

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 déroulement 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; Ertmer, 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 (Nicasri et al., 2014)

Perception 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?

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)

Vulnérabilité des voyelles nasales ?

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

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

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-nasalisation des enfants IC, perception KO chez l'adulte implanté (Borel, 2015)
- Déficit des représentations prosodiques ?

→ Input auditif dégradé → représentations phonologiques imprécises/ déficit de perception des modulations prosodiques, rythmiques → 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/prosodie ↔ Morphosyntaxe/capacités discursives?

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

Analyses

- Retranscription et analyse des productions M.L.U., nombres d'occurrences par classes (grammaticales, phonologiques), erreurs.
- Analyses acoustiques : tâche de dénomination
- Caractérisation des voyelles orales/nasales : valeurs F1/F2 + bandes passantes + distances euclidiennes entre voyelles nasales et orales – par correspondance phonétique/phonologique (Borel, 2015)

Tâche 1

- Dénomination orale d'images (Phillippart de Foy, 2018)
- Mots-cible comprenant l'ensembles 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**

Tâche 2

- Production de récit 1 (modèle présenté préalablement)
- Histoire créée pour les besoins de l'étude : structures narrative répétitives, introductions de marques de genre, de nombre, de temps

→ **Évaluation des compétences phonologiques, lexicales, morphosyntaxiques, pragmatiques.**

Tâche 3

- Désignation de mots/syntagmes sur input oral
- Distracteurs = voisin phonologique (paire minimale) – syntagme contenant une opposition morphosyntaxique de genre ou de nombre, portée par l'ajout/substitution d'un phonème
- **Évaluation de la perception et du traitement phonético-phonologique (traitement lexicale/MS)**

Tâche 4

- Production de récit 1 – récit libre sur base d'images
- Récit sur base du livre imagé sans texte « Frog, where are you? » (Mayer, 1969)
- **Évaluation des compétences, phonologiques, lexicales, morphosyntaxiques**

Premiers résultats

Participants

Groupe 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

Groupe d'enfants présentant une surdité et porteurs d'implant(s) cochléaire(s) (IC) :
 - N = 9
 - Âgés de 4 ans 3 mois à 7 ans 1 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 5 sujets (IC5,6,7,8,9)

Différences inter-groupes*

*Différences inter-groupes testées au moyen de tests de Mann-Whitney

Composante phonétique

Tâche de dénomination

- Distinctions entre voyelles orales et nasales marquées sur le plan F1-F2 (configuration articuloire) de façon équivalente chez nos deux groupes, sauf :
 ✓ \tilde{a} – a (opposition phonologique) : IC > NE

Mais % de groupes consonantiques corrects supérieurs chez IC (IC : 88%; NE : 74%)

- Erreurs les plus fréquentes chez les IC :
 > Dénasalisations voyelles* (IC : 30%; NE : <1%)
 > Déletions (IC : 19%; NE : 7%)
 > Dévoisements (IC : 6%; NE : 4%)
 > Oculusions* (IC : 5%; NE : <1%)
 > Voisements* (IC : 4%; NE : <1%)

* patterns d'erreurs présents uniquement dans le groupe IC :

MAIS variabilité importante dans le groupe IC : enfants à profil « stars » : IC4 (82% de phonèmes corrects), IC8 et IC9 (90% de phonèmes corrects)

Tâche de désignation

- Scores de désignation de mots moins élevés chez IC – surtout pour les positions entre voyelles orales et nasales.

Composante phonologique

Tâche de dénomination

- Distinctions entre voyelles orales et nasales marquées sur le plan F1-F2 (configuration articuloire) de façon équivalente chez nos deux groupes, sauf :
 ✓ \tilde{a} – a (opposition phonologique) : IC > NE

Mise en lien des différentes compétences langagières

Analyses factorielles

Mise en correspondance de l'ensemble des mesures linguistiques prises conjointement auprès de nos sujets, selon les différentes composantes qu'elles investiguent.

- Constats :
 - Forte liaison entre les mesures réceptives (discrimination phonologique et traitement de marques MS) et les mesures phonologiques
 - Forte liaison entre les mesures lexicales et morphosyntaxiques
 - Mesures phonétiques réparties (indépendamment?) des autres mesures

Tentative d'interprétation des deux facteurs extraits :

- Facteur 1 (30% de variance expliquée) : associé à des performances linguistiques complexes?** Mesures linguistiques montrant de bonnes performances centrées à droite de l'axe – exemples : hautes valeurs de MLU, de diversité lexicale, de % de phonèmes corrects,...
- Facteur 2 (10% de variance expliquée) : semble être associé à un profil de production phonétique des voyelles nasales (lié au profil perceptif?)** – accentuation du marquage de la nasalité vocalique par les bandes passantes (bas de l'axe) VS accentuation du marquage de la nasalité vocalique par une différenciation de configuration articuloire (axe F1-F2)

Composante lexicale

Tâche de dénomination

- Moins de mots récupérés en première intention chez les enfants IC
- IC : 55% ; NE : 80%
- Moins de bénéfice de l'indigéme sémantique chez les enfants IC :
- IC : 2% ; NE : 8%
- Faible bénéfice de l'indigéme phonologique chez les 2 groupes :
- IC : <1% ; NE : 1,5%
- Pourcentage de mots non récupérés et produits sur répétition chez les enfants IC
- IC : 40% ; NE : 9%

MAIS enfants IC « stars » : dénomination en première intention : IC4 (76%) – IC8 (78%) – IC9 (83%)

Productions de récits

- Indices de diversité lexicale (indice de Guiraud) plus faibles :
 > IC : 5,3 ; NE : 7,5

Composante morphosyntaxique

Tâches de récit

- M.L.U moyennes plus faibles chez les enfants
- IC : 4,2 ; NE : 6,5
- Rapports lemmas/lexèmes plus élevés chez IC (- de tendance à fléchir les mots)
- IC : 0,89 ; NE : 0,83
- Moins de flexions verbales, nominales et adjectivales de genre et de nombre chez les enfants IC
- Moins de variétés de temps verbales chez les enfants IC

Tâche de désignation

- Scores de désignation de syntagmes portant sur les marques de genre moins élevés chez IC
- MAIS grande variabilité : IC1 et 2 (MLU <2) VS IC 4 (MLU : 6,7) et IC8 (MLU : 7,5)

Profil individuel

Représentation des sujets sur les axes des facteurs 1 et 2 identifiés. Différents constats :

- Ségrégation entre les sujets IC et NE sur la représentation des axes
- Sujets IC : plus à gauche de l'axe 1 = moins bonnes performances linguistiques ?
- Sujets IC : plus en haut de l'axe 2 = profil « phonétique » différent, plus axé sur un marquage de la nasalité par la configuration articuloire ?
- Différents profils dans le groupe IC : sujets « stars » (IC4, IC8, IC9) proches des sujets NE
- Effet de l'âge chez les NE? Tendance à l'amélioration des performances linguistiques (déplacement vers la droite – axe 1) et vers un équilibre du profil phonétique (centration sur l'axe 2) ?

Discussion

Différents constats en lien avec la littérature :

- Globalement, de moins bonnes performances linguistiques du groupe d'enfants IC : phonologie, lexicale, morphosyntaxe...
- ... Mais variabilité importante ! Profils d'enfants « stars » (Pisoni, 2000) : liés à l'étiologie de la surdité ? A l'âge d'implantation ? A des caractéristiques environnementales ?
- Mise en évidence de « profils phonétiques » en production, dont un semble être caractéristique des enfants implantés : marquage de la nasalité par la configuration articuloire (F1-F2) et non par une nasalisation phonétique (visualisable par la bande passante) → lié à la perception du flux de parole via l'implant? Moins bon codage des informations spectrales fines, moins bonne sélectivité fréquentielle → moindre codage des informations liées à la nasalité phonétique, compensée par une accentuation de la perception/production des informations sur les valeurs harmoniques?
- « Profils phonétiques » associés à des trajectoires développementales similaires/atypiques?

Limites et perspectives

- Echantillon d'enfants IC faible = à interpréter avec prudence !
- Peu de recul sur les caractéristiques individuelles pouvant influencer les performances
- Grande variabilité, aussi bien chez les enfants NE que chez les enfants IC
- Élargir l'échantillon et adopter une perspective longitudinale : évolution des performances linguistiques en fonction des « profils phonétiques » identifiés ?
- « Profils phonétiques » déterminés sur base de l'analyse des voyelles : quid des consonnes ?
- Étude des consonnes fricatives et occlusives (Grandon, 2016)
- Est-ce que les performances linguistiques sont associées à des profils prosodiques particuliers?
- Étude des variations prosodiques et des types de mots accentués/non accentués : mise en évidence de profils de production reflétant des modes de segmentation du flux de parole particulier chez les enfants IC?

Références: Borel S. (2015). Perception auditive, visuelle et audiovisuelle des voyelles nasales par les adultes devenus sourds. Lecture labiale, implant cochléaire, implant du tronc cérébral (Doctoral dissertation, Université Sorbonne Paris Cité). Bourdin, B., Ibernon, L., Le Driant, B., Levrez, C., & Vandromme, L. (2016). Troubles morphosyntaxiques chez l'enfant sourd et chez l'enfant dysphasique: similarités et spécificités. *Revue de neuropsychologie*, 8(3), 161-172. Chuang, H. F., Yang, C. C., Chi, L. Y., Weisner, G., & Wang, Y. T. (2012). Speech intelligibility, speaking rate, and vowel formant characteristics in Mandarin-speaking children with cochlear implant. *International journal of speech-language pathology*, 14(12), 119-129. Courtin, C., & Mélot, A. M. (2006). Chapitre 7. Le développement sociocognitif de l'enfant sourd. In *Comprendre et parler: les cas des théories de l'esprit, les compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd* (pp. 165-184). Mardaga, Delvaux, V. (2012). Les voyelles nasales du français: aérodynamique, articulation, acoustique et perception. *Phonétique*. Detman, S. J., Pinder, R. C., & Briggs, R. J., Dowell, R. C., & Leigh, J. R. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits. *Ear and hearing*, 28(2), 115-183. Duchesne, L. (2010). Développement linguistique d'enfants porteurs d'un implant cochléaire: le vocabulaire et la grammaire chez les enfants ayant reçu un implant en bas âge. *Éditions universitaires européennes*. Ertmer, D. J., Strong, L. M., & Sadrigiani, N. (2003). Beginning to communicate after cochlear implantation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46(2), 339-340. Philippart de Foy, M., Delvaux, V., Huet, K., Mommé, M., Piccaluga, M., & Harmegnies, B. (2019). Un protocole de recueil de productions orales chez l'enfant préscolaire: une étude préliminaire auprès d'enfants bilingues. *XXIIII Journées d'Études sur la Parole*, 639-647. Grandon, B. (2016). Développement typique et atypique de la production de parole: caractéristiques segmentales et intelligibilité de la parole d'enfants porteurs d'un implant cochléaire et d'enfants normo-entendants de 5 à 11 ans (Doctoral dissertation, Université Grenoble Alpes). Le Normand, M. T. (2004). Évaluation du lexique de production chez des enfants sourds porteurs d'un implant cochléaire sur un suivi de trois ans. *Rééducation orthophonique*, 217, 125-140. Hage, C. (2005). De la communication au langage. Développement du langage oral chez l'enfant atteint de déficience auditive profonde. C. Trovati, J. Leybaert, & J.-C. Gombert (Eds.), *L'acquisition du langage par l'enfant sourd: les signes, Foy et Peled*, 121-145. Hanson, C., Ibersson, T., Aker-Amanson, L., & Sahlin, B. (2017). Phonological processing, grammar and sentence comprehension in older and younger generations of Swedish children with cochlear implants. *Autism & Developmental Language Impairments*, 2, 236941317692869. LaSasso, C. J., Crain, K. L., & Leybaert, J. (2010). *Cued Speech and Cued Language Development for Deaf and Hard of Hearing Children*. Plural Publishing, Le Normand, M. T., & Lacheret, A. (2010). Prosodie chez des enfants implantés cochléaires. *Manique, M., Cervera-Paz, F. J., Huarte, A., & Molina, M.* (2004). Advantages of cochlear implantation in prelingual deaf children before 2 years of age when compared with later implantation. *The Laryngoscope*, 114(18), 1462-1469. Most, T., & Peled, M. (2007). Perception of suprasegmental features of speech by children with cochlear implants and children with hearing aids. *Journal of deaf studies and deaf education*, 12(3), 350-361. Neumeyer, V., Harrington, J., & Draxler, C. (2010). An acoustic analysis of the vowel space in young and old cochlear-implant speakers. *Clinical linguistics & phonetics*, 24(9), 734-743. Swirsky, M. A., Robbins, A. M., Kirk, K. L., Nicasri, M., Filipo, R., Russoello, G., Viccari, M., Dincer, H., Gueron, L., & Mancini, P. (2014). Inferences and metaphor comprehension in unilaterally implanted children with adequate formal language performance. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 78(5), 821-827. Pisoni, D. B., & Miyamoto, R. T. (2000). Language development in profoundly deaf children with cochlear implants. *Psychological science*, 11(2), 153-158. Sarant, J., Harris, D., Bennet, L., & Bant, S. (2014). Bilateral