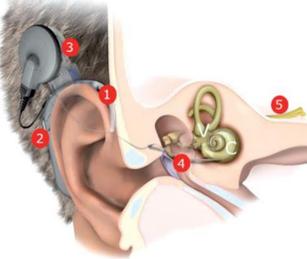




Fagniat S.1, Charlier B.3,4, Delvaux V.1,2, Harmegnies B., Huberlant A.3, Piccaluga M., & Huet K.1  
1Institut de Recherches et Technologies en Sciences du Langage, UMONS, 2Fond National de la Recherche Scientifique, 3Centre « Comprendre et Parler », Bruxelles, 4Université Libre de Bruxelles  
Contact : sophie.fagniat@umons.ac.be

## Contexte



### Implant cochléaire

- Dispositif permettant de remplacer la fonction cochléaire (transduction mécano-électrique de l'onde sonore) en cas de surdité de perception congénitale ou acquise.
- 100.000 personnes implantées dans le monde en 2010

### Apport indéniable de l'implant cochléaire sur le développement du langage

- Compétences linguistiques élevées et une parole intelligible suivant un décalage temporel proche de celui des enfants normo-entendants
- Facteurs favorables : la précocité de l'implantation (Detman et al. 2007) et la binauralité (Sarant et al. 2014).

### ...Toutefois

- Nombre d'électrodes permettant de coder l'information spectrale (de 12 à 24) < nombre de cellules ciliées d'une oreille saine → impact sur la tonotopie cochléaire?

→ résolution spectrale aussi précise ?

## Développement du langage d'enfants porteurs d'IC = enfants NE?

- Phonétique/phonologie** : Effet de « visibilité » de phonèmes chez les enfants IC (Grandon, 2016), trait de nasalité non perçu chez les adultes IC (Borel, 2015)
- Lexique** : enfants IC = retard chronologique (Young et al., 2002; Erimer, 2003) VS développement similaire aux enfants NE (Duchesnes et al., 2015)
- Morphosyntaxe** : le plus souvent déficitaire en perception et en production chez les enfants IC (Lenormand, 2004; Duchesnes, 2010; Bourdin, 2016)
- Aspects suprasegmentaux** : Débit : proportions et durées de pauses plus élevées chez les enfants IC (Neumeyer, 2010; Chuang, 2012) & prosodie : perception moins bonne (Most & Peled, 2007) – perturbation de la production (Lenormand & Lacheret, 2004)
- Pragmatique** : IC déficit en théorie de l'esprit (Courtin & Mélot, 2006) & en inférences discursives, traitement des métaphores (Nicasiti et al., 2014)



## Hypothèses

IC : Développement des compétences linguistiques en perception et en production sous l'effet de capacités sensorielles limitées, la bande passante étant réduite et exploitée au travers d'un nombre de canaux de transmission restreints.

Question de recherche : la surdité = déficit du traitement acoustique → déficit traitement des niveaux « supérieurs »?

- Déficit de perception de certains traits phonétiques – contrastes phonémiques?
- Ex: nasalité : voix hyper- hypo-nasalisée des enfants IC, perception KO chez l'adulte implanté (Borel, 2015)

→ Input auditif dégradé → représentations phonologiques imprécises → mauvaise acquisition morpho-phonologique fine - morphèmes grammaticaux peu accentués, moins bien perçus, moins saillants (Hanson et al., 2017; Hage, 2005; LaSasso, Crain & Leybaert, 2010)

... Phonétique/phonologie ↔ Traitement des morphèmes grammaticaux?

## Protocole et prises de données

### Objectifs de l'étude

- Recueil d'informations sur le développement langagiers d'enfants porteurs d'IC en comparaison avec des enfants normo-entendants - sur l'ensemble des composantes du langage.
- Visée longitudinale : protocole adaptatif et permettant d'observer une évolution des compétences

### Tâche productive

- Dénomination orale d'images (Philippart de Foy, 2018)
- Mots-cible comprenant l'ensemble des phonèmes du français en 3 positions (initiales, médianes, finales)
- Différents niveaux d'A.o.A. et de complexité articuloire

### → Évaluation des compétences phonétiques et phonologiques

#### Analyses phonologiques

- Retranscriptions des productions et analyses via Phon (Hedlung & Rose, 2020) : pourcentage de phonèmes corrects (PPC) - pourcentage de voyelles correctes (PVC) et pourcentage de consonnes correctes (PCC) + analyses des erreurs

#### Analyses acoustiques

- Caractérisation des voyelles orales/nasales : comparaisons entre voyelles nasales et orales par correspondances (Borel, 2015) :
- Phonétiques : /ã/-/a/ ; /õ/-/o/ ; /ẽ/-/e/
- Phonologiques : /ã/-/ã/ ; /õ/-/õ/ ; /ẽ/-/ẽ/
- Indices acoustiques :
- De configuration orale : distances euclidiennes F1/F2
- De nasalité phonétique : delta A1P0 - rapport d'amplitude entre le pôle nasal (P0 - 1<sup>er</sup> ou 2<sup>ème</sup> harmonique) et le premier formant (A1)

### Tâche perceptive

- Désignation de mots/syntaxmes sur input oral

- Distracteurs = voisin phonologique (paire minimale) ou syntagme contenant une opposition morphosyntaxique de genre ou de nombre, portée par l'ajout/substitution d'un phonème

- Distinctions portées par des oppositions entre voyelles nasales/nasales, orales/nasales, orales/orales ou ajout phonémique

### → Évaluation de la perception et du traitement phonéto-phonologique (traitement lexicale/MS)



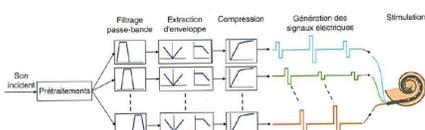
### Analyses

- Calcul d'un score d' (McMillan, & Creelman, 1991) pour le score total et les sous-scores

## Traitement acoustique et implant cochléaire

### Codage du son par l'IC

Traitement de l'information acoustique par l'IC : limitations acoustiques liées aux processus de codage du son?



### Vulnérabilité des voyelles nasales ?

Perception de la distinction des voyelles orales-nasales via deux types d'indices acoustiques (Delvaux, 2012) :

- Configuration articuloire
- Perceptible partiellement visuellement + acoustique : identifiable par les valeurs formantiques
- Nasalité phonétique : Modulations spectrales liées à la mise en résonance nasale
- Non perceptible visuellement + acoustique : identifiable par les valeurs de bande passante des harmoniques → bien codées par l'IC ?

Difficultés de perception de certains indices acoustiques?

- Formants des voyelles « compactes » ?
- Lieux d'articulation des consonnes ?
- ... mais compensation par l'utilisation d'indices bien codés ?
- Indices de durée
- Configuration articuloire (phonèmes visibles)
- Bénéfice des méthodes de codage gestuel (LPC)

## Résultats

### Participants

Gruppe d'enfants normo-entendants (NE) : N = 27

- Âgés de 2 ans 10 mois à 6 ans 5 mois
- Sans difficultés auditives, langagières ou cognitives diagnostiquées
- Regroupés en groupe d'âge : 2 ans et demi à 4 ans et demi (N = 8) ; 4 ans et demi à 5 ans et demi (N = 9) ; 5 ans et demi à 6 ans et demi (N = 10)

Gruppe d'enfants présentant une surdité et porteurs d'implant(s) cochléaire(s) (IC) : N = 16

- Âgés de 4 ans 3 mois à 7 ans 6 mois
- Surdités profondes congénitales bilatérales
- Implantations bilatérales (sauf 1 sujet)
- Implantations entre 7 mois et 3 ans
- Oralistes - bilinguisme langue signée pour 4 sujets (IC1,3,6 et 7)
- Pratique du LPC pour 6 sujets

## Désignation

Performances groupe IC < groupe NE

Sous-scores	Entendant	Sourd	Mann-Whitney
d' score total	0,75 (0,11)	0,59 (0,09)	-3,82 ; p < .001**
d' items « nombre »	0,67 (0,13)	0,55 (0,15)	-2,34 ; p = .019*
d' items « genre »	0,78 (0,13)	0,61 (0,18)	-2,552 ; p = .011*
d' items « lexique »	0,86 (0,14)	0,66 (0,10)	-4,596 ; p < .001**
Sous-score items « orales-nasales »	83,70 (13,05)	56,88 (12,50)	-4,596 ; p < .001**
Sous-score items « orales-orales »	62,96 (21,35)	52,08 (29,74)	-1,442 ; p = .149
Sous-score items « nasales-nasales »	77,78 (18,49)	68,75 (19,12)	-1,476 ; p = .140
Sous-score items « ajouts »	73,46 (11,56)	60,94 (15,73)	-2,644 ; p = .008**
Items orales-nasales/paires phonologiques (/ã/-/a/)	94,44 (16,01)	79,41 (30,92)	-1,196 ; p = .05*
Items orales-nasales/ paires phonétiques (/ã/-/ã/ ; /õ/-/õ/)	92,59 (19,25)	47,06 (20,61)	-5,512 ; p < .001**
Items orales nasales/sans correspondance (/õ/-/a/ ; /õ/-/ẽ/)	74,07 (18,24)	47,06 (22,29)	-3,649 ; p < .001**

Résultats obtenus par nos deux groupes à la tâche de désignation, pour nos deux groupes.

Différences groupes IC - NE marquées sur la majorité des scores :

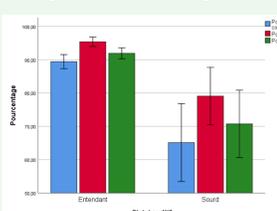
- Score total
- Items « nombre », « genre » et « lexique »
- Items avec oppositions vocaliques orales/nasales et sur ajout phonémique MAIS pas sur les oppositions nasales/nasales et orales/orales
- Oppositions voyelles orales/nasales : différences pour tous les types de paires, davantage marquées pour les paires phonétiques
- Effet âge chronologique chez les NE sur tous les scores - effet âge auditif uniquement chez les IC sur les oppositions orales/nasales (paires phonologiques)

## Dénomination

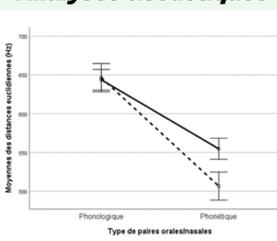
Performances groupe IC < groupe NE sur tous les scores :

- Différences davantage marquées pour les consonnes
- Types d'erreurs : IC = + de substitutions et délétions
- Dénasalisations de consonnes et voyelles nasales + nasalisations consonnes orales
- Changement de lieu (antériorisations) et de mode d'articulation (occlusivations)
- Voisements de segments non voisés
- IC = NE pour les dévoisements
- Effet de l'âge chronologique des NE sur tous les scores - effet âge auditif chez les IC sur le PCC

### Analyses phonologiques



### Analyses acoustiques

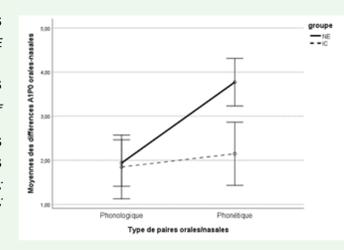


Différenciations plus importantes entre voyelles orales sur la nasalité phonétique chez les NE (NE = 2,96dB ; IC = 2,00dB) :

- Avantage des paires phonologiques pour les deux groupes (Phonologique = 645 Hz ; Phonétique = 537Hz ; F(1) = 192,402 ; p < .001)
- Interaction groupe\*paire : différences paires phonologique/phonétique plus marquées chez les NE (NE(Phonologique) = 2,04dB ; NE(Phonétique) = 3,92dB ; IC(Phonologique) = 1,85dB ; IC(Phonétique) = 2,15dB)

Différenciations plus importantes entre voyelles orales et nasales sur la configuration orale chez les NE (NE = 600Hz ; IC = 575Hz ; F(1) = 7,868 ; p = .005) :

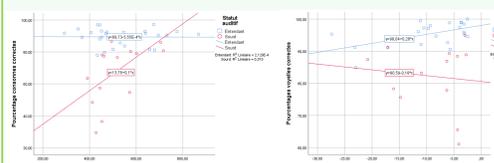
- Avantage des paires phonologiques pour les deux groupes (Phonologique = 645 Hz ; Phonétique = 537Hz ; F(1) = 192,402 ; p < .001)
- Interaction groupe\*paire : différences paires phonologique/phonétique plus marquées chez les NE (NE(Phonologique) = 644Hz ; NE(Phonétique) = 555Hz ; IC(Phonologique) = 646Hz ; IC(Phonologique) = 506Hz ; F(1) = 9,331 ; p = .002)



## Liens données acoustiques - linguistiques

Corrélation entre les valeurs des indices acoustiques (F1/F2 - A1P0) et les données linguistiques pour chaque groupe. NB: valeurs A1P0 séparées selon la valence positive (A1P0+) et négative (A1P0-)

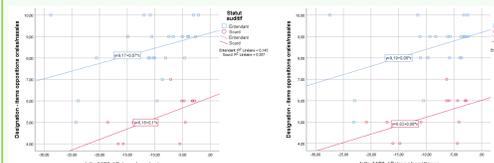
### Acoustique - phonologie



Liens acoustique - phonologie différents entre les groupes !

- Groupe IC : meilleurs scores en phonologie (uniquement PCC) liés à une meilleure différenciation des paires phonétiques via la configuration orale (F1/F2)
- Groupe NE : meilleurs scores en phonologie (PVC, PPC) liés à une meilleure différenciation des paires phonétiques via la nasalité phonétique (A1P0)

### Acoustique - désignation



Meilleurs scores en désignation associés à une différenciation des paires phonétiques et phonologiques dans les deux groupes !

- Se marque surtout pour les items dont l'opposition est portée par une distinction entre voyelles orales et nasales
- Influence le traitement des paires minimales et le marquage du genre

## Différences inter-groupes

- En tâche de désignation, dans les scores de production phonologique
- Moins de manifestations de nasalité phonétique (mouvements du voile du palais?) différenciant les voyelles orales et nasales chez les IC + moins de marquages entre les paires proches phonétiquement

## Liens mesures acoustiques et linguistiques

- IC : meilleurs scores en production de consonne associés à une meilleure différenciation orales/nasales par configuration orale (pas de lien acoustique - production voyelle) ; NE : meilleurs scores en production de voyelles et tous phonèmes confondus associés à une meilleure différenciation orales/nasales par nasalité phonétique
- Pour les deux groupes : meilleure discrimination des items orales/nasales associés à une meilleure différenciation orales/nasales par nasalité phonétique → L'utilisation de la nasalité acoustique (mouvements adéquats du voile du palais) semble associée à de meilleures performances linguistiques générales.
- Effets d'âge différenciés : IC (âge auditif) = ↑ production des consonnes et ↑ différences sur configuration orale - NE : tous scores confondus et ↑ différences sur nasalité phonétique
- Stratégies davantage axées sur les éléments saillants perceptuellement (consonnes, configurations orales) chez les IC ?

## Discussion

## Perspectives...

### Lien acoustique - autres mesures linguistiques

- Production morphosyntaxique - récit ?
- Etude conjointe des données acoustiques et linguistiques - analyses factorielles et études de profil langagier (perspective longitudinale)
- Impact des difficultés acoustiques sur le développement linguistique → à prendre en compte pour les PEC (aide à la perception - biofeedback?)

### Diagnostics et prises en charge

- Acoustique = mesures non invasives → prise en compte pour un diagnostic précoce ?
- Mesures d'évolution dans les prises en charge ?