

PROSODIE CHEZ DES ENFANTS IMPLANTES COCHLEAIRES

MARIE-THERESE LE NORMAND^{1,2} & ANNE LACHERET³

¹Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

²Laboratoire de Psychologie et Neuropsychologie Cognitive, Université Paris Descartes

³Modyco, Université Paris Ouest, Nanterre

marie-therese.lenormand@inserm.fr

anne@lacheret.com

Résumé

Une analyse prosodique expérimentale a été ici réalisée sur 18 enfants implantés cochléaires issus d'une large base de données de 50 enfants suivis à 9 ans post implant en vue d'établir des profils d'organisation rythmique et mélodique au niveau métrique, phonologique et morphosyntaxique. L'analyse a révélé que les enfants implantés après l'âge de deux ans et demi accèdent plus difficilement à l'organisation rythmique de la parole que les enfants implantés avant cet âge. Cette étude suggère qu'une interaction complexe entre les dynamiques de maturation et de la plasticité corticale pourrait moduler les étapes de traitement de la prosodie chez l'enfant implanté et montre qu'une application d'un système d'annotation prosodique pourrait donner des indications précieuses pour le bilan orthophonique et la prise en charge des enfants implantés cochléaires

Mots clés : prosodie, implantation cochléaire pédiatrique, évaluation, remédiation, plasticité développementale, acquisition du langage

Abstract

This study presents an experimental prosodic analysis on 18 children with cochlear implant from a large database of 50 children followed at 9 years after implantation in order to build profiles of rhythmic and melodic organization at the metric, phonological and morphosyntactic level. This analysis revealed that the children implanted after age two and a half years perform the rhythmic organization of speech worse than the children implanted before. This study suggests that a complex interaction between the dynamics of maturation and the cortical plasticity could modulate the prosodic processing of speech and language acquisition in children with cochlear implant and that an application of such prosodic system could provide useful indications for speech and language assessment and remediation in children with cochlear implant.

Key words: prosody, cochlear implant, assessment, remediation, developmental plasticity, language acquisition

Introduction

Les troubles de la voix, provoqués par des dysfonctionnements neurosensoriels comme la surdité profonde¹, représentent un facteur de handicap social qu'on ne peut sous-estimer. L'implant cochléaire constitue un outil de réhabilitation de l'audition. Il permet la restauration de la communication orale (surdités post-linguales) ou son développement (surdités pré-linguales). En donnant à l'enfant sourd accès à la stimulation auditive, on lui permet d'entendre les sons de parole lors de périodes du développement qui sont cruciales pour

¹ Surdité profonde (SP) où la perte auditive moyenne (PAM) est > à 90db pouvant aller jusqu'à la cophose où la PAM est □ à 120db. La parole articulée n'est pas perçue. La réhabilitation par voie prothétique reste médiocre. La pose d'un implant cochléaire et une prise en charge orthophonique précoce sont vivement recommandée.

l'acquisition de son langage.

Une première question concerne les effets de l'implant cochléaire (IC) sur la segmentation de la parole en mots et le traitement de leurs frontières : dans quelle mesure, l'implant cochléaire peut permettre aux enfants sourds d'accéder aux représentations prosodiques, phonologiques, morphologiques et lexicales qui lui permettront de segmenter correctement un continuum sonore en syllabes et en mots ? Le développement des représentations prosodiques à partir des informations phonétiques et phonologiques extraites de l'implant cochléaire et de la lecture labiale sont encore mal connues. Le processus d'acquisition de la parole et du langage chez l'enfant implanté sera celui de la maturation auditive corticale et des mécanismes de plasticité auditivo-verbale qui va permettre une nouvelle organisation des composantes de la parole et du langage (prosodie, phonologie, lexique, syntaxe). Le degré avec lequel l'organisation du cerveau pour la parole est spécifiée précocement au cours du développement et la plasticité du cortex cérébral pour toutes les modalités sensorielles dépend des nombreux événements de la maturation corticale mais aussi des bonnes conditions de l'input langagier. Les circuits neuronaux sont en permanence remodelés par l'expérience, ce qui se traduit par une adaptation aux nouveaux apprentissages, ou encore par une amélioration de ces derniers sous l'effet de l'entraînement. L'implantation précoce chez les enfants sourds congénitaux ou prélinguaux peut donc amener à une récupération du langage. D'où l'importance des études longitudinales de la parole et du langage centrée sur une approche prosodique linguistique qui vise à examiner les différents systèmes de traitement de la parole et du langage en composantes et sous composantes de la perception à la production. Cependant, les bases neuronales sous-jacentes à cette réussite n'ont pas encore été exploitées et les conditions d'observation analysant des trajectoires individuelles de l'acquisition du langage dans toutes ses composantes au cours du temps restent à réaliser de manière systématique. La fonction langage apparaît comme l'un des systèmes les plus complexes de l'organisation et de la maturation cérébrale dont les subdivisions en cascade et la multidistribution corticale et sous-corticale rendent difficile l'accès à des modèles explicatifs dans toutes ses composantes de la perception à la production.

Une deuxième question est celle de savoir si certaines composantes ou sous-composantes de la perception à la production du langage ne peuvent apparaître et se mettre en place que durant une période temporelle limitée au cours de l'évolution et si certaines expériences auditivo-verbales n'ont d'effet qu'à certains âges critiques du développement sachant qu'à la naissance, le cortex auditif possède déjà une organisation qui permet aux nouveau-nés d'entendre les sons de la parole continue et de reconnaître les constituants de la prosodie de sa langue maternelle (Dehaene et al, 2002, Mampe et al 2009, *infra*, 2.3).

Pour tenter de répondre à ces questions, il est nécessaire d'établir des profils de parole et du langage correspondant à la trajectoire développementale de chaque enfant. Il convient de faire des micro-analyses en prenant en compte les niveaux d'organisation prosodiques à chaque étape du traitement de la parole et du langage de l'enfant. Les perturbations prosodiques, bien qu'elles affectent souvent la production vocale des enfants implantés cochléaires, sont encore très peu étudiées (Samuelsson et coll, 2003). Or, il apparaît que l'analyse de la prosodie (intonation et rythme accentuel) et de leurs corrélats acoustiques tels qu'ils sont perçus, essentiellement les variations mélodiques et temporelles, peuvent donner des indications précieuses pour le bilan orthophonique et la prise en charge des enfants implantés cochléaires. L'approche expérimentale prosodique et linguistique peut formaliser un recueil de données de voix d'enfants implantés cochléaires suivis longitudinalement à l'aide d'un protocole mis au point pour cette base de données. C'est dans cette perspective que nous avons mené un

programme de recherche intitulé « *la prosodie dans le suivi du développement de la parole et du langage chez les enfants sourds profonds implantés cochléaires* ». Ce programme s'inscrit dans le cadre d'une vaste étude sur le suivi longitudinal sur 10 ans des enfants sourds pré-linguaux implantés dont le promoteur est le Centre Technique National des Etudes et de Recherche sur les Handicaps et les Inadaptations (Sanchez et al, 2006, 2010). Il a également été initié dans le contexte actuel d'une profonde mutation de l'éducation des enfants atteints de surdité sévère ou profonde pré-linguale. Les progrès réalisés en matière de précocité et de fiabilité du dépistage et de l'appareillage prothétique, au cours des années 70, ainsi que l'introduction de moyens manuels complémentaires aux méthodes de développement de la voix et de la parole, au cours des années 80, (français signé, LPC) ont renforcé l'efficacité des méthodes d'oralisation. Dans ce contexte, cette étude doit permettre d'établir les bases d'une évaluation de l'enfant implanté cochléaire utile pour une prise en charge orthophonique plus adaptée aux particularités vocales de ces populations. L'intervention thérapeutique, en charge de la rééducation de la voix, pourra être plus efficace car elle aura les moyens diagnostiques pour se concentrer sur les paramètres de la voix les plus altérés chez les enfants implantés cochléaires.

1° Surdité et oralité

1.0. Situation idéologique et sociom dicale

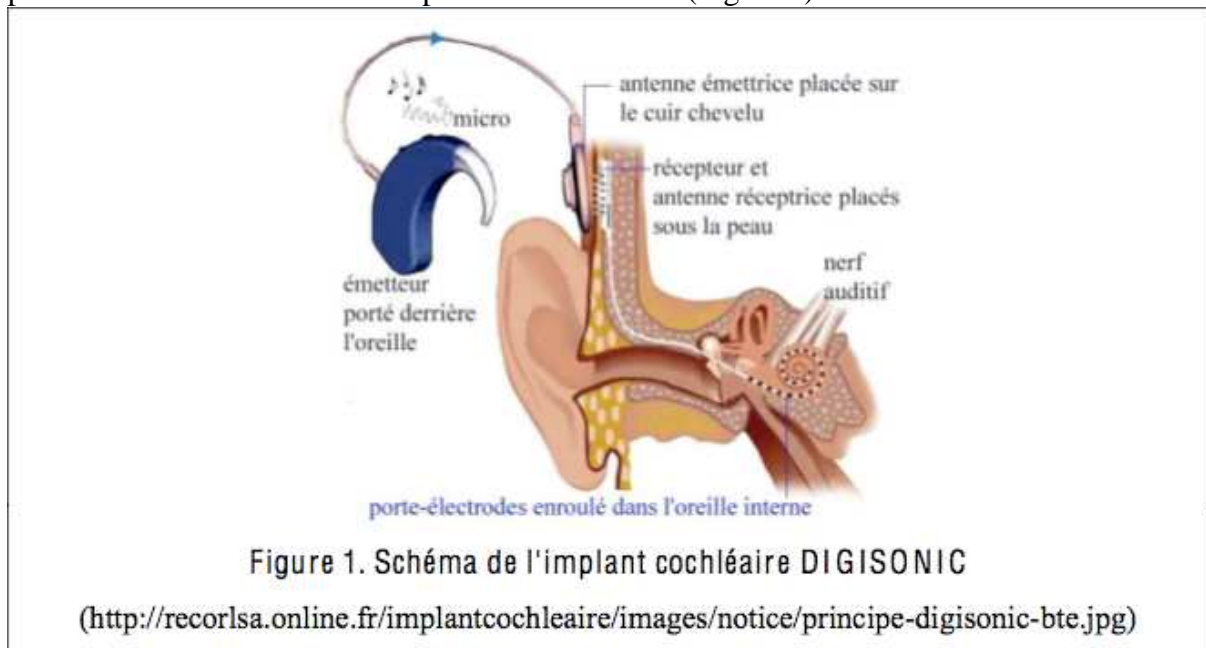
Un texte officiel du Conseil de l'Europe rapport  par la Haute Autorité de Santé en décembre 2009 a fait un état des lieux des indications des implants cochléaires chez les enfants sourds en 2001 dans dix  tats membres. Fondé sur des avis d'experts et sur un rapport établi par l'Union européenne des sourds et non sur une analyse scientifique de la littérature, la synthèse des pratiques déclarées comprend les éléments suivants :

- (i) « L'âge d'implantation considéré comme le plus approprié dans la vie de l'enfant sourd est compris entre 2 et 5 ans.
- (ii) Le but de l'implant est de permettre à l'enfant de participer plus facilement à la communication orale et à l'accès au monde entendant.
- (iii) L' ducation à l'audition et à la parole est considérée comme une condition préalable recommandée ou implicitement supposée. Deux pays (France et Finlande) constatent l'importance de la langue des signes pour les enfants sourds, même lorsqu'ils portent des implants cochléaires dans le but de donner aux enfants l'occasion de devenir bilingues.
- (iv) Les indications concernent la surdité totale ou profonde, bilatérale, d'origine cochléaire, non corrigée par les prothèses auditives classiques, nécessitant une motivation forte et de la tolérance, du réalisme dans les résultats attendus ainsi qu'un milieu éducatif et social dans lequel l'enfant peut s'intégrer au monde entendant.
- (v) Les critères d'exclusion à l'implantation sont les raisons anatomiques, le retard mental ou un niveau intellectuel faible, les problèmes affectifs ou sociaux, les difficultés d'apprentissage de la parole, les problèmes comportementaux, une mauvaise motivation ou la prévision de problèmes concernant la participation des parents lors de la r ducation, une autre incapacité ou handicap susceptible d'entraver la r ducation et l'intégration »

1.1. Présentation technique de l'implant

L'implant cochléaire reste une avancée majeure dans le traitement des surdités profondes. Les implants cochléaires sont des prothèses électriques qui ont pour rôle de pallier une d ficiency bilatérale de l'oreille interne, qu'elle soit profonde ou sévère, acquise ou congénitale. Contrairement aux prothèses auditives acoustiques, qui agissent par l'intermédiaire de l'organe de Corti, les implants cochléaires stimulent directement les neurones auditifs. Ce dispositif comprend deux parties principales, l'unité électronique implantée dans le rocher et

le processeur vocal externe. Le processeur est maintenant couramment un appareil miniaturisé porté discrètement en arrière du pavillon de l'oreille. (Figure 1)



1.2. Prosodie chez les enfants implantés cochléaires

Chez les enfants sourds implantés, le processus de segmentation de la parole se développe très lentement dans la mesure où l'information acoustique qui lui parvient via l'implant est partielle (Most et Peled, 2007). Les enfants sourds implantés peuvent de fait se servir de leurs connaissances segmentales et suprasegmentales construites à partir de leurs premières représentations phonologiques incomplètes pour segmenter les mots dans la parole continue. Les résultats imputables à l'implant doivent cependant être nuancés dans la mesure où l'implant délivre des informations auditives électriques. Autrement dit, l'audition d'un enfant implanté reste « artificielle ». On retrouve, par exemple, une différence entre la qualité fréquentielle et temporelle du son restitué par l'implant et celui de l'audition naturelle, information cruciale pour identifier les paramètres prosodiques (Green et coll, 2004, Rouger et coll, 2007). Du point de vue de la perception de la parole, l'implant ne retransmet pas au système auditif de nombreux indices phonologiques. Giraud et coll, 2001, Giraud, 2007 ont montré en effet que les informations issues de l'implant ne permettent pas de décoder de façon précise le lieu d'articulation par exemple : /p/ vs /b/ vs /m/ dans pain/bain/main. La littérature pédiatrique montre cependant que même si le signal délivré par l'implant reste limité sur le plan fréquentiel, il fournirait cependant chez l'enfant de meilleurs indices acoustiques pour traiter les informations prosodiques que phonématiques (Lenden et Flipsen, 2007, Peng et coll, 2008). L'implant permettrait donc d'accéder plus facilement aux processus suprasegmentaux que segmentaux de la langue. Des études de plus en plus nombreuses montrent en effet que dans des épreuves de répétition de non-mots, les enfants implantés perçoivent la forme prosodique du non-mot - ils sont capables d'imiter les accents et le nombre de syllabes - alors qu'ils ont un accès plus difficile aux aspects segmentaux de la langue, l'acquisition des consonnes et des voyelles restant problématique (Bouchard et coll, 2004, 2007; Carter et coll, 2002).

2° Population étudiée

2.1. Notre échantillon d'enfants comprend les 50 premiers enfants qui ont été implantés dans 4 CHU, après l'élaboration du protocole méthodologique et accord du Conseil Consultatif pour la Recherche Médicale et de la CNIL en 1997. Les enfants sont entrés dans le suivi au

cours des années 1998-1999, au fur et à mesure des implantations, à condition de remplir les critères suivants :

- surdité profonde acquise avant 2 ans;
- implantation au plus tard à 7 ans ;
- pas de troubles associés.

Le groupe des participants constituant la base de données du CTNERHI inclut 24 filles et 26 garçons. L'âge moyen auquel la surdité a été diagnostiquée est de 10.9 mois (variant de 2 semaines à 28 mois). L'âge moyen lors de l'implantation est de 45.5 mois (variant de 24 mois à 78 mois). L'âge chronologique au premier point d'observation varie entre 30 et 85 mois (en années). Le milieu socio-culturel de la famille déterminé par la profession des parents représente 31 enfants de milieu favorisé et 19 enfants de milieu défavorisé, soit respectivement 62 et 38%). Le degré de surdité oscille entre un déficit auditif profond de niveau I (90-100 db HL) et de niveau III (> 110 db HL). Les étiologies sont diverses et la surdité peut être congénitale ou acquise. La plupart des marques d'implants sont des Nucleus CI24 ou Clarion, avec processeur de type Speak ou CIS². Pour la majorité des enfants, 20 électrodes sont opérationnelles. Bien qu'ils proviennent dans la majorité des cas d'une famille monolingue française, avant l'implantation, 30 enfants (soit 60%) avaient débuté l'acquisition du langage avec le code LPC et 20 enfants (soit 40%) avaient utilisé exclusivement le code signé. Tous les enfants ont bénéficié d'interventions spécialisées et, notamment, de séances d'orthophonie.

2. Analyse linguistique prosodique

L'écoute de la voix humaine repose sur un principe d'équilibre entre 3 filtres : linguistique, culturel et esthétique (musical et émotionnel) dont il convient d'analyser la portée respective dans différentes modalités et situations de communication.

2.1. La prosodie de la voix, entre parole et musique ?

On peut définir simplement la prosodie comme la dimension musicale de la voix humaine qu'il s'agisse de voix parlée ou de voix chantée, l'une et l'autre convoquant des problématiques scientifiques communes en termes de production et de physiologie d'une part, de réception d'autre part. Cette proximité ne doit cependant pas masquer le caractère fondamentalement différent des deux mediums en tous cas dans nos cultures occidentales : avant tout esthétique dans le chant, informationnel dans la parole. En conséquence, cette première définition si elle n'est pas fautive, ne doit pas entraîner une vision naïve qui consisterait à réduire la prosodie de la voix parlée à une simple musique vocale non verbale qui se superposerait aux formes linguistiques du message. En d'autres termes, dans la parole, la prosodie est une composante majeure pour la construction du sens en contexte et incontournable pour une communication réussie. Elle possède la particularité d'intervenir à tous les niveaux de la composante linguistique : pragmatique, sémantique (lexicale et grammaticale), et syntaxique (Lacheret et Beaugendre 1999, Lacheret et Morel à paraître).

- (1) Au niveau pragmatique : la prosodie permet d'exprimer des émotions et des attitudes (*Charlotte a eu une poupée pour Noël, c'est merveilleux ! vs Charlotte n'a pas eu de poupée pour Noël, quelle déception !*), de traiter correctement

² La stratégie Speak (Nucleus par exemple) : c'est une analyse en fréquence du signal par 20 filtres analogiques. Le système extrait les 6 fréquences de plus grande énergie, et transmet ces 6 fréquences par pulses de façon séquentielle (ondes carrées). La stratégie CIS (Continuous Interleaved Sampler) (Clarion ou Med-EL par exemple) réalise une extraction par analyse en fréquence par huit filtres, dont le signal est transmis par pulses de façon séquentielle aux différentes électrodes

l'information (nouvelle vs ancienne : *c'est une poupée que j'ai acheté à Charlotte vs c'est à Charlotte que j'ai acheté une poupée*³).

- (2) En sémantique lexicale, elle est utilisée pour accentuer les unités peu fréquentes dans le discours mais également les unités associées au champ lexical du vocabulaire de la subjectivité et de l'affect (*c'est joli !*), les quantifieurs temporels, spatiaux ou aspectuels (*hier, gros, aussitôt*). Du point de vue de la sémantique grammaticale, une prosodie correcte est nécessaire pour assurer la cohésion textuelle (structuration en différentes séquences discursives et marquage des enchaînements thématiques).
- (3) Enfin, la prosodie est partiellement contrainte par l'organisation syntaxique, en particulier la hiérarchie des constituants (cf. *infra*).

Ces différentes composantes fonctionnelles vont donc interagir pour l'organisation prosodique d'un message et plus précisément sa structuration intonative (phrasé mélodique) et rythmique (patrons accentuels). L'analyse prosodique de la parole a donc pour objet de mettre en évidence les processus de construction mélodique et temporelle, i.e. la segmentation du continuum sonore en blocs de mots, séparés le cas échéant par des pauses.

2.2. Les théories sur la prosodie

La mise en place des théories prosodiques repose sur deux niveaux de traitement, le premier, phonétique, concerne la prise en compte des paramètres concrets du signal de parole, le second, phonologique, tente de modéliser les représentations abstraites qui les sous-tendent (Cutler et Ladd 1983).

- **La description phonétique** peut être abordée sous l'angle de la production ou de la perception. 3 paramètres majeurs sont manipulés et analysés.

- La **fréquence** fondamentale, associée à la vibration des cordes vocales, désigne l'estimation du son laryngien à partir du signal acoustique à un instant donné. Sur le plan perceptif, on parle de variation de la ligne mélodique.

- la **durée** correspond à la mesure d'un intervalle de temps nécessaire pour émettre le signal de parole. Elle comprend la durée de la parole articulée et la durée des pauses. Les variations de durée syllabique (parole articulée) contribuent à la structuration métrique du message.

- **l'intensité**, ou *sonie*, est relative à l'énergie contenue dans le signal de parole.

Sur le plan formel, la conjugaison des variations mélodiques et temporelles peut être décrite en termes de contours prosodiques et, de fait, les théories intonatives, pour la plupart, se basent sur des lexiques de contours pour caractériser et décrire les structures prosodiques produites et perçues (pour un recensement des approches, voir Lacheret et Beaugendre 1999). Peu ou prou, elles reposent toutes sur les distinctions suivantes : contour montant ou descendant, contour majeur terminal, majeur et mineur.

³ Où l'information nouvelle est doublement marquée : la construction syntaxique particulière est accompagnée d'un accent sur la syllabe initiale du focus, i.e. l'information nouvelle.

Ce qui donne lieu à 6 configurations de base :

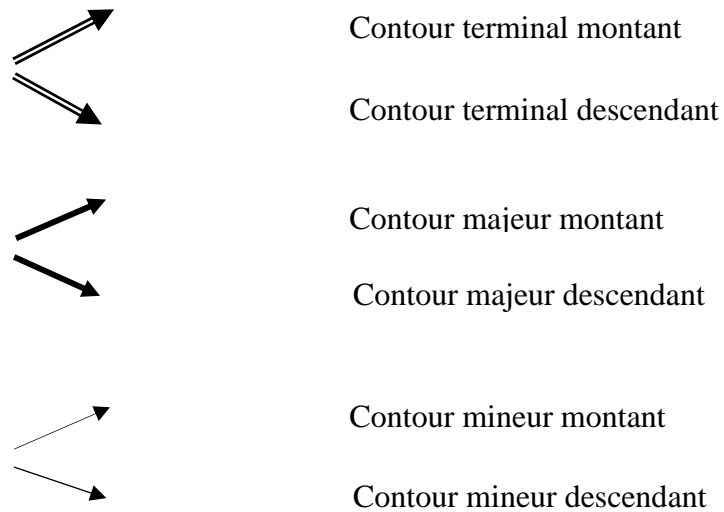


Figure 2 : Les contours intonatifs de base

Avec les corrélats acoustiques suivants (les corrélats fonctionnels relevant du niveau de la représentation phonologique, cf *infra*, figure 4) :

- Montant vs descendant : excursion fréquentielle du contour (vers le haut ou vers le bas) par rapport à la F0 moyenne de l'énoncé.
- Terminal vs majeur et mineur : calculé en fonction de la force des variations de fréquence mélodique et temporelle. Ainsi, un contour montant dans le niveau infra-aigu et accompagné d'une augmentation de la durée vocalique de 50% est étiqueté majeur, le contour mineur quant à lui est accompagné d'une variation temporelle équivalente mais l'amplitude de la variation mélodique est moindre. (Figure 3)⁴.
-

⁴ Pour une présentation détaillée, voir Lacheret et Beaugendre (1999).

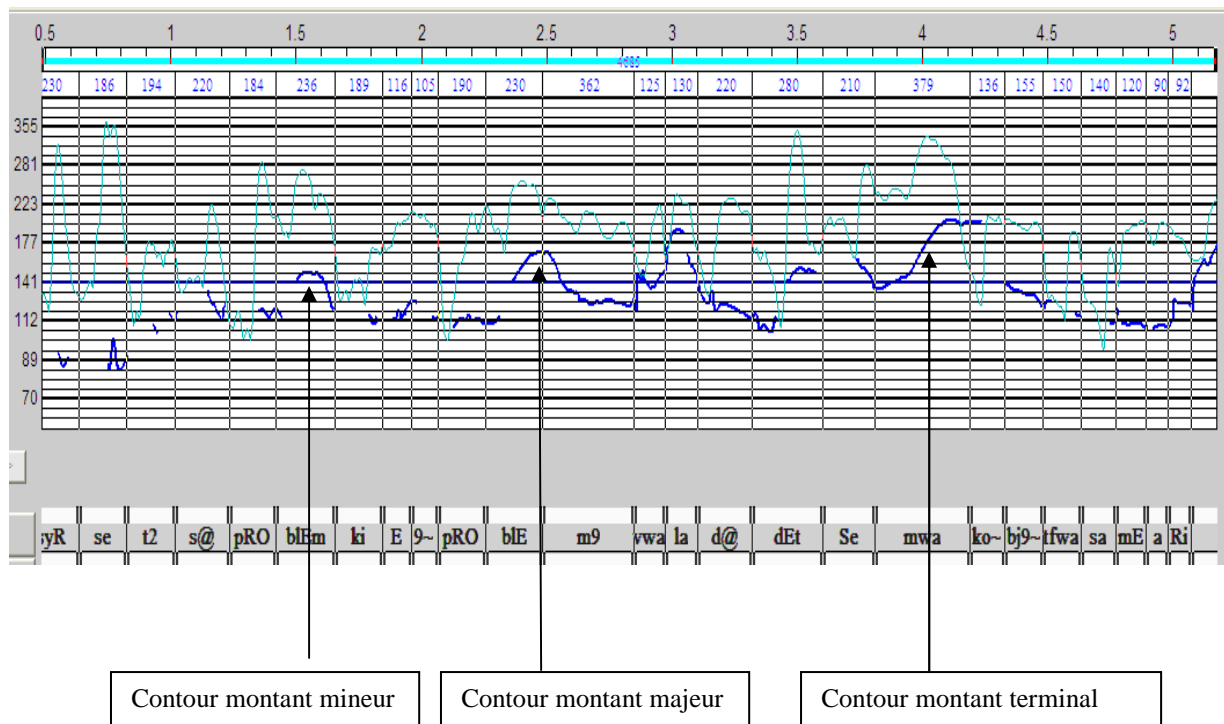


Figure 3 : représentation des différents contours montants, logiciel ANALOR, Avanzi et coll, 2008, 2010).

L'analyse de l'évolution de ces paramètres et de leur interaction dans le signal de parole est évidemment cruciale pour épinglez des occurrences dysprosodiques (cf. *infra*, 3.1).

- Dans **les théories phonologiques**, la question majeure concerne les relations entre les structures de performance et la compétence des sujets parlants⁵. Autrement dit, il s'agit d'étudier la façon dont les constructions prosodiques d'un sujet ou d'une classe de sujets donnés rendent compte des règles qu'ils ont apprises et intériorisées pour la production des structures. Dans ce domaine, les travaux, essentiellement conduits dans le cadre de la phonologie de laboratoire⁶, sont variés, nous nous concentrerons donc sur la représentation proposée par la phonologie prosodique standard, qui servira ensuite de cadre de référence à l'analyse de nos données. Il s'agit là d'une représentation qui repose en entrée sur la prise en compte des contraintes syntaxiques de base pour la génération de la structure prosodique et des différents constituants qui la composent.

- **La phonologie prosodique**

La phonologie prosodique constitue un cadre dans lequel la représentation phonologique d'un énoncé prend la forme d'une structure arborescente organisée autour de 6 niveaux hiérarchisés de constituants prosodiques, de l'énoncé phonologique à la syllabe (Selkirk 1984, Nespor et Vogel 1986). Ainsi la séquence *alors il y a un petit garçon et un chien puis une grenouille* pourrait être représentée de la façon suivante :

⁵ Selon Chomsky, la compétence d'un locuteur-auditeur idéal, *i.e.* qui maîtrise parfaitement sa langue est la capacité de produire ou de comprendre n'importe quel type d'énoncé dans cette langue, y compris des énoncés qu'il n'a jamais produits ou entendus auparavant.

⁶ Sur des stimuli construits et contrôlés.

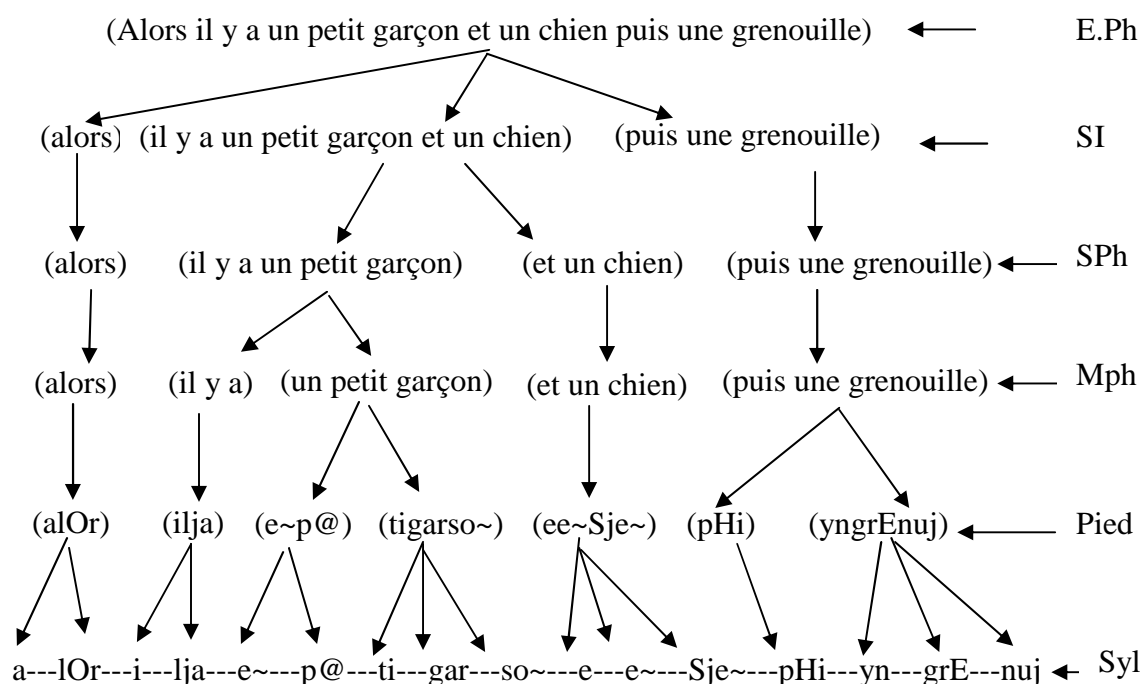


Figure 4 : Sortie prosodique bien formée de l'énoncé « *alors il y a un petit garçon et un chien puis une grenouille* »

Où

- EPh : l'énoncé phonologique, *i.e.* la production entière, est marqué par un contour terminal associé à une modalité illocutoire, en l'occurrence le marquage d'un énoncé assertif.
- SI : les syntagmes intonatifs ; chaque syntagme est démarqué à sa droite par une frontière prosodique actualisée par un contour mélodique majeur, le cas échéant accompagné d'une pause.
- SPh. : les syntagmes phonologiques correspondent à des groupes accentuels : un accent est réalisé sur la dernière syllabe du groupe. Pour les SPh internes de SI (ici *il y a*), la prééminence accentuelle terminale et donc la frontière intonative qui l'actualise sont moindres qu'à la fin d'un SI, le contour qui l'actualise est donc mineur. Aucune pause n'est possible à la fin d'un SPh.
- MPh : le niveau morphologique constitué d'une tête lexicale⁷ (Adjectif, Verbe, Adverbe ou Nom) et de tous les éléments qui en dépendent à sa gauche, correspond à l'unité accentuable telle qu'elle est stockée dans la représentation mentale des sujets⁸. Trois remarques ici :
 - o le mot phonologique ne fait pas partie de la structure de performance mais de la compétence des sujets parlants.

⁷ Par opposition aux mots outils sémantiquement vides.

⁸ Une unité accentuable ne correspond pas nécessairement à une unité accentuée dans le signal de parole (SPh). En effet, étant donné les contraintes sémantico-pragmatiques et rythmiques sur les réalisations prosodiques effectives, les processus de désaccentuation sont fréquents (cf. *infra, La phonologie prosodique revisitée : focus sur la dimension rythmique du message*).

- *avoir* peut être considéré comme une copule ou comme un mot plein selon son statut ± auxiliaire. Dans notre exemple, il s'agit d'un mot plein.
- l'adjectif épithète antéposé est rattaché à sa tête nominale, il forme un mot phonologique autonome lorsqu'il est postposé (*un gentil chat* vs *un chat gentil*).
- Pied : tout groupe syllabique terminé par une syllabe proéminente constitue un pied, que celle-ci soit finale de mot ou non finale (voir la proéminence initiale sur *petit*).
- Syllabe : découpage syllabique, noté ici en SAMPA.

A noter pour conclure cette présentation qu'un constituant de niveau supérieur dans la hiérarchie prosodique ne se décompose pas nécessairement en unités plus petites par la suite. Ainsi, l'assertion *je sais* correspond à un seul SI, un seul SPH, un seul MPh et un seul pied.

- **La phonologie prosodique revisitée : focus sur la dimension rythmique du message**

Le rythme ou mouvement périodique et cadencé est une configuration des mouvements ordonnés dans la durée (Benvéniste 1966) et se définit par la régularité du retour. En d'autres termes, l'activité rythmique est fondamentalement une activité **temporelle**, structurante : la structure se trouve toujours liée à une périodicité et la périodicité est toujours organisation des structures (Fraisie 1974). Deux caractéristiques fondamentales du rythme sont ainsi mises au jour : la périodicité et la forme. Il s'agit toujours de la mise en place de structures temporelles minimales et récurrentes, qui semble correspondre à une tendance naturelle chez l'homme à produire des structures rythmiques simples composées d'un nombre limité d'éléments (Fraisie 1974). Cette dimension essentielle du rythme, présente dans tout matériel vocal, aussi bien parlé que chanté a donné lieu à une seconde génération de théories prosodiques qui se sont donné comme tâche de formaliser les contraintes métriques conditionnant la structure prosodique des messages. On y distingue deux niveaux de contraintes, le premier universel, opérant dans toutes les langues du monde, le second spécifique aux types de langues⁹ (pour une revue, voir Lacheret et Beaugendre 1999, partie 2, chapitre 3). Rappelons 3 contraintes majeures :

- Selon la contrainte de *clash accentuel*, deux syllabes contiguës ne peuvent porter une proéminence accentuelle, d'autant que celle-ci répond à la même fonction linguistique, d'où des processus de désaccentuation fréquents (ex. le chat noir → le chat noir).

- La contrainte d'*équilibre rythmique* opère à deux niveaux : syllabique (phonologique) et temporel (phonétique). En premier lieu donc, les constituants prosodiques quelle que soient leur nature (syntagme intonatif ou phonologique) doivent non seulement être ni trop courts, ni trop longs¹⁰ mais également contenir un nombre de syllabes équivalent d'où là encore des processus possibles de désaccentuation, voire de déplacement d'accent ou, à l'inverse, de suraccentuation en position non finale de mot (ex. (*les enfants*) (*jouent*) → *les enfants jouent*) vs. (*d'adorables enfants châtaîns*) → (*d'adorables*) (*enfants châtaîns*)). Au niveau phonétique, le principe pilote, c'est l'élasticité temporelle des syllabes à l'intérieur d'un constituant prosodique. Etant donné la caractéristique rythmique du français, considéré comme une langue syllabique, appelée syllable-timed (par opposition aux langues à accents, dites stress-timed, voir Lacheret & Beaugendre, chap 2), les syllabes internes de constituants

⁹ Voir les notions de *principes et paramètres* dans la grammaire générative. Ainsi, la contrainte de *clash accentuel* décrite ci-après relèverait d'un principe universel, les structures métriques qui l'actualisent dans les langues (iambique vs trochaïques) sont de nature paramétrique.

¹⁰ La littérature s'accorde pour fixer un empan moyen de 7 syllabes pour la formation d'un constituant prosodique (Lacheret et Beaugendre 1999).

doivent avoir une durée équivalente, appelée durée moyenne ou durée de référence par rapport à laquelle l'allongement de la syllabe terminale d'un constituant est calculée. Ce **principe d'équilibre** enfin gouverne aussi la longueur des pauses qui ne doivent pas dépasser un certain seuil (300 millisecondes en moyenne).

- La contrainte de *progression* intervient comme une variante possible du principe *d'équilibre rythmique*. Sur le plan phonologique, à un niveau donné de la hiérarchie prosodique, la longueur syllabique des constituants augmente progressivement (ex. (*pas d'train*) (*pas d'bus*) (*prenez un airbus*)). En conséquence, (*le chien regarde*) (*grenouille*) est doublement dysprosodique : syntaxiquement (non respect des frontières syntaxiques) et rythmiquement (ni la contrainte d'équilibre ni celle de progression ne sont appliquées). Sous l'angle phonétique, la durée des syllabes internes à un constituant augmente **progressivement** jusqu'à la durée de la syllabe terminale, la plus longue (ainsi *dans le petit garçon*, une durée supérieure de *gar-* à celle de *-son* dans *garçon* est incongrue prosodiquement ; mais aussi dans *regarder grenouille*, un allongement excessif de la syllabe terminale *-nouille* sera perçu comme incongru).

2.3. Prosodie et acquisition du langage

Les premiers mois de la vie sont fondamentaux pour rentrer dans la communication langagière par le biais de la prosodie alors que le matériel verbal (lexical et syntaxique) n'est pas en place, la littérature est unanime sur ce point (Le Normand, 2007). Pendant cette période, dans l'interaction et l'échange¹¹, l'enfant fait l'apprentissage du système prosodique de sa langue maternelle, en tant que sujet communicant qui perçoit mais également, très vite, qui produit. Ainsi, dès la naissance, le bébé manifeste une réaction préférentielle pour sa langue maternelle et, à l'intérieur de celle-ci, pour la voix de sa mère (sensibilité aux indices prosodiques et rythmiques de son environnement prénatal). Vers 4 mois, la mère et le bébé participent de plus en plus à des jeux ritualisés fondés sur des patrons mélodiques de répétition et de variation. La vocalisation précoce a de fait des fonctions bien précises. En particulier, dès 4 mois, l'enfant est capable de produire différents babillages : un babillage canonique, fondé sur la réduplication et l'allongement syllabique */tata/* va s'installer progressivement et cela conformément au système syllabique et aux contraintes rythmiques propres à sa langue maternelle. A 8-9 mois, l'enfant manifeste une préférence perceptive pour des formes de mots qui respectent le système accentuel de sa langue. Ainsi, l'enfant français préférera un rythme iambique (court-long) à un rythme trochaïque (long-court) qui aura à l'inverse la préférence de l'enfant anglais (Morgan 1996). A 8-9 mois, l'enfant utilise les paramètres prosodiques comme indices perceptifs de démarcation de syntagmes (ex. *il va au bal # ce soir vs il est sur le balconnet*) alors qu'il n'a accès encore ni au lexique ni aux règles de combinaison syntaxique. Simultanément, une troisième forme de babillage s'installe marquée par l'utilisation de contours mélodiques de plus en plus influencés par sa langue maternelle et l'exploration systématique des différentes combinaisons syllabiques de sa langue¹². Entre 9 et 12 mois, l'enfant contrôle ses modulations mélodiques à des fins linguistiques, le babillage s'enrichit encore en séquences longues et intonées, adaptées à la situation communicationnelle ; il sait faire la différence entre les différentes propriétés rythmiques des langues (stress-timed vs syllable-timed). Pendant la période 12-16 mois enfin,

¹¹ Bon nombre de chercheurs insistent sur l'importance du parler-bébé (*motherese*) où les indices de clôture (allongement, chute de F0, variations d'intensité) sont particulièrement soulignés pour démarquer les unités, les bébés étant particulièrement sensibles à ces indices et tout particulièrement à l'allongement final. Les expériences sur le phrasé musical de la parole notamment mettent en lumière qu'ils perçoivent très bien, dès 4 mois, la cohérence acoustique de ces unités (Gratier 2010).

¹² Certains auteurs soulignent une instabilité résiduelle des contours mélodiques dans la parole de l'enfant entre 9 et 18 mois (pour une revue, voir Balog et Snow, 2007). Précisons néanmoins qu'il s'agit, pour la plupart, de travaux anglophones.

l'enfant achève de construire sa voix au même moment qu'il commence à entrer dans le lexique. Le système accentuel se stabilise (l'accent final est définitivement installé à 16 mois chez l'enfant français, réalisé d'abord par un allongement syllabique). L'intonation modale est également en place : l'enfant sait utiliser la prosodie à des fins illocutoires (questionner, déclarer, s'exclamer, ordonner, etc.) et expressives (babillages de surprise, de joie, de charme etc). De ce point de vue, l'enfant a compris que les schémas mélodiques et temporels pouvaient être utilisés à des fins distinctives.

Ce panorama rapide pour montrer comment progressivement l'enfant devient un vrai petit expert de la prosodie de sa langue maternelle, en maîtrisant toutes les combinaisons et tous les rouages, bref en sachant parfaitement ce qui est permis et ce qui ne l'est pas dans sa langue native¹³.

Pour conclure cette partie, revenons à notre analogie entre voix parlée et voix chantée afin de mieux en cerner les différences et insister encore sur le rôle charnière de cette période prélinguistique qui scelle définitivement le passage du stimulus comme simple musique vocale au stimulus linguistiquement contraint et structuré. Se pencher sur cette phase d'acquisition précoce du langage nous amène en effet à préciser ce continuum qui existe entre la parole et le chant. Ainsi Gratier (2010) souligne : « La parole se déroule dans un temps fait de scansion, de tensions et de détente, de modulations dynamiques que l'on peut apparenter au crescendo/diminuendo ou au legato/staccato en musique ». Selon l'auteur, du point de vue de la forme, la différence entre parole et chant serait une différence de degré : matériel vocal plus ou moins rythmé, schémas mélodiques plus ou moins redoublés, plus ou moins de cohérence harmonique, etc. Sous l'angle de la fonction, la différence est majeure, l'auteur le confirme en l'explicitant : la parole donne accès avant toute chose, par dénotation, à des significations précises et cristallisées. Le chant donne accès par connotation à du sens partagé, à l'émotion d'être ensemble, autrement dit, relève à part entière de l'expérience intersubjective non verbale, peut-être plus intense que celle qui relève de l'échange verbal. Mais, l'auteur précise : la parole, par sa musicalité, nous renvoie aussi vers ces espaces de sens fluides partagés dans la dynamique des échanges. Et il se passe beaucoup de choses entre ces deux modes sémiotiques, tous deux déclencheurs de représentations, « façons de faire sens ».

3. Analyse des données prosodiques

L'analyse des données prosodiques a porté ici sur 18 enfants issus de la base de données du CTNERHI (Le Normand, 2004, 2005). La population d'enfants implantés se compose de 8 garçons et de 10 filles. Ils appartiennent tous à un milieu familial favorisé. L'étiologie est d'origine génétique dans 8 cas, infectieuse dans 2 cas (1 infection à cytomégalovirus, 1 méningite), inconnue dans 8 cas. L'âge d'implant varie de 25 à 78 mois. 5 enfants ont été implantés avant 2 ans et demi.

3.1. Grille d'évaluation des perturbations prosodiques

Pour réaliser la grille d'évaluation des perturbations prosodiques chez l'enfant implanté cochléaire, nous avons tenu compte des critères de bonne formation exposés en 2.2. Autrement dit, la représentation fournie par la phonologie prosodique et ses extensions rythmiques nous ont servi de cadre de référence. L'observation a porté sur la formation des constituants prosodiques sous l'angle morphosyntaxique, rythmique et en termes de corrélats acoustiques : cibles tonales, variations temporelles, contours ponctuant les différents

¹³ On comprend donc pourquoi le non accès à cette période décisive à ses débuts a des conséquences sur les mécanismes segmentaux et suprasegmentaux de la parole chez l'enfant IC.

constituants dans la substance et enchaînement de ces contours¹⁴. Ceci nous a amenées à repérer 3 types de perturbations prosodiques déclencheurs d'effets perceptifs particuliers, que nous nommerons respectivement : *l'effet clash*, *l'effet rupture* et *l'effet balance* tous associés à des mécanismes de suraccentuation (cf *infra* tableau synoptique 1).

- Le premier (effet clash EC) est d'ordre rythmique, il concerne la formation des pieds métriques, ne tenant pas compte de la règle de clash accentuel, selon laquelle deux syllabes contiguës ne peuvent pas être accentuées simultanément. Ainsi, si toutes les syllabes de *le petit chien* sont accentuées, alors elles sont porteuses d'un effet de clash accentuel.

- Le second (effet rupture, ER) porte sur l'actualisation des mots phonologiques dans les structures de performance et plus précisément la non prise en compte de la règle morphosyntaxique de regroupement d'une tête avec ses dépendants. Ainsi, pour reprendre l'exemple : *le petit garçon regarde la grenouille*, les syllabes terminales de *petit* et *regarde* peuvent non seulement être accentuées par certains des sujets mais en outre parfois plus saillantes que les syllabes terminales de *garçon* et *grenouille* (saillance marquée par une hauteur tonale et ou une variation durée syllabique plus marquée).

- Le troisième effet (dit effet balance, EB) est un effet plus diffus qui subsume en fait deux types de contraintes, l'une d'origine morphosyntaxique (EB-Synt), l'autre de nature rythmique : (EB- Rythm).

• Pour la contrainte morphosyntaxique, on peut épingler précisément deux phénomènes
a) la règle d'accentuation démarcative sur les têtes lexicales uniquement (EB-Synt-Morph) n'est pas respectée¹⁵

(a) (*le*) (*petit garçon*)

où le déterminant outil *le* est ponctué par une frontière intonative (perception d'un accent démarcatif)

b) la règle d'appariement des groupes syntaxiques (une tête et ses dépendants à gauche) (EB-Synt-align) est mal appliquée

(b) (*le chien regarde*) (*la grenouille*).

où la frontière syntaxique attendue après le SN est décalée à droite après le verbe transitif.

• La transgression rythmique quant à elle (EB- Rythm), opère essentiellement au niveau phonétique, elle illustre le non respect du principe de progression temporelle ;

(b) (*le petit garçon*)

où *pe-* accentué donne lieu à un pied métrique dont la durée est largement supérieure à la durée standard et largement supérieure aux pieds subséquents. La configuration temporelle de cette séquence par ordre décroissant pour ces 5 syllabes devrait être :

$$S5 > S3 > S4 \approx S2 \approx S1$$

En conséquence, des schémas tels que :

$$S4 > S5 \approx S3 > S2 \approx S1$$

$$S1 > S2 > S3 > S4 > S5$$

Sont dysprosodiques.

¹⁴ Autrement dit, la perception d'un contour mal formé est d'abord relative en fonction des rapports syntagmatiques que les contours entretiennent les uns avec les autres.

¹⁵ Un mot outil n'est jamais marqué par un accent final démarcatif, i.e. générateur de frontière.

EC	ER	EB		
<u>Le pe -tit</u>	Petit## ¹⁶ garçon#	EB-Synt		EB- Rythm
		EB-Synt- Morph	EB-Synt-Align	<u>GAR-çon</u> ¹⁷ <u>reGAR-de</u>
		<u>Le#petit garçon</u>	Le chien regarde # grenouille	

Tableau 1 : synthèse des effets perceptifs associés aux perturbations prosodiques

Pour finir, on observera dans les données que pour certains contextes, les effets ne sont pas catégoriels mais continus, ou cumulatifs donnant lieu à un jugement perceptif global pour lequel l'incongruité est d'autant plus forte. En particulier EB-Rythm est souvent la conséquence de l'un ou de l'autre effet, voire de leur combinaison.

3.2. Procédure expérimentale

Les enfants ont été enregistrés en production de langage spontané dans un contexte de récit d'un livre de 29 images sans texte intitulé " Grenouille où es-tu ? " (Mercier, 1969). Plusieurs écoutes des enregistrements ont été effectuées par deux auditeurs différents formés à la formation du CHILDES ; Nous avons adopté un coefficient de fiabilité interjuge de 95% pour accepter la saisie d'un mot retranscrit sous forme d'énoncé dans un fichier. La segmentation des mots en énoncés a été définie selon les critères des conventions de transcriptions du CHILDES : tout mot ou groupe de mots compris entre deux pauses ou interruption clairement perceptible du débit de parole. Une fois les enregistrements réalisés, les cassettes vidéos ont été numérisées puis visualisées pour être transcrites intégralement sous forme de fichiers informatisés selon le format CHAT défini par Mac Whinney (2000) et sous le format POST défini par Parisse et Le Normand (2000b). On a pu ainsi obtenir des relevés exhaustifs de tous les types de mots de la langue cible sur la base de la grille de codage du CHILDES. Ce qui représente une base de données de 6739 occurrences.

La production narrative des dix-huit enfants issus de la base de données a été analysée à 9 ans post-implant par deux codeurs formés à la technique du CHILDES. La transcription prosodique intégrée aux outils du CHILDES a été effectuée avec le logiciel PRAAT (Boersma, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>) selon le codage prosodique défini plus haut (*supra*, 3.1). Ce codage repose sur les proéminences prosodiques perçues¹⁸ et leurs corrélats acoustiques. Pour ce traitement, le script Easy-align a été utilisé (Goldman 2007). Fondé sur une transcription orthographique manuelle, le script génère semi-automatiquement en sortie 4 tires, ou *couches*, d'annotations : (i) segmentation en phonèmes, (ii) alignement syllabique, (iii) segmentation en mots graphémiques, (iv) transcription en une chaîne phonologique (Figure 5).

¹⁶ Où '##' indique une frontière prosodique interne au syntagme plus forte qu'en finale de syntagme ('#').

¹⁷ Où les capitales indiquent le degré de proéminence le plus fort.

¹⁸ Pour la notion de « proéminence prosodique » et son champ d'action, voir Avanzi et al 2010.

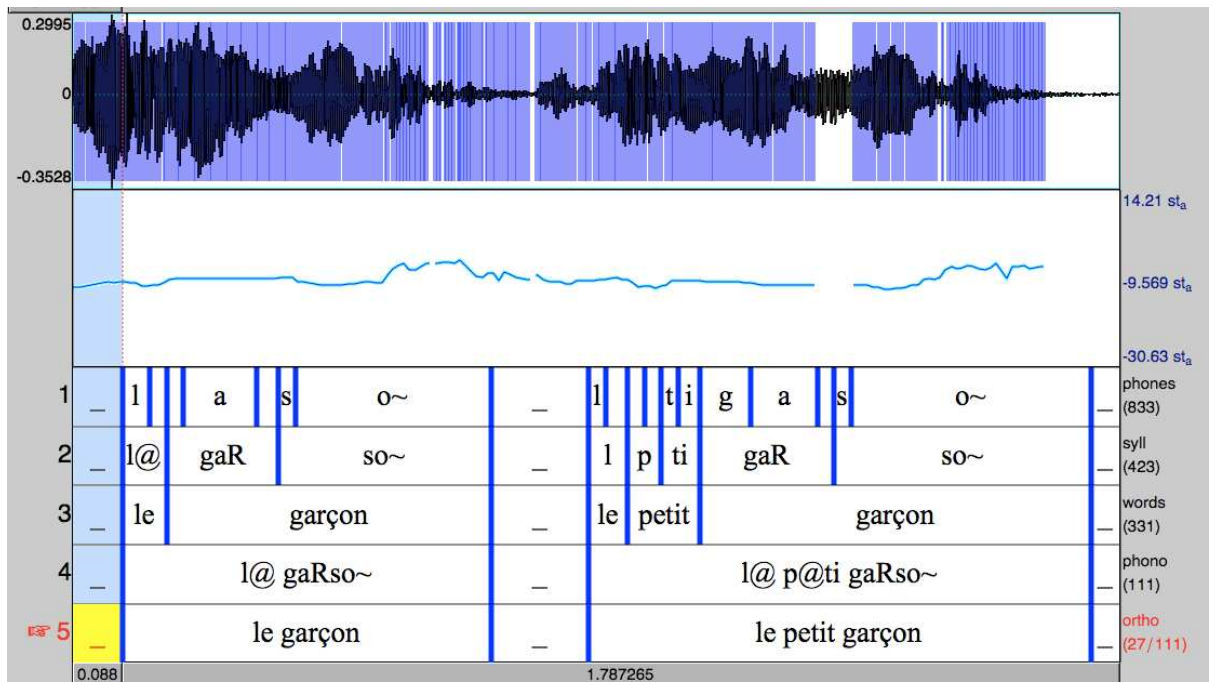


Figure 5 : Exemple de transcription d'un signal de parole sous PRAAT avec de haut en bas les tires : phonétique, syllabique, mot, chaîne phonologique et chaîne graphémique.

3.3. Premiers résultats

Les codages obtenus pour les EC (effet clash¹⁹) ont été réalisés dans les contextes suivants :

EC1 : lorsque l'accent excédentaire (AE) est placé sur l'avant dernière syllabe du syntagme (ex : le peTIT GARçon).

EC2 : lorsque l'AE est placé sur la syllabe initiale de l'adjectif (ex : le PETIT garçon)

EC3 : lorsque l'AE est placé sur un 'e' final habituellement non prononcé (la feNETRE) ou qui n'existe pas (le CERFE).

EC4 : lorsque l'AE est placé sur le mot outil initial du syntagme (UN PETit garçon).

Le pourcentage moyen des perturbations accentuelles est de l'ordre de 21% pour les effets EC de type 1, 40%, pour les effets EC de type 2, 72% pour les effets EC de type 3 et 31% pour les effets EC de type 4 (Figure 6)

¹⁹ Rappelons, pour qu'il y ait un Effet Clash (EC) il faut au moins deux syllabes contigues proéminentes

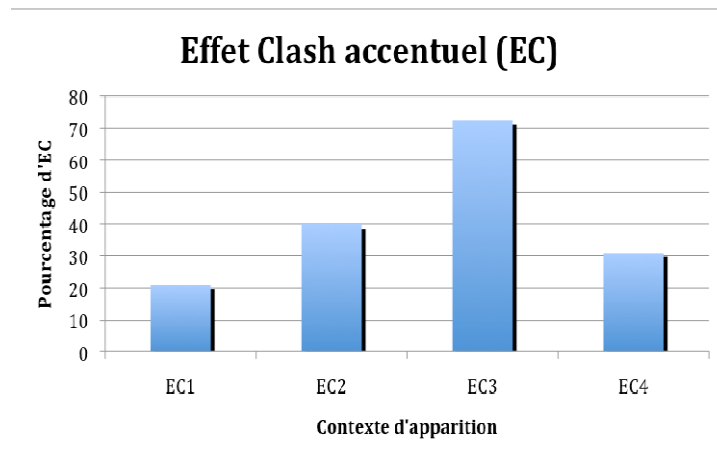


Figure 6: Les effets « clash accentuel »

Dans l'ensemble, presque tous les enfants ont présenté des perturbations accentuelles dans le contexte EC3. Le tableau ci-dessous précise le pourcentage moyen des enfants produisant les EC de type 1,2,3 et 4.

	EC1	EC2	EC3	EC4
Nombre d'enfants produisant les EC (N = 17/18)	5	9	17	14

Tableau 2 : Pourcentage moyen des enfants produisant les Effets Clash

Seuls les 5 enfants implantés avant l'âge de 2 ans et demi ont présenté significativement moins de perturbations EC que les autres enfants ($p < .01$). Au stade de cette première analyse, nous observons que l'apprentissage des **principes d'intégration rythmique**, tel qu'il se fait lors de l'acquisition précoce du langage (cf. supra, § 2.3) est encore difficile à se généraliser chez l'enfant implanté cochléaire à 9 ans post implant surtout chez ceux implantés après l'âge de deux ans et demi.

Les effets Rupture (ER) ont été objectivés dans les contextes suivants :

ER1 : lorsque la rupture est dans la construction du syntagme nominal Ex : (le).(petit garçon)

ER2 : lorsque la rupture se situe entre deux syntagmes. Ex : (le petit garçon) (regarde la grenouille)

ER3 : lorsque la rupture se situe entre le verbe et l'objet Ex : (le petit garçon) (regarde) (la grenouille)

ER4 : lorsque la rupture est liée à une difficulté d'accès au lexique ou de construction syntaxique. Il s'agit là d'un traçage prosodique de la difficulté de planification de la parole qui se traduit par de longues pauses supérieures à 300ms et par des productions de recherche du mot tels que (et... bah.. ben... hum.. etc)

Le pourcentage moyen des productions est de 30% pour les effets rupture de type 1, 29%

pour les effets rupture de type 2, 21% pour les effets rupture de type 3 et 20% pour les effets rupture de type 4. 65% des enfants produisent en moyenne des effets rupture de type 4 à l'intérieur d'un énoncé avant une difficulté lexicale ou syntaxique. La figure 7 ci-dessous présentent les pourcentages correspondants aux deux types d'ER: celles ne précédant pas une difficulté d'accès au lexique ou de construction syntaxique (i.e ER1, ER2, ER3) et celles pouvant être interprétées comme étant des erreurs de planification (i.e ER4)

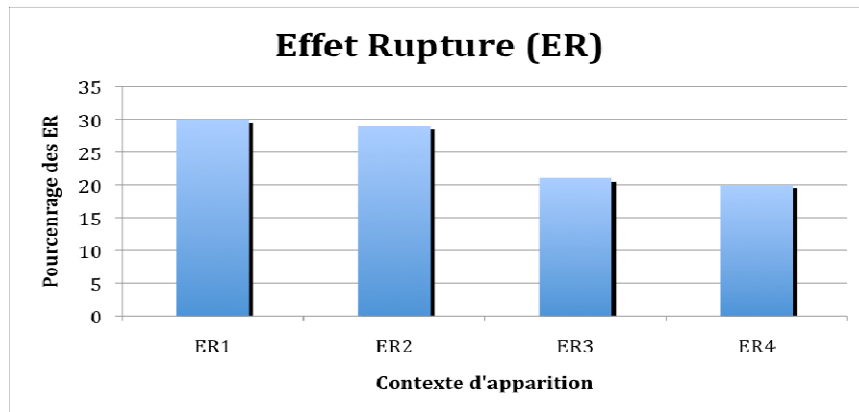


Figure 7: Les effets rupture produits dans 4 contextes syntaxiques

Les Effets Balance (EB) se répartissent comme suit : 27% des occurrences concernent la construction interne du syntagme verbal (SV), 21% concernent la construction de la fin du SV et 17% la fin du SN, 14% relèvent de la construction transitive : Verbe-objet, et 10% touchent la fin du SN. (Figure 8)

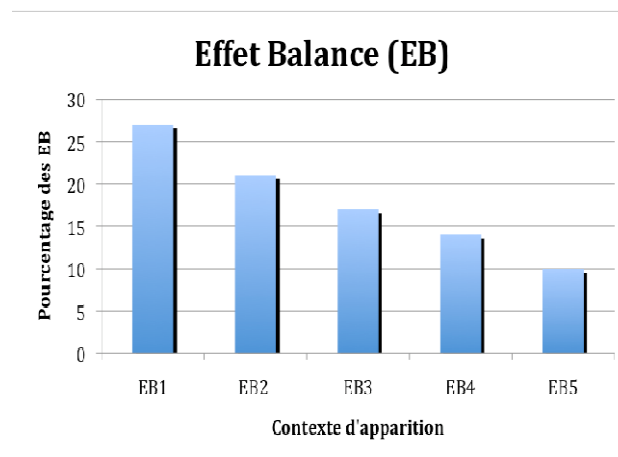


Figure 8: Effet balance produit dans 5 contextes syntaxiques

Le syntagme verbal reste le contexte syntaxique où les effets balance (EB) sont les plus fréquents, ce qui s'explique en partie par la complexité narrative du discours produit par l'enfant. Sur le plan des données individuelles, nous n'avons pas observé de schémas privilégiés, seuls deux enfants produisent plus de 40% des EB dans un seul contexte (P7 et P4 : respectivement 46% et 47% dans le syntagme verbal ; P4 47,1%), mais onze enfants produisent entre 30% et 40% d'EB dans un ou deux contextes. Les enfants implantés

cochléaires ne semblent donc pas répondre ici à des effets balance spécifiques comme cela pouvait être le cas pour les effets clash et les effets Rupture.

Les Effets Balance et les catégories syntactico-discursives

Les EB se situent dans tous les contextes syntactico-discursifs : noms, adjectifs, verbes mots outils, forme négative ainsi que dans les marqueurs de planification et de recherche lexicale : « euh » « ben » « hum ». Cependant, certaines catégories, les noms et les mots outils, sont plus sujets aux effets balance que les autres. La majorité des EB porte sur les noms et les mots outils. Parmi les mots outils, les déterminants sont ceux où l'on trouve le plus d'EB avec 44%, viennent ensuite les prépositions (22%), les adverbes (13%), les conjonctions (12%), enfin les pronoms (10%). Les tableaux 3a et 3b résument les pourcentages moyens des EB retrouvés dans chacune de ces catégories syntactico-discursives.

	Noms	Verbes	Auxiliaires	Participes passés	Mots outils	Adjectifs	Négation	Planification
pourcentage moyen des EB	40	12	2	4	38	2	1	1

Tableau 3a: Pourcentage moyen des EB produit dans 8 catégories syntactico-discursives

	Déterminants	Prépositions	Adverbes	Conjonctions	Pronoms
pourcentage moyen des EB	44	22	13	12	10

Tableau 3b : Pourcentage moyen des EB produits dans la catégorie des mots outils

Il convient ici de souligner que les 5 enfants implantés avant l'âge de deux ans et demi produisent significativement moins de EB dans la catégorie des mots outils que les enfants implantés après l'âge de deux ans et demi. Particulièrement l'ensemble des déterminants et des prépositions produits dans le contexte des SN ainsi que les pronoms personnels sujets, (pro:subj.), les pronoms interrogatifs (pro:int), les pronoms objets (pro:obj), les pronoms réflexifs (pro:refl), les pronoms relatifs (pro:rel) et les pronoms démonstratifs (pro:dem) produits dans le contexte des SV (Table 4)

	Déterminants	Prépositions	Pronoms
--	--------------	--------------	---------

codes du CHILDES	det:dem ce	prep:art au	pro:subj elle
	det:dem cette	prep:art avec	pro:subj elles
	det:gen chaque	prep:art de	pro:subj il
	det:gen chaque	prep:art des	pro:subj il
	det:gen quel	prep:art du	pro:subj ils
	det:gen quelque	prep:art en	pro:subj je
	det:gen tous	prep:art pour	pro:subj nous
	det:gen tout	prep:art à	pro:subj on
	det:gen toute	prep après	pro:subj tu
	det:gen toutes	prep avec	pro:subj vous
	det:poss leur	prep chez	pro:int où
	det:poss leurs	prep comme	pro:int qui
	det:poss ma	prep dans	pro:obj la
	det:poss mon	prep de	pro:obj le
	det:poss sa	prep en	pro:obj les
	det:poss ses	prep jusqu'à	pro:refl me
	det:poss son	prep par	pro:refl se
	det aux	prep pendant	pro:refl te
	det des	prep pour	pro:rel où
	det dudet la	prep sans	pro:rel que
det le	prep sous	pro:rel qui	
det les	prep sur	pro:dem ce	
det un	prep vers	pro:dem celui	
det une	prep à	pro:dem ça	

Table 4 : Relevé des principaux mots outils codés chez les 5 enfants implantés avant l'âge de 2 ans et demi selon les conventions du CHILDES (Parisse et Le Normand, 2000b)

3.4 Validation du système d'annotation prosodique

L'application de ce système d'annotation à l'étude des perturbations prosodiques chez les enfants IC est fondée sur la mesure et l'interprétation de trois processus prosodiques : le premier –ou *effet clash*– concerne la formation des pieds métriques, le deuxième, ou *effet rupture* porte sur l'actualisation des mots phonologiques dans les structures de performance, le troisième, enfin – ou *effet balance* est associé au non respect des contraintes intonosyntaxiques. Ce système est actuellement en voie de validation par un jury naïf d'écoute d'échantillons des voix d'enfants implantés cochléaires. Ceci doit permettre d'établir des diagnostics différentiels sur les niveaux de compétence prosodique des enfants implantés cochléaires, non seulement pour suivre les trajectoires développementales de ces enfants mais également pour fournir au clinicien un outil innovant pour réaliser des bilans d'évaluation et de rééducation. Un tel objectif suppose bien sûr une validation de la méthode à l'ensemble de la base de données.

4. Conclusions

Une analyse prosodique expérimentale préliminaire a été ici réalisée sur 18 enfants implantés cochléaires en vue d'établir des profils d'organisation rythmique et mélodique au niveau métrique, phonologique et morphosyntaxique à partir d'un corpus d'enfants implantés cochléaire suivis à 9 ans post implant. L'analyse a révélé des perturbations de l'organisation métrique de la parole chez l'enfant implanté cochléaire, particulièrement chez les enfants

implantés après deux ans et demi. Si quelques enfants implantés précocement (avant 2 ans et demi) échappent à cette perturbation comme nous l'avons déjà montré dans un travail antérieur sur 5 enfants examinés à 7 ans post implant (Le Normand & Lacheret, 2008). Les données de cette nouvelle analyse à 9 ans post implant suggère qu'une interaction complexe entre les dynamiques de maturation et de la plasticité corticale pourrait moduler les étapes de traitement de la prosodie chez l'enfant IC. En résumé, l'étude de la persistance de perturbations prosodiques de production conduite pour la première fois à ce jour chez 18 enfants implantés francophones présente, outre l'intérêt théorique de contribuer à la question des mécanismes d'acquisition des différents constituants prosodiques de la parole et de la plasticité fonctionnelle corticale, l'immense intérêt pratique de contribuer à l'élaboration de programmes de rééducation orthophonique ciblés sur ce module rythmique et sur l'ensemble des types d'erreurs qui restent à analyser de façon systématique. La question qui se pose ici est de savoir si l'enfant sourd implanté pourrait récupérer cette fonction par des méthodes d'intervention fondées sur les principes prosodiques tels qu'ils ont été exposés dans cette étude. C'est en suivant cette double perspective théorique et pratique que de nouvelles investigations neurolinguistiques et prosodiques seront réalisées dans le futur.

Références

- Avanzi, M, Lacheret-Dujour, A. Victorri, B. (2008). Analor, un outil d'aide pour la modélisation de l'interface prosodie-grammaire. *Cahiers du CERLICO*, 21. pp. 27-46.
- Avanzi, M., Gendrot, C. & A. Lacheret-Dujour (2010). Is there a prosodic difference between left-dislocated and heavy subjects? Evidence from spontaneous French . *Proceedings of Speech Prosody 2010*, Chicago, Illinois.
- Avanzi, M, Lacheret-Dujour, A. Victorri, B. (2010). A Corpus-based Learning Method for Prominence Detection in Spontaneous Speech ». *Prosodic Prominence: Perceptual and Automatic Identification, Speech Prosody 2010 Satellite Workshop*, Chicago, Illinois.
- Balog, H., & Snow, D. (2007). The adaptation and application of relational and independent analyses for intonation production in young children. *Journal of Phonetics*, 35(1), 118-133
- Benvéniste É. (1966). *Problèmes de linguistique générale*. Paris: Gallimard.
- Burkholder-Juhasz, R. A., Levi, S. V., Dillon, C. M., & Pisoni, D. B. (2007). Nonword Repetition with Spectrally Reduced Speech: Some Developmental and Clinical Findings from Pediatric Cochlear Implantation. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(4), 472-485.
- Bouchard ME, Le Normand MT & Cohen H (2004). Vowel acquisition by prelingually deaf children with cochlear implants . *Brain Cognition*, 56 : 1. 117-Abstract
- Carter, A. K., Dillon, C. M., & Pisoni, D. B. (2002). Imitation of nonwords by hearing impaired children with cochlear implants: suprasegmental analyses. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 16(8), 619-638.
- Cutler A. & Ladd D.R. (1983). *Models and Measurements in the Study of Prosody*, Berlin, Springer, Verlag.
- Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., & Hertz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants». *Science (New York, N.Y.)*, 298(5600), 2013-2015.
- Fraisse P. (1974). *Psychologie du Rythme*. Paris: PUF.
- Gaul Bouchard, M.E, Le Normand, M.,T & Cohen, H. (2007). Production of consonants by prelinguistically deaf children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 21(11-12), 875-884.

- Goldman, J.-P., (2007). *EasyAligner: a semi-automatic phonetic alignment tool under Praat*. available at <http://laltcui.unige.ch/phonetique/easyalign> .
- Gratier M. (2010) Rythme et prosodie dans les interactions vocales du nourrisson, Journées d'étude Paris Ouest Nanterre, *La voix dans tous ses états*, M. de Gaudemard, A. Lacheret, O. Renaut (org.), Mars 2010.
- Giraud, A.L (2007) Prédire le résultat de l'implantation cochléaire à partir de l'organisation cérébrale du sujet sourd profond. *Annales de la fondation Fyssen*, 22, 44-58.
- Giraud, A.L., Price, C.J., Graham, J.M., and Frackowiak, R.S.J.,(2001). Functional plasticity of language-related brain areas after cochlear implantation., *Brain*, 124, 1304-1316.
- Green, T., Faulkner, A., & Rosen, S. (2004). Enhancing temporal cues to voice pitch in continuous interleaved sampling cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(4), 2298.
- Haute Autorité de Santé (décembre 2009) : Surdité de l'enfant : accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire, www.has-sante.fr/.../surdite-de-l-enfant-0-a-6-ans-synthese-des-recommandations.
- Lacheret A. et Beaugendre F (1999). *La prosodie du français*, Paris,  ditions du CNRS.
- Lacheret A. et Morel M. (  paraître). Modéliser la prosodie pour la synthèse à partir du texte: Perspectives sémantico-pragmatiques, Peter Lang.
- Lenden, J., & Flipsenjr, P. (2007). Prosody and voice characteristics of children with cochlear implants ». *Journal of Communication Disorders*, 40(1), 66-81.
- Le Normand, MT (2004). Evaluation du lexique de production chez les enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de trois ans, *R ducation Orthophonique*, 217, 125-140.
- Le Normand, MT (2005). Production du lexique chez des enfants sourds profonds munis d'un implant cochléaire sur un suivi de quatre ans, *Handicap, revue de sciences humaines et sociales*, 105-106, 21-31.
- Le Normand MT (2007). Modèles Psycholinguistiques du développement du langage ». In : *Le Langage de l'enfant, aspects normaux et pathologiques*, Edited by C Chevrier-Muller, & J Narbona Masson, Paris (3 me édition). 35-56.
- Le Normand M.T., Lacheret A. (2008). Prosodie et acquisition du langage chez les enfants implantés cochléaires. *Journées d'Etude sur la parole*, juin 2008, Avignon.
- MacWhinney, B.(2000). *The CHILDES Project : tools for analyzing talk.*, Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Mampe, B., Friederici, A. D., Christophe, A., & Wermke, K. (2009). Newborns' Cry Melody Is Shaped by Their Native Language. *Current Biology*, 19(23), 1994-1997.
- Mercier, M. (1969). *Frog where are you*. New York: Dial Books.
- Morgan, J. (1996). A Rhythmic Bias in Preverbal Speech Segmentation ». *Journal of Memory and Language*, 35(5), 666-688.
- 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.
- Nespor M. & Vogel I. (1986). *Prosodic Phonology*, Foris, Dordrecht.
- Ouellet, C., Le Normand, M. T., & Cohen, H. (2001). Language evolution in children with cochlear implants. *Brain and Cognition*, 46(1-2), 231-235.
- Parisse, C., & Le Normand, M. T. (2000). Automatic disambiguation of morphosyntax in spoken language corpora. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers: A Journal of the Psychonomic Society, Inc*, 32(3), 468-481.
- Peng, S., Tomblin, J. B., & Turner, C. W. (2008). Production and perception of speech intonation in pediatric cochlear implant recipients and individuals with normal

- hearing. *Ear and Hearing*, 29(3), 336-351.
- Rouger, J., Lagleyre, S., Fraysse, B., Deneve, S., Deguine, O., & Barone, P. (2007). From the Cover: Evidence that cochlear-implanted deaf patients are better multisensory integrators. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(17), 7295-7300.
- Sanchez J. Medina V Senpere M Le Normand MT & Virole B (2006). Suivi longitudinal sur 5 ans des enfants sourds pré-lingaux implantés. *Rapport du CTNERHI*, <http://www.ctnerhi.com.fr/>
- Sanchez J. Medina , Diaz L & Le Normand MT (2010). Suivi longitudinal sur 10 ans des enfants sourds pré-lingaux implantés. *Rapport du CTNERHI*, <http://www.ctnerhi.com.fr/>
- Samuelsson, C., Scocco, C., & Nettelbladt, U. (2003). Towards assessment of prosodic abilities in Swedish children with language impairment. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 28(4), 156-166.
- Selkirk K.E. (1984). *Phonology and Syntax: the Relations between Sounds and Structure*, Cambridge, Mass, MIT, Press.

Remerciements aux Professeurs E Garabédian, Drs N. Loundon et D Busquet (Hôpital Armand Trousseau , Paris), Professeur B. Fraysse (Hopital Purpan, Toulouse), Professeur Truy (Hôpital de Lyon), Professeur Mondain (Hôpital de Montpellier)
Remerciements également à toutes les orthophonistes qui ont contribué à ce travail , Dominique Gaillard, Véronique Groh, Nadine Cochard, Hélène Husson, Adrienne Vieu, Martine Sillon. Ce travail a bénéficié du soutien de la Direction Générale des Affaires Sociales