	Verbatim
E1	(125) [Ch ajoute un ver de terre] Pouah ! (127) Un ver de terre !
E9	(116) Beurk , un ver de terre.
E49	(121) Moi, j’aime pas ça du tout . Un ver de terre... J’ai peur .
E65	(163) Ahhh, berk , y’a un ver de terre !
E109	(145) J’aime pas les bêtes ! C’est dégoûtant j’trouve.
E141	(168) Un ver de terre ! J’ai peur . (176) J’aime pas les fourmis, moi.
E172	(134) Ah, un ver de terre ! J’ai peur !
E173	(112) Un animal. Y’a un serpent. J’sais pas. En tout cas, sa queue bouge. Il me fait vraiment peur !

Figure 7 - Tableau de transcription illustrant l’aversion que les élèves peuvent ressentir face à des invertébrés (Marchal-Gaillard, 2021).

Il semble nécessaire de prendre en compte l'affect des élèves, dans la mesure où nous savons que ces attitudes affectent l'élaboration des connaissances sur les êtres vivants qui provoquent de la peur et/ou du dégoût (ibid.). Il semble qu'un moment de manipulation permette bien de dépasser le dégoût initial chez le groupe. Chaque élève du groupe se montrera moins réticent à la manipulation et exprimera un intérêt, avec des verbatim tels que : "Moi je les trouve pas si moche", "En fait ils ont des bébés, c'est mignon!" "Au début on se dit berk, mais en fait ça va".

La cinquième séance lance le premier jet du mode d'emploi. Celui-ci est établi comme nécessaire en classe, car le lombricomposteur est destiné à être donné à la classe suivante qui n'aura reçu aucun cours, aucune information préalable sur comment entretenir l'objet technique. La mission de communication est alors répartie au sein des élèves. Avec le lombricomposteur en classe, la table de matériel disponible, un dossier photo de la construction de l'objet, d'un exemple de mode d'emploi, ainsi que deux dossiers documentaires sur la nourriture/déchets à donner aux vers de terre, les élèves sont répartis en 5 groupes. Chaque groupe devient spécialiste d'une page qu'il devra réaliser :

- la page : liste du matériel,
- la page : étapes de construction,
- la page : que donner à manger ?
- la page : aliments/déchets à éviter !
- la page : schéma de notre lombricomposteur.

Selon le nombre d'élèves et de groupes, ce nombre de pages pourrait être adapté (exemple : un groupe pourrait réaliser la page de garde, avec des illustrations liées au contenu, création d'une table des matières, etc.).



Figure 8 - Photos de différents groupes qui s'occupent chacun d'une page spécifique. À gauche, le groupe de schéma technique, à droite, le groupe de la liste du matériel.

Ce premier jet est ensuite repris par l'enseignant.e à la fin de la séance, peu importe l'état de son avancement.

La sixième et dernière séance correspond à la finalisation du mode d'emploi. L'enseignante a récupéré chaque page et les a assemblées pour faire un livret. Ceci afin de rendre le "mode d'emploi" plus concret, en donnant un visuel de ce à quoi le produit fini pourrait ressembler. La classe observe et débat sur chaque page et réalise sa critique (éléments pertinents, éléments manquants, remarques esthétiques, ...). Le groupe responsable de la page, en fonction du retour de la classe, émet des améliorations qu'ils pourraient réaliser ou ce qu'ils pourraient finaliser. Cette manière de procéder semble susciter un fort engagement de la part des élèves où l'ensemble du groupe classe, sans exception, souhaite prendre la parole et prendre part au débat. Le reste de la séance est consacré à la réalisation/modification/amélioration du livret « mode d'emploi » qui sera ensuite distribué à l'école comme ressource pour un tel projet, ou, au minimum, associé au lombricomposteur qui passera d'année en année. L'année suivante, le nouveau groupe-classe pourra alors s'en emparer et y apporter ses modifications (aussi bien au livret, qu'à l'objet) et ainsi de suite.

4. Validation

Nous proposons une démarche de validation sur plusieurs niveaux qui a déjà été utilisée dans nos projets antérieurs.



4

.1. Intentions sur la démarche et prise en compte des décalages

Dans un premier temps, notre analyse utilise des repères employés les années précédentes. Il s'agit avant tout de traces écrites concernant la production des élèves, d'un travail avec les conceptions des élèves, d'observer s'il existe des éléments de secondarisation, ... Ces repères nous permettent d'évaluer les possibilités offertes par cette séquence; qui repose sur le cadre théorique et les recommandations formulées dans cette étude, les écarts envisagés à priori, ainsi que les difficultés expérimentées par l'enseignante durant le dispositif.

Il semble que la séquence en elle-même, avec les opportunités de réalisation d'un objet technique, mais également d'un mode d'emploi pourvu de schémas de principe, permettent bien d'aller vers un processus d'institutionnalisation, en conservant une trace écrite et physique centrée sur les apprentissages des élèves, ceux-ci pouvant par après collectivement s'y référer.

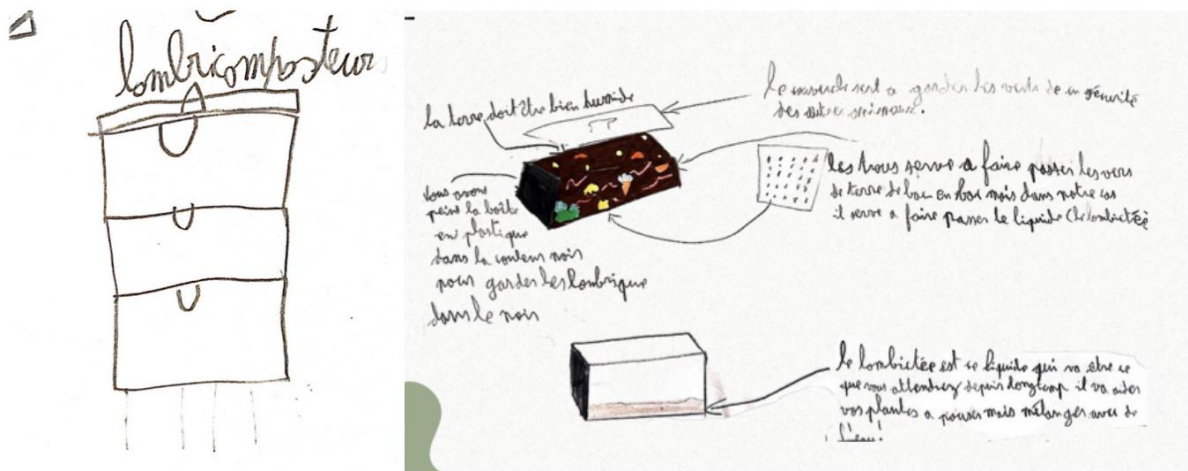


Figure 9 - Exemple de schéma technique en début de séquence à gauche, et en fin de séquence, à droite.

Par exemple, nous pouvons constater qu'il existe une évolution en termes de choix de représentation graphique chez l'élève. Dans l'ensemble des croquis réalisés par la classe, ceux réalisés en début de séquence montrent souvent l'objet de l'extérieur, avec quelques mots-clés descriptifs, ou alors représentant l'intérieur du lombricomposteur sans aucune description. On peut constater en fin de séquence que le schéma de principe se concentre davantage sur l'intérieur et détaille avec à la fois du texte et des croquis supplémentaires (ex : croquis du fond du premier bac pour mettre en évidence la nécessité des trous). Le texte est également plus précis et explicite la fonction des éléments détachables. Cela suit bien des principes de secondarisation et cette évolution s'est réalisée en autonomie chez les élèves. Ceci montre aussi que la séquence permet de faire évoluer le travail de l'élève au niveau de la réalisation de croquis techniques, comme le préconise le référentiel (p. 38).

Il peut en être constaté de même au niveau de l'apprentissage du geste technique (perceuse), où l'on peut observer une claire amélioration de l'efficacité. Le premier geste de perçage tournant aux alentours de presque 1min30 en début d'activité, pour environ 10 à 30 secondes après ½ heure d'utilisation avec des adaptations de la part des élèves.

Le mode d'emploi, particulièrement avec le retour des élèves, semble être un moment privilégié pour fixer les apprentissages, tout en leur permettant de rester évolutifs. Dans cette perspective, les élèves sont eux-mêmes les constructeurs du savoir à transmettre, et sélectionnent les apprentissages qu'ils estiment nécessaires de partager pour que d'autres puissent s'emparer de l'objet technique dans sa fonctionnalité. Ceci conduit à sortir d'un type d'enseignement où l'enseignant-e serait seule détenteur-trice du savoir.



Figure 10 - Exemple d'une tentative de réalisation d'un "mode d'emploi", comportant des schémas de principe. Respectivement : la 3ème page sur l'alimentation, la 4ème page sur les "déchets" et la dernière page avec un des 3 croquis techniques.

Nous pouvons également observer que la notion de déchet tend à évoluer au cours du dispositif. Le déchet n'en n'est plus un lorsqu'il est donné aux lombrics, mais retrouve son statut de "déchet" lorsqu'il ne fait pas partie du régime alimentaire de l'invertébré. C'est un constat intéressant d'évolution partielle d'une conception, qui met en évidence que l'axe du développement durable pensé par le référentiel peut effectivement être traité par cette séquence.

De plus, il semble que ce dispositif soit l'occasion de travailler plusieurs genres d'écrits. Par exemple, la figure 9 montre la réalisation de listes (à gauche) qui possèdent des codes différents de la réalisation d'un court texte pour préciser un schéma technique (à droite). En effet : une liste ne s'écrit pas de la même manière (organisation spatiale de l'écrit, mots-clés, etc) qu'un court texte pour expliciter un détail du schéma. La construction d'une liste, par exemple, était un genre d'écrit auquel aucun·e élève déclaré être familier. À un niveau plus général, la séquence semble permettre des moments d'expérimentation avec le brouillon, ce qui est un essentiel dans la construction et consolidation des apprentissages (Schillings, 2022). La difficulté pensée à priori, sur l'abandon de l'écrit face à des thématiques technologiques, n'a donc pas été rencontrée. Ceci montre qu'il est possible d'engager des élèves dans l'écrit en classe de FMTT.

Il semble également que la séquence offre des moments de questionnement, où les élèves sont davantage acteurs et actrices de leur propre problématisation. C'est un élément important, puisqu'une des conditions¹⁴ pour tendre vers ce processus est que l'élève lui-même puisse construire sa propre question et non que celle-ci soit formulée par l'enseignant·e (Fabre, 2016). La construction de l'objet technique en lui-même propose différents moments, où les élèves ont déjà rassemblé des connaissances sur le thème (en comparant les modèles, avec la visite au compost de quartier,...), ce qui est une des autres conditions de la problématisation. Pour pouvoir entrer dans ce processus, il convient de posséder des éléments convenus comme étant "vrais"

¹⁴ Fabre (2016) identifie cinq critères pour construire le problème : l'examen d'une question, l'articulation doute-certitude, l'articulation des données et conditions dans un cadre, la réflexivité, ainsi que la perspective heuristique.

pour pouvoir déterminer ce que nous ne connaissons pas encore et ainsi “fabriquer” le “problème” (Fabre, 2016). Le caractère multiple du questionnement revient aussi fortement dans cette séquence (là encore, une autre condition), puisque que le problème ne peut être isolé. Par exemple : “Comment construire cet objet technique ?” est une question qui elle-même est à penser dans un système de “sous-problèmes” : *Pourquoi construire cet objet ? Quel est notre objectif ? Si les vers produisent un thé, comment construire un lombricomposteur où ils ne s’y noieront pas ? Si le terrarium n’a pas fonctionné, alors qu’il y avait de la terre, des lombrics et de l’humidité, qu’est ce qu’il manque pour qu’ils puissent vivre ? D’ailleurs, qu’est-ce que mange un lombric ? Peut-être sont-ils morts parce qu’ils n’avaient pas à manger ? Ou peut-être ont-ils mangé quelque chose qui les a rendu malade ? etc.* Chacune de ces questions induit un sous-problème qui requiert l’attention de l’élève : sans savoir ce que le lombric consomme et rejette, il est difficile d’établir la nécessité du bac à lombrithé, et donc d’établir la bonne fonctionnalité de l’objet technique, et ainsi de suite. Cette pensée en arborescence dont les élèves ont présenté les caractéristiques surtout dans les discussions de groupe, permet d’envisager que cette séquence conduit effectivement vers une problématisation en FMTT. Vu la “nouveauté” de ce cours, il serait pertinent que d’autres séquences puissent être testées durant les prochaines études pour tenter d’observer plus précisément comment ces conditions de problématisation sont remplies et si ce processus est reproductible avec d’autres classes.

Enfin, il est important de noter l’enthousiasme des élèves, particulièrement quant à la réalisation de gestes techniques, ainsi que des activités de réalisation de “mode d’emploi” où les enfants se retrouvent en position d’auto-évaluation et d’évaluation de leur pairs, non pas dans une perspective de pointer l’erreur comme étant un échec, mais bien dans le but d’aider le groupe à produire un écrit ou des schémas techniques plus aboutis, car possiblement compréhensible pour un autre groupe. L’enseignante, quant à elle, souligne son intérêt quant au dispositif proposé, ainsi qu’à notre accompagnement. Plusieurs moments de retour sur les difficultés de l’enseignante nous paraissent essentiels, notamment sur la matière. La classe de FMTT semble représenter un challenge pour les enseignant·e·s qui n’auront pas été formés lorsque le référentiel sera effectif en classe. Cet aspect particulièrement collaboratif nous a permis de déterminer quelles aides théoriques étaient nécessaires et lesquelles nécessitent un approfondissement. L’innovation de présenter cette aide théorique sous forme de questions-réponses, au lieu de texte linéaire selon une forme commune, semble efficace en termes d’engagement de l’enseignant.e qui possède généralement peu de temps pour s’intéresser au contenu théorique proposé. De plus, cette méthode permet d’y inclure directement les questions que les enseignant.e.s sont susceptibles de se poser.



.2. Intentions spécifiques au Pacte pour un Enseignement d’Excellence

Par rapport au Pacte, cette séquence poursuivait plusieurs intentions, et permet d’établir une nouvelle piste.

Tout d’abord, le dispositif semble bien permettre des moments pluridisciplinaires, notamment avec les sciences. Dans cet essai, les questions sur la transformation de la matière n’ont pas pu être approfondies par manque de temps, mais la séquence montre qu’une pluridisciplinarité est

possible et même recommandée¹⁵. Lorsque l'objet technique est réalisé et que les lombrics sont nourris, les semaines suivantes sont source de questions sur la transformation de la matière : *Où disparaissent les épluchures de légumes ? Pourquoi la terre est plus basse ? Pourquoi la terre devient-elle d'une autre couleur ? Pourquoi la terre est en granulé ?* sont autant de questions que les élèves ont posées et d'opportunités de travailler des notions du référentiel de sciences, notamment "États de la matière et changements d'état" (p. 47), ainsi que "Relation vivant/milieu" (ibid.). De fait, l'absence de vers de terre est un enjeu majeur au niveau de la culture des sols, de par leurs interactions avec le milieu qui permettent à la fois, de rendre la terre plus meuble (création de galeries et de turricules), mais aussi d'enrichir le substrat. Ceci recoupe également les préoccupations de l'Avis n°3 du Pacte (p. 50) de pouvoir mieux appréhender "l'empreinte humaine (au sens large) sur l'environnement".

D'autres moments pluridisciplinaires peuvent être envisagés, notamment avec le Français. La séquence a été conçue pour mettre en avant la place de l'écrit (que ce soit à travers les brouillons, des listes, des schémas) pour que l'enfant puisse aller vers un niveau de "scripteur en transition" (Référentiel de français, p. 91). Le mode d'emploi semble une opportunité pour travailler les composantes de la situation de communication et de ses paramètres (Pour quels interlocuteurs réalisons-nous ce livret ? Quelle est notre intention dominante ?; p. 92, 95). La place importante du brouillon dans ce dispositif permet également d'aller vers des savoirs-faires plus difficilement accessibles : "structurer sa pensée dans des écrits" (p. 96).

Au niveau des intentions globales du Pacte, ce dispositif répond bien à l'attente de l'Avis n°3, à savoir : "développer des activités concrètes et manuelles [...] faisant appel à la créativité au sens large, tout en motivant les élèves et en valorisant des activités débouchant sur des réalisations concrètes" (p. 50). La séquence répond aussi à une continuité entre les années, puisque le projet peut, par exemple, suivre la classe jusqu'au bout de sa scolarité pour inclure une utilisation plus complète de l'objet technique. Par exemple, la 5e primaire se centrera davantage sur la technique de culture et pourra donc intégrer l'utilisation du lombrithé ou du lombricompost produit dans l'entretien d'un végétal (p. 47). En 6e année, là encore le prolongement est possible, puisque les élèves seront amenés au niveau des savoirs-faire à trier des déchets compostables (TBS, p. 15). Il est aussi à noter que ce dispositif tente d'être accessible à tous et toutes, et est attentif aux effets inégalitaires (Avis n°1, p. 16). Celui-ci peut se réaliser avec un budget réduit (30€ ou moins si l'école permet le recyclage au sein de cette dernière, ce qui n'était pas le cas là où nous avons réalisé cet essai), ainsi que de proposer un objet technique qui, contrairement au compost, ne requiert pas d'espace vert au sein de l'école. Par ailleurs, la visite des composts de quartier se fait sur base bénévole et est donc complètement gratuite.

Enfin, une nouvelle piste s'est profilée durant cette étude exploratoire. Il faut noter que cette séquence ne prenait pas en compte les études de genre, contrairement à d'autres adaptations que nous proposons cette année. C'est pourtant une majorité de filles qui souhaitait participer à la construction de l'objet technique, et encore davantage à la réalisation de gestes techniques mobilisant un outillage plus important; requérant des consignes de sécurité spécifiques. Cette observation nous laisse envisager que cette séquence peut être un moment privilégié afin de travailler les rôles masculins et féminins dans des matières généralement dominées par un genre en particulier. Ce qui touche à la construction ou réparation d'objets techniques est souvent

¹⁵ Certaines de nos productions l'année précédente proposaient déjà d'aller en ce sens : <https://www.hypothese.be/wp-content/uploads/2022/09/Guide-technosciences-1-aout-2022.pdf>

générée au masculin (Dominguez Folgueras, 2014). Si cependant, une grande majorité de filles participent à ce type d'activités dans cette séquence, il serait pertinent de tenter d'établir quels sont les facteurs qui ont permis ce changement. Ceci recoupe également les préoccupations du Pacte (Avis n°1, p. 16) quant à sa volonté de battre en brèche les stéréotypes de genre.

5. Conclusion, perspectives et recommandations

Pour conclure, cette étude exploratoire donne lieu à une [production finale](#), destinée spécifiquement aux enseignant·e·s de quatrième primaire. Cette séquence est disponible sous forme PDF et tient compte des intentions reprises ici dans l'ensemble de cette annexe. Elle se compose d'un fil conducteur issu de cet essai exploratoire, renforcé par le retour de l'enseignante. Le contenu propose aussi diverses aides théoriques et des points de vigilances didactiques, à la fois prévus par le cadrage théorique de cette étude, mais également en fonction du retour des acteurs et actrices de terrain (enseignante, ASBL, Responsable, élèves participants).

La ressource peut être considérée comme validée : il semble que ce dispositif rencontre bien dans le cadre des classes de FMTT, en permettant des démarches et processus d'apprentissage qui sont propres au geste et à l'objet technique; ainsi qu'à la réalisation de schémas de principe. De plus, ce projet semble être une opportunité particulièrement intéressante pour travailler les thématiques de développement durable, ainsi qu'une pluridisciplinarité, à la fois avec les sciences et le français. Des pistes semblent également possibles quant à l'étude des rôles genrés dans des matières impliquant la technologie, ce qui laisse penser que d'autres études exploratoires sont nécessaires.

Cependant, il nous faut rester attentif à certaines limites rencontrées, à la fois au niveau du dispositif, mais également dû au contexte exceptionnel que représente la mise en place classe de FMTT par le nouveau référentiel.

En effet, il semble que la (ou les) fonction(s) d'un objet technique doit faire l'objet d'une attention particulière de la part de l'enseignant·e et des élèves. Cependant, la difficulté des élèves à consolider *une* fonction de l'objet technique ne signifie pas que le dispositif est invalidé. Dans une des [traces vidéos](#) issues de la ressource finale, on peut constater que l'élève parle du lombricomposteur comme étant un objet qui permet le recyclage des restes alimentaires. La fonction de *recyclage* semble donc bien là, mais d'autres essais sur le terrain devraient pouvoir préciser si c'est bien la transformation de la matière qui est identifiée. À cela, dans la vidéo, l'élève superpose la fonction d'élevage, lorsque son avis personnel est demandé. Si c'est également une des fonctions possibles qui sortent du cadre de la FMTT, notre étude exploratoire semble montrer que les élèves appliquent, dans la concrétisation de l'objet technique en lui-même, des caractéristiques qui ont bien attiré à la classe de FMTT. Ceci est observable, à la fois dans les brouillons réalisés, dans les schémas de principe qui se spécifient dans un genre particulier, ainsi que dans la découverte, l'application et l'amélioration de gestes techniques. Plutôt qu'une dissonance entre fonctions, il semble que la superposition de celles-ci soit possible, ce qui est exprimé à travers les traces écrites et vidéos recueillies. Établir la (ou les) fonction(s) d'un objet technique se confirme comme étant un élément central à ne pas manquer dans la réalisation de ce genre de dispositif. Nous souhaitons que les prochaines séquences y soient particulièrement attentives dans la mesure où il existe actuellement une absence de ressources spécifiques à la

Formation Manuelle, Technique et Technologique. Les informations disponibles sur le thème du lombricompostage et que l'on peut trouver en ligne ne prennent nullement en compte cette perspective. Puisque la classe de FMTT n'est pas encore d'actualité dans les écoles, il apparaît essentiel que l'enseignant-e qui s'emparera de cette séquence précise d'emblée cette nouvelle discipline dans le cadre de sa classe ; en réaffirmant ses codes et ses attendus. Ceci a donc été implémenté en termes de recommandations dans la [ressource finale](#) et participe à l'importance d'une bonne classification des contenus sur e-classe. Des essais supplémentaires pourraient donc être envisagés afin de déterminer comment les enseignant-e-s et les élèves peuvent préciser la fonction d'un objet technique.

Enfin, il convient également d'envisager d'autres études exploratoires qui prendraient en compte une visée qui n'a pas été envisagée par ce travail : celle de l'inclusion et de la différenciation. Dans une "Formation Manuelle", quelles sont les conditions d'inclusion et de différenciation possibles, alors que s'opère un décloisonnement entre "école" et "école spécialisée" ? Comment ces séquences sont-elles à envisager pour favoriser l'inclusion d'élèves en situation de handicap ?

6. Liste des références

- Allen, M. (2014). *Misconceptions in Primary Science*. Open University Press.
- Bachelard, G. (1940). *La philosophie du non*. Presses Universitaires de France.
- Barroudi, A. (2022). Expériences et éducation au développement durable. Cas du compostage des déchets alimentaires à l'école élémentaire 2022. 12ème Rencontres Scientifiques . Université Toulouse Jean-Jaurès. ARDIST, Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Technologies.
- Bautier, É. & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue française de pédagogie*, 148, 89-100. <https://doi.org/10.3406/rfp.2004.3252>
- Bautier, É. & Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage, programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Presses Universitaires de France.
- Bernstein, N. (1926). *Biomechanics for the instructors*. New Moscou Editors.
- Hasni, A. Lefebvre, D. & Drouet, J-M. (2010). L'enseignement de la technologie au secondaire : analyse d'un cours sur l'apprentissage du schéma de principe. *Rencontres scientifiques universitaires Sherbrooke – Montpellier*.
- Bril, B. (2019). Comment aborder la question du geste technique pour en comprendre l'expertise et l'apprentissage ?, *Techniques & Culture*, 71, 78-91.
- Bril, B. (2018). Action, movement and culture. Does culture shape movement?, *Kinesiology Review*, 7(1), 79-87. Doi: 10.1123/kr.2017-0060.
- Bril, B. (2020). Geste technique et apprentissage : une approche fonctionnelle. In P. Pion & N. Schlanger. *Transmettre les savoirs : archéologie des apprentissages*, 63-84. La Découverte/Inrap.
- Bronckart, J.-P. (2016). *Pourquoi et comment devenir didacticien?*. Presses universitaires du Septentrion.
- Brossard, M. (1992) : Un cadre théorique pour aborder l'étude des élèves en situation scolaire, *Enfance*, 4, 1 89-200.
- Brossard, M. (1993) : *Situations scolaires et apprentissage de l'écrit. L'élève apprenti lecteur. L'entrée dans le système de l'écrit*. INRP-Cresas.

- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21, 12-33.
- Chartrand, S., Blaser, C., & Gagnon, M. (2006). Fonction épistémique de l'écrit et genres disciplinaires. Enquête dans les classes d'histoire et de sciences du secondaire québécois. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften* 28,2, 275-293. <https://doi.org/10.24452/sjer.28.2.4729>
- Commission Permanente de Réflexion sur l'Enseignement de la Technologie (1986). Propositions de la commission permanente de réflexion sur l'enseignement de la technologie. *Technologie*. Textes de Référence. Sèvres, Centre international d'études pédagogiques, pp. 2-48.
- Dahmouche, H., Barrier, T., Vermeulen, V. & Daro, S. (2022). *Le guide raisonné des « nœuds didactiques »*. Nœud « techno-sciences » – Enseigner les technologies. <https://www.hypothese.be/index.php/petites-lecons/>
- Dominguez Folgueras, M. (2014). L'inégal partage des responsabilités familiales et domestiques est toujours d'actualité. *Regards croisés sur l'économie*, 15, 183-196. <https://doi.org/10.3917/rce.015.0183>
- Fabre, M. (2016). *Le sens du problème : Problématiser à l'école ?* De Boeck Éducation.
- Fabre, M., Weil-Barais, A. & Xypas, C. (2014). *Les problèmes complexes flous en éducation*. Bruxelles : de Boeck.
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2021a). *Référentiel de formation manuelle, technique, technologique et numérique. Tronc commun*. www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2021b). *Référentiel de sciences. Tronc commun*. www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2022). *Tableaux synoptiques FMTTN. Tronc commun*. http://www.enseignement.be/index.php?page=23827&do_id=17243&do_check=SQNZEBNMAB
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2022). *Référentiel de Français et Langues Anciennes*. <http://www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920>
- Garçon, A-F. (2015). « Des modes d'existence du geste technique », *e-Phaïstos*, 4(2), 84-92.
- Goody, J. (1979). *La Raison graphique : la domestication de la pensée sauvage*. Les éditions de Minuit.
- Grossen, E. (1988). *La construction sociale de l'intersubjectivité entre adulte et élève en situation de test*. Delval-Cousset.
- Havelange, V., Lenay, C & Stewart, J. R. (2002). Les représentations : mémoire externe et objets techniques. In: *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, 35(2). <https://doi.org/10.3406/intel.2002.1659>
- Ivanova, G. (2005). « The biomechanics of the complex coordinated stroke » in V. Roux & B. Bril (dir.), *Stone Knapping. The Necessary Conditions for a Uniquely Homini Behaviour*. McDonald Institute : 119-128.
- Kahn, S. (2010). *Pédagogie différenciée*. De Boeck.
- Latour, B. (2007). La clef de Berlin. In B. Latour, *Petites leçons de sociologie des sciences* (pp. 33-46). La Découverte.
- Leroi-Gourhan, A. (1965). *Le Geste et la parole. La mémoire et Les rythmes*. Albin Michel.
- Marchal-Gaillard, V. (2021). *Étude de l'acculturation scientifique d'enfants de maternelle pour une éducation à l'environnement et au développement durable. Conceptions d'enfants de cinq ans sur le cycle de la matière organique, et modalités de transmission lors de pratiques*

- familiales de compostage*. Centre de Recherche sur l'Education, les Apprentissages et la Didactique (CREAD).
- Marchal, V., Boilevin, J.-M., & al. (2021). Conceptions initiales d'enfants de cinq ans sur la décomposition de la matière organique. Influence des pratiques de compostage à la maison sur la compréhension des concepts scientifiques en jeu. *Actes des Onzièmes Rencontres Scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et Technologies*. ARDiST.
- Meirieu, Ph. (2013). Objectif-obstacle et situations d'apprentissage. In J. Houssaye (Ed.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui* (Nouvelle éd., p. 289-299). ESF.
- Milliet, J. (2015). « Le lombricomposteur d'appartement, les déchets et la terre urbaine », *Revue d'ethnoécologie*, 8. <http://journals.openedition.org/ethnoecologie/2305>
- Pacte pour un Enseignement d'Excellence (2015). *Avis n°1 du Groupe central*. <http://www.enseignement.be/index.php?page=28591&navi=4911>
- Pacte pour un Enseignement d'Excellence (2017). *Avis n°3 du Groupe central*. <https://pactepourunenseignementdexcellence.cfwb.be/le-pacte/>
- Philippot, V. (2010). Approche ethnologique de la pratique du compostage collectif citoyen. Les vertus éco citoyennes à l'épreuve de l'enquête, *Mémoire*, AgroParisTech.
- Rodda, N. (2017). « "Vivre le geste" : Pratiquer pour construire une expertise technique. L'exemple de l'apprentissage des techniques de fabrication des pâtes étirées en Asie Centrale » in D. Bouillon, A. Guilherme, M. Mille & G. Piernas (dir.), *Gestes techniques. Techniques du geste*. Presses Universitaires du Septentrion : 299-316.
- Rodda, N., Bril, B. & Dietrich, G. (2017). « L'expressivité de l'expertise : Que faut-il maîtriser pour mettre en scène un savoir-faire ? Réflexion à partir de la préparation des nouilles Leghmen ». In K. Stengel (dir.), *Les gestes culinaires. Mise en scène de savoir-faire*. L'Harmattan : 61-104.
- Schillings, P. (2022). Écrire pour penser, consolider et partager ses apprentissages dans une visée interdisciplinaire: le rôle des écrits de travail. *Caractères*, 66, 2736-2329.
- Simondon, G. (1958/2012). *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier.
- Simondon, G. (1967). Le point sur la technologie : définition, relations, modalités. Intervention lors du programme Point sur la technologie. Radio Télévision Scolaire.
- Talla, A. & Jantou Nankem, M. I. (2021). Valorization of bio-organic household waste by associating Aquaponie–Lombricomposter. *International Conference: "Value Chains and Integral Transformation of Local Resources"*, LOREXP.
- Tremblay, P. (2012). *Inclusion scolaire*. De Boeck.
- Vérillon, P. (2001). Modéliser l'apprentissage de la lecture des graphismes techniques: l'apport des approches psychologiques du dessin technique In J. Colomb et J.-L. Martinand. (dir.), *Éléments pour une didactique comparée : langue écrite, graphismes et construction des savoirs* (21-41). Paris : INRP.
- Viard, J. (2002). De l'intérêt de respecter la spécificité des disciplines scientifiques et technologiques dans l'enseignement. Le cas de la conduction électrique. *Didaskalia*, 20, 9-40. DOI : 10.4267/2042/23913

● Annexe B : Conception et validation du dispositif « Sans demi-mesure »

Note : nous remercions les membres du Consortium 04 qui ont participé à la construction du dispositif.

Lien vers la ressource : <https://www.hypothese.be/wp-content/uploads/2023/08/Sans-demi-mesure.pdf>

1. Introduction

Cette annexe vient compléter la présentation dans le rapport final de notre projet de construction et de validation du dispositif « Sans demi-mesure ». Il s'inscrit dans une démarche déjà mise en œuvre plusieurs fois au sein des consortiums 4 et 5 consistant à élaborer un dispositif tenant compte à la fois de la recherche en éducation (notamment de l'état du savoir sur l'enseignement-apprentissage d'un thème donné), d'essais dans les classes afin d'étudier les adaptations réalisées par les enseignants en lien avec les difficultés qu'ils rencontrent, d'intentions du Pacte et des nouveaux référentiels, etc. Il paraît intéressant de rendre compte de ce processus plus longuement, au sein de cette annexe.

Ce projet d'enseignement vient répondre au constat d'un manque de ressources concernant l'*élément novateur* "construire un objet technologique au départ d'un modèle pour mesurer ou estimer une grandeur (une capacité ou une masse)" (P4) qui n'était jusqu'à lors pas rencontré dans l'inventaire des ressources à destination de e-classe (*fiches 1*). L'étude proposée ici est exploratoire, elle visait à comprendre l'entrée des élèves et des praticiennes dans les enjeux de la construction d'un instrument de mesure au prisme de la FMTT et des savoirs scientifiques qui peuvent être associés. En effet, le choix de la balance à plateaux permet de faire écho à la physique et elle contribue donc à un croisement disciplinaire, ce qui entre dans l'esprit de ces nouveaux référentiels (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021a, p. 90) et la volonté du Pacte pour un Enseignement d'Excellence de la mise en place d'un tronc commun polytechnique et pluridisciplinaire (O.S 1.2).

Cette exploration et les essais ont permis l'élaboration d'une ressource qui est une proposition raisonnée et illustrée du travail qui peut être fait en classe avec les élèves. Les prochaines sections seront dédiées à exposer de manière plus développée les éléments théoriques et les intentions de travail qui nous ont guidés dans la conception du dispositif et le processus de validation, ainsi qu'à une présentation rapide de l'organisation de la ressource élaborée.

2. Éléments pour problématiser les exigences et les contraintes du dispositif

L'étude des balances à plateaux peut renvoyer à des concepts et des préoccupations très différentes, entre la physique et la technologie. Nous proposons ci-dessous quelques entrées.

■ 2.1. Instrument et instrumentation

Si la balance à plateaux est présente de longue date dans des classes, les publications évoquent généralement la balance dans un but autre que celui de son étude. Il s'agit alors plutôt de la mobiliser comme instrument de mesure (exemple à la figure 01 ci-dessous).

• **Que devient la cire de la bougie pendant la combustion ?**

Pour faire fonctionner les conceptions des enfants nous leur demandons de prévoir individuellement (texte et schéma), le résultat de l'expérience ci-contre.

Après avoir réalisé l'équilibre, nous allons allumer la bougie. L'équilibre de la balance sera-t-il conservé ? Pourquoi ?



Figure 01 : extrait de Laugier et Padeloup (1994, p. 105) relatant une expérience devant permettre d'aborder les changements d'état et la matérialité de l'air, avec des élèves de 8-10 ans.

À certaines occasions, l'introduction de la balance pourrait viser la pratique de la mesure en physique (Séré, 2008). Or, les enjeux de notre séquence sont différents que ceux que Séré identifie pour la physique (« savoir mesurer », « utiliser les mesure », « traiter les mesures ») puisque l'attendu de P4 du référentiel FMTTN (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021a, p. 41) est celui de la construction de la balance : « Construire un objet technologique*, au départ ou non d'un modèle, en vue de mesurer ou d'estimer une grandeur. » précédé de « Utiliser, en fonction de l'ouvrage* à réaliser par les élèves, le nom d'instruments de mesure (voire estimation) dont balance, sablier, chronomètre, thermomètre, contenant gradué. » qui introduit la possibilité de s'intéresser à la balance à plateaux.

Ainsi, l'instrumentation récemment introduite en primaire dans le référentiel (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021a, p. 41) est une nouveauté qui demande à être pensée. L'ambition dépasse la familiarisation à l'objet. Il s'agit de se donner les moyens matériels de réaliser l'objet avec les élèves et d'identifier les raisons techniques qui permettent à la balance de remplir sa fonction. Les choix matériels et les contraintes sur les ressources doivent donc viser des exigences propres à l'objet, comme celles de la fiabilité des mesures, de leur constance, de la sensibilité de l'instrument, et de son étalonnage (Magneron et Munier, 2008).

Amener les élèves à de telles réflexions peut convoquer la physique, avec les notions de force ou de levier que nous allons discuter ci-après. Plus largement, le croisement avec les sciences pourrait contribuer à la visée 3 du référentiel sciences « Apprendre à propos des sciences » (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021b, p. 24). Par exemple, la définition de la mesure passe par le choix d'une valeur de référence qui sera l'étalon. Dans certaines situations, en particulier pour la balance à plateaux, l'étalon peut correspondre à des objets de référence selon un arbitrage, parfois techno-scientifique, parfois tout autre (économique, politique, pratique, etc.).

■ 2.2. Notion de force et d'équilibre

Une entrée conceptuelle bien étudiée est celle du concept de force, dans la didactique de la mécanique. Cependant, l'essentiel de ces études porte sur l'enseignement secondaire ou supérieur.

D'abord, les recherches montrent que pour des élèves de divers âges, le concept de force est au milieu de nombreuses confusions. Les élèves associent assez massivement force et mouvement. Viennot (1977) et Jouin (2002) montrent que pour des élèves, la force est associée au mouvement et qu'un objet immobile n'est pas soumis selon eux à une force. De manière concordante, l'enquête de Ioannides et Vosniadou (2002) montre que la plupart des élèves de fin de primaire et de début du secondaire associent également force et mouvement, dans le sens où un mouvement est provoqué par une force, parfois provoqué par un agent animé, ou à l'inverse que la force est acquise avec le mouvement. Dans la même enquête, les élèves d'un âge ultérieur continuent de montrer des associations ou des raisonnements confondant force, effort, travail (au sens physique), mouvement, etc., ou encore l'attribution de la force aux objets eux-mêmes, en interne donc. D'autres études viennent confirmer ces résultats pour des élèves de 15-17 ans (Maarouf et Kouhila, 2001).

Jouin (2002) montre également que, après un enseignement dédié, la moitié des élèves de fin secondaire considèrent qu'un objet suspendu n'est soumis qu'à une seule force, dirigée vers le bas. Les élèves associent également souvent force et énergie, attribuant alors à un objet particulier une force comme étant sa propriété. D'après Viennot (1996), cette conception convoque l'idée d'un « capital de force », là encore interne à l'objet, comme d'un « élan » fréquemment évoqué par les élèves (Agabra, 1985 ; Trellu et Toussaint, 1986).

Robardet et Guillaud (1997, p. 163-173) montrent que toutes les idées évoquées ci-dessus ont également existé chez divers grands penseurs, parmi lesquels Aristote et Leibnitz.

La note de synthèse de Kavanagh et Sneider (2006) met en évidence que pour une partie importante des élèves des âges auxquels nous nous intéressons, la chute d'un objet ne mobilise pas une explication par le concept de force, ce qui peut sembler contradictoire avec l'idée précédemment exposée qu'à un objet en mouvement est associé une force (Viennot, 1977 ; Jouin, 2002) ; cependant, la contradiction est levée si on considère comme condition supplémentaire qu'une force est provoquée par un agent animé (Ioannides et Vosniadou, 2002), ce que la chute libre ne mobilise pas. Kavanagh et Sneider identifient également dans la littérature qu'une autre partie importante des élèves associe la chute de l'objet au fait qu'il soit « lourd » ou encore par l'effet de l'atmosphère qui « pousse » sur l'objet, vers le bas.

Les élèves comprendraient également qu'un objet en déplacement est un objet dont l'intensité de la force en direction du mouvement serait supérieure à celle opposée au mouvement (Driver, 1983), ce qui est de l'ordre de la pensée commune à dépasser. Ici, les élèves s'appuient sur un vécu puisqu'il tient compte de l'effort fait pour vaincre les forces de frottements. Or, cet appui sur le vécu est une source de difficultés en mécanique (Lautrey et al., 2008) et pour un enseignement conjoint sciences-technologie (Jouin, 2002) puisqu'il empêche d'approcher les situations étudiées par des situations idéales auxquelles les élèves doivent au départ se référer.

Dans l'enseignement secondaire, les élèves comprennent également après un enseignement dédié que les forces seraient toujours égales et opposées (Jones, 1983), ce qui peut être le cas dans certaines situations d'équilibre mais qui n'est pas le cas pour toute situation, les actions égales et opposées devant s'exercer en fait sur deux corps différents. D'autres élèves confondent pression et force (McClelland, 1987 ; Kariotoglou et Psillos, 1994).

Il apparait donc que le concept de force et plus largement la mécanique statique est au centre d'un réseau de concepts en physique qui demande une rupture avec des conceptions communes mais peu pertinentes en physique. Si un tel enseignement doit être réalisé en fin de primaire, il s'agirait donc de *préparer le terrain* aux lois de Newton (figure 02 ci-dessous) et plus largement à l'entrée dans la statique et la dynamique dans l'enseignement secondaire. Cette approche du concept de force est donc pertinente durant l'enseignement primaire et tout à fait possible, comme le montre le magazine professionnel *Sciences en Cadence* (Richard et al., 2020). Enfin, l'interprétation des mesures de la balance à plateaux (équilibre ou au contraire déséquilibre des deux bras) selon le concept de force mérite une attention particulière.



Figure 02 : conception à dépasser selon laquelle les forces dans la direction du mouvement agissant sur un cycliste se déplaçant à vitesse constante seraient d'intensité différentes, celle dans le sens du mouvement devant être supérieure à de sens opposé au mouvement. Tiré de Allen (2014, p. 152).

■ 2.3. Leviers

La compréhension de la balance peut être faite par la notion de levier. Cette notion n'a que peu été étudiée par les didactiques pour les élèves du secondaire et, à notre connaissance, pas étudiée en primaire. Notons tout de même que ce concept pose des difficultés aux adultes en études supérieures (Ortiz et al., 2005 ; Flores-Garcia, 2010), au niveau des abstractions et simplifications à réaliser, le bilan des forces, la considération ou non des frottements, etc.

La notion de levier a un rapport assez ancien avec le quotidien des humains puisque les leviers, parmi d'autres machines simples, ont été mobilisés depuis des milliers d'années par les humains (Rosmorduc, 1987, p.17-18). Nous pourrions donc reconnaître dans certaines productions humaines techniques des éléments de physique, même si cette première physique ne s'est pas limitée qu'à des objectifs pragmatiques (Cariou, 2019). D'après Rosmorduc (1987, p.8), « Le levier était utilisé par les tribus du néolithique ; les constructeurs des grandes Pyramides égyptiennes s'en sont largement servis ; son principe a seulement été formulé par Archimède ». Mais le levier a intéressé d'autres penseurs également (Aristote, Stevin, Galilée, Leibnitz, etc.) qui l'ont pensé plus ou moins en lien avec des problèmes de dynamique et/ou de physique statique, d'énergie, ou encore de force. La notion de levier s'inscrit donc dans un champ théorique plus large.

Le levier est une « machine simple » qui vise à transformer le module et/ou la direction d'une force en une autre force de module et/ou de direction différente, en amenant ici un effet de « démultiplication de la force ». L'histoire du levier est donc liée à l'intérêt pratique qu'il comporte. Pourtant, si le levier aide les humains dans leur travail, le « travail » dont il est question en physique est celui du déplacement d'un objet d'une masse non nulle dans un champ de force gravitationnel, c'est-à-dire une région de l'espace où l'objet est soumis à une force de gravité proportionnelle à sa masse. L'enjeu peut donc être de lier les notions de force et d'énergie et de comprendre la distinction qui les fonde. Paradoxalement, alors que le concept de levier prend son intérêt dans le « travail qu'il permet de réaliser » et par là ce dont il soulage, la compréhension qu'il engage (les rapports de force et de bras de levier) demande une rupture avec cette approche du vécu quotidien. Plus précisément, l'élève aura réalisé un bond dans la compréhension lorsqu'il aura engagé un raisonnement trans-objectal (Piaget et Garcia, 1983), c'est-à-dire ici en faisant fonctionner des rapports : des rapports de forces et de masse, ou de masse et de distances au pivot.

Les exemples de la balançoire et de certaines articulations humaines constituent des exemples de leviers qui peuvent paraître familiers aux élèves et qui permettent une mobilisation du concept de levier de manière qualitative, de la même manière que les humains ont depuis des milliers d'années mis au service quelques machines simples, dont le levier, au service de leurs projets. Simon Stevin formula la relation qualitative suivante, simple mais déjà intra-objectale (Piaget et Garcia, 1983) : « Ce que l'on gagne en force, on le perd en déplacement, le rapport des forces étant l'inverse de celui des déplacements » (Dubois, 1987, p. 68).

Toutes ces difficultés ne seront pas résolues durant l'enseignement primaire, mais il s'agit ici de les prendre en compte dans la mesure du possible dans une approche qui *désassimile* les concepts différents avant un passage à des descriptions newtoniennes du mouvement, y compris donc l'absence de mouvement. Ainsi, la force n'est pas le mouvement mais le change et l'énergie est la capacité à produire ce mouvement. On peut parler là d'un véritable objectif-obstacle (Trellu et Toussaint, 1986).

■ 2.4. Conséquences pour cette séquence FMTT

Ces dernières considérations en physique ne doivent pas nous faire perdre de vue les objectifs de la séquence. La physique est ici une discipline au service de la compréhension de l'objet technique « balance à plateaux ». La mobilisation de la physique est ici au service de la compréhension des fonctions techniques, c'est-à-dire des parties de l'objet qui doivent concourir ensemble à permettre une fonction, cette dernière étant alors appelée fonction de service (Cloix et Barraud, 2010). Même si l'objet répond à un besoin justifiant une investigation pragmatique, son usage dans une discipline scolaire renvoie donc bien à une investigation explicative (*Comment expliquer ? Comment ça fonctionne ?*) selon la typologie des investigations de Cariou (2015).

De notre point de vue, les apprentissages portant sur ces fonctions techniques et les raisons sous-jacentes peuvent se classer selon ces catégories non-exhaustives (Dahmouche et al., 2022) :

1. Le choix des matériaux, de la forme, d'un mode de pivotage des bras, etc.

2. L'anticipation/la planification des procédures mobilisant ces matériaux, formes, pivot, etc., et leur agencement à bon escient.
3. Le discours sur cette mobilisation, à priori et à postériori (par comparaison), notamment en rapport avec les fonctions d'usage ou les fonctions techniques visées.
4. La maîtrise des gestes techniques liés à ces procédures.

Concrètement, concernant la balance, des raisons peuvent être identifiées à priori, là encore sans exhaustivité :

- Le centre de masse de la balance doit être situé au-dessus de sa base.
- De préférence, la base doit être « large », ou au moins recouvrir toute la zone en dessous desquelles les nacelles vont se déplacer.
- Certains éléments doivent être fixés de manière irréversible. D'autres doivent être amovibles et donc pouvoir se déplacer et revenir à la position de départ (réversibilité).
- Les bras de levier doivent être égaux par rapport au pivot et uniformément répartis en masses (égales).
- La balance est composée de deux nacelles.
- Ces nacelles doivent être identiques et suspendues à distance égales des bras.
- De préférence, ces nacelles doivent être alignées sur les bras et le pivot.
- Les nacelles doivent pouvoir se déplacer sur une hauteur supérieure à la structure portante (ex : statif).
- Les nacelles permettent des comparaisons pour des objets d'un certain volume.
- La balance permet de comparer des masses sur une gamme précise : en dessous, les frottements au niveau du pivot risquent d'empêcher le mouvement des bras ; au-dessus, les bras, les nacelles, les fixations et le pivot peuvent céder.
- etc.

Selon le type d'apprentissage visé, une position pédagogique devra être prise. En effet, l'engagement des élèves dans la réalisation d'une production concrète (objet tangible) parfois déjà rencontrée en dehors de l'école peut se faire dans le seul but de réussir une telle réalisation. À l'opposé, l'engagement des élèves dans la réalisation peut viser une conceptualisation, au-delà de la tâche réussie d'élaboration de l'objet. Meirieu (2013) décrit cette tension pédagogique de manière générale entre des phases de finalisation (en rapport avec la tâche à effectuer pour l'apprentissage visé) et des phases de didactisation (dont il s'agit d'extraire les savoirs textuels des situations vécues). Toutes les démarches semblent donc pouvoir être positionnées sur un continuum, entre un pôle de production de savoirs (formalisés par un langage) et un pôle de réalisation d'une tâche (formalisée ici par des productions concrètes).

Pour l'enseignement de la technologie, le risque est donc que les modes de pensée visés ne soient que peu mis en avant à l'issue d'un processus qui mettrait trop l'accent sur les phases de finalisation, c'est-à-dire la réalisation d'une tâche dans ses aspects matériels. Le risque est d'autant plus accru que ces « projets », sur le terrain, ne prévoient pas toujours une phase de secondarisation (Bautier et Goigoux, 2004) et/ou d'institutionnalisation des apprentissages, c'est-à-dire un moment durant lequel la classe va identifier les savoirs qui vont désormais servir de référence aux situations ultérieures. Dès lors, le repérage des éléments pertinents est laissé aux élèves et conduit à la construction ou au renforcement d'inégalités d'apprentissage (Bautier et Rayou, 2013 ; Bonnéry, 2007 ; Kahn, 2010) ; les élèves les plus éloignés de la culture scolaire

parviendront moins souvent à identifier spontanément les éléments pertinents d'une séquence d'enseignement et en resteront alors au « faire » des activités.

3. Conception du dispositif

Le dispositif a été construit à partir des intentions et vigilances exposées ci-dessus, des travaux en sciences de l'éducation (didactiques comprises) et grâce à la collaboration de deux enseignantes volontaires de 5^{ème} primaire (ISE : 20/20) et 6^{ème} primaire (ISE : 08/20) ; celles-ci ont réalisé des essais dans leur classe. La difficulté d'engager des enseignant-e-s de 4^{ème} primaire, niveau attendu dans le référentiel pour la réalisation de cet instrument de mesure, n'a pas pu être surmontée. Cependant, les résultats et les enseignements qui seront présentés ultérieurement nous semblent valables pour la 4^{ème} primaire. D'autre part, ces essais avaient valeur d'une première exploration qui n'interdit pas des essais ultérieurs en 4^{ème} primaire, à partir de la ressource constituée.

Les traces recueillies lors de ces essais consistent en une observation des séquences effectives dans leur intégralité, des photographies du travail mené en classe et des productions matérielles des élèves, des enregistrements audios des interactions entre élèves ou avec l'enseignante et des écrits des élèves à différents moments de la séquence. Les essais ont montré des résultats intéressants.

C'est sur la base des écarts entre les intentions de départ et les séquences effectives que la ressource a été constituée, c'est-à-dire à partir du récit des séquences et son illustration par quelques productions d'élèves enrichies de points de vigilance didactiques, de rappels théoriques, d'alternatives inspirées de travaux antérieurs, etc. En effet, dans la lignée de nos précédentes productions, nous rejetons une vision applicationniste (en référence à Bronckart, 2016) des dispositifs. C'est pourquoi le dispositif a été construit comme une proposition d'activités à mener qui laisse la porte ouverte à des adaptations de la part de l'enseignant. Mais rejetant également une vision relativiste des pratiques d'enseignement, les propositions et les adaptations opérées sur celles-ci sont encadrées par des repères didactiques et pédagogiques afin de guider la mise en œuvre d'autres dispositifs techno-scientifiques par les enseignants.

Quelques résultats et quelques écarts entre les intentions de départ et les séquences effectives sont rapportés ultérieurement ainsi que dans le « canevas 2-3 » remis.

La ressource finale est hébergée au lien suivant : <https://www.hypothese.be/wp-content/uploads/2023/08/Sans-demi-mesure.pdf>

La séquence proposée, reconstruite après les essais, commence par une ou plusieurs séances de sciences dédiées à la notion de force. Celle-ci a été abordée une première fois en 1^{ère} primaire dans le nouveau référentiel de sciences au travers de la compétence "Décrire, expliquer, interpréter un phénomène ou le fonctionnement d'un objet : les forces et leurs effets." (p. 32). Cette notion est à nouveau travaillée en 4^{ème} primaire avec l'attendu de savoir "Identifier que lorsqu'il y a une mise en mouvement, un changement dans le mouvement ou un changement de la forme d'un objet, il y a une force qui s'exerce sur l'objet" (p. 53). Cet attendu s'insère dans une

séquence sur l'appareil locomoteur que nous ne traitons pas ici. À charge de l'enseignant de réaliser les liens entre les matières à aborder.

Cette première séance (ou ensemble de séances selon le découpage horaire réalisé) vise à comprendre que toute mise en mouvement d'un objet ou plus largement tout changement de ce mouvement (accélération ou décélération) est provoquée par une force. Les élèves ont alors à trouver différents moyens et ils découvrent qu'au-delà des actions par contacts, des actions à distance peuvent être réalisées. Puis, le défi est posé aux élèves d'élaborer un moyen de mesurer cette force. S'en suit une courte activité de mesure basée sur l'allongement d'un élastique puis d'un ressort, ce qui est une première version du dynamomètre. Enfin, la classe institutionnalise le concept de force (causes, conséquences, intensité).

Le deuxième temps de la séquence porte sur la construction de la balance à plateaux. Le point de départ est de trouver un autre moyen pour la mesure de la force, d'une nature différente que celle du dynamomètre auquel les élèves ont été familiarisés antérieurement. Dans le cas où les élèves ne seraient pas sur la piste d'une comparaison par rapport à un étalon, arbitrairement défini, un texte historique ou un diagramme de conversion des unités peut être présenté ; il pourrait même être mené en classe une situation de conversion entre pièces rouges et pièces jaunes, ou d'objets différents.

La classe mise sur la piste de la comparaison à un étalon peut alors travailler sur la conception concrète des balances à plateaux. Les élèves ont alors à anticiper à priori les matériaux et leurs formes, leurs agencements selon des procédures à décrire, les fonctions techniques qui devront être à l'œuvre, notamment le mode pratique de comparaison des poids. Cette étape d'anticipation est menée par l'écrit. Une première présentation des prototypes envisagés doit permettre par discussion collective non seulement des pistes d'amélioration, mais surtout, de discuter sur les incontournables de la balance à plateaux : mode pratique de comparaison (ex : pivot), bras de levier égaux et libres, structure portante et ses dimensions, étalon et conventions, etc. Il ne s'agit donc pas à ce stade de faire converger les productions vers une production qui fasse consensus, mais au contraire, de prendre appui sur les divergences pour mieux identifier les raisons techniques au fondement de la balance à plateaux.

Par ailleurs, c'est dans cette séance que la notion de force doit être mobilisée comme concept scientifique au service de la compréhension du fonctionnement de la balance à plateaux à bras égaux. La notion de levier peut également être abordée, c'est pourquoi un temps dédié peut être nécessaire.

Le troisième temps de la séquence est aussi celui de la production effective de ces balances. Les élèves ou groupes d'élèves ont à réaliser les prototypes envisagés. Une fois ce premier prototype réalisé, les élèves ou groupes d'élèves consignent par écrit un protocole et les difficultés rencontrées.

Une partie des difficultés rencontrées renvoie au problème de stabilité de la balance dans son ensemble. C'est pourquoi la ressource propose un moment dédié à cette notion scientifique et afin que les élèves corrigent éventuellement leur production matérielle concrète, ou au moins perçoivent une raison technique devant être à l'œuvre dans l'objet de référence.

Le quatrième temps de la séquence est langagier. Il s'agit pour la classe de poser par écrit l'ensemble des conditions pour la construction d'une balance à plateaux. Les conditions non-identifiées par certains groupes sont ainsi publicisées. Les divergences font l'objet d'une discussion technique en raisons. C'est cette étape qui doit permettre de rééquilibrer la tension entre phases de finalisation et de didactisation (réalisation de la tâche vs extraction des savoirs, selon Meirieu, 2013) en permettant un discours second (Bautier et Goigoux, 2004) sur la mobilisation des procédures et les choix faits, les fonctions techniques nécessaires. Ainsi, le repérage des éléments pertinents des situations n'est pas laissé à la charge des élèves un par un.

Le cinquième temps de la séquence est une proposition d'extension vers les mobiles de Calder. Cette réalisation a une fonction d'usage différente de celle de la balance à plateaux puisque la fonction visée est décorative. Cette fois-ci chaque bras du mobile doit être visuellement à l'équilibre sans que les bras ne soient nécessairement de même longueur ou de même forme (exemple ci-dessous figure 03).

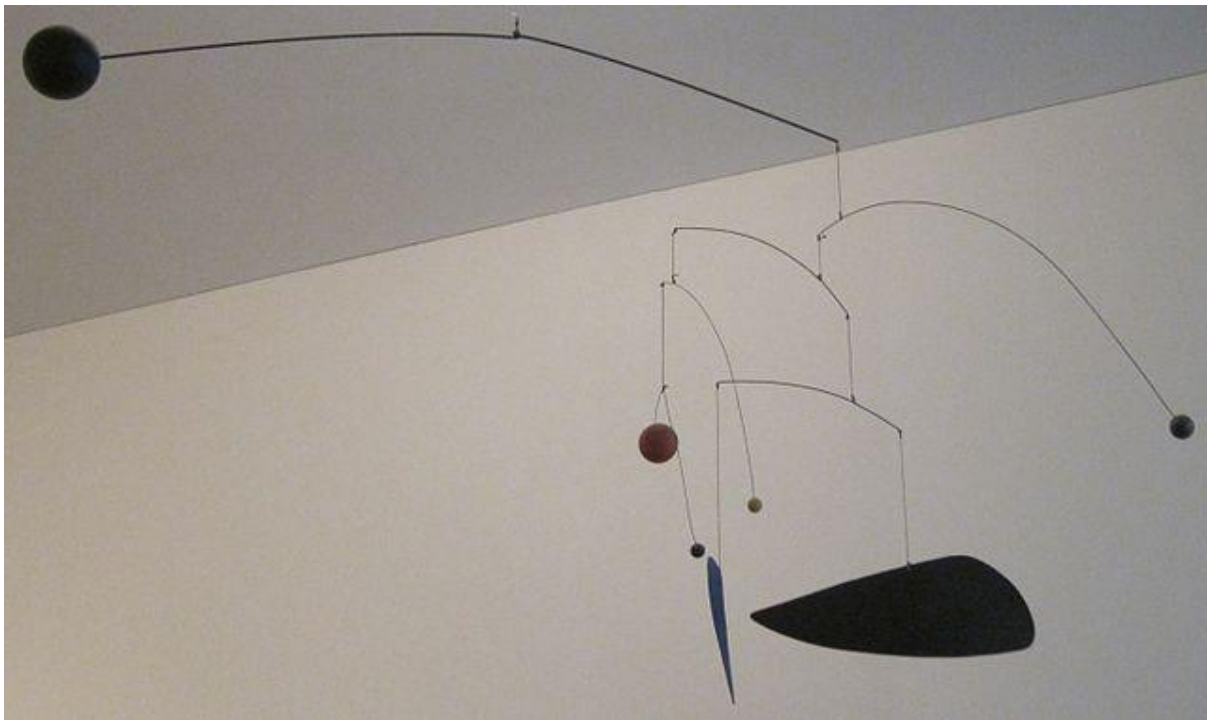


Figure 03 : exemple de mobile de Calder. Tiré de : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%27Mobile%27,_by_Alexander_Calder,_Tate_Moder_n.JPG

Pour cette autre réalisation, les élèves peuvent à nouveau mobiliser le principe des leviers et plus largement la notion de force pour imaginer le mobile de leur choix, anticiper les procédures et annoncer des raisons. Les élèves sont donc d'abord invités à coucher par écrit le mobile de leur choix et la configuration des bras. S'ensuit une phase de réalisation courte durant laquelle les élèves peuvent identifier des premières difficultés et/ou des premières solutions ; celles-ci sont partagées collectivement, par rapport à chaque type de mobile envisagé (c'est-à-dire propre à chaque groupe) ; les divergences dans les configurations de ces mobiles offrent là encore des possibilités de discussion technique. Le partage des solutions peut aider certains groupes. Enfin,

les élèves poursuivent la réalisation de leur mobile et, comme pour la balance à plateaux, posent par écrit l'ensemble des conditions pour la construction du mobile.

Rappelons que tout au long de cette séquence proposée, des points de vigilance didactiques, des rappels théoriques, des alternatives inspirées de travaux antérieurs, des présentations du matériel, des références bibliographiques, etc. sont proposés pour aider à la mise en œuvre du dispositif.

4. Validation

Dans cette section, nous proposons une validation qui se joue à plusieurs niveaux.



4

.1. Intentions sur la démarche

Un premier niveau d'analyse repose sur des critères d'analyse déjà retenus dans le développement de nos précédents dispositifs : production de traces par les élèves, travail avec les conceptions des élèves, secondarisation, etc. Ces repères constituent des intentions générales dans la construction de nos dispositifs. Ils vont à présent servir à évaluer les possibilités offertes par les dispositifs que nous avons construits, notamment à partir des traces des essais dans les classes, des écarts avec ce que nous envisagions à priori, et des difficultés rencontrées par l'enseignante.

La ressource, telle qu'elle a été construite, met en avant des objectifs d'apprentissage et ce à différents moments du fil rouge de la séquence. D'abord pour l'enseignant, afin de percevoir les finalités des différentes séances proposées, mais aussi pour les élèves, puisque la séquence prévoit des moments dédiés à la formulation des questions, à l'institutionnalisation et à la conservation d'une trace qui porte sur les apprentissages et non pas (que) sur ce qui a été fait en classe.

idées de modèle

« à plateaux »
« 1 tige au milieu et des trous qui pendent »

Projet
Balances

idées-
matériel

- argile
- pâte à modeler qui durcit
- cintres
- corde
- réipients
- barre en métal

objectifs

- PESER des objets
- COMPARER des objets par rapport à leur poids
- VISUALISER la différence de poids entre 2 objets (ou plus)
- VÉRIFIER le poids annoncé

Étape 2 : imaginer le prototype (mise en oeuvre du projet)

Enfinement, à quoi pourrait bien ressembler la balance ? Pourquoi ?

Rappel : Avec la balance imaginée, on doit pouvoir

- PESER des objets
- COMPARER des objets par rapport à leur poids
- VISUALISER la différence de poids entre deux objets (ou plus)
- VÉRIFIER le poids annoncé

Place à toutes tes idées ! ÉCRIS, SCHÉMATISE, DESSINE, ANNOTE, EXPLIQUE ...

3 crochets en plastique dur

barre métallique

pistolet à colle

patte à modeler dur

gobelet

de la ficelle

bouchon de vin

d'abord on fixe les trois crochets avec la patte et on met le bouchon de vin au milieu.

Après on rajoute de la colle forte sur le bout du crochet, et ensuite on prend de la patte et la barre métallique pour le coller sur la colle.

Après on colle la ficelle sur le gobelet.

en suite on le colle sur la barre métallique et voilà la balance!

Labels in drawing: bouchon, crochet, patte, barre métallique, ficelle, gobelet.



<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Il faut changer la base car la balance tombe.</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p>	<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Peut être proposé des échantons. En plus les pots sont trop petits.</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p><i>avec un autre poids</i></p>	<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Pour connaître le poids il faut un autre poids.</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p>	<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Tous se casse, c'est pas possible!</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p>
<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Il faut renforcer pour pas utiliser le poids.</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p><i>le fil est trop fin</i></p>	<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Trop petite pour les deuxième! Super récup!</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p><i>Il n'y a pas d'aiguille.</i></p>	<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Idem pour le poids</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p>	<p>PROTOTYPE PRÉSENTÉ PAR :</p> <p>Cet outil permet de PESER des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de COMPARER des objets par rapport à leur poids. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VISUALISER la différence de poids entre des objets. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Cet outil permet de VÉRIFIER le poids annoncé. <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p>Autres remarques : <i>Paréil!!</i></p> <p>Projet retenu ? <input type="radio"/> OUI <input checked="" type="radio"/> NON</p> <p><i>Pour tous on sait pas lire le poids</i></p>

Figures 04-10 : traces constituées et présentées dans la ressource.

Les traces constituées lors de la séquence servent d'ailleurs d'appui à différents moments pour la pensée des élèves et l'avancée dans le projet technologique. Les dessins des prototypes imaginés à priori visent à donner un point de comparaison avec les prototypes réellement construits (traces matérielles ici). Plus largement, ce sont les dessins, écrits et prototypes mis en discussion qui permettent les débats et la secondarisation (Bautier et Goigoux, 2004) visés, et donc le dépassement du « faire » des tâches pour accéder aux raisons techniques qui fondent l'objet.

Par ailleurs, ces traces sont au service du changement des conceptions des élèves. D'abord parce qu'elles renseignent l'enseignant qui infère à partir des traces des conceptions scientifiques (force, levier, équilibre) et du répertoire des techniques disponibles aux élèves (modes d'association des matériaux, modes de pivotage, connaissance et maîtrise des gestes, etc.). D'autre

part, parce qu'en engageant les élèves dans la réalisation d'une production concrète, l'enseignant met à l'épreuve les conceptions sans se contenter d'énoncer un savoir présenté comme "vrai".

L'ensemble des séances est guidé par une intention de rationalité puisqu'il ne s'agit pas uniquement d'identifier des techniques ou de les reproduire mais d'en percevoir les raisons dans la construction et le fonctionnement de la balance à plateaux ou du mobile. Ces raisons progressivement identifiées rapprochent l'explication technologique d'un raisonnement inter-objectal, signe d'une certaine scientificité d'après Orange Ravachol (2017) car les explications de type inter-objectales portent sur des mises en relations entre objets. Un enjeu didactique/épistémologique pourrait être de faire passer les élèves à ce type d'explication plutôt qu'au type intra-objectal, plus spontané mais épistémologiquement moins pertinent ; ce dernier type de raisonnement désigne des explications portant sur les propriétés de l'objet ou un élément constitutif, donc sans convoquer un mécanisme (Piaget et Garcia, 1983).



.2. Prise en compte des décalages

Cette proposition de séquence à mener est une reconstitution élaborée à partir des essais dans les classes. Les écarts entre ces essais et les intentions de départ ont conduit à divers aménagements.

Dans la classe de 5^{ème} primaire, l'essai a consisté en l'apprentissage du concept de force par les élèves et en la fabrication du mobile de Calder. Nous avons constaté la facilité d'engager les élèves dans les tâches, leur avancée dans la construction du concept de force, et leur capacité à produire leurs propres mobiles. Ils ont exprimé les raisons de leurs démarches et certains discutent des productions des autres élèves (exemple de verbatims ci-dessous au sujet d'un bras simple jouant contre un autre bras ramifié par deux sous-bras).

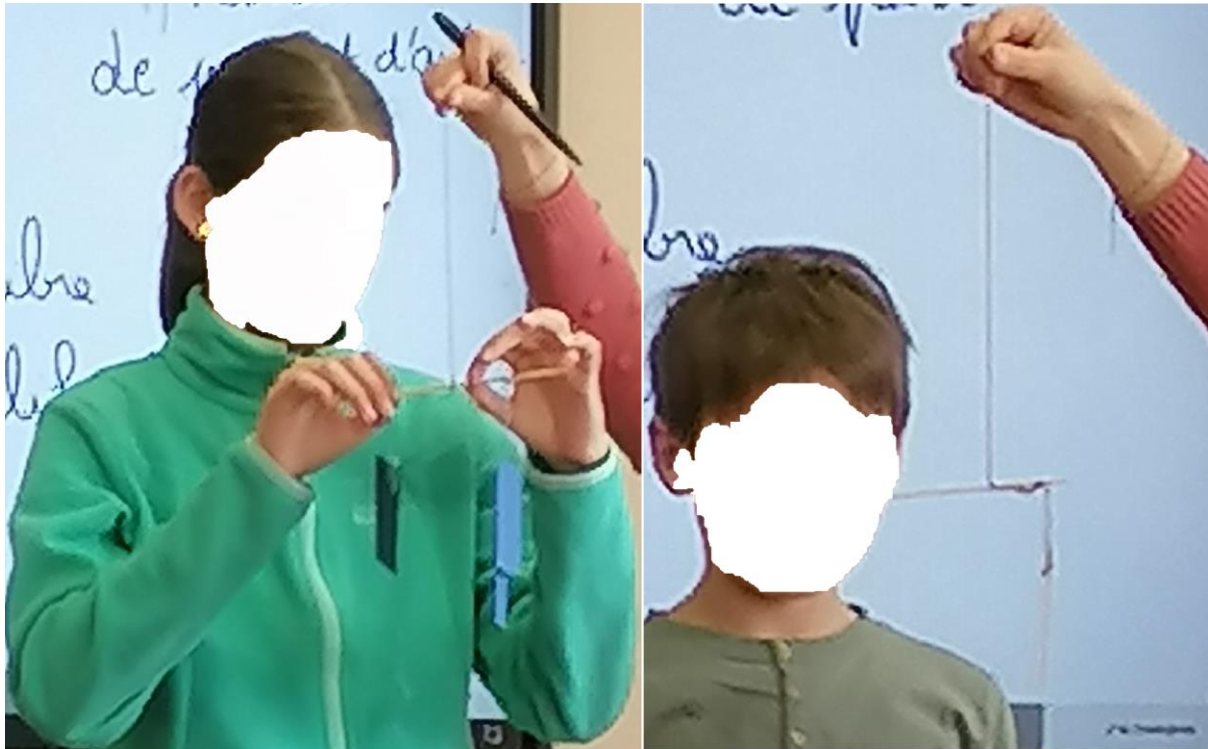
"Grâce à quoi il est à l'équilibre là ?"

"Ah ben parce que les trois formes, c'est les mêmes [...] si ça serait d'autres formes, ça aurait aussi changé la taille et le poids."

"Nous on pense que la première, elle peut être différente des deux, mais si les deux en bas sont différentes, là oui il y a un problème."

Cependant, concernant le concept de force, la classe institutionnalise des désignations peu pertinentes pour certaines forces ("force opposée", "force d'attraction gravité"). Celles-ci n'engendrent pas de difficulté particulière. En revanche, le concept de force n'est plus mobilisé au moment de la réalisation des mobiles alors qu'il explique une condition d'équilibre des différents bras des mobiles. En particulier, la classe semble buter sur des difficultés jamais résolues d'un point de vue réflexif : alors qu'il est de coutume dans ce type de levier, d'un point de vue idéal, de considérer les bras de levier comme n'ayant pas d'influence sur les leviers eux-mêmes parce qu'ils seraient égaux en masse et uniformément répartis, dans le cas des réalisations concrètes artisanales, les bras ont des poids et des tailles qui ne peuvent pas être négligés. Il en va de même pour les "masses" devant être attachés sur chaque corde : le calcul d'une surface de la décoration attachée à chaque corde assure une correspondance bras à bras idéale, mais qui, en pratique, ne peut pas garantir l'exactitude des découpes ou de la répartition de masse des matériaux

employés. Finalement, les élèves parviennent à équilibrer les bras par tâtonnement, en recherchant après-coup les équilibres des bras, sans envisager les équilibres des masses selon deux systèmes qui impliquent donc les cordes supportant les masses.



Figures 11 et 12 : à gauche, recherche par tâtonnement de l'équilibre des bras à gauche ; à droite, réalisation de l'équilibre par tâtonnement mais en évoquant deux variables, la masse de chaque bras et la longueur de chaque bras.

C'est pourquoi non seulement un rappel théorique est proposé dans la ressource pour le concept de force, mais également un point de vigilance de didactique de la FMTT concernant le passage des situations idéales aux situations concrètes. D'autre part, la séquence reconstruite propose une articulation de la séance sur les mobiles de Calder avec les séances précédentes, notamment celle sur la force, comme moyen de raisonner sur cette condition.

Dans la classe de 6^{ème} primaire, l'essai a porté uniquement sur la réalisation de la balance à plateaux et sur l'apprentissage du concept d'équilibre en physique. Là encore, nous avons constaté une grande facilité pour engager les élèves dans les tâches. Les productions des élèves sont divergentes, donnant donc des occasions de les confronter pour identifier et publiciser les conditions pour la réalisation d'une balance à plateaux fonctionnelle. Les figures 06, 07 et 08 ci-dessus en présentaient quelques exemples ; les figures 13 à 18 ci-dessous en présentent d'autres.



Figure 13-18 : prototypes de balances réalisées par les élèves dans un premier temps de la séquence.

Néanmoins, la classe butte sur la condition d'équilibre qu'ils ne perçoivent qu'au travers de l'instabilité de leurs objets, instabilité qu'ils ne parviennent pas à corriger ou qu'ils corrigent par tâtonnement, par ajout d'une matière de "remplissage" à l'opposé du sens de bascule de l'objet, et donc sans jamais redéfinir la structure de la balance elle-même (instabilité manifeste dans la figure 13 ci-dessus, en haut à gauche).

C'est pourquoi notre accompagnement a visé à une occasion l'apprentissage du concept d'équilibre lors d'une séance dédiée. Le matériel concret introduit lors de cette séance semble avoir porté ses fruits chez certains élèves, mais pas d'autres qui en sont restés aux aspects les plus anecdotiques des tâches. L'exemple utilisé par la praticienne de la tour de Pise est discutable, mais il a l'avantage d'être évocateur pour les élèves devant réfléchir à l'équilibre, après une séance dédiée.

Comment se fait-il que
la tour de Pise ne tombe
pas?

Parce que elle est faite de pierre et de métal.

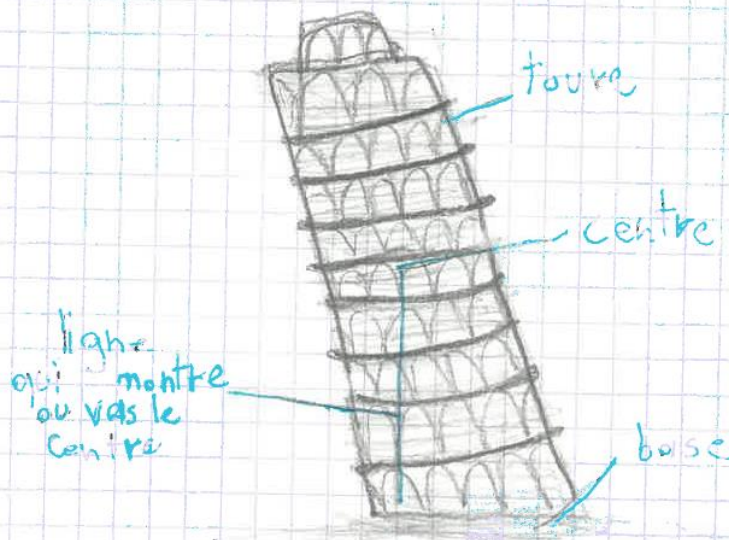
La tour de Pise.

Comment se fait-il que la tour de Pise ne tombe
pas?

La tour de Pise, c'est une tour penchée. Je pense que la tour
de Pise a une base ronde qui la tient.

Pourquoi la tour de Pise ne tombe pas ?

- Pour moi, c'est car son centre est toujours au dessus de sa base. Je tien cette réponse par déduction de sa qu'on a vu aujourd'hui.



Si elle était + penchée, au point où son centre ne serait plus au dessus de la base, elle pourrait s'effondrer.

Figures 19-21 : exemples de réponse à la question "Pourquoi la tour de Pise ne tombe pas ?" posée aux élèves après diverses tâches relatives à la notion d'équilibre en physique. Les deux premières réponses indiquent soit un apprentissage encore à faire pour l'équilibre, soit une situation de malentendu (Bonnéry, 2008) ; la dernière réponse semble indiquer l'apprentissage de la notion, en plus du repérage par l'élève de l'objectif d'apprentissage.

La ressource finale comporte une présentation du matériel et l'usage que nous suggérons pour l'apprentissage du concept d'équilibre en lien avec la stabilité de la balance à plateaux.

Plus largement, au-delà de cette séance, sans notre intervention et d'après l'enseignante, la classe en serait restée aux aspects premiers des tâches (Bautier et Goigoux, 2004) dans l'ensemble de la

séquence, c'est-à-dire qu'elle se serait cantonnée à la réalisation d'une balance fonctionnelle, sans interroger les raisons techniques et scientifiques de cette fonctionnalité. En d'autres termes, sans notre intervention, il n'était pas prévu d'en extraire un discours général sur les conditions de cette fonctionnalité. Lors de l'accompagnement de la praticienne, nos suggestions de phases langagières visant à identifier et discuter ces conditions ont été acceptées et réalisées.

Une base SOLIDE
 Base = support
 ① Elle doit être grande/large!
 ② Tour de Pise
 ↳ La base doit être en dessous de la zone où il y a les pots dans lesquels on met l'objet et les poids

Matériel
 • Carton solide
 • Equerre / latte
 • Cutter
 • 2 pots
 • Poids
 • Pivot / pic
 • colle forte
 • une plaque à PLATEAUX
 • Petit pivot qui permet le mouvement de balance

Une balance FIXE et MOBILE
 Pied / Base
 Pots / Bras
 ↳ Fixes, incassable aussi :)

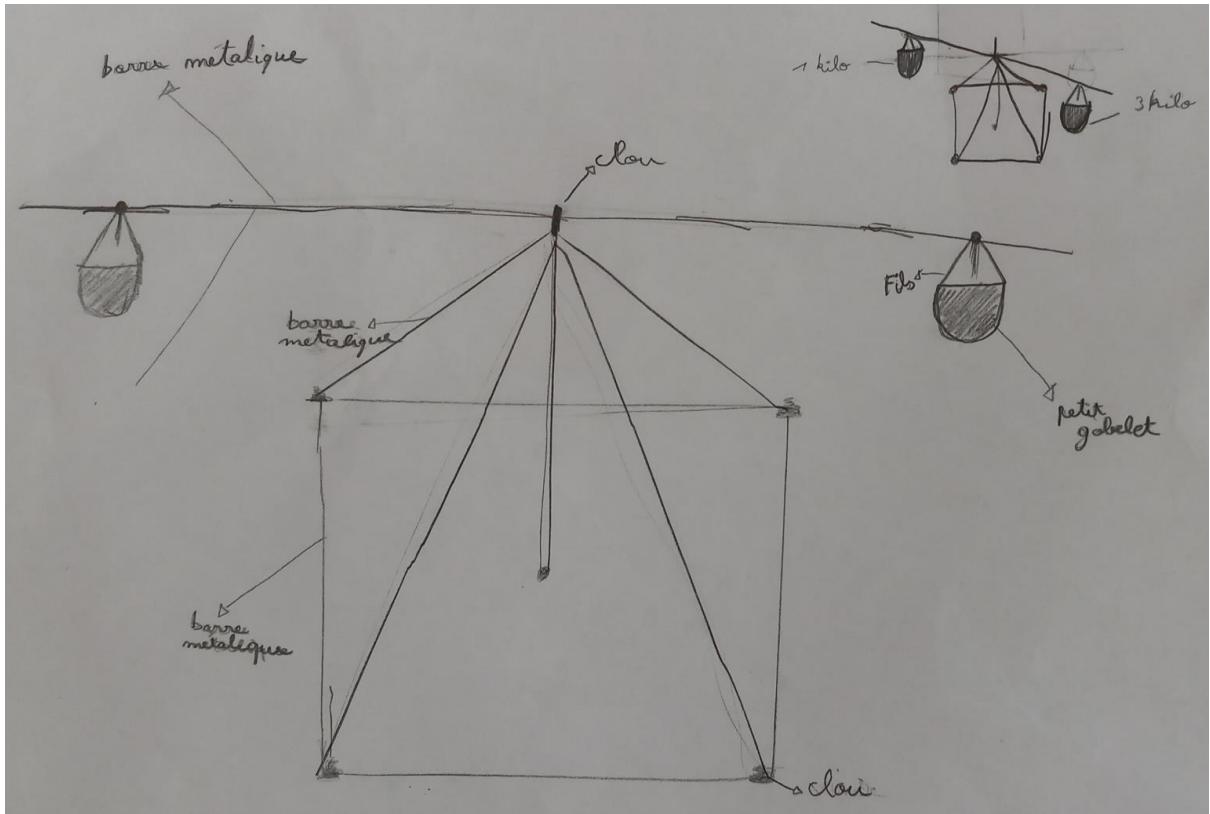
RETOUR
 pour élaborer une BALANCE à PLATEAUX

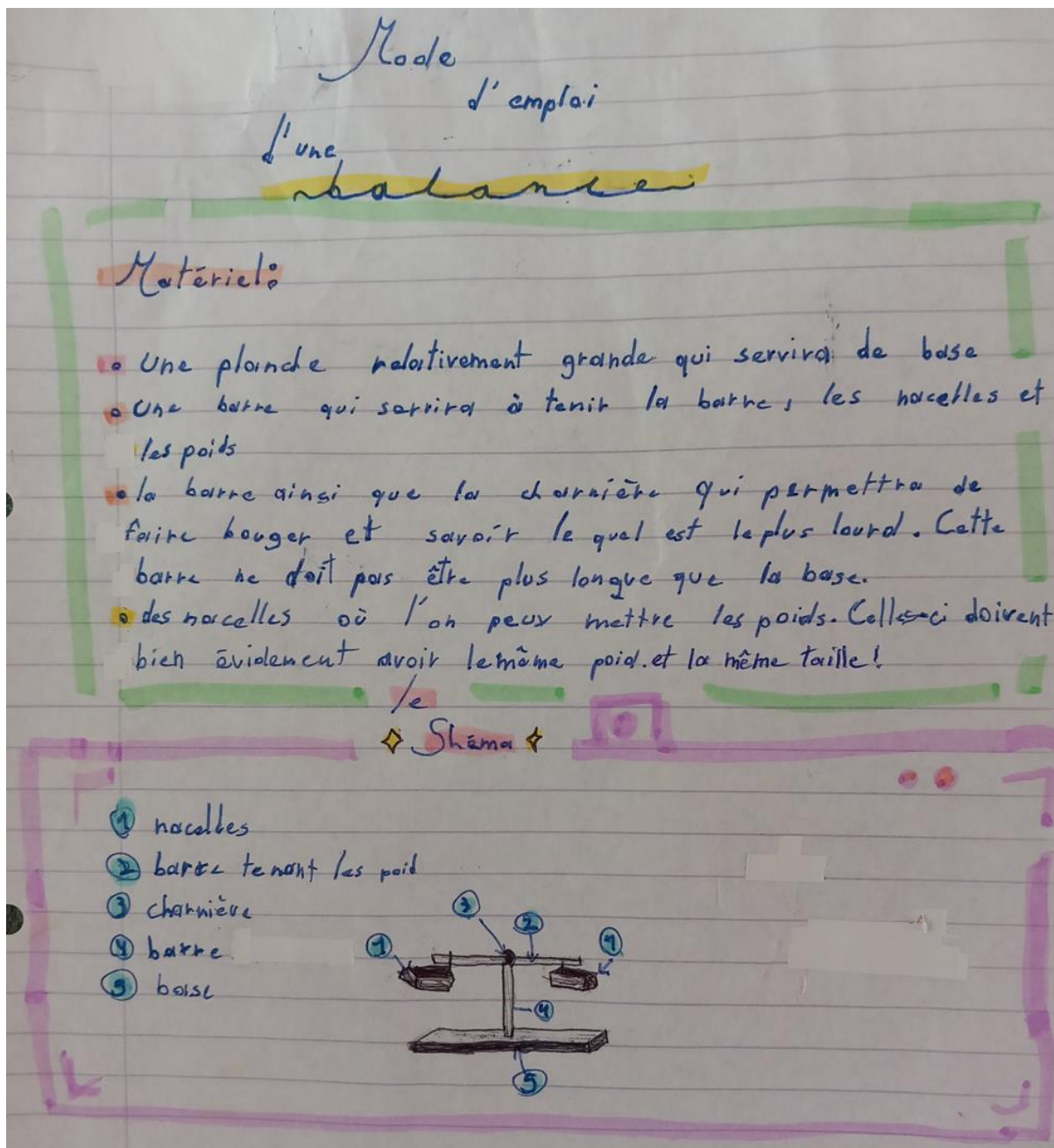
Bien s'organiser, mesurer, vérifier (comme pour les cubes)
 zone sûre avant d'assembler
 (90°)

Notion d'équilibre
 égalité / identique
 Les récipients (pots) doivent avoir la même taille + le même poids (= identiques 100%)

Il faut que les pots soient à la même distance des bras.
Il faut que les pots soient à égale distance du pied central.
 bras de même longueur
 mêmes pots

Petit pivot qui permet le mouvement de balance
 ↳ Fixe
 doit bouger





Figures 22-24 : traces réalisées comme extraction des savoirs des tâches réalisées.

Ainsi, la ressource finale suggère l'articulation raisonnée des phases de finalisation et de didactisation (Meirieu, 2013) et elle alerte le praticien de la recherche de cet équilibre.

De manière générale, les enseignantes participantes ont exprimé l'intérêt de l'accompagnement que nous avons réalisé en même temps que les essais en classe, ou avant ceux-ci. Ceux-ci portaient sur les apports théoriques en physique, les enjeux disciplinaires propres à la FMTT et les apports de matériels concrets pour l'apprentissage des notions de force et d'équilibre dont l'usage était là encore précisé. Ceci réaffirme l'intérêt de consacrer des rappels théoriques et des présentations du matériel nécessaire au sein de la ressource finale.

■ .3. Intentions spécifiques au Pacte pour un Enseignement d'Excellence

Outre la contribution posée ici à l'*élément novateur* "construire un objet technologique au départ d'un modèle pour mesurer ou estimer une grandeur (une capacité ou une masse)" (P4) qui n'était jusqu'à lors pas rencontré dans l'inventaire des ressources à destination de e-classe (*fiches 1*), le dispositif permet de rencontrer la visée de la « créativité » et le travail de diagnostic dans le cas d'un dysfonctionnement du prototype. Plus largement, les visées transversales « développer la créativité et l'esprit d'entreprendre » et « apprendre à apprendre » sont au cœur de la démarche via l'engagement des élèves dans la construction d'un instrument de mesure, les phases de confrontation des productions et les moments langagiers.

Trois intentions plus spécifiques au Pacte sont également rencontrées : contribuer à la mise en place d'un tronc commun polytechnique et pluridisciplinaire (OS 1.2) ; Réviser et préciser le cadre d'apprentissage (O.S 1.5) ; l'intégration de la culture au parcours scolaire (O.S 1.7).

En effet, la séquence reconstruite et proposée est au croisement de deux disciplines (sciences et *FMTT*). Des extensions sont proposées comme le prolongement vers l'histoire et les sciences sociales en étudiant le caractère arbitraire des étalons au fil de l'histoire. De tels croisements sont dans l'esprit des nouveaux référentiels (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021a, p. 90) et contribuent à la mise en place d'un tronc commun polytechnique et pluridisciplinaire (OS 1.2). Une autre extension est proposée vers un dispositif antérieurement élaboré, celui de la mesure de la température (via la construction d'un thermomètre), ou encore vers celui de la mesure du temps au sein duquel un temps PECA est envisagé avec la découverte des autres instruments lors d'une visite dans un musée.

Enfin, la révision du cadre d'apprentissage (O.S 1.5), en particulier "prenant en compte que des méthodes peuvent se révéler clairement inefficaces et inégalitaires" (Pacte pour un Enseignement d'Excellence, 2017, p. 80) est rencontrée par notre vigilance à ne pas cantonner les élèves aux aspects premiers des tâches (Bautier et Goigoux, 2004), ce qui laisserait à la charge des élèves les plus éloignés de la culture scolaire le repérage des objectifs d'apprentissage.

5. Conclusion, perspectives et recommandations

La production finale est présentée sous la forme d'un PDF à la fonction de ressource à destination des enseignants. Pour rappel, elle consiste en une proposition de séquence accompagnée d'une série d'aides (rappels théoriques, points de vigilance inspirés des essais en classe, présentation du matériel, etc.). Une telle proposition a été guidée par des intentions diverses (état des recherches en sciences de l'éducation, didactiques comprises ; volonté de réaliser des essais sur le terrain ; croisement FMTT-physique ; rencontre des O.S 1.2, 1.5 et 1.7 ; etc.). La ressource peut être validée en l'état. Cependant, la vigilance reste de mise. Notre étude a un caractère exploratoire certain, ce qui fait que des essais supplémentaires mériteraient d'être menés, notamment en 4^{ème} primaire.

Que ce soit dans le cadre d'une formation ou dans la prise en main du dispositif, quelques points de vigilance peuvent être dégagés. Ils seront renseignés dans la *fiche 1* mise à disposition fin août 2022 :

- La tension entre la finalisation de l'objet et sa didactisation (Meirieu, 2013) mérite sa place de repère en FMTT pour interroger chaque moment de la séquence avec les autres. En lien avec cette tension, le dépassement des aspects premiers des tâches (Bautier et Goigoux, 2004) est un impératif.
- Ce qui fait que, d'une part, les objectifs de la séquence et de ses moments doivent être clarifiés, et que, d'autre part, la maîtrise des savoirs propres à la balance à plateaux, au mobile de Calder, et aux concepts en physique de force, de levier et d'équilibre doivent être assurés.

6. Liste des références

- Allen, M. (2014). *Misconceptions in primary science* (2^e éd.). Open University Press.
- Agabra, J. (1985). Energie et mouvement. Représentations à partir de l'étude de jouets mobiles. *Aster*, 1, 95-113. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1985_num_1_1_892
- Bautier, É. et Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue française de pédagogie*, 148, 89-100. <https://doi.org/10.3406/rfp.2004.3252>
- Bautier, É. et Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage, programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Presses Universitaires de France.
- Bonnéry, S (2007). *Comprendre l'échec scolaire*. La Dispute.
- Bronckart, J.-P. (2016). *Pourquoi et comment devenir didacticien?*. Presses universitaires du Septentrion.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21, 12-33.
- Cariou, J.-Y. (2019). *Histoire des démarches scientifiques*. Éditions matériologiques.
- Cloix, C. et Barraud F. (2010). *Les outils de l'écolier au quotidien. Découverte du monde des objets. Cycles 1 et 2*. Scéren.
- Dahmouche, H., Barrier, T., Vermeulen, V. et Daro, S. (2022). *Le guide raisonné des « nœuds didactiques »*. Nœud « techno-sciences » – Enseigner les technologies. <https://www.hypothese.be/index.php/petites-lecons/>
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?*. Open University Press.
- Dubois, J. (1987). La constitution de la mécanique rationnelle. In Rosmorduc (dir.), *Histoire de la physique. Tome 1. La formation de la physique classique*, 65-109. Technique & Documentation.
- Flores-García, S., Alfaro-Avena, L. L., Chávez-Pierce, J. E., Luna-González, J., et González-Quezada, M. D. (2010). Students' difficulties with tension in massless strings. *American Journal of Physics*, 78(12).
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2021a). *Référentiel de formation manuelle, technique, technologique et numérique. Tronc commun*. www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920

- Fédération Wallonie-Bruxelles (2021b). *Référentiel de sciences. Tronc commun*. www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920
- Ioannides, C. et Vosniadou, S. (2002). The changing meaning of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5-61.
- Jones, A. T. (1983) Investigation of students' understanding of speed, velocity and acceleration. *Research in Science Education*, 13, 95-104.
- Jouin, B. (2002). Les sciences physiques en lycée professionnel, discipline de service par rapport à la technologie. *Aster*, 34, 9-32. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2002_num_34_1_1211
- Kahn, S. (2010). *Pédagogie différenciée*. De Boeck.
- Kariotoglou P. et Psillos, D. (1994). Les modèles des élèves sur la pression et leurs implications pour l'enseignement. *Aster*, 19, 157-173. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1994_num_19_1_1043
- Kavanagh, C. et Sneider, C. (2006). Learning about Gravity I. Free Fall: A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 5(2), 21-52. <https://doi.org/10.3847/aer2006018>
- Laugier, A. et Padeloup, M. (1994). « Expérience-découverte », combustions et transformations de la matière à l'école élémentaire. *Aster*, 18, 97-117. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1994_num_18_1_1024
- Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E. et Tiberghien, A. (2008). *Les connaissances naïves*. Armand Colin.
- Maarouf, A. et Kouhila, M. (2001). La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain : analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force. *Didaskalia*, 18, 41-59. https://www.persee.fr/doc/didas_1250-0739_2001_num_18_1_1110
- Magneron, N. et Munier, V. (2008). Introduction. Mesure et instrumentation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, 47, 7-24. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2008_num_47_1_1497
- McClelland, J. (1987). Pressure points. *Physics Education*, 22, 107-109.
- Meirieu, Ph. (2013). Objectif-obstacle et situations d'apprentissage. In J. Houssaye (Ed.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui* (Nouvelle éd., p. 289-299). ESF.
- Orange Ravachol, D. (2017). Récits des élèves et récits des scientifiques dans les sciences de la nature. *Cahiers de Narratologie*, 32. <https://journals.openedition.org/narratologie/7838>
- Ortiz, L. G., Heron, P. R. L. et Shaffer, P. S. (2005). Student understanding of static equilibrium : Predicting and accounting for balancing. *American Journal of Physics*, 73(6), 545-553. doi: 10.1119/1.1862640
- Pacte pour un Enseignement d'Excellence (2017). *Avis n°3 du Groupe central*. <https://pactepourunenseignementdexcellence.cfwb.be/le-pacte/>
- Piaget, J. et Garcia, R. (1983). *Psychogénèse et histoire des sciences*. Flammarion.
- Richard, F., Stouvenakers, N., Strijckmans, R. et Daro, S. (2020). Les Forces. *Sciences en Cadence*, 17. <https://sciencesencadence.be/mag-17-les-forces/>
- Robardet, G. et Guillaud, J.-C. (1997). *Éléments didactique des sciences physiques*. Presses Universitaires de France.
- Rosmorduc, J. (1987). *Histoire de la physique. Tome 1. La formation de la physique classique*. Technique & Documentation.
- Trellu, J.-L. et Toussaint, J. (1986). La conservation, un grand principe. *Aster*, 2, 43-87. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_1986_num_2_1_900

Viennot, L. (1977). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire* [Thèse de doctorat, Université Paris 7]. <https://ardist.org/these/le-raisonnement-spontane-en-dynamique-elementaire/>

Viennot, L. (1996). *Raisonner en physique. La part du sens commun*. De Boeck.



● annexe C : validation du premier guide *techno-sciences* et mise à jour pour une seconde version

1. Introduction

Lors de l'année 6 de nos travaux, un guide portant sur l'enseignement des technologies avait été élaboré comme réponse à une confusion fréquente entre les disciplines « sciences de la nature » et « technologies », souvent au détriment de l'enseignement des technologies. À travers ce guide, il s'agissait de faire un bref point sur les distinctions et complémentarités entre les deux disciplines d'un point de vue historique et didactique ; nous proposons également une reprise particulière des ressources déjà recensées par le consortium afin de faciliter le travail techno-sciences conjoint lorsqu'il est possible.

Pour cette année de travail du consortium, nous avons mis à l'épreuve ce guide auprès des praticiens et acteurs du tronc commun lors de deux focus-groups. Nous souhaitons comprendre les difficultés que leur posent sept intentions de ce guide. Par les informations obtenues lors de ce processus de validation, nous avons procédé à une mise à jour du guide afin de l'améliorer.

2. Éléments pour problématiser la réception de ces guides

La didactique de la technologie, didactique qui est la plus proche de l'orientation disciplinaire prise par la FMTT, n'est pas une discipline académique particulièrement développée. En témoigne par exemple le faible volume de publications dans la revue spécialisée [Recherches en Didactiques des Sciences et des Technologies](#). D'autre part, les savoirs technologiques investigués semblent très dépendants de l'époque et du contexte institutionnel (Lebaume et Martinand, dir., 1998 ; Martinand, 2003 ; Lebaume, 2019), rendant ainsi certaines publications obsolètes dans certains contextes et certaines époques. Il n'y a, pour ainsi dire, qu'assez peu de consensus largement partagé à l'international sur les savoirs à enseigner et les finalités à donner (Jones, Bunting et de Vries, 2013), comme on pourrait le retrouver sur les savoirs en mathématiques ou en sciences de la nature. Il n'est donc pas aisé de convoquer des recherches propres à notre contexte institutionnel.

La nécessaire étape exploratoire à mener pour cette jeune FMTT conduit donc, dans un premier temps, à multiplier les entrées pour tenter de la caractériser : perméabilité disciplinaire, finalités, épistémologie, nature des tâches prescrites aux élèves, etc. C'est autour de ces "grandes entrées" que nous avons constitué le guide.

Sans proposer ici une étude épistémologique et didactique extensive de la FMTT, ni une note de synthèse, il importe de préciser de préciser l'origine de quelques positions prises au sein du guide soumis à la validation (Dahmouche et al., 2022).

La technologie est une émanation des humains dans le but de remplir des fonctions, de produire un effet désiré sur le monde (Baudet, 2011 ; Jones, Bunting et de Vries, 2013 ; Bonnard, 2016). Il ne s'agit donc pas de les assimiler aux sciences de la nature qui peuvent prétendre tenter une

compréhension du monde plus universelle (Brenner, 2011 ; Kuhn, 1983, 2000) alors que la technologie est dépendante du milieu géographique et technique qui en permet son existence (Simondon, 1958). Cependant, rien n'interdit à la FMTT de conduire des investigations explicatives dès le moment où elle pose des questions du type *Comment expliquer ? Comment ça fonctionne ?* (Cariou, 2015). La FMTT n'est donc pas restreinte aux questionnements pragmatiques.

Ainsi, rien ne justifie une séparation avec les savoirs des sciences de la nature dès le moment où sont respectées ces visées (Baudet, 2011 ; Jones, Bunting et de Vries, 2013 ; Bonnard, 2016) et les valeurs. Pour autant, cela ne signifie pas que la technologie doit être une discipline de service des sciences de la nature, ou inversement. Outre cette vigilance, il apparaît que la technologie peut être productrice de ses propres savoirs, hors d'un ancrage scientifique direct (Travadel et Guarnieri, 2021).

L'article de Andreucci et Ginestié (2002) montre l'intérêt d'une éducation technologique (et par extension pour nous d'une *Formation Manuelle, Technique et Technologique*) qui n'est pas limitée aux nouvelles/hautes-technologies, comme compris communément. En effet, les élèves du secondaire inférieur ont une représentation de l'objet technique comme étant celle des nouvelles/hautes-technologies. Plusieurs auteurs (Coquidé-Cantor et Giordan, 2002 ; Chatoney, 2005) montrent pourtant que l'approche fonctionnelle et anthropocentrée, épistémologiquement pertinente, est possible avec des élèves plus jeunes.

Si la FMTT semble communément s'opérer dans les classes selon une démarche qui se réclame du « projet », ou plus largement qui suit un tâtonnement expérimental, des essais-erreurs, des essais libres, etc., il importe de ne pas laisser aux élèves et au dispositif la définition spontanée des enjeux d'apprentissage. En effet, d'un point de vue sociologique, il apparaît que l'identification des enjeux d'apprentissage par les élèves est différenciée et que ce sont les élèves les plus proches de la culture scolaire, généralement issus des milieux socioéconomiques favorisés, qui parviennent à dépasser le « faire » des tâches pensées en amont pour permettre un apprentissage du seul fait de la matérialité des tâches qui leur sont proposées (Bautier et Goigoux, 2004 ; Bonnéry, 2007 ; Kahn, 2010). Or, cette matérialité est bien au centre de la FMTT.

Cette matérialité des tâches et l'identification différenciée des enjeux d'apprentissage ne peut être que renforcée lorsque la classe est engagée dans une « activité fonctionnelle » (Astolfi et al., 2008), c'est-à-dire lorsqu'elle travaille un problème pragmatique, généralement très mobilisateur des élèves, mais qui peut faire perdre de vue aux élèves, voire à l'enseignant, les enjeux d'apprentissage disciplinaires. Il s'agirait alors de ne pas se limiter au problème pragmatique seul et de déboucher in fine sur des problèmes techno-scientifiques. Par exemple, la fabrication d'un instrument de mesure doit en fin de compte permettre d'identifier les paramètres influençant les notes de musique.

D'une certaine manière, cette vigilance est traduite par Meirieu (2013) selon une tension pédagogique entre des phases de finalisation (en rapport avec la tâche à effectuer pour l'apprentissage visé) et des phases de didactisation (dont il s'agit d'extraire les savoirs textuels des situations vécues). Pour la FMTT, le risque est que les dispositifs d'enseignement-apprentissage penchent davantage pour la finalisation.

Il importe alors de prévoir des phases de secondarisation (Bautier et Goigoux, 2004) et/ou d'institutionnalisation des apprentissages, c'est-à-dire un moment durant lequel la classe va identifier les savoirs qui vont désormais servir de référence aux situations ultérieures. Dès lors, le repérage des éléments pertinents est laissé aux élèves et conduit à la construction ou au renforcement d'inégalités d'apprentissage (Bautier et Rayou, 2013). Ceci implique donc un recours particulier au langage visant une certaine mise à distance de ce qui est à faire ou qui a été fait dans les tâches prescrites aux élèves. À priori, il pourra s'agir d'anticiper un phénomène, expliquer un fonctionnement, planifier des procédures et des besoins (matériaux, énergie, temps, etc.). À postériori, il s'agira notamment d'identifier « ce qu'on a appris » et ne pas en rester à « ce qu'on a fait ».

Ainsi, rien n'interdit à ce que des phases d'une séquence, voire une séquence entière de FMTT, fonctionnent sur le mode de l'enquête plutôt que de la réalisation matérielle d'objets palpables par les élèves.

3. Orientations méthodologiques, constitution des traces et construction des données

Nous avons fait le choix de mener deux focus-groupe (Albarello, 2022), technique également appelée entretien collectif ou table-ronde qualitative. L'intérêt de cette technique est qu'elle s'intéresse au point de vue des praticiens et exploite une dynamique d'échange autour d'un thème apporté par le chercheur pour recueillir une variété de points de vue et les raisons associées. Il ne s'agit donc pas de dresser un portrait des conceptions de la FMTT représentatives de la population étudiée, mais plutôt de saisir la variété et la richesse des points de vue. En effet, le but du guide est d'engager l'ensemble des praticiens dans la FMTT. Il y a donc une adéquation entre la technique employée dans cette validation et ses visées.

La première limite de notre enquête est que comme le suggère Albarello (2022), il eut fallu mener au moins six focus-groupe, ce qui n'était pas possible pour des raisons pratiques. Cependant, ce seuil est évoqué pour l'effet de saturation des données généralement observée autour de ce nombre, ce que nous avons pour notre part déjà partiellement observé dès le second focus-groupe.

Aucune sélection à priori des participants n'a été réalisée. Nous avons profité d'un événement ouvert à toute personne intéressée par la FMTT et quelques sujets "chauds" actuels de notre institution pour recueillir des participants au sein d'ateliers. Ces deux ateliers ont réuni 20 puis 22 participants durant environ cinquante minutes chacun. Le nombre élevé de participants dans chaque focus-groupe dépasse la tranche de participants généralement conseillée (autour de huit à dix), mais, d'une part, ce nombre est sujet à des adaptations selon les circonstances, et d'autre part, il s'agit d'une contrainte méthodologique avec laquelle il fallut composer puisque ce genre d'événement ouvert génère une participation inconnue à l'avance. Quoi qu'il en soit, la parole des participants n'était pas bridée par ce nombre important et nous avons pu recueillir de nombreuses informations comme nous le montrerons ci-après.

Les participants sont principalement enseignants, futurs enseignants, directeurs, inspecteurs, CSA (accompagnateurs) et formateurs d'enseignants.

Les affirmations qui ont été soumises à l'avis des participants sont au nombre de sept. Il s'agit de :

1. Les sciences de la nature et la technologie devraient être enseignées en même temps, ce sont les mêmes disciplines.
2. L'enseignement de la technologie vise à ...
3. La technologie ne s'occupe pas de ce qui est "naturel".
4. En technologie, ce qui importe, c'est d'évaluer le produit/le processus.
5. L'enseignement de la technologie doit être strictement séparé des autres enseignements (sciences de la nature, économie, histoire, etc.).
6. Les séquences de technologie fonctionnent surtout en mode "projet", par des ouvrages à réaliser, le tâtonnement, les essais-erreurs, etc.
7. En technologie, les figures féminines sont peu nombreuses.

Précisons ici que la deuxième affirmation est incomplète, elle vise à laisser les participants la compléter. La septième affirmation est une contribution à l'O.S. 4.10 de l'avis n°3 du Pacte pour un Enseignement d'Excellence (2017) dans le contexte d'une désinvisibilisation de la contribution des femmes aux sciences et à la technologie (pour l'exemple : Baudet, 2010). Enfin, une intention du guide porte sur la prise en compte des pratiques langagières dans la FMTT ; or, de manière indépendante de notre volonté, nos focus-groupes ont suivi une conférence sur le rôle du langage dans le tronc commun du Pacte. Il n'apparaissait donc plus pertinent de soumettre cette potentielle huitième affirmation aux praticiens. Celle-ci pourrait faire l'objet d'une validation dédiée, ultérieurement.

4. Résultats et mise en perspective

Nous synthétisons dans le tableau ci-dessous les commentaires qu'amènent les participants aux sept affirmations soumises.

Tableau 1 : synthèse des réponses fournies par les participants lors des focus-groupes au sujet de sept affirmations qui concernent la FMTT.

Affirmations soumises (abrégées)	Synthèse des réponses fournies par les participants.
1. Ensg. conjoint Techno-Sci	La majorité des réponses indique que ce ne sont pas les mêmes disciplines mais qu'il y a une relation entre les deux. Cette relation serait de l'ordre d'un objet du réel à investiguer selon deux questionnements différents, ou pour des raisons didactiques (avantages ou au contraire limites horaires d'un enseignement conjoint). Un participant précise que les sciences peuvent venir expliquer. Une réponse précise la spécificité de la techno qui est "la patte de l'homme" alors qu'une autre énonce que les sciences de la nature s'occupent du "naturel" et la technologie de l' "artificiel". Enfin, un participant déclare

	l'impossibilité d'enseigner la nature et la technologie, mais qu'il s'agit plutôt d'enseigner au travers de la nature et de la technologie.
2. Visée(s)	<p>Les participants mentionnent en grande partie des visées quotidiennes/pragmatiques, c'est-à-dire que la FMTT doit fournir des solutions aux problèmes du quotidien (ex : changer une ampoule, recoudre un bouton, etc.), fournir une autonomie dans ce quotidien et informer des gestes de sécurité à acquérir, de se "servir de leurs mains de manière pratique" et de s'adapter au monde qui entoure les élèves. Pour un participant, cette visée pragmatique est scolaire puisqu'il s'agit d'outiller (via le numérique) les élèves pour qu'ils puissent apprendre.</p> <p>Les participants mentionnent des visées développementales, c'est-à-dire l'acquisition de modes de pensée ou de comportements inédits. Il s'agirait d'acquérir une démarche et des techniques transversale, d'éveiller la curiosité en général.</p> <p>Les participants mentionnent également des visées patrimoniales. Il s'agit de comprendre les technologies, acquérir des savoirs sur ces technologies.</p> <p>À deux occasions, la visée de critique sociale est énoncée. Il s'agit d'apprendre les limites des technologies dans les problèmes humains actuels, voire les méfaits qu'elles provoquent.</p>
3. Rapport au "naturel"	<p>Les participants récusent la distinction entre le naturel et l'artificiel lorsqu'elle est explicitement posée. Cependant, des participants conçoivent également que ce qui est fabriqué par l'homme n'est pas naturel, et dans certains cas que ces fabrications sont inspirées par le naturel.</p> <p>Un participant énonce que si la technologie évolue dans une nature, elle ne pourra pas tout faire de cette nature.</p>
4. Éval. processus / produit	<p>Pour certains participants, il s'agit d'évaluer autant le processus que le produit. Le rapport de subordination de l'un à l'autre n'existerait pas, mais pour certains, le produit est l'indicateur du processus (soit il n'est pas correcte et il invite à considérer le processus, soit au contraire il confirme une appréciation de l'enseignant sur le processus).</p> <p>Pour d'autres participants, c'est le processus qui est à évaluer car le but de la séquence n'est pas d'élaborer un produit excellent mais plutôt de susciter la réflexion des élèves.</p> <p>Enfin, d'autres participants considèrent que, selon l'objectif poursuivi (au sens des attendus du référentiel), alors l'un ou l'autre est à évaluer. Ils rappellent alors que le référentiel est explicite sur les attendus.</p> <p>À ce sujet, un participant énonce que le référentiel vise l'évaluation</p>

	uniquement des produits.
5. Séparation disciplinaire	L'ensemble des participants s'accorde pour autoriser les croisements disciplinaires, mais selon des raisons variables : attentes institutionnelles (orientation du tronc commun), inspiration naturaliste et fonction de service qu'aurait la technologie la rendant donc toujours pluridisciplinaire, et enfin pour le "sens" que les élèves trouveraient à de tels croisements.
6. "Projet"	Pour la majorité des participants, les séquences devraient fonctionner par projet, tâtonnement, essais-erreurs autant que possible. Certains émettent une limite, pour des raisons matérielles ou horaires. Deux participants renvoient à une limite propre aux objets de savoirs technologiques rendant parfois ni nécessaire ni souhaitable de telles phases de manipulations/réalisations.
7. Figures féminines	Les participants s'accordent pour dire que les figures féminines sont peu médiatisées mais existantes. Marie Curie est la seule qui a été explicitement énoncée (elle est présentée comme ayant été peu reconnue) ; la découverte de l'ADN par une femme est évoquée.

Les réactions suscitées à la **première affirmation** semblent compatibles avec l'orientation prise par le guide. Cependant, nous constatons que si le mouvement des sciences vers la technologie est bien évoqué par les participants, le mouvement inverse ne l'est pas. De même, l'existence de savoirs technologiques n'est pas non plus évoquée. Quoi qu'il en soit, le guide évoque bien ces situations et il ne semble donc pas nécessiter un aménagement à ces niveaux.

Notons qu'un participant affirme qu'il n'est pas possible d' "enseigner la nature et la technologie", mais qu'il s'agit d'enseigner au travers de la nature et de la technologie. Ce déplacement du statut de la technologie, du but vers le moyen, semble incompatible avec le guide et plus largement le choix de distinguer (au niveau horaire et attendu) la *Formation manuelle, technique et technologique* de l'éducation par la technologie (Pacte pour un Enseignement d'Excellence, 2017, p. 50-52). Une précision à ce sujet a été ajoutée dans le guide.

La **deuxième affirmation** (à trou) est celle qui suscite le plus de réactions et qui occupe le plus longtemps les deux focus-groupes. Les participants ont des visées nombreuses et diverses quant à la FMTT. Plusieurs d'entre elles ont été répétées ou réaffirmées par différents participants. D'autres apportent des conditions à celles qui ont été précédemment énoncées. En première approche, nous pourrions les classer selon qu'elles soient pragmatiques/quotidiennes (c'est-à-dire résoudre des problèmes du quotidien, généralement hors classe), patrimoniale (acquérir une partie de la culture), développementale (acquérir de nouvelles façons de penser et de se comporter), ou encore visant la critique sociale (identifier les limites et les nuisances des technologies).

Il y a compatibilité partielle avec les visées énoncées dans le guide puisqu'on y retrouve bien les visées développementale et patrimoniale. En revanche, le guide n'énonce pas de visées pragmatiques/quotidiennes. D'autre part, un participant s'étonna de notre proposition d'une

visée professionnelle possible. Notons que le référentiel de FMTT (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2021) évoque bien, au travers des visées transversales des domaines 6, 7 et 8 "Découvrir le monde scolaire, la diversité des filières et des options qui s'ouvrent après le tronc commun et mieux connaître le monde des activités professionnelles" et "Développer des projets personnels et professionnels : anticiper et poser des choix." (p. 83, 88-89). Des réflexions complémentaires se trouvent dans l'avis n°3 (Pacte pour un Enseignement d'Excellence, 2017) au niveau de l'O.S.3.3. Une explicitation a donc été ajoutée à ces sujets dans le guide.

Les **troisième, quatrième, cinquième et sixième affirmations** suscitent des réactions tout à fait compatibles et/ou anticipées par le guide. Le guide ne semble pas nécessiter d'aménagement majeur à ces niveaux. Cela ne signifie pas que les réactions correspondent toujours avec les positions tenues par le guide, mais cela signifie que, lorsqu'il y a incompatibilité, le guide porte une réponse à ces positions divergentes.

Cependant, à plusieurs occasions dans les deux groupes, les participants manifestent l'idée d'une inspiration que fournirait la nature à la technologie mérite un approfondissement dans la mesure où elle nous semble relever d'un naturalisme excessif puisqu'historiquement peu fondé. Une telle conception met également de côté des questions centrales de la technologie, comme celles du souhaitable, du rentable, des contraintes et des ressources disponibles, etc. Une précision a été ajoutée dans le guide à ce sujet.

Nous remarquons également que pour les réactions des participants aux affirmations 4 et 5 renvoient fortement la responsabilité des choix curriculaires et didactiques à l'institution, plutôt qu'aux praticiens. La position du guide est brièvement clarifiée afin de ne pas induire un malentendu au sujet des choix institutionnels qui, aussi légitimes qu'ils soient, restent des choix commandés par certaines exigences, d'autres pouvant donc être faits lorsque d'autres exigences sont à rencontrer.

La **septième affirmation** suscite des réactions attendues. Dans les deux groupes, les figures féminines contributrices ne peuvent pas être citées par les participants, à l'exception de Marie Curie, étrangement présentée par un participant comme invisibilisée, et d'une contributrice de la découverte de l'ADN dont le nom n'est pas cité (nous comprenons qu'il s'agit de Rosalind Franklin). Or, le guide, dans son état actuel, ne présente pas suffisamment de figures féminines, en particulier pour la technologie. Une amélioration a donc été portée à ce niveau pour la seconde version. Rappelons à ce sujet que la problématique du genre dans les STIM doit être visée au travers des domaines 6, 7 et 8, notamment en rendant visibles ces figures féminines (Pacte pour un Enseignement d'Excellence, 2017, p. 89).

5. Conclusion et recommandations

Ce processus de validation aboutit à des modifications ou des ajouts dans le contenu du guide. Il s'agit principalement de précisions ponctuelles. Deux modifications plus importantes ont été apportées : premièrement, autour des finalités possibles d'un enseignement technologique et non pas des finalités admises ou souhaitées pour la FMTT dans notre contexte institutionnel ; deuxièmement, une présentation de quelques ouvrages permettant de prendre connaissance des figures féminines ayant contribué aux avancées technologiques, soit pour l'enseignant, soit pour

la classe. L'invitation est faite d'intégrer ces figures tout au long des séquences d'enseignement lorsque cela s'y prête, en même temps que les figures masculines.

Enfin, le consortium ayant cette année contribué à la création de nouveaux dispositifs de la FMTT, certains d'entre eux (ex : "Sans demi-mesure") ont été directement renseignés dans l'inventaire proposé au sein du guide.

La deuxième version du guide a été publiée le 29 août 2023 au lien suivant : <https://www.hypothese.be/wp-content/uploads/2023/08/Guide-raisonne-techno-V2.pdf>

6. Liste des références

- Albarello, L. (2022). Chapitre 9. Conduite de l'entretien collectif (focus-groupe) et analyse des matériaux qualitatifs. In B. Alberio et J. Thievenaz (dir.), *Enquêter dans les métiers de l'humain. Tome II*, 270-278. Éditions Raison et Passions.
- Andreucci, C. et Ginestié, J. (2002). Un premier aperçu sur l'extension du concept d'objet technique chez les collégiens. *Didaskalia*, 20, 41-65. https://www.persee.fr/doc/didas_1250-0739_2002_num_20_1_1127
- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences*. De Boeck Supérieur.
- Baudet, J. (2010). *Curieuses histoires des Dames de la Science*. Jourdan Éditions.
- Baudet, J. (2011). *Curieuses histoires des Inventions*. Jourdan Éditions.
- Bautier, É. et Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue française de pédagogie*, 148, 89-100. <https://doi.org/10.3406/rfp.2004.3252>
- Bautier, É. et Rayou, P. (2013). *Les inégalités d'apprentissage, programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Presses Universitaires de France.
- Bonnard, J. (2016). *Découvrir le monde des objets : former des chercheurs dès l'école maternelle*. Chronique sociale.
- Bonnéry, S (2007). *Comprendre l'échec scolaire*. La Dispute.
- Brenner, A. (2011). *Raison scientifique et valeurs humaines. Essai sur les critères du choix objectif*. Presses universitaires de France.
- Cariou, J.-Y. (2015). Quels critères pour quelles démarches d'investigation ? Articuler esprit créatif et esprit de contrôle. *Recherches en éducation*, 21, 12-33.
- Chatoney, M. (2005). Organiser des activités de production à l'école primaire. Sélectionner des matériaux avec des élèves de 6 ans. *Aster*, 41, 139-158. https://www.persee.fr/doc/aster_0297-9373_2005_num_41_1_1282
- Coquidé-Cantor, M. et Giordan, A. (2002). *L'enseignement scientifique à l'École Maternelle*. Delgrave Pédagogie et formation
- Dahmouche, H., Barrier, T., Vermeulen, V. et Daro, S. (2022). *Le guide raisonné des « nœuds didactiques »*. Nœud « techno-sciences » – Enseigner les technologies. <https://www.hypothese.be/index.php/petites-lecons/>
- Fédération Wallonie-Bruxelles (2021). *Référentiel de formation manuelle, technique, technologique et numérique*. Tronc commun. www.enseignement.be/index.php?page=28597&navi=4920

- Jones, A., Bunting, C. et de Vries, M. J. (2013). The developing field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education*, 23, 191-212. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10798-011-9174-4>
- Kahn, S. (2010). *Pédagogie différenciée*. De Boeck.
- Kuhn, T. S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion.
- Kuhn, T. S. (2000). *The road since structure*. The University of Chicago Press.
- Lebeaume, J. (2019). Objets puis systèmes techniques au programme : éclairages pour une discussion de leurs statuts et de leurs fonctions dans l'enseignement. *Recherches en didactiques*, 27, 11-24. <https://www.cairn.info/revue-recherches-en-didactiques-2019-1-page-11.htm>
- Lebeaume J. et Martinand, J.-L. (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Hachette Éducation.
- Martinand, J.-L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France : problèmes de didactique curriculaire. *La Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3, 100-116.
- Meirieu, Ph. (2013). Objectif-obstacle et situations d'apprentissage. In J.Houssaye (Ed.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui* (Nouvelle éd., p. 289-299). ESF.
- Pacte pour un Enseignement d'Excellence (2017). *Avis n°3 du Groupe central*. <https://pactepourunenseignementdexcellence.cfwb.be/le-pacte/>
- Simondon, G. (1958/2012). *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier.
- Travadel, S. et Guarnieri, F. (2021). *Petite philosophie de l'ingénieur*. Presses Universitaires de France.

