

## **La perception auditive dans le bruit chez le jeune enfant normo-entendant et implanté cochléaire**

Florine Fournet\*, Mélanie Guindeo-Roccia\*\*, Aude de Lamaze\*\*\*, Véronique Etienne\*\*\*, Dominique Gaillard\*\*\*, Séverine Hervatin\*\*\*, Clara Legendre\*\*\*, Aurélie Lombardo\*\*\*, Isabelle Prang\*\*\*, Pr Erea-Noël Garabedian\*\*\*, Pr Natalie Loundon\*\*\*

\* service de médecine et réanimation néonatale, maternité Port Royal, 53 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris

\*\* orthophoniste libérale

\*\*\* service ORL, hôpital Necker enfants malades, 149 rue de Sèvres 75014 Paris

Auteur de correspondance : [fournet.florine@gmail.com](mailto:fournet.florine@gmail.com)

DUEFO – prix du meilleur mémoire décerné par l'Unadréo (2014)

ISSN 2117-7155

**Résumé :**

Cette étude vise à rendre compte des pratiques actuelles relatives à l'évaluation perceptive dans le bruit des enfants implantés cochléaires de 3 à 6 ans, de leurs performances ainsi que de celles des enfants normo-entendants (NE) de même âge. Pour cela, nous avons soumis trente enfants NE à une audiométrie vocale dans le bruit portant sur des mots à différents rapports signal sur bruit (RSB). De plus, nous avons recueilli les scores perceptifs obtenus aux épreuves dans le bruit (RSB +6 dB) lors des bilans orthophoniques de 49 enfants implantés cochléaires. Enfin, nous avons élaboré un questionnaire écologique que nous avons soumis aux parents des enfants inclus dans l'étude. Les résultats révèlent que les enfants NE obtiennent tous 100% d'intelligibilité jusqu'au RSB 0dB. Pour les trois RSB les plus défavorables (-2, -4, -6 dB), il y a un effet de l'âge sur les performances. Les enfants implantés obtiennent de moins bonnes performances dans le bruit que les NE et celles-ci sont corrélées à leurs performances perceptives dans le silence. Le protocole d'évaluation des enfants implantés cochléaires pourrait être ajusté à la lumière des résultats des enfants NE : l'audiométrie vocale dans le bruit portant sur des mots devrait être réalisée au RSB 0 dB, et ce dès l'âge de 3 ans.

**Mots clés :** audition dans le bruit, enfants, implant cochléaire, normo-entendant, évaluation perceptive.

**Hearing in noise in normal hearing and cochlear implanted young children****Summary:**

The aim of this study is to report on the way speech in noise is currently evaluated in cochlear implanted children aged 3 to 6 at the Paris Necker hospital, on their performance and on that of aged-matched normal hearing (NH) children. To this end, we submitted 30 NH children to a speech audiometry test with words at different signal to noise ratio (SNR). We also collected 49 implanted children speech recognition scores in noise (SNR +6 dB) obtained during speech therapy assessments. We finally designed a questionnaire and administered it to all children's parents. Results show that all NH children achieved a score of 100% up to SNR 0 dB. Under the three least favourable SNR conditions (-2, -4, -6 dB), performance is related to age. Implanted children do not perform as well as NH children. Their speech recognition scores in silence and noise are interlinked. Cochlear implanted children's assessment protocol may be adjusted considering the NH children's findings. Speech audiometric testing should be carried out at SNR 0 dB, starting at age 3.

**Key words :** hearing in noise, children, cochlear implant, normal hearing, auditory perception assessment.

## ----- INTRODUCTION -----

La surdité est le handicap sensoriel le plus fréquent. Elle engendre des répercussions défavorables sur le développement de l'enfant (Expertise collective Inserm, 2006). L'implant cochléaire (IC) constitue une avancée technologique majeure dans la réhabilitation de la surdité de l'enfant. Malgré une variabilité interindividuelle des performances, ses bénéfices en termes de compétences perceptives, productives et langagières ne sont plus à démontrer (Cochard et al., 2004). Cependant, il ne permet en aucun cas de restaurer une audition normale et des difficultés demeurent, notamment pour la perception auditive dans le bruit (Gnansia, 2009).

L'écoute en milieu bruyant fait partie de la vie quotidienne de tout un chacun. Elle repose sur des phénomènes binauraux tels que la localisation spatiale et l'effet d'ombre de la tête, le démasquage de la parole et la sommation binaurale. Or, la fonction binaurale, à l'origine de ces phénomènes, nécessite notamment d'entendre avec les deux oreilles ainsi qu'une audition aussi symétrique que possible (Deys & Lermigeaux, 2004 ; Vincent, 2008). Aussi l'appareillage bilatéral est-il à privilégier dès que possible (Vincent, 2008). Cependant, s'il permet de rétablir des éléments de stéréophonie, il ne permet pas de restaurer une stéréophonie comparable à celle de l'entendant.

Malgré les avancées technologiques majeures dans le domaine de l'audioprothèse et les aides techniques développées (microphones directionnels, débruiteurs, programmes d'écoute spécifique, microphones HF...), l'écoute en milieu bruyant demeure un problème prégnant chez les sujets sourds. La perte auditive cochléaire engendre une dégradation des capacités de démasquage de la parole (Gnansia, 2009) que les appareils actuels ne permettent pas de combler entièrement. En effet, il n'y a pas de sommation centrale qui permette d'augmenter le signal de 6 dB lorsque la voix provient de face. De plus, l'élargissement des filtres de fréquences augmente nettement l'effet de masquage fréquentiel, particulièrement sur les basses fréquences (Chays, 2008). Les problèmes de perception dans le bruit proviennent aussi de la difficulté fréquente à exploiter les indices spatiaux pour séparer les cibles d'un masque (Paquier, 2013). Enfin, la dégradation des cellules ciliées entrave la perception des informations de structure temporelle fine des signaux de parole, ce qui nuit fortement au démasquage de la parole dans un bruit de fond fluctuant (Desaunay et al., 2007 ; Füllgrabe et al., 2006). Or, les IC se basent principalement sur le codage fréquentiel tonotopique de la cochlée sans délivrer la structure temporelle fine du signal de manière satisfaisante (Gnansia, 2009).

Depuis peu, l'évaluation perceptive dans le bruit a intégré le bilan orthophonique post-implantation. Cette évaluation doit faire référence au développement perceptif de l'enfant NE. En raison du peu d'études traitant de ce sujet et de l'absence de norme de référence chez celui-ci, il est difficile d'élaborer un protocole avec la certitude qu'il reflète au plus juste les capacités perceptives des enfants implantés cochléaires. Chez l'adulte, certaines études ont tenté de mettre en évidence un seuil d'intelligibilité moyen pour le NE mais aucune ne permet de faire état d'une norme (Goujon, 2013 ; Nelson & Jin, 2004 ; Wilson & McArdle, 2005). Chez l'enfant, la littérature demeure pauvre au sujet de la perception auditive dans le bruit. Les SRT (Speech Recognition Threshold/seuils d'intelligibilité vocale) des enfants seraient plus élevés que ceux des adultes, et ce jusqu'à l'âge de 13 ans. Les auteurs tentent d'expliquer ce phénomène par le défaut de maturation des voies auditives centrales, les stratégies d'écoute moins efficaces, le manque d'expérience auditive ou les difficultés à combler les informations

sonores partielles par des processus cognitifs et langagiers encore immatures (Laroche et al., 2006 ; Litovsky, 2005).

L'évaluation de la perception dans le bruit constitue un enjeu de taille pour les équipes thérapeutiques, et ce d'autant plus que la plainte principale des patients sourds appareillés porte souvent sur l'écoute en milieu bruyant (Killion et al., 2004). Cette évaluation est utile pour l'adaptation prothétique et l'orientation de la rééducation orthophonique (Taylor, 2003 ; Wilson & McArdle, 2005). Les performances perceptives dans le bruit ne pouvant être prédites fidèlement sur la base des audiogrammes dans le silence (Laroche et al., 2006 ; Taylor, 2003 ; Wilson & McArdle, 2005), différentes épreuves spécifiques ont été développées. Les protocoles d'évaluation utilisés sont à ce jour multiples. Aussi la comparaison des résultats inter-équipes est difficile et il semble important d'homogénéiser les pratiques (Legent et al, 2011b).

Cette étude vise à rendre compte des conduites actuelles concernant l'évaluation dans le bruit des enfants implantés cochléaires de 3 à 6 ans à l'hôpital Necker, de leurs performances perceptives dans le bruit ainsi que de celles des enfants NE de même âge. Ces différents points d'étude convergent tous vers un objectif unique à savoir guider : l'ajustement du protocole d'évaluation de la perception dans le bruit à la lumière des capacités perceptives de l'enfant NE.

## ----- METHODOLOGIE -----

### 1. Population

#### a. Enfants normo entendants

Trente enfants NE âgés de 3 ans à 6 ans et 11 mois ont été inclus dans l'étude (19 filles et 11 garçons). Ils répondaient aux critères d'inclusion suivants : une audition normale, la maîtrise de la langue française et un développement langagier sans difficultés particulières.

#### b. Enfants implantés cochléaires

Ont été sélectionnés les enfants implantés cochléaires de 3 à 6 ans qui sont suivis à l'hôpital Necker et qui ont été évalués dans le bruit lors d'au moins un de leurs bilans orthophoniques post-implantation. L'étude inclut ainsi 49 enfants (27 filles et 22 garçons). Parmi eux, 39 sont implantés unilatéralement (31 IC à droite et 8 IC à gauche) et 10 sont implantés bilatéralement (2 en simultané et 8 en séquentiel). L'âge d'implantation varie de 7 mois à 5 ans et 5 mois. Les enfants implantés de l'étude présentent pour 45 d'entre eux une surdité congénitale dont 7 évolutives, et pour les 4 autres, une surdité acquise (méningites). Les données recueillies font état de 47 enfants ayant bénéficié d'un appareillage prothétique bilatéral avant l'implantation cochléaire. Après celle-ci, parmi les 39 enfants implantés unilatéralement, 28 ont bénéficié d'une prothèse controlatérale (PCL). Trois de ces 28 enfants ont abandonné cette PCL faute d'une récupération auditive satisfaisante.

## 2. Matériel et recueil des données

### a. Enfants normo entendants

#### 1. Sélection de l'échantillon

Les enfants de l'étude ont été recrutés majoritairement au sein de l'hôpital Necker. Lors de la prise de contact avec la famille de l'enfant, une brève anamnèse a été réalisée afin de s'assurer de la bonne maîtrise du français par l'enfant, se renseigner sur ses antécédents médicaux et paramédicaux, savoir s'il ne souffrait pas d'affection ORL susceptible de biaiser l'évaluation, et prendre brièvement connaissance du développement de sa parole et de son langage. Aucun enfant n'a été exclu de l'étude sur les bases de cette anamnèse. Tous les enfants suivaient une scolarité normale, ils ne présentaient pas d'anomalie au niveau du développement langagier et aucun n'avait suivi de rééducation orthophonique.

#### 2. Évaluation perceptive

Suite à cette anamnèse, les enfants NE ont été soumis à une audiométrie vocale. La passation des épreuves durait en moyenne un quart d'heure. Dans un souci de fiabilité du recueil, tous les enfants ont été évalués dans la même cabine audiométrique insonorisée. L'évaluation a été réalisée au moyen des listes de mots de Saussus et Boorsma (<http://www.college-nat-audio.fr/fichiers/img95a.pdf>), à l'aide du logiciel DIGIVOX (Vinet & Barbier, 2006). Tout d'abord, une audiométrie vocale au casque dans le silence, oreilles séparées, à 35 dB a été réalisée afin de s'assurer de la bonne audition de chaque enfant. Six enfants n'ont pas obtenu 100% d'identification correcte de mots pour chaque oreille et ont ainsi été exclus de l'étude. Ensuite, l'audiométrie vocale dans le bruit a été réalisée. La cabine audiométrique comporte cinq haut-parleurs dont un diffusant le signal vocal à un mètre face au sujet. Les quatre autres diffusent le bruit de fond selon des dispositions symétriques, avec des angles d'incidence de 45°. Le bruit utilisé était l'Onde Vocale Globale (OVG), bruit fluctuant constitué de l'enregistrement de quatre locuteurs, deux parlant français et deux parlant anglais, et s'apparentant à un bruit de type cocktail party. Le bruit était émis à une intensité constante de 60 dB SPL (Sound Pressure Level) et l'intensité du signal variait afin de modifier le RSB par pas de 2 dB. L'objectif était de déterminer le pourcentage d'identification correcte pour les RSB suivants : +6 (RSB proposé pour évaluer les enfants implantés), +4, +2, 0, -2, -4 et -6 dB. Pour un RSB donné, une liste réussie à 100% conduisait directement au RSB inférieur. Le cas échéant, une deuxième liste était proposée à ce même RSB et la moyenne des deux listes présentées était calculée. Dans un souci de préserver les ressources attentionnelles de l'enfant, si 100% de réussite était obtenu au RSB +6 dB, le RSB 0 dB était directement testé. Si 100% de réussite était obtenu au RSB 0 dB, un score identique était déduit pour les RSB + 4 et +2 dB. Ce fut le cas pour tous les enfants.

Afin de coter le niveau de concentration au cours de la passation, une échelle subjective allant de 0 à 4 a été élaborée et un niveau a été attribué à chaque enfant (0 : pas concentré, 1 : peu concentré, 2 : concentration variable, 3 : concentré, 4 : très concentré).

#### 3. Questionnaire

En parallèle de l'évaluation perceptive, un questionnaire écologique destiné aux enfants NE et élaboré pour l'étude était rempli par les parents puis rendu en fin de passation. Ce questionnaire visait à refléter l'environnement sonore dans lequel l'enfant évolue (plus ou moins bruyant), son inconfort en contexte bruyant (est-ce que le bruit l'incommodé, y compris hors situations de communication ?) et ses difficultés à percevoir la parole dans le bruit. Les réponses ont donné lieu à trois scores : un score d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien sur 41 (S1), un score d'inconfort en contexte bruyant au quotidien sur 4 (S2), un

score reflétant le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien sur 20 (S3).

## **b. Enfants sourds implantés cochléaires**

### **1. Recueil des données dans le dossier médical**

Pour chaque enfant, les données suivantes ont été recueillies dans le dossier médical de l'hôpital : la date de naissance, la date d'implantation, les résultats obtenus aux épreuves vocales portant sur des mots dans le silence et dans le bruit ainsi que la modalité d'appareillage (IC seul, IC+PCL ou IC+IC) à chaque bilan orthophonique post-implantation.

### **2. Évaluation perceptive**

L'évaluation perceptive dans le bruit des 49 enfants a été réalisée par les orthophonistes du service, lors des bilans post-implantation. Les conditions de passation étaient identiques à celles décrites pour les enfants NE à quelques différences près. En effet, les listes de mots utilisées étaient les listes pour enfants de Lafon (<http://www.college-nat-audio.fr/fichiers/img96a.pdf>) ou les listes de Saussus et Boorsma, selon l'âge et les capacités linguistiques de l'enfant au moment du bilan. De plus, le RSB était fixe (+ 6 dB). La majorité des enfants a bénéficié de l'évaluation dans le bruit dans la cabine audiométrique de l'hôpital Necker (la même que celle utilisée pour l'évaluation des enfants NE). Certains ont été testés à l'hôpital Armand Trousseau (avant le déménagement du service) voire dans les deux hôpitaux. Le matériel linguistique et sonore était identique. En revanche, à Trousseau, la cabine était plus grande et la configuration des haut-parleurs différente : les deux haut-parleurs à l'arrière avaient des angles d'incidence de 90°.

### **3. Questionnaire**

De même que pour l'enfant NE, un questionnaire a été créé et soumis aux parents. Il comporte les mêmes questions ainsi que des questions supplémentaires concernant l'appareillage et les aides apportées à la communication dans le bruit. 43 des 49 questionnaires soumis ont pu être récupérés dûment complétés. Les réponses ont donné lieu à trois scores : un score d'entraînement auditif dans le bruit au quotidien sur 45 (S1), un score d'inconfort en contexte bruyant au quotidien sur 4 (S2) ainsi qu'un score reflétant le degré de difficultés à percevoir la parole dans le bruit au quotidien sur 21 (S3).

## **----- RESULTATS ET DISCUSSION -----**

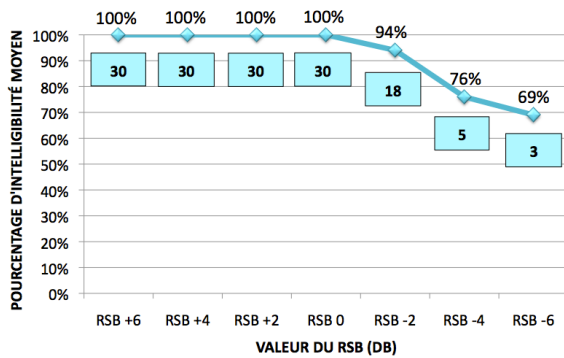
Pour les analyses statistiques, le seuil de significativité de la probabilité retenu est  $p < 0,05$ .

## **1. Enfants normo-entendants**

### **a. Influence du RSB sur les performances perceptives dans le bruit**

Les trente enfants ont obtenu 100% d'intelligibilité pour les RSB +6, +4, +2 et 0 dB (+4 et +2 déduits, cf. p.4). À partir du RSB -2 dB, lorsque deux listes avaient été proposées, les scores d'intelligibilité moyens des enfants ont été calculés sur la base de ces deux listes. Les scores moyens ainsi que le nombre d'enfants ayant obtenu 100% d'intelligibilité à chaque RSB sont représentés sur la figure 1. Celle-ci révèle une chute progressive des performances à partir du RSB -2 dB. Au niveau statistique, une ANOVA à mesures répétées a été réalisée pour les RSB 0, -2, -4 et -6 dB. Elle révèle un effet significatif du RSB sur l'intelligibilité dans le bruit ( $F = 37,5225$  ;  $p < 0,001$ ). En ce qui concerne les paires de RSB contigus, le test HSD de Tukey

réalisé révèle que les moyennes sont significativement différentes entre les RSB -2 et -4 dB ( $p < 0,001$ ), ce qui semble témoigner d'un « palier de difficultés » au RSB -4 dB.




 Nombre d'enfants ayant obtenu 100%

Figure 1 : Scores perceptifs dans le bruit en fonction du RSB chez l'enfant normo-entendant

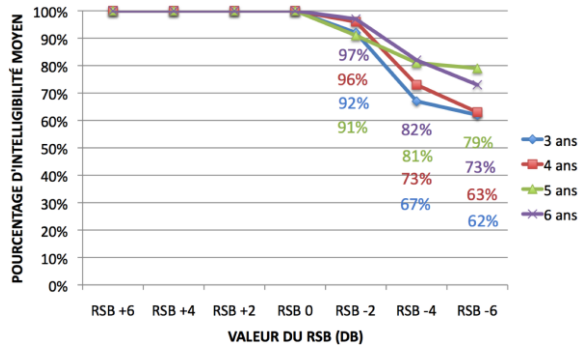


Figure 2 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon l'âge et le RSB chez l'enfant normo-entendant

### b. Influence de l'âge sur les performances perceptives dans le bruit

Quatre groupes d'âges ont d'abord été distingués : enfants de 3, 4, 5 et 6 ans. Les scores moyens de ces quatre groupes (figure 2) ont été comparés grâce au test H de Kruskal Wallis. L'analyse statistique ne révèle pas de différences significatives entre les performances des enfants de ces quatre groupes d'âge (RSB -2 dB :  $H = 1,4128$  ;  $p = 0,7025$ ) ; (RSB -4 dB :  $H = 5,5681$  ;  $p = 0,1346$ ) ; (RSB -6 dB :  $H = 4,9109$  ;  $p = 0,1784$ ). Puis, deux groupes d'âge ont été distingués : enfants de 3-4 ans et enfants de 5-6 ans. L'analyse statistique, réalisée au moyen d'un test de Student pour groupes indépendants, révèle une différence significative entre les performances de ces deux groupes d'âge pour les deux RSB les plus défavorables (RSB -4 dB :  $t = 2,206959$  ;  $p = 0,037$ ) ; (RSB -6 dB :  $t = 1,952262$  ;  $p = 0,0306$ ). Il y a donc un effet de l'âge sur les performances qui semble s'accroître parallèlement à la diminution du RSB. Ces résultats tendent à démontrer l'existence d'un *cut-off* entre 4 et 5 ans pour la perception dans le bruit. Cette observation est peut-être à mettre en lien avec le fait que la maturation des voies auditives se poursuit jusque vers l'âge de quatre ans (Legent et al, 2011a). Par ailleurs, ce *cut-off* apparaît au RSB -4 dB, ce qui vient appuyer la tendance mise en évidence précédemment, à savoir qu'il existerait un « palier de difficultés » à ce RSB.

### c. Influence du degré de concentration (figure 3)

Trois groupes d'enfants ont été distingués selon le niveau de concentration qui leur avait été attribué à l'issue de la passation : 7 enfants avaient une concentration variable (niveau 2), 8 étaient concentrés (niveau 3) et 15 étaient très concentrés (niveau 4). Le test de Kruskal-Wallis a permis d'obtenir une probabilité de différence globale de moyennes entre ces trois groupes aux différents RSB. Le niveau de concentration influe significativement sur les résultats au RSB -4 dB seulement ( $H = 10,2759$  ;  $p = 0,0059$ ). La comparaison des moyennes deux à deux grâce au test de comparaisons de Wilcoxon a permis de dégager une différence de performances significative entre les niveaux 4 et 2 ( $Z = 3,10516$  ;  $p = 0,0019$ ) ainsi qu'entre les niveaux 3 et 2 ( $Z = 2,36801$  ;  $p = 0,0179$ ). Ces résultats tendent à montrer que le niveau de concentration n'influe significativement sur les performances qu'au RSB -4 dB, niveau qui



semble problématique. En revanche, l'analyse statistique ne permet pas de mettre en évidence une influence globale (pour tous les RSB) du niveau de concentration sur les performances. Par ailleurs, il n'y a pas d'effet d'interaction entre les facteurs âge (3-4 ans vs 5-6 ans) et niveau de concentration sur les performances (RSB - 2 dB :  $F = 0,7577$  ;  $p = 0,4796$ ) ; (RSB - 4 dB :  $F = 0,1408$  ;  $p = 0,8694$ ) ; (RSB - 6 dB :  $F = 0,7904$  ;  $p = 0,1776$ ). L'âge a donc le même effet sur les scores quel que soit le niveau de concentration et inversement.

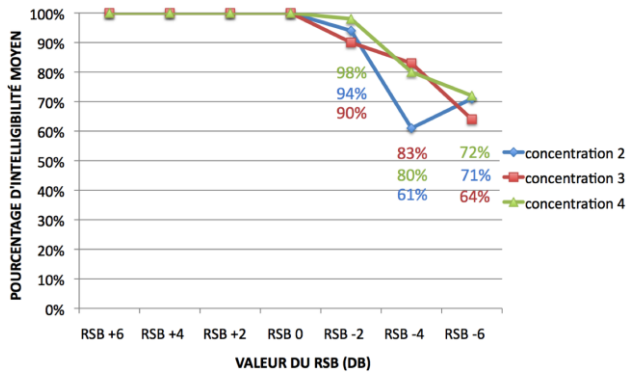


Figure 3 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le niveau de concentration et le RSB chez l'enfant normo-entendant

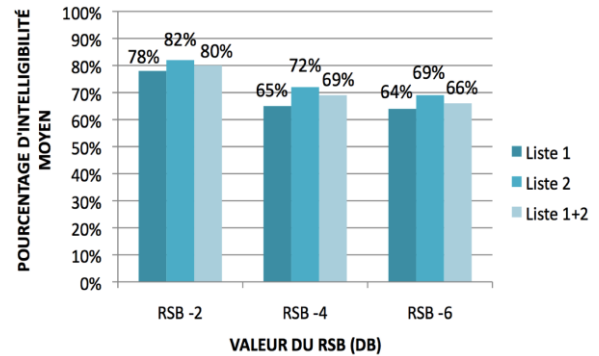


Figure 4 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon la liste (1 ou 2) et le RSB chez l'enfant normo-entendant

#### d. Effet d'habituation

Pour les RSB -2, -4 et -6 dB, on constate que le pourcentage moyen d'intelligibilité obtenu à la liste 2 est plus élevé que celui obtenu à la liste 1 (figure 4). Cependant, le test de Student ne révèle pas de différences significatives entre les performances aux listes 1 et 2, et ce pour chacun des trois RSB étudiés. Ces résultats ne permettent pas de mettre en évidence d'effet d'habituation entre les deux listes.

#### e. Questionnaire

L'analyse statistique révèle que les scores « entraînement dans le bruit » (S1) et « inconfort en contexte bruyant » (S2) obtenus au questionnaire ne sont pas significativement corrélés aux résultats dans le bruit (S1 RSB -2 :  $r = 0,0785$  et  $p = 0,6802$  ; RSB -4 :  $r = -0,2477$  et  $p = 0,1868$  ; RSB -6 :  $r = 0,0182$  et  $p = 0,9240$ ) ; (S2 RSB -2 :  $r = 0,2556$  et  $p = 0,1729$  ; RSB -4 :  $r = -0,0443$  et  $p = 0,8163$  ; RSB -6 :  $r = 0,0008$  et  $p = 0,9966$ ). En revanche, le score « difficultés de perception de la parole dans le bruit » (S3) est faiblement corrélé aux résultats perceptifs au RSB -2 dB ( $r = 0,3783$  ;  $p = 0,0393$ ). La corrélation est positive, ce qui signifie que plus il y a de difficultés de perception au quotidien, meilleures sont les performances. Ce même score est moyennement corrélé aux résultats perceptifs au RSB -6 dB ( $r = -0,4222$  ;  $p = 0,0201$ ). La corrélation est négative, ce qui signifie que plus il y a des difficultés de perception dans le bruit au quotidien, moins bonnes sont les performances dans le bruit. *A contrario*, ce même score n'est pas corrélé aux résultats perceptifs au RSB -4 dB ( $r = -0,0189$  ;  $p = 0,9209$ ). Nous pouvons expliquer ces constats par le fait que la perception auditive dans le bruit n'est pas seulement le résultat de la perception pure mais qu'une multitude de facteurs entrent en jeu. Ainsi, les enfants ont peut-être pallié leurs difficultés au RSB -2 dB en recrutant plus de ressources cognitives (attention, suppléance mentale...). Au RSB -6 dB, les ressources mobilisées n'ont peut-être pas permis de surmonter leurs difficultés. Au RSB -4 dB, l'absence de corrélation tend à confirmer nos observations cliniques, à savoir que ce RSB semblait problématique.

## 2. Enfants sourds implantés cochléaires

### a. La réalisation de l'évaluation perceptive - Analyse descriptive

Une analyse descriptive a permis de mettre en évidence l'influence de quatre facteurs sur la réalisation de l'évaluation perceptive dans le bruit chez les enfants implantés cochléaires.

#### 1. Le recul à l'implantation

L'évaluation perceptive dans le bruit est réalisée pour la première fois à un recul à l'implantation moyen de 24,7 mois. Plus le recul à l'implantation est grand, plus les orthophonistes réalisent l'audiométrie vocale dans le bruit. En effet, les pourcentages d'enfant évalués dans le bruit parmi le nombre d'enfants ayant eu un bilan orthophonique à chaque recul sont les suivants : 3 mois = 12% ; 6 mois = 21% ; 12 mois = 29% ; 18 mois = 17% ; 24 mois = 50% ; 36 mois = 76% ; 48 mois = 100% ; 60 mois = 100%. L'augmentation progressive du pourcentage n'est pas valable pour le recul 18 mois. Cela peut être dû au fait que ce bilan constitue « un bilan intermédiaire ».

#### 2. La modalité d'appareillage

Les orthophonistes réalisent plus souvent l'évaluation dans le bruit lorsque l'appareillage est binaural par rapport à un IC seul. Les enfants implantés bilatéralement semblent même être plus souvent soumis à l'évaluation perceptive dans le bruit que les enfants bénéficiant d'un IC et d'une PCL (pourcentages d'évaluation dans le bruit par rapport au nombre de bilans orthophoniques effectués : IC seul = 17% ; IC+PCL = 42% ; IC+IC = 58%). On constate même que les enfants bénéficiant d'un appareillage binaural sont évalués dans le bruit plus précocement que les enfants porteurs d'un IC seul (dès 3 mois *vs* à partir de 24 mois de recul).

#### 3. L'âge de l'enfant

L'évaluation dans le bruit a lieu pour la première fois à un âge moyen de 4 ans et 7 mois. Pour chaque bilan orthophonique effectué, l'âge des enfants (tous reculs confondus) a été relevé. Pour chaque âge, le nombre de bilans orthophoniques effectués a été relevé : aucun bilan avant 1 an ; 22 à 1 an ; 54 à 2 ans ; 49 à 3 ans ; 44 à 4 ans ; 40 à 5 ans ; 6 à 6 ans. Le pourcentage d'évaluation dans le bruit parmi le nombre total de bilans orthophoniques effectués à chaque âge a été calculé : 0% à 1 an ; 0% à 2 ans ; 22% à 3 ans, 48% à 4 ans ; 90% à 5 ans ; 83% à 6 ans. Il y a une augmentation progressive du pourcentage d'évaluation dans le bruit parallèlement à l'augmentation de l'âge au moment du bilan. Le pourcentage diminue légèrement à l'âge de 6 ans mais cette observation est à nuancer dans la mesure où le nombre de bilans effectués à cet âge est beaucoup plus faible (cette cohorte est donc difficilement comparable avec les précédentes).

#### 4. Les scores obtenus à l'audiométrie vocale dans le silence

Pour tous les enfants inclus dans l'étude, nous avons recueilli les pourcentages d'intelligibilité de mots dans le silence à chacun de leurs bilans orthophoniques. Nous avons réparti ces scores en huit tranches (aucun enfant n'a obtenu un score inférieur à 20%). Tous reculs confondus et pour chaque tranche de scores, nous avons calculé le pourcentage d'enfants ayant été testés dans le bruit parmi le nombre total d'enfants ayant obtenu un score compris dans cette tranche (21 à 30% d'intelligibilité = 0% ; 31 à 40% = 50% ; 41 à 50% = 33% ; 51 à 60% = 75% ; 61 à 70% = 83% ; 71 à 80% = 89% ; 81 à 90% = 87% ; 91 à 100% = 93%). Globalement, le pourcentage d'évaluation dans le bruit semble augmenter parallèlement au score d'intelligibilité dans le silence, tous reculs confondus.

## b. Analyse des résultats

Au RSB +6 dB, les enfants implantés cochléaires obtiennent en moyenne de moins bonnes performances que les enfants NE (figures 1 et 5).

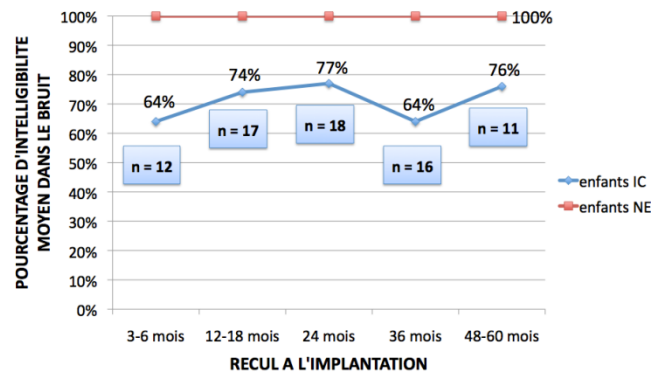


Figure 5 : Pourcentage d'intelligibilité moyen selon le recul chez l'enfant implanté cochléaire

### 1. Recul à l'implantation

Afin d'obtenir des groupes relativement équilibrés, certains reculs ont été regroupés. La figure 5 présente les scores moyens en fonction du recul ainsi que le nombre d'enfants évalués dans le bruit à chaque recul. Le nombre d'enfants ayant obtenu 100% d'intelligibilité a été calculé pour chaque recul (3-6 mois : 1 enfant sur 12 ; 12-18 mois : 1/17 ; 24 mois : 5/18 ; 36 mois : 0/16 ; 48-60 mois : 2/11). La comparaison statistique des moyennes des cinq groupes d'enfants a été effectuée. Le test H de Kruskal Wallis ne révèle pas de différences significatives entre les moyennes ( $H = 8,0832$  ;  $p = 0,3253$ ).

### 2. Scores perceptifs obtenus dans le silence

L'analyse statistique met en évidence un lien de corrélation entre les scores perceptifs obtenus à l'audiométrie vocale dans le silence et ceux obtenus à l'audiométrie vocale dans le bruit lors d'un même bilan orthophonique ( $r = 0,3621$  ;  $p = 0,0098$ ). Toutefois, il ne faudrait pas nécessairement attendre des scores élevés dans le silence pour évaluer la perception dans le bruit. En effet, le rôle de cette évaluation est aussi de souligner les difficultés lorsqu'elles sont présentes, afin d'adapter au mieux la prise en charge (Taylor, 2003 ; Wilson & McArdle, 2005).

### 3. Modalité d'appareillage

Afin d'étudier l'influence de la modalité d'appareillage sur les résultats, le recul à l'implantation a été pris en compte. Aucun enfant IC seul n'ayant été évalué dans le bruit jusqu'à 24 mois post-implantation et aucun enfant IC+IC n'ayant été testé dans le bruit après 36 mois post-implantation, les comparaisons de moyennes ne peuvent s'effectuer que pour les reculs 24 mois et 36 mois. Par souci de taille des effectifs, ces deux reculs ont été regroupés pour l'analyse statistique. Lorsque deux groupes sont distingués (appareillage binaural : 25 enfants, appareillage monaural : 7 enfants), le test de Kruskal Wallis ne met pas en évidence de différences significatives entre les moyennes de ces deux groupes ( $H = 0,0072$  ;  $p = 0,09323$ ). La distinction de 3 groupes (7 IC seul, 18 IC+PCL et 7 IC+IC) engendre la même observation ( $H = 0,05126$  ;  $p = 0,7739$ ). Les résultats de cette étude ne permettent donc pas de mettre en évidence un effet positif de l'appareillage binaural sur les scores perceptifs dans le bruit par rapport à l'appareillage monaural. Cette observation n'est pas en accord avec les

études recensées dans la littérature. En effet, les auteurs s'accordent à dire que l'audition binaurale serait supérieure à l'audition monaurale. Elle constitue la première étape pour l'accès à la fonction binaurale, fonction requise pour de bonnes capacités perceptives dans le bruit (Collège National d'Audioprothèse, 1997 ; Deys & Lermigeaux, 2004 ; Vincent, 2008). En revanche, la littérature n'est pas unanime quant à la suprématie de la condition bilatérale (IC+IC) ou bimodale (IC+PCL) pour la perception auditive dans le bruit. Chez l'enfant comme chez l'adulte, les études aboutissent à des résultats contradictoires. Certains auteurs soulignent les avantages de la condition bimodale : la prothèse auditive permettrait l'utilisation de fréquences graves additionnelles et d'informations temporelles indisponibles avec l'IC ainsi qu'une meilleure intégration des informations redondantes en provenance des deux oreilles (Kokkinakis & Pak, 2014). D'autres affirment la supériorité de la condition bilatérale (Mok et al., 2007 ; Schafer et al., 2011).

#### 4. Symétrie relative des seuils audiométriques tonals

Pour tous les enfants, la valeur des seuils audiométriques tonals des deux oreilles a été relevée pour chaque bilan orthophonique. Seules les audiométries proches de la date du bilan (plus ou moins trois mois) ont été retenues. Les enfants ont alors été répartis en deux groupes. Le groupe 1 est composé des enfants dont les seuils ne diffèrent pas de plus de 10 dB (seuils considérés comme « symétriques »). Le groupe 2 est composé des enfants dont les seuils diffèrent de plus de 10 dB (seuils considérés comme « non symétriques »). Cette répartition a été effectuée selon les critères décrits dans la littérature : un déséquilibre de sonie de plus de 10 dB entre les deux oreilles perturberait les effets de la fonction binaurale (Vincent, 2008). Du fait des faibles effectifs, les reculs ont été regroupés comme suit : reculs inférieurs à 24 mois (groupe 1 : 18 enfants ; groupe 2 : 10 enfants) *vs* reculs supérieurs ou égaux à 24 mois (groupe 1 : 12 enfants ; groupe 2 : 30 enfants). Pour les reculs inférieurs à 24 mois, le test de Student montre que les moyennes des enfants des deux groupes ne diffèrent pas significativement ( $t = 0,720607$  ;  $p = 0,4790$ ). Pour les reculs supérieurs ou égaux à 24 mois, les moyennes des enfants des deux groupes ne diffèrent pas non plus significativement ( $t = 0,427051$  ;  $p = 0,6737$ ). Plutôt que d'étudier l'influence de la symétrie relative des seuils audiométriques, il serait encore plus pertinent de raisonner en termes de stéréoaousie, c'est-à-dire d'équi-sensation sonore au niveau des deux oreilles.

#### 5. Questionnaire

Le questionnaire devait refléter le plus fidèlement possible l'environnement sonore de l'enfant au moment du bilan. Aussi l'analyse statistique n'a-t-elle pris en compte que les résultats perceptifs dans le bruit obtenus au dernier bilan orthophonique, avec une répartition en fonction des reculs post-implantation. Tous reculs confondus, il n'y a pas de lien de corrélation entre les trois scores des questionnaires (S1, S2 et S3) et les résultats obtenus aux tests perceptifs dans le bruit (S1 :  $r = -0,1798$  ;  $p = 0,2485$ ) ; (S2 :  $r = 0,0775$  ;  $p = 0,6214$ ) ; (S3 :  $r = -0,1469$  ;  $p = 0,3473$ ). Puis, deux groupes ont été distingués. Le groupe 1 est composé de 24 enfants dont le dernier bilan orthophonique a été effectué à un recul inférieur ou égal à 24 mois. Le groupe 2 rassemble quant à lui 19 enfants dont le dernier bilan a été effectué à un recul supérieur à 24 mois. Pour le groupe 1, les trois scores ne sont pas significativement corrélés aux scores perceptifs dans le bruit (S1 :  $r = -0,2319$  ;  $p = 0,2755$ ) ; (S2 :  $r = 0,1741$  ;  $p = 0,4158$ ) ; (S3 :  $r = 0,0909$  ;  $p = 0,6727$ ). Pour le groupe 2, les scores « entraînement dans le bruit » (S1) et « difficultés de perception de la parole dans le bruit » (S3) ne sont pas significativement corrélés aux scores perceptifs dans le bruit (S1 :  $r = -0,0364$  ;  $p = 0,08859$ ) ; (S3 :  $r = -0,3226$  ;  $p = 0,1916$ ). En revanche, le score « inconfort en contexte bruyant » (S2) est corrélé négativement aux scores perceptifs dans le bruit ( $r = -$

0,4855 ;  $p = 0,0411$ ). Ceci implique que plus la gêne est importante dans un contexte bruyant au quotidien, moins bons sont les résultats perceptifs dans le bruit.

### 3. Limites de l'étude et perspectives

#### a. Cohortes

Tout d'abord, malgré une cohorte de trente enfants NE de 3 à 6 ans, ce nombre est insuffisant pour réaliser une analyse statistique paramétrique dès lors que l'on veut distinguer plusieurs groupes (âge, niveau de concentration). Une étude sur une cohorte plus importante pourrait être envisagée afin de pouvoir généraliser les tendances mises en évidence à l'ensemble de la population des enfants NE de 3 à 6 ans. Chez l'enfant implanté cochléaire, l'étude ne permet pas de mettre en évidence la supériorité de l'appareillage binaural sur l'appareillage monaural, contrairement aux tendances soulevées dans la littérature. Ceci peut être imputable à différentes raisons, comme des effectifs peu importants, mais aussi le fait que nous ayons dû regrouper des reculs pour certaines analyses ou encore un RSB trop élevé (+6 dB) pour refléter fidèlement les compétences des enfants. Afin de pouvoir mener des études avec des groupes homogènes et de taille suffisante, l'évaluation dans le bruit doit tendre à se systématiser. En effet, les professionnels sont encore trop peu à la réaliser de manière systématique, en partie à cause de l'allongement du temps d'évaluation impliqué et du manque de normes de référence (Wilson & McArdle, 2005).

#### b. Matériel linguistique

Afin d'étudier les capacités perceptives le plus purement possible, il serait intéressant de compléter ce protocole par l'évaluation de non-mots. Par ailleurs, l'utilisation de phrases permettrait une évaluation dans une condition plus écologique (Wilson & McArdle, 2005).

#### c. Échelle de concentration

L'échelle de concentration créée étant subjective, son interprétation doit être nuancée. De plus, elle donne lieu à un score unique pour la totalité de la passation alors même que la concentration de certains enfants pouvait varier d'une liste à l'autre.

#### d. Questionnaire

L'un des objectifs de cette étude était de voir s'il y a un effet de l'entraînement dans le bruit au quotidien sur les performances perceptives dans le bruit, ce que l'analyse statistique n'a mis en évidence ni chez l'enfant NE, ni chez l'enfant implanté. Cette observation n'est pas nécessairement surprenante chez le NE. Elle peut en effet être le reflet de l'évolution dans un environnement sonore accessible dans sa totalité et en permanence permettant de développer naturellement une fonction binaurale. En revanche, il serait intéressant d'approfondir la question chez le sujet implanté cochléaire en menant une étude sur des cohortes plus importantes et homogènes et/ou en complétant le questionnaire. En effet, l'absence de corrélation peut être en lien avec le caractère subjectif des questionnaires, qui dépendent de l'appréciation des parents, mais aussi avec les questionnaires eux-mêmes, notamment concernant le nombre d'items composant chaque score, qui peut être insuffisant. Dans la littérature, le sujet de l'entraînement auditif dans le bruit reste à explorer (Oba et al., 2011). Chez l'adulte, des études tendent à démontrer les bienfaits d'un entraînement spécifique dans le bruit (Fu & Galvin, 2008). Chez l'enfant, l'entraînement dans le bruit commence à être étudié (Sullivan et al., 2013) mais la littérature demeure pauvre à ce sujet. Outre cet entraînement spécifique qui peut être proposé en rééducation orthophonique, il serait

intéressant de déterminer si l'environnement sonore dans lequel évolue l'enfant au quotidien (plus ou moins bruyant) influence son développement perceptif.

## ----- CONCLUSION -----

Cette étude avait pour objectif de dresser un état des lieux de l'évaluation perceptive dans le bruit des enfants de 3 à 6 ans implantés cochléaires, au sein de l'hôpital Necker. De plus, elle visait à rendre compte de leurs capacités perceptives dans le bruit ainsi que de celles des enfants normo-entendants (NE) de même âge. Ces différents points d'étude convergeaient tous vers un objectif unique à savoir : guider l'ajustement du protocole d'évaluation de la perception dans le bruit dans le service à la lumière des résultats obtenus chez l'enfant NE. En effet, l'évaluation de l'enfant implanté cochléaire doit faire référence au développement de l'enfant NE.

Les résultats de cette étude permettent de dégager des pistes pour l'ajustement du protocole : il serait intéressant d'évaluer les enfants sourds implantés cochléaires au RSB 0 dB, et ce dès l'âge de 3 ans. De plus cette étude souligne la nécessité de sensibiliser les professionnels à ce sujet. Encore trop peu réalisée, l'évaluation perceptive dans le bruit doit tendre à se systématiser et favoriser la prise en compte de l'entraînement dans le bruit dans l'éducation auditive proposée en rééducation orthophonique.

## ----- BIBLIOGRAPHIE -----

Chays, A. (2008). Sa vie. In A. Chays (Ed), *Naissance, vie et mort de l'oreille* (pp. 33–82). Paris: Les monographies Amplifon, 45. Consulté le 20.07.2015 de Amplifon : <http://www.amplifon.fr/orl/Pages/plateforme-orl.aspx>

Collège National d'Audioprothèse (1997). Audition binaurale. In *Précis d'audioprothèse. L'appareillage de l'adulte Tome 1 : Le bilan d'orientation prothétique*. (pp. 70–74). Paris : Les éditions du Collège National d'Audioprothèse.

Cochard, N., Calmels, M.N., Landron, C., Husson, H., Honegger, A., Fraysse, B. (2004). L'évaluation des résultats à long terme chez les enfants sourds congénitaux et prélinguaux porteurs d'un implant cochléaire. *Rééducation Orthophonique*, 217, 117-125.

Desaunay, M., Fleuriot, P., Debrulle, L., Garnier, S., Garabédian, E.N., Loundon, N., Marlin, S., Denoyelle, F., Tran Ba Huy, P., De Waele, C., Gilbert, G., Lorenzi, C. (2007). Rôle des informations d'enveloppe temporelle et de structure temporelle fine dans l'intelligibilité de la parole chez les sujets entendants et malentendants. *Les Cahiers de l'Audition*, 20(3), 46-50. Consulté le 20.07.2015 de Collège National d'Audioprothèse: <http://www.college-nat-audio.fr/cdlapdf/2007-3.pdf>

Deys, S., Lermigeaux, S. (2004). L'audition binaurale et l'appareillage stéréophonique. In *Nouvelles données en Audiologie* (pp. 39-66). Paris: Les monographies Amplifon, 36. Consulté le 20.07.2015 de Amplifon : <http://www.amplifon.fr/orl/Pages/plateforme-orl.aspx>

INSERM (2006). *Déficits auditifs: recherches émergentes et applications chez l'enfant*. Paris: Les éditions INSERM. Consulté le 20.07.2015 de INSERM : <http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/67>

- Fu, Q.J., Galvin, J.J., III (2008). Maximizing cochlear implant patients' performance with advanced speech training procedures. *Hearing research*, 242(1-2), 198-208. Consulté le 20.07.2015 de PubMed : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2603139/>
- Füllgrabe, C., Berthommier, F., Lorenzi, C. (2006). Masking release for consonant features in temporally fluctuating background noise. *Hearing research*, 211(1-2), 74-84. doi:10.1016/j.heares.2005.09.001
- Gnansia, D. (2009). Intelligibilité dans le bruit et démasquage de la parole chez les sujets normo-entendants, malentendants et implantés cochléaires. *Les Cahiers de l'Audition*, 22(6), 9-42. Consulté le 20.07.2015 de Collège National d'Audioprothèse: <http://www.college-nat-audio.fr/cdlapdf/2009-6.pdf>; <http://www.college-nat-audio.fr/cdlapdf/2009-6.pdf>
- Goujon, F. (2013). Audiométrie vocale : Étude de l'intelligibilité dans le bruit chez le normo-entendant et détermination de courbes vocales de référence. *Les Cahiers de l'Audition*, 26(4), 20-27. Consulté le 20.07.2015 de Collège National d'Audioprothèse: <http://www.college-nat-audio.fr/cdlapdf/2013-4.pdf>
- Killion, M.C., Niquette, P.A., Gudmundsen, G.I., Revit, L.J., Banerjee, S. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116, 2395-2405. doi : 10.1121/1.1784440
- Kokkinakis, K., Pak, N. (2014). Erratum: Binaural advantages in users of bimodal and bilateral cochlear implant devices. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135, EL47–EL53. doi : 10.1121/1.4870482
- Laroche, C., Vaillancourt, V., Melanson, C., Renault, M.E., Thériault, C., Soli, S.D., Giguère, C. (2006). Adaptation du HINT (Hearing in Noise Test) pour les enfants francophones canadiens et données préliminaires sur l'effet d'âge. *Revue d'orthophonie et d'audiologie*, 30(2), 95-109. Consulté le 20.07.2015 de CJSJLPA : [http://cjsjlp.ca/files/2006\\_JSLPA\\_Vol\\_30/No\\_02\\_81-152/Laroche\\_Vaillancourt\\_Melanson\\_JSLPA\\_2006.pdf](http://cjsjlp.ca/files/2006_JSLPA_Vol_30/No_02_81-152/Laroche_Vaillancourt_Melanson_JSLPA_2006.pdf)
- Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X. (2011a). Audiométrie de l'enfant: les moyens de diagnostic. In *Audiologie pratique*. A (143-162). Paris: Elsevier, Masson.
- Legent, F., Bordure, P., Calais, C., Malard, O., Chays, A., Roland, J., Garnier, S., Debruille, X. (2011b). Audiométrie vocale. In *Audiologie pratique*. A (63-81). Paris : Elsevier, Masson.
- Litovsky, R.Y. (2005). Speech intelligibility and spatial release from masking in young children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(5), 3091-3099. doi : 10.1121/1.1873913

- Mok, M., Galvin, K.L., Dowell, R.C., McKay, C.M. (2007). Spatial unmasking and binaural advantage for children with normal hearing, a cochlear implant and a hearing aid, and bilateral implants. *Audiology & neuro-otology*, 12(5), 295-306. doi : 10.1159/000103210
- Nelson, P.B., Jin, S.H. (2004). Factors affecting speech understanding in gated interference: Cochlear implant users and normal-hearing listeners. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(5), 2286-2294. doi : 10.1121/1.1703538
- Oba, S.I., Fu, Q.J., Galvin, J.J. III (2011). Digit training in noise can improve cochlear implant users' speech understanding in noise. *Ear and hearing*, 32(5), 573-581. Consulté le 20.07.2015 de PubMed : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3129451/>
- Paquier, M. (2013). Traitement du bruit et de la parole par le système auditif chez l'entendant et le déficient auditif. *Les Cahiers de l'Audition*, 26(6), 17-21. Consulté le 20.07.2015 de Collège National d'Audioprothèse: <http://www.college-nat-audio.fr/cdlapdf/2013-6.pdf>
- Schafer, E.C., Amlani, A.M., Paiva, D., Nozari, L., Verret, S. (2011). A meta-analysis to compare speech recognition in noise with bilateral cochlear implants and bimodal stimulation. *International Journal of Audiology*, 50(12), 871-880. doi : 10.3109/14992027.2011.622300
- Sullivan, J.R., Thibodeau, L.M., Assmann, P.F. (2013). Auditory training of speech recognition with interrupted and continuous noise maskers by children with hearing impairment. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(1), 495-501. doi : 10.1121/1.4770247
- Taylor, B. (2003). Speech-in-noise tests: How and why to include them in your basic test battery. *The Hearing Journal*, 56(1), 40-43. Consulté le 20.07.2015 de The Hearing Journal : [http://journals.lww.com/thehearingjournal/Fulltext/2003/01000/Speech\\_in\\_noise\\_tests\\_\\_How\\_and\\_why\\_to\\_include\\_them.8.aspx](http://journals.lww.com/thehearingjournal/Fulltext/2003/01000/Speech_in_noise_tests__How_and_why_to_include_them.8.aspx)
- Vincent, C. (2008). Les épreuves de stéréaudiométrie. In O. Deguine, V. Darrouzet (Ed), *Électrophysiologie en ORL* (pp.73-76). Société Française d'Oto-Rhino-Laryngologie et de Chirurgie de la Face et du Cou.
- Vinet, A., Barbier, D. (2006). Logiciel DIGIVOX. Paris : Audivimedia
- Wilson, R.H., McArdle, R. (2005). Speech signals used to evaluate functional status of the auditory system. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42(4), 79-94. Consulté le 20.07.2015 de US Department of Veterans Affairs : <http://www.rehab.research.va.gov/jour/05/42/4suppl2/pdf/wilson.pdf>