



Département d'Orthophonie
Gabriel DECROIX

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
présenté par :

Marie CHATELET

soutenu publiquement en juin 2018 :

Analyse des indices acoustiques utilisés par les adolescents implantés cochléaires pour reconnaître une émotion

MEMOIRE dirigé par :

Jérôme ANDRE, orthophoniste à Ronchin (IRPA) et enseignant au Département d'Orthophonie de
Lille

Isabelle POIDEVIN, orthophoniste à Ronchin (IRPA)

Lille – 2018

Remerciements

Je remercie...

Mon directeur de mémoire, Jérôme André, pour m'avoir proposé ce sujet des plus intéressants et pour m'avoir fait confiance, pour m'avoir guidée et conseillée tout au long de sa réalisation, pour sa disponibilité et son soutien.

Ma directrice de mémoire et maître de stage, Isabelle Poidevin, pour ce que j'ai appris avec elle tout au long de l'année, pour son soutien et son implication dans la réalisation de ce mémoire.

Ma maître de stage et première lectrice de ce mémoire, Charlotte Bony, pour ses conseils, son enseignement et sa bonne humeur ainsi que pour avoir accepté de participer à ce projet.

Les orthophonistes de l'IRPA pour avoir accepté de m'aider dans la réalisation de ce mémoire, pour le temps qu'elles ont consacré à la passation des tests et pour m'avoir accueillie chaleureusement sur leur lieu de travail.

Les patients de l'IRPA, ainsi que tous les adolescents qui ont accepté de participer à cette étude.

Monsieur Nicolas Depas, pour m'avoir aidée à traiter les données statistiques de cette étude.

Ma famille et mes proches pour m'avoir soutenue tout au long de ces cinq années d'étude et dans la réalisation de ce mémoire.

Résumé : L'implantation cochléaire est aujourd'hui reconnue comme étant une technique efficace de réhabilitation des surdités. Elle permet d'obtenir de bons résultats langagiers et d'accéder à une perception de la parole satisfaisante. Qu'en est-il de la perception auditive des émotions ? L'objectif de ce mémoire est d'évaluer les compétences d'adolescents implantés cochléaires en reconnaissance de la prosodie émotionnelle et d'analyser leurs difficultés potentielles au regard des limites technologiques de l'implant. A terme, le but serait pour l'orthophoniste de pouvoir détecter ces difficultés et les transmettre au réglageur afin d'améliorer les réglages de l'implant. Nous avons constitué deux groupes d'étude (adolescents sourds et entendants) auxquels nous avons proposé un test de reconnaissance des émotions. Nous avons également proposé aux adolescents sourds le PEPA-IR afin d'évaluer leurs capacités de perception globales du signal sonore. Les résultats obtenus ont mis en évidence des difficultés spécifiques chez les adolescents sourds, avec des résultats significativement plus faibles que chez les adolescents normo-entendants. En revanche, les résultats obtenus au PEPA-IR n'ont pas révélé de facteur commun expliquant ces difficultés. Les adolescents testés présentaient globalement de bonnes capacités de perception des différents paramètres acoustiques. Nous n'avons donc pu faire de lien équivoque entre les difficultés retrouvées au test de reconnaissance des émotions et l'évaluation des compétences auditives des sujets sourds. Néanmoins, les résultats obtenus au PEPA-IR étaient globalement peu fiables. Il pourrait ainsi être intéressant de reproduire ce type d'étude, en incluant davantage de sujets et en s'appuyant sur des analyses plus fines de la perception des indices acoustiques.

Mots-clés : Surdité, implantation cochléaire, reconnaissance des émotions, adolescents.

Abstract : Cochlear implantation is now recognized as an effective technique for the rehabilitation of deafness. In particular, it allows to provide good language results and access a good perception of speech. What about the auditory perception of emotions ? The aim of this thesis is to evaluate the skills of cochlear implanted deaf adolescents in recognition of emotional prosody and analyze their potential difficulties in the context of the technological limitations of the implant. In short, the goal would be for the speech therapist to be able to detect these difficulties and transmit them to the adjuster in order to improve the settings of the implant. We formed two groups of studies (deaf and hearing adolescents) to whom we proposed an emotion recognition test. We also submitted deaf adolescents the PEPA-IR to assess their overall perception abilities of the sound signal. The results obtained revealed specific difficulties among deaf adolescents, with significant lower results than among normal hearing adolescents. On the other hand, the results obtained at the PEPA-IR did not reveal any common factor explaining these difficulties. The adolescents tested had generally good abilities to perceive different acoustic parameters. We could not make an equivocal link between the difficulties found in the test of recognition of emotions and the assessment of auditory skills of deaf subjects. Nevertheless, the PEPA-IR results were on the whole unreliable. It may be interesting to reproduce this type of study, by including more subjects and relying on finer analyzes of the perception of acoustic cues.

Keywords : Deafness, cochlear implantation, emotion recognition, teenagers.

Introduction	5
Contexte théorique, buts et hypothèses	6
.1.Implantation cochléaire et prosodie.	6
.1.1.Fonctionnement de l’implant cochléaire.	6
.1.2.Indications d’implantation cochléaire et variables clés.....	8
.1.3.Bénéfices et limites technologiques de l’implant cochléaire.	9
.1.4.Perception de la prosodie.	10
.2.Concept d’émotion.	11
.2.1.Qu’est-ce qu’une émotion ?	11
.2.2.Emotions, communication et apprentissages.....	12
.2.3.Caractéristiques acoustiques des émotions.	13
.3.Buts du mémoire et hypothèses de recherche.	15
Méthode.....	16
.4.Présentation de la population d’étude.	16
.5.Présentation du matériel.	18
.6.Présentation de la procédure.	20
.7.Présentation de l’outil statistique.	21
Résultats	21
Discussion	26
Conclusion.....	29
Bibliographie	31
Liste des annexes.....	34
Annexe n°1 : Grille d’évaluation du test de reconnaissance des émotions.....	34
Annexe n°2 : Spectrogrammes des phrases utilisées dans le test de reconnaissance des émotions.	34

Introduction

L'implantation cochléaire a pour objectif général de permettre à la personne qui en bénéficie d'accéder à une communication fonctionnelle, et de pouvoir ainsi s'adapter aux différentes situations langagières. Nous savons aujourd'hui qu'il s'agit d'une technique efficace de réhabilitation des surdités sévères et profondes (Hssaine et al., 2015). Elle s'utilise chez l'enfant comme chez l'adulte et permet bien souvent d'accéder à une perception de la parole de qualité et d'obtenir de bons résultats sur le plan du langage. Cela est notamment dû au fait que les régleurs ont su adapter leurs stratégies de réglages aux caractéristiques inhérentes aux implants cochléaires (IC).¹

Néanmoins, ces derniers présentent quelques limites. Si les indices temporels et de sonie sont traités de manière efficace par l'IC, ce n'est pas le cas pour l'analyse de la structure fine de la parole. En effet, les indices fréquentiels sont traités de manière moins efficace par l'IC. Cela s'explique par le nombre limité d'électrodes insérables dans la cochlée. Il est probable que ce déficit de performance ait un impact sur la perception auditive des émotions, auxquelles nous nous intéresserons dans ce mémoire. En effet, selon Beller (2005), chaque émotion est caractérisée par un « profil acoustique » particulier. Ceux-ci sont définis par des indices reposant sur la hauteur, l'intensité, ou encore la qualité vocale. Il est donc probable qu'une défaillance de perception d'un ou plusieurs de ces indices soit à l'origine de difficultés de reconnaissance de la prosodie émotionnelle chez les personnes sourdes porteuses d'IC.

Ce type de problématique entre dans le champ d'action des orthophonistes car elle touche la communication. En effet, la perception des informations non verbales, telle que la prosodie émotionnelle, s'avère tout aussi importante que la compréhension de la parole pour interpréter correctement le message d'un interlocuteur. En ce sens, la perception des émotions est directement liée aux facultés communicationnelles. Elle permet notamment de mieux analyser le message perçu, ou encore d'accéder à l'état mental de son interlocuteur. Chez la personne sourde, cette perception est altérée du fait de la défaillance du système auditif. Le problème est donc de savoir dans quelle mesure cette perturbation peut être compensée par l'IC ainsi que par la rééducation orthophonique. L'orthophoniste doit dès lors pouvoir détecter ce qui n'est pas adéquatement perçu pour essayer de trouver, en collaboration avec le régleur, la correction la plus adaptée.

Néanmoins, les recherches dans ce domaine sont à ce jour assez restreintes. Plusieurs études (Ambert-Dahan, 2014 ; Méheust, 2009) ont été menées auprès d'enfants et d'adultes sourds, implantés ou non, afin de mesurer leur aptitude à reconnaître auditivement les émotions. Leurs résultats montrent que les adultes et les enfants implantés cochléaires présentent effectivement des difficultés dans ce domaine. Mais aucun de ces travaux n'interprète les scores obtenus en termes de stratégie compensatoire de réglage, et à notre connaissance, aucune n'a été menée auprès d'adolescents sourds. C'est pourquoi il nous semble pertinent de savoir quels sont les indices acoustiques utilisés par les adolescents implantés en reconnaissance de la prosodie émotionnelle, et de tenter de limiter leurs difficultés potentielles par le biais des réglages de l'IC.

¹ L'abréviation IC sera utilisée dans ce mémoire pour signifier « implant cochléaire ».

Nous exposerons dans la partie suivante le contexte théorique dans lequel nous réalisons cette étude. Nous présenterons dans un premier temps l'IC, son fonctionnement, ses indications, ses bénéfices et limites ainsi que les caractéristiques de la prosodie. Dans un deuxième temps, nous présenterons le concept d'émotions, le rôle de celles-ci dans la communication ainsi que leurs caractéristiques acoustiques. Enfin, nous exposerons les objectifs généraux de ce mémoire et nos hypothèses de recherche.

Contexte théorique, buts et hypothèses

.1. Implantation cochléaire et prosodie.

Dans la première partie de ce travail, nous nous intéressons à l'implant cochléaire ainsi qu'à la perception de la prosodie. Nous allons tout d'abord présenter le fonctionnement de l'IC (composition, paramètres ajustables et stratégies de codage).

.1.1. Fonctionnement de l'implant cochléaire.

Le CISIC (Centre d'Information sur la Surdité et l'Implant Cochléaire) décrit l'IC comme « un dispositif médical électronique destiné à restaurer l'audition des personnes atteintes d'une perte d'audition sévère à profonde et qui comprennent difficilement la parole à l'aide de prothèses auditives ». L'implantation cochléaire représente une importante avancée dans la réhabilitation des surdités et ne cesse de s'améliorer depuis la seconde moitié du XX^{ me} siècle. Elle a été mise au point en France par Djourno, Eyri s et Vallancien en 1957, puis reprise en 1961 aux Etats-Unis par House et Doyle (Cajac, 2013). Cette solution à long terme nécessite une intervention chirurgicale. Elle est proposée lorsqu'une personne atteinte de surdité ne tire pas profit des prothèses auditives.

Avec un IC, les fibres nerveuses auditives sont stimulées électriquement, au moyen d'électrodes insérées dans la cochlée. De cette manière, les afférences vers le système nerveux sont rétablies. L'implant cochléaire se compose d'une partie externe (microphone, processeur vocal, alimentation électrique, antenne) et d'une partie interne (implant et porte-électrodes). Le schéma suivant en explique le fonctionnement.

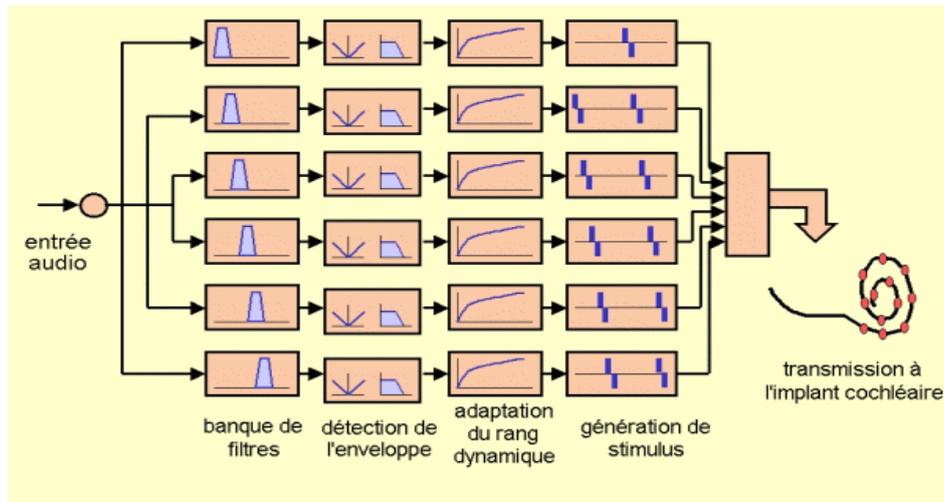


Figure 1. Diagramme de bloc d'un système d'implant cochléaire (données "Cochlear Implant Simulation - ver 2.0 - Comment l'a-t-on fait ?" Université de Grenade, 2004)

Tout d'abord, le microphone capte le signal acoustique. Ce dernier va ensuite être amplifié puis traité par une série de filtres passe-bande, qui vont le découper en un nombre variable de bandes de fréquences suivant la marque de l'IC (entre 12 et 22). Pour un accès aux sons de la parole, l'étendue des fréquences analysées par le processeur est généralement comprise entre 190Hz² et 8000Hz. La sortie de chaque filtre passe ensuite par un détecteur d'enveloppe qui estime l'énergie du signal sur chaque bande de fréquence et à chaque instant. Le bloc d'adaptation de rang dynamique ajuste la dynamique électrique de sortie de chaque électrode en fonction des seuils de perception et de confort du patient. Le processeur génère alors, suivant une stratégie de codage mise en place par le régleur, des trains d'impulsions de stimulation. Ceux-ci seront ensuite transmis via l'antenne à la partie interne puis répartis sur les différentes électrodes afin notamment de respecter la tonopie cochléaire³.

Pour améliorer la perception du patient le régleur peut donc ajuster de nombreux paramètres. Wolfe et Schafer (2010) en établissent la liste exhaustive suivante.

Dans le domaine de l'intensité, il est ainsi possible de modifier :

- les niveaux de stimulation (son le plus faible et son le plus fort pouvant être perçus),
- les seuils de perception et de confort du patient,
- l'amplitude et la largeur de l'impulsion électrique appelée pulse,
- l'adaptation de la gamme d'entrées acoustiques dans la dynamique électrique (compression).

Dans le domaine des fréquences, le régleur peut ajuster :

- les fréquences allouées à chaque électrode,
- le nombre d'électrodes stimulées en même temps (nombre de maxima) et la séquentialité ou la simultanéité de leur activation,
- le mode de couplage des électrodes. Cela correspond à la façon dont les électrodes sont connectées entre elles pour former un circuit électrique.

² L'abréviation « Hz » signifie « Hertz ».

³ Déformation de la membrane basilaire de la cochlée en un lieu qui dépend de la fréquence (base de la cochlée pour les fréquences aiguës, apex de la cochlée pour les fréquences basses).

Dans le domaine temporel, le régleur peut faire varier la vitesse de stimulation des électrodes.

La combinaison de ces ajustements va ainsi définir la stratégie de codage. Il en existe de multiples (SPEAK, CIS, ACE, SAS,...). Celles-ci utilisent « la détection de maxima spectraux et exploitent au maximum la cadence de stimulation qui doit être rapide, mais pas trop pour éviter la fatigabilité des fibres nerveuses et pour s'adapter à leur période réfractaire » (Guevara, Lina-Granade, Seldran, Truy, et Gallego, 2015, *Implant cochléaire en 2015*, p.26). Pour une revue plus complète sur le sujet, le lecteur pourra se référer aux travaux de Somek, Fajt, Dembitz, Ivković, et Ostojic (2006) ou Gallego et Collet (2010).

Nous allons à présent présenter les indications de l'implantation cochléaire chez l'enfant et l'adolescent et les variables qui vont influencer les résultats, l'efficacité de cette intervention.

.1.2. Indications d'implantation cochléaire et variables clés.

Selon les recommandations de la Haute Autorité de Santé (HAS), l'IC peut être proposé aux enfants déficients auditifs présentant une surdité profonde lorsque le gain avec prothèses auditives ne permet pas le développement du langage. Il peut également être proposé en cas de surdité sévère, lorsque la reconnaissance en audiométrie vocale est inférieure ou égale à 50% en champ libre (à 60dB⁴ avec prothèses). Il peut enfin être proposé dans le cadre des surdités fluctuantes lorsque les critères cités précédemment sont atteints ou qu'il existe un retentissement sur le langage.

Cette intervention est également envisageable, dans certains cas, chez l'adolescent, notamment dans le cadre d'une surdité congénitale qui s'aggrave (Thibault et Pitrou, 2014). Mais il faut pour cela que l'adolescent réponde à certains critères : avoir une langue orale correctement structurée, des capacités de lecture labiale efficaces, une motivation importante, un bon niveau intellectuel et culturel, ainsi qu'un environnement familial stimulant.

Plusieurs facteurs vont influencer l'efficacité de l'implantation cochléaire.

On peut citer l'âge d'implantation cochléaire. En effet, la période sensible du développement du langage se situe aux alentours de deux ans et demi. Il s'agit de la période optimale pour la stimulation des voies auditives centrales par un IC car cela permet la maturation normale du cortex auditif (Ambert-Dahan, op. cit.). Il est donc pertinent de proposer l'implantation avant deux ans, voire un an, pour limiter la période de déprivation auditive.

L'âge de début de la surdité est également un facteur important à prendre en compte : les conséquences sur le langage ne seront pas les mêmes si la surdité est pré, péri ou post-langagière.

L'audition résiduelle joue aussi un rôle, tout comme la présence de troubles associés à la surdité, ou encore le fait que l'implantation soit uni ou bilatérale. En effet, une audition binaurale, qui désigne le fait d'entendre avec les deux oreilles, présente divers avantages par rapport à l'audition monaurale : elle permet la sommation de sonie⁵, une meilleure localisation de la source sonore ainsi qu'une meilleure compréhension dans le bruit (Iwaki et al., 2004).

Il existe également un bénéfice de l'audition bimodale (IC associé à une prothèse

⁴ L'abréviation « dB » sera utilisée dans ce mémoire pour « décibels ».

⁵ Sommation de sonie : addition des quantités d'énergie perçues par les deux oreilles entraînant une augmentation de la sensation auditive de 10 à 15 dB au niveau de la perception globale.

auditive), notamment pour percevoir les éléments suprasegmentaux de la parole (accent, intonation, rythme...). Cela s'explique par le fait que l'IC et la prothèse auditive apportent des informations acoustiques complémentaires sur le plan des fréquences.

Enfin, des variables individuelles (motivation, caractéristiques personnelles) et contextuelles (environnement social, affectif, linguistique, implication de la famille, mode de communication ou encore nombre de séances de rééducation orthophonique) doivent également être prises en compte (Garabédian et Loundon, 2010).

Nous développons dans la partie suivante les bénéfices de l'IC sur la perception de la parole et du langage, mais aussi ses limites et les éléments qui restent à approfondir chez l'adolescent, sur le plan langagier et de la perception de la prosodie.

.1.3. Bénéfices et limites technologiques de l'implant cochléaire.

Malgré d'importantes différences entre les sujets porteurs d'IC, celui-ci permet, dans la grande majorité des cas, de rétablir des facultés de communication orale proches de celles des personnes normo-entendantes, et meilleures que celles des porteurs d'aides auditives.

L'IC améliore de façon considérable la perception de la parole. La compréhension de la parole va se développer au fil des années, pour atteindre très souvent une bonne efficacité. Sur le plan langagier, elle permet également des progrès réguliers et évite l'accroissement du retard de langage (Transler, Leybaert, et Gombert, 2005). L'étude de Colleau (2001) portait sur vingt sujets entre douze et dix-huit ans, atteints de surdité profonde. Les résultats de cette étude montraient que les scores obtenus par les sujets sourds porteurs d'IC étaient quasi similaires à ceux obtenus par les sujets normo-entendants, sur le plan du vocabulaire, de la compréhension syntaxico-déductive et pour l'expression orale (après quatorze ans), ce qui n'était pas le cas des sujets bénéficiant d'aides prothétiques. Les adolescents implantés ont donc de bonnes capacités langagières : la parole est fluente, le lexique est normalisé, la syntaxe bien développée...

Néanmoins, il reste nécessaire d'approfondir le travail du langage complexe (tant pour le lexique que pour la syntaxe), de la pragmatique de la langue avec le développement des capacités d'analogie, de généralisation et particularisation, d'accès à l'implicite ou encore des capacités d'abstraction (Thibault et Pitrou, op. cit.). La perception de la parole dans le bruit et au téléphone, ou encore la perception de la musique et de la voix, restent également des sources de difficultés importantes.

Ces difficultés sont directement liées aux caractéristiques de l'IC. En effet, l'enveloppe spectrale du signal sonore est dégradée par l'IC. La structure fine du son (variations fréquentielles rapides et détaillées) n'est pas correctement restituée par l'IC, ce qui a des conséquences sur la perception du signal. Une personne normo-entendante est capable de percevoir des fréquences comprises entre 20Hz et 20000Hz, et de détecter une différence de 3Hz entre deux sons perçus. Chez une personne sourde implantée, la sensibilité fréquentielle est moindre (notion de « pitch steering »). Ainsi, dans les fréquences graves notamment, elle sera en mesure de percevoir sept canaux différents, tandis qu'une personne normo-entendante en percevra environ quatre-vingts. En revanche, l'enveloppe temporelle du signal sonore (contour général) est codée de façon efficace par l'IC. Une étude de Most et Peled (2007) tend d'ailleurs à montrer que l'IC est moins efficace que les prothèses auditives pour la perception

de la prosodie.

Le travail de la perception de la voix reste donc également à approfondir. Car si les capacités à percevoir la parole sont bien développées chez l'adolescent, elles ne sont pas toujours suffisantes pour interpréter correctement le message d'un interlocuteur. En effet, les informations non verbales, telle que la prosodie, sont tout aussi importantes. Celle-ci complète et renforce la compréhension d'un message en apportant des informations supplémentaires.

Nous allons donc nous intéresser aux caractéristiques de la prosodie, en évoquant les différents paramètres acoustiques qui permettent de la moduler, ainsi qu'à sa mise en place au cours du développement et aux rôles qu'elle joue dans la communication.

.1.4. Perception de la prosodie.

La prosodie est l'ensemble des faits suprasegmentaux de la parole, à savoir l'intonation et la mélodie⁶, l'accentuation⁷, les tons⁸ et le rythme⁹. Elle se combine aux unités phonétiques de la parole, ou traits segmentaux (Tromeur, 2011). Dans la langue française, la prosodie se manifeste par la modulation de divers paramètres acoustiques qui sont la fréquence fondamentale (F0), la durée, l'intensité et le timbre (ou qualité de la voix).

La fréquence fondamentale (F0) génère une sensation de hauteur tonale de la voix et est exprimée en Hertz. Elle dépend de la fréquence de vibration des cordes vocales, c'est-à-dire du nombre de cycles d'ouverture-fermeture de celles-ci (Gougeon, 2015). Le fondamental usuel est la fréquence la plus utilisée en voix conversationnelle (environ 110Hz chez l'homme et 220Hz chez la femme). La F0 varie beaucoup au cours de la parole, ce qui crée la mélodie du discours.

L'intensité dépend quant à elle de l'énergie pneumo-phonatoire engendrée par unité de temps dans l'émission vocale. Elle est liée à la pression d'air sous-glottique et à l'amplitude de l'onde sonore qui en résulte (Brin, Courier, Lederlé, et Masy, 2004). La sensation sonore, appelée sonie, peut ainsi être faible ou forte et se mesure en décibels. La voix conversationnelle est d'environ 55dB.

La durée est l'intervalle de temps mesuré pour émettre le signal vocal, que ce soit l'émission d'un son, d'une phrase, ou encore d'un silence. Elle est évaluée en secondes. Elle induit « les sensations de rythme (organisation et déroulement temporels de la parole), de débit (vitesse d'élocution) et de pauses » dans la parole (Frémont, 2013, La perception musicale et la perception prosodique émotionnelle chez des enfants implantés cochléaires, p.25).

Le timbre, qui correspond à la structure spectrale du son, donne à la voix sa richesse et son identité. Il provient du modelage du son laryngé par les cavités de résonance en supprimant ou en enrichissant (ajout d'harmoniques¹⁰) certaines fréquences.

Chez les enfants normo-entendants, la perception de la prosodie se met en place de façon

⁶ Intonation et mélodie sont liées. Elles correspondent à des variations de la fréquence fondamentale dans la phrase.

⁷ Accentuation : mise en relief des syllabes par des variations d'intensité et de durée.

⁸ Tons : modifications de hauteur au sein de la syllabe (notamment sur les voyelles). Le français n'est pas une langue à tons.

⁹ Rythme : mouvement général de la phrase résultant de la succession des pauses et des accents (moins nombreux lorsque le débit est rapide).

¹⁰ Harmoniques : multiples de la fréquence fondamentale.

précoce. Dès les premiers mois, l'enfant réagit aux intonations de sa langue maternelle. A partir de deux ans, il va comprendre que les aspects sémantiques et prosodiques du message verbal sont deux sources importantes d'informations (Brin et al., op. cit.). Petit à petit, les capacités de perception de la prosodie vont s'améliorer. La prise en compte des indices prosodiques va donc augmenter progressivement avec l'âge (Morton et Trehub, 2001). Avant neuf - douze ans, l'enfant va utiliser préférentiellement des indices contextuels et le contenu sémantique pour analyser un message. Passé cet âge, l'utilisation de la prosodie pour interpréter un message verbal sera décuplée (Aguert, Laval, Le Bigot et Bernicot, 2010). En effet, prendre en compte les indices prosodiques dans une situation d'interaction nécessite un processus complexe impliquant des compétences perceptives mais aussi cognitives (langagières, attentionnelles) et sociales, qui s'acquièrent avec l'âge.

La prosodie joue un rôle incontestable dans la communication orale. Elle permet une compréhension plus fine, plus adéquate du message verbal et donc une meilleure adaptation dans l'interaction avec autrui. Selon l'école de Palo Alto, 96% de la communication passerait d'ailleurs par l'intonation de la voix et l'aspect corporel.

La prosodie va jouer différents rôles, que Remay (2007), classe selon 3 catégories. La première est une fonction syntaxique ou délimitatrice : elle révèle les groupes de mots significatifs dans le flux verbal, segmente les unités linguistiques et permet d'identifier les différents types de phrases (interrogative, déclarative, exclamative...). La deuxième est une fonction pragmatique : elle nuance le message émis, transmet l'intention de communication du locuteur, organise l'énonciation selon les critères sociolinguistiques et discursifs. La dernière est une fonction expressive : elle transmet les émotions du locuteur. En effet, si la communication orale d'une émotion se transmet par le choix du vocabulaire, elle se transmet tout autant par la prosodie.

Nous allons à présent nous intéresser aux émotions, définir ce concept, évoquer le rôle qu'elles jouent dans la communication et également présenter les paramètres acoustiques qui définissent chacune d'elles.

.2. Concept d'émotion.

La deuxième partie de notre exposé théorique s'intéresse plus particulièrement aux émotions. Nous allons d'abord définir ce concept et présenter la classification des émotions proposée par Ekman (Ekman, Sorenson, & Friesen, 1969).

.2.1. Qu'est-ce qu'une émotion ?

Les émotions sont omniprésentes dans notre vie quotidienne et représentent une part importante des comportements humains. Ce sont des réactions affectives brèves, intenses, involontaires et automatiques de l'organisme, face à des événements extérieurs inattendus. Selon Villette (2011), il s'agit d'un phénomène multidimensionnel qui se compose d'affects (état affectif, vécu personnel), de sensations (agréables ou désagréables) et de manifestations physiologiques (rougissement, sueur, sécheresse buccale...). Pour Banse et Scherer (1996), une émotion se caractérise par cinq composantes :

- cognitive (rôle du système nerveux et de structures spécifiques dont l'amygdale),
- physiologique (modifications périphériques au niveau des organes, du tonus...),
- motrice (vocalisations, gestes, mimiques),
- comportementale (préparation à l'action),
- subjective (état émotionnel).

Elles sont visibles de l'extérieur, du fait de leur composante motrice : elles se manifestent dans la voix, au travers des mouvements corporels et des expressions faciales. Nous percevons donc les émotions par le canal visuel (postures, mimiques) et par le canal auditif (caractéristiques de la voix, choix des mots employés). Il existe des émotions dites positives comme la joie et d'autres dites négatives comme la tristesse.

Dans la littérature, on trouve diverses classifications des émotions. On peut notamment citer celle d'Ekman, élaborée en 1969 (Ekman, Sorenson et Friesen, op. cit.). Il s'agit d'une liste des émotions de base, fondamentales (non décomposables en unités élémentaires). Ces émotions seraient universelles, innées et auraient un aspect interculturel. Ce sont celles qui sont le plus souvent ressenties par les individus et les premières à être acquises dans le développement. Chez l'enfant normo-entendant, ces six émotions sont toutes reconnues vers l'âge de huit ans (Gosselin, Roberge et Lavallée, 1995). Elles seraient automatiques et permettraient d'assurer la survie de l'individu. La liste établie par Ekman incluait six émotions de base : la joie, la colère, la peur, la surprise, la tristesse et le dégoût (Jack, 2013). Ce « big six » est aujourd'hui reconnu par un grand nombre de chercheurs dans le domaine et est fréquemment utilisé dans les bases de données sonores. Le principe supposé sur lequel repose la sélection des émotions dans la classification d'Ekman est l'universalité des expressions faciales (Xuân Hùng Lê, 2009). Ses études mettent en évidence de nombreuses similarités dans l'expression et l'identification des émotions par le visage, au sein de différentes cultures.

Le paragraphe suivant s'intéresse plus particulièrement à l'importance des émotions dans la communication, aux processus nécessaires à leur acquisition et aux rôles qu'elles vont jouer dans le développement du sujet.

.2.2. Emotions, communication et apprentissages.

La compréhension et l'expression des émotions sont essentielles à la communication. En 1872, Darwin introduit l'idée que les émotions ont un caractère universel et communicatif : elles ont une fonction de communication et de régulation des interactions sociales (Darwin, 1872). D'après son étymologie, l'émotion est d'ailleurs un mouvement vers l'autre, vers l'extérieur (Damasio, 1995).

La compréhension des émotions d'autrui nous permet d'ajuster nos comportements et influence par la même l'insertion sociale. Elles nous renseignent sur l'état psychologique et physiologique de notre interlocuteur, sur son attitude vis-à-vis du sujet du message. Reconnaître les émotions exprimées par autrui nous permet donc d'accéder à son état mental, d'agir sur lui, tout comme nous pouvons lui fournir des indices sur nos propres états mentaux. Selon Schorr, Roth et Fox (2009), la qualité de vie des enfants implantés cochléaires est meilleure lorsqu'ils sont en mesure de percevoir correctement la prosodie du discours. Cela permet en effet de

meilleures compétences en termes d'ajustement social et d'adaptation à la communication.

Parvenir à gérer ses émotions et à catégoriser celles des autres est un processus qui nécessite du temps (rôle du développement cognitif) et des expériences : c'est en partie grâce aux expositions environnementales répétées que l'on devient plus performant, tant pour les exprimer que pour les comprendre. Cet apprentissage contribue au bon développement des habiletés sociales. Le développement de ces compétences pragmatiques s'effectue donc progressivement au cours de l'enfance (Delanoë et al., 2007).

Les enfants normo-entendants acquièrent de manière précoce la faculté à reconnaître les émotions de base. Ils sont capables, aux alentours de deux ans, de distinguer une émotion « positive » d'une émotion « négative ». Ces éléments justifient d'autant plus de la pertinence d'une implantation précoce chez les enfants sourds. Selon l'orthophoniste Brisot-Dubois (2012), l'enfant atteint à dix ans le niveau des adultes pour la reconnaissance des expressions faciales lorsqu'elles sont de forte intensité. Il faut attendre quatorze ans, pour que ce même niveau soit atteint lorsque les expressions faciales sont de faible intensité. Chez les sujets sourds, les performances en reconnaissance des émotions augmentent également avec l'âge (Méheust, op. cit.). Leurs compétences suivent la même dynamique développementale que les enfants normo-entendants.

L'acquisition et la maîtrise des compétences émotionnelles vont en retour favoriser, de diverses manières, le développement du sujet. Puisqu'elles sont source d'échanges, de communication, elles vont permettre divers apprentissages et enrichir les connaissances du sujet sur le monde. Sur le plan du langage, elles vont notamment favoriser, via ces échanges, le développement du lexique. Le traitement lexical serait également plus rapide lorsque la tonalité émotionnelle est en adéquation avec la signification du mot. Elles influencent également le développement cognitif et les capacités de raisonnement, la mise en place des compétences sociales et adaptatives. C'est donc en partie par les émotions que l'enfant apprend à communiquer, à partager ses expériences, et enrichit son langage verbal.

Nous allons à présent voir que les émotions se caractérisent par divers éléments sur le plan perceptif. Elles ont chacune un « profil acoustique » que nous présentons dans la sous-partie suivante.

.2.3. Caractéristiques acoustiques des émotions.

Les réactions émotionnelles engendrent, chez le locuteur, des modifications sur le plan physiologique et somatique (notamment au niveau du tonus musculaire ou de la configuration du larynx) mais aussi cognitif. Les émotions ont donc un impact sur les organes respiratoires et phonateurs ainsi que sur l'articulation (Banse et Scherer, op. cit.). Ces modifications vont engendrer des variations des paramètres acoustiques de la voix (fréquence fondamentale, intensité, durée, timbre vocal). La voix porte nos humeurs, nos émotions, elle les subit et les traduit. En retour, l'émotion « la fait vivre, lui donne un sens, un contenu » (Dejong Estiennes, 1991, Voix et émotion, p.361).

Chaque émotion va ainsi se caractériser par un « profil acoustique » qui lui est propre. Les variations entre les émotions sont définies par rapport à une émotion « neutre », qui se caractérise par une durée courte, une ligne mélodique stable et peu de variations d'intensité et

de fréquence (Rivière et Orreteguy, 2008). Pour reconnaître une émotion, il faut donc être en mesure de percevoir les paramètres qui lui sont propres et de les identifier, en les comparant à des percepts connus. Nous présentons dans le tableau ci-dessous ces « profils acoustiques », issus des données du rapport de Beller (op.cit.).

Tableau 1. Caractéristiques acoustiques des émotions.

	F0	Intensité	Débit	Qualité vocale
Colère	Elevée Variabilité + Nombreux harmoniques Contours montants	Elevée Variabilité +	Rapide (moins que la joie) Peu de pauses	Qualité « dure » Voix tendue Grande énergie dans les hautes fréquences
Peur	Elevée Variabilité ± (moins que la joie et la colère) Contours montants	Moyenne Variabilité +	Rapide (moins que la joie et la colère) Pauses régulières	Qualité « soufflée » Peu d'énergie dans les basses fréquences
Joie	Elevée Variabilité + Contours montants	Elevée (moins que la colère) Variabilité +	Rapide Accentuation régulière, vive	Voix légèrement aspirée Qualité « claire »
Surprise	Elevée Variabilité + Contours descendants	Moyenne à élevée	Début lent puis accéléré Peu de pauses	Qualité « claire »
Tristesse	Basse Variabilité - Contours descendants Mélodie peu marquée	Faible Variabilité -	Lent Nombreuses pauses	Qualité « sombre »
Dégoût	Basse Variabilité ± Contours descendants	Moyenne à faible Variabilité ±	Lent Nombreuses pauses	Qualité « grinçante »

Note. + : forte, ± : moyenne, - : faible.

De multiples facteurs acoustiques sont donc impliqués dans le codage des émotions. Néanmoins, seuls quelques paramètres seraient vraiment utilisés pour discriminer les émotions.

Selon Capber (2011), la hauteur tonale ou F0 serait l'élément essentiel de la perception de la prosodie. Le jitter, qui correspond aux micro-variations de la fréquence fondamentale, cycle par cycle, dans une unité acoustique, participerait majoritairement à la reconnaissance des émotions (Peters, 2006).

Le timbre (ou qualité vocale) jouerait également un rôle essentiel dans l'expression et la reconnaissance auditive des émotions. Selon Gendrot (2004, Rôle de la qualité de la voix dans la simulation des émotions : une étude perceptive et physiologique, p.8), « la contribution perceptive de la qualité de la voix varie en fonction de chaque émotion ». Elle va par exemple influencer significativement sur la reconnaissance de la colère mais pas de la surprise.

Le rôle de l'intensité et de l'évolution du shimmer serait en revanche moins important. Le shimmer correspond aux variations de l'intensité, cycle par cycle, dans une unité acoustique. L'intensité permet néanmoins de différencier les émotions dont les variations d'intensité sont

fortes (colère, joie, peur), des émotions avec de faibles variations d'intensité (tristesse, dégoût).

La qualité fréquentielle et temporelle du son restitué par un IC est différente de celle de l'audition normale. Selon Rivière et Orreteguy (op. cit.), les paramètres les mieux retranscrits par l'IC actuellement seraient l'intensité et le rythme. Les fréquences en revanche, et notamment les fréquences basses, sont moins bien restituées par l'IC. Cela s'explique notamment par le fait que les fréquences basses sont transmises par l'IC sur des cellules de la cochlée qui sont à l'origine dédiées à la réception de fréquences plus aiguës. Les fréquences hautes sont souvent privilégiées dans le réglage pour augmenter la qualité de perception de la parole. Pourtant, certaines émotions comme la tristesse se caractérisent justement par des fréquences basses.

Selon une étude de Vongpaisal, Trehub, Schellenberg, Papsin et van Lieshout, (2010), les enfants bénéficiant d'un IC s'appuieraient préférentiellement sur la durée et le rythme pour identifier les émotions, tandis que les enfants entendants s'appuient sur la hauteur et le timbre.

Ces données expliquent les difficultés des personnes sourdes à identifier certaines émotions, et les confusions qu'elles commettent. Selon Fu, Chinchilla, Nogaki et Galvin (2005), ces confusions concernent deux groupes d'émotions dont les caractéristiques acoustiques sont proches : celles d'amplitude et fréquence fondamentale élevées (colère, joie, peur) et celles d'amplitude et fréquence fondamentale faibles (tristesse, dégoût).

Néanmoins, de nouvelles adaptations technologiques de l'IC visent à pallier ces difficultés avec de meilleures stratégies de codage de la structure fine de la parole. Il est donc probable qu'elles permettent une meilleure perception des caractéristiques auditives des émotions (Fu et al., op. cit.). De plus, les aptitudes en identification des émotions, même si elles restent inférieures à celles des normo-entendants, peuvent être, selon Schorr et al. (op. cit.), améliorées par la rééducation orthophonique. Rivière et Orreteguy (op.cit.) montrent quant à eux un effet de l'entraînement auditif dans l'identification des émotions et des résultats encourageants pour les sujets implantés.

Il nous semble donc important que cet axe de prise en charge puisse être davantage investi par les orthophonistes dans le cadre des rééducations des surdités.

.3. Buts du mémoire et hypothèses de recherche.

Le but de ce mémoire est de mettre en relation les résultats d'une évaluation spécifique et approfondie de la perception du signal sonore (sonie, aspects fréquentiels et temporels) avec une analyse des performances concernant la perception des paramètres acoustiques des émotions. L'objectif pour l'orthophoniste serait à terme de pouvoir transmettre des informations pertinentes au régleur, afin d'optimiser les réglages de l'IC du patient et lui permettre ainsi d'accéder à une communication plus optimale.

Nous formulons deux hypothèses de travail. La première est que les sujets sourds implantés cochléaires présentent des difficultés spécifiques en reconnaissance de la prosodie émotionnelle. La seconde est que le Protocole d'Evaluation des Performances Auditives, ou PEPA-IR (André et Renard, 2013), utilisé dans cette étude, nous permettra de mettre en évidence des déficits de perception d'un ou plusieurs indices acoustiques, en lien avec les stratégies de codage de l'IC et pouvant expliquer ces difficultés spécifiques.

Après avoir exposé le contexte théorique dans lequel nous réalisons ce mémoire, nos objectifs et hypothèses, nous présentons dans la partie suivante, la méthode qui a été utilisée pour réaliser notre étude.

Méthode

Dans cette partie dédiée à la méthodologie, nous commencerons par présenter la population qui a été sélectionnée pour réaliser cette étude. Dans un deuxième temps, nous présenterons le matériel qui a été créé et utilisé pour tester les compétences perceptives en prosodie émotionnelle, ainsi que le PEPA-IR. Dans un troisième temps, nous exposerons la procédure qui a été appliquée. Enfin, nous présenterons l'outil statistique qui a été utilisé pour l'analyse des résultats.

.4. Présentation de la population d'étude.

Nous avons choisi ici de nous intéresser à une population d'adolescents sourds, pour différentes raisons. Tout d'abord, il nous est apparu que dans la littérature, les études réalisées jusqu'alors (Ambert-Dahan, op. cit. ; Méheust, op. cit.) portaient uniquement sur des populations d'enfants ou d'adultes sourds, jamais sur des adolescents. D'autre part, il nous semble pertinent de nous intéresser à cette population car il est probable que les perceptions auditives soient plus fines que chez les enfants, étant donné qu'un temps d'adaptation est nécessaire pour obtenir des réglages optimaux de l'IC. Il est également possible que les facteurs d'exposition à la langue et l'expérience aient un impact sur la perception de la prosodie émotionnelle. En effet, la capacité à percevoir les éléments prosodiques du discours s'acquiert avec l'âge. Comme nous l'avons vu dans la partie théorique de ce mémoire, la prise en compte des indices prosodiques pour interpréter un message verbal, chez un sujet normo-entendant, est décuplée à partir de douze ans environ (Aguert, Laval, Le Bigot et Bernicot, op. cit.).

Pour créer notre population d'étude, nous avons défini les critères d'inclusion suivants :

- Age chronologique compris entre 10;6 et 18 ans (adolescents sourds et entendants).
- Diagnostic de surdité de perception. L'étiologie, le degré de surdité et la période d'apparition de celle-ci n'ont pas été pris en compte.
- Port d'un IC unilatéral ou bilatéral.
- Sujets bénéficiant d'un suivi orthophonique au sein de l'IRPA (Institut de Réhabilitation de la Parole et de l'Audition) à Ronchin.
- Mode de communication oraliste.
- Sujets francophones.

Notre population d'étude se compose donc de vingt-et-un adolescents sourds (sujets féminins et masculins), ayant bénéficié d'une implantation cochléaire plus ou moins précoce.

Les IC dont bénéficient les sujets proviennent de quatre marques, à savoir MED-EL (19% de la population), Neurelec (57%), Cochlear (14%) et Advanced Bionics (5%). Pour l'un des sujets, la marque de l'implant n'a pas été référencée (5%).

L'âge chronologique des sujets sourds inclus dans l'étude se situe entre 10;6 ans et 15

ans, avec une moyenne à 13;3 ans. L'âge de la première implantation varie entre un an et onze ans, avec un âge moyen pour la première implantation de 4;6 ans.

Au sein de la population d'adolescents sourds, 43% ont une implantation cochléaire bilatérale, 43% ont un IC à l'oreille droite et 14% ont un IC à l'oreille gauche.

Tableau 2. Présentation du groupe d'étude « sourds ».

Initiales du patient	Age du patient	Age d'implantation et oreille implantée	Marque de l'IC
CC	11;5 ans	7;4 ans (OD + OG)	Medel
PM	15;2 ans	8;3 ans (OG), 10;3 ans (OD)	Neurelec - Oticon
JD	10;6 ans	3;5 ans (OD), 5;4 ans (OG)	Non référencé
BM	13;10 ans	1 an puis 5 ans (OD)	Neurelec - Oticon
DB	14;7 ans	1;9 ans (OD)	Neurelec - Oticon
ID	13;3 ans	4 ans (OD)	Neurelec - Oticon
DD	14;10 ans	5;6 ans (OG)	Cochlear
NS	12 ans	4 ans (OD), 5 ans (OG)	Neurelec - Oticon
SG	13 ans	2 ans (OD)	Cochlear
HB	14 ans	5 ans (OD), 10 ans (OG)	Cochlear
MS	14;1 ans	8;8 ans (OD), 9;11 ans (OG)	Medel
MH	15 ans	11 ans (OD + OG)	Neurelec - Oticon
YA	13 ans	3;11 ans (OD)	Neurelec - Oticon
IT	13 ans	3;8 ans (OD)	Advanced Bionics
DG	14 ans	1;9 ans (OD)	Neurelec - Oticon
PW	13 ans	7;4 ans (OD)	Medel
TM	12 ans	2;4 ans (OD), 9;2 ans (OG)	Neurelec - Oticon
DL	12 ans	2 ans (OD)	Neurelec - Oticon
FG	15 ans	10 ans (OG)	Medel
JD	14;6 ans	2;3 ans (OD + OG)	Neurelec - Oticon
FD	12;2 ans	2;1 ans (OG)	Neurelec - Oticon

Note. OD : oreille droite, OG : oreille gauche.

Cette population d'étude est comparée à une population témoin de sujets entendants. Ce groupe témoin est composé de dix-neuf adolescents entendants ne présentant pas de pathologie, et dont l'âge est compris entre 11;1 ans et 17;8 ans. L'âge chronologique moyen est de 14;1 ans. Les sujets sont scolarisés entre la sixième et la terminale.

Nous allons à présent présenter le matériel qui a été créé pour évaluer la perception auditive des émotions chez ces adolescents sourds et entendants. Nous présenterons également le PEPA-IR, qui a été utilisé pour évaluer les performances auditives des sujets sourds.

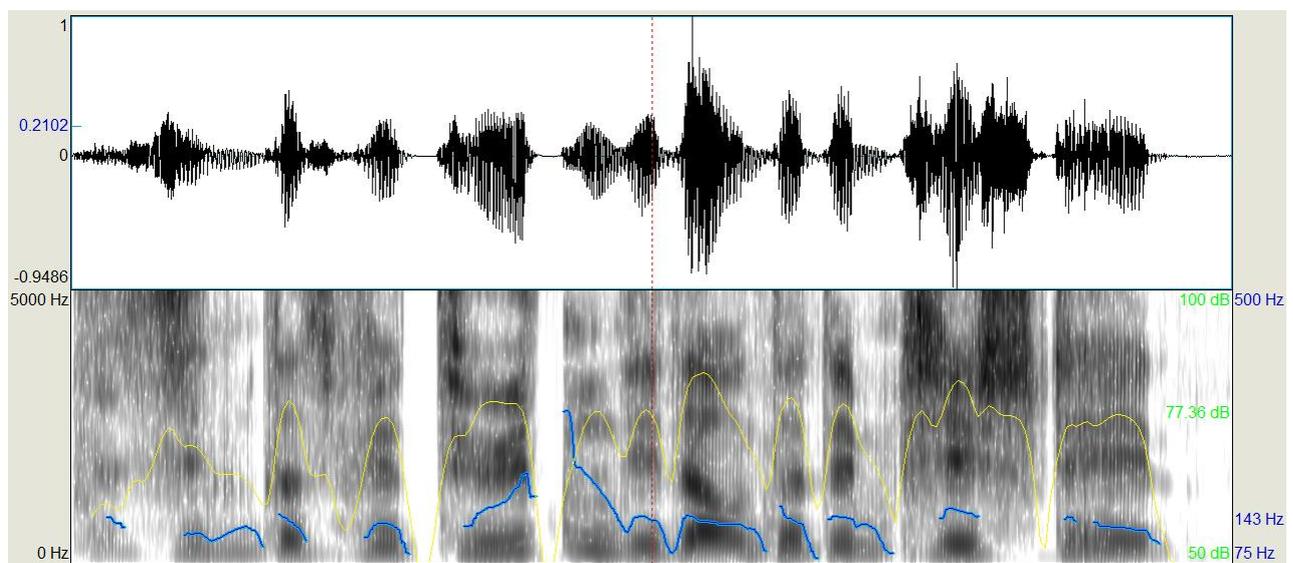
.5. Présentation du matériel.

Pour créer notre épreuve sur la perception des émotions, nous nous sommes appuyées sur une base de données allemande, nommée « Berlin Database of emotional Speech ». Celle-ci a été créée en 2005 par le professeur W. Sendlmeier, directeur du projet (docteur à l'Université Technique de Berlin, Institut du Langage et de la Communication, département des sciences de la communication) avec la collaboration de Felix Burkhardt, Miriam Kienast, Astrid Paeschke et Benjamin Weiss. Cette base de données contient environ cinq cents phrases en allemand, énoncées par différents acteurs (hommes et femmes), avec différentes émotions telles que la joie, la peur, la colère, la tristesse, le dégoût ou l'ennui. On y trouve également des énoncés neutres, ne transmettant pas d'émotion particulière. Utiliser des phrases exprimées dans une autre langue que le français permet de s'assurer que le sujet testé s'appuiera uniquement sur la prosodie émotionnelle pour identifier les émotions, et non sur les paramètres langagiers.

Dans cette base de données, nous avons choisi quatre locuteurs, deux hommes et deux femmes. Pour chacun, nous avons sélectionné six phrases en allemand, correspondant chacune à une émotion que nous souhaitions tester (dont la phrase neutre). Ces émotions correspondent aux émotions de base décrites par Ekman et mentionnées dans la partie théorique de cette étude, à savoir la colère, la joie, la tristesse, la peur et le dégoût. La surprise, qui fait partie des émotions de base citées par Ekman, n'a pas été testée dans notre épreuve, car il n'existait pas de phrases dédiées à cette émotion dans la base de données allemande.

Afin de nous assurer que ces phrases présentaient les caractéristiques acoustiques décrites dans le rapport de Beller (op. cit.), nous nous sommes appuyées sur les spectrogrammes de ces phrases. Nous avons relevé différentes valeurs (F0 moyenne, jitter local, intensité moyenne, shimmer local) à l'aide du logiciel Praat. Il s'agit d'un logiciel créé en 1996 par P. Boersma et D. Weenink, à l'institut des sciences phonétiques de l'université d'Amsterdam. Ce logiciel permet l'analyse et la manipulation de sons. Nous illustrons notre propos à l'aide du spectrogramme suivant, issu de ce logiciel.

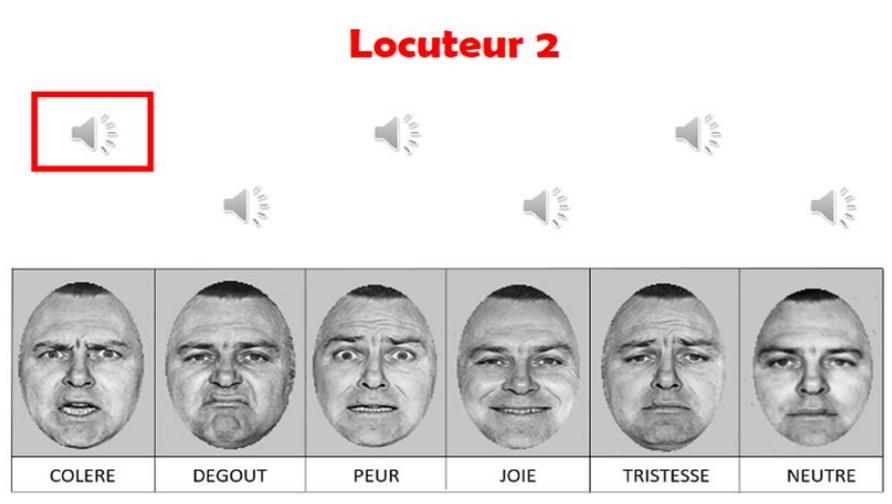
Spectrogramme d'une phrase correspondant au dégoût (locuteur 4).



Globalement, les données retrouvées avec Praat correspondaient à celles décrites dans notre partie théorique concernant les profils acoustiques des émotions. Les spectrogrammes des vingt-quatre phrases utilisées dans notre test figurent en annexe de ce mémoire.

Nous avons ensuite créé un diaporama qui constitue le support de l'épreuve. La passation du test se fait donc sur ordinateur. Le diaporama se compose de vingt-quatre diapositives, six par locuteur. Sur chaque diapositive, une émotion cible est testée. Pour plus de clarté, une illustration de cette épreuve est fournie ci-après.

Illustration d'une diapositive du test de perception de la prosodie émotionnelle.



Note. Images issues de la collection Pictures of Facial Affect (POFA), Ekman (1993).

Sur chaque diapositive, un fichier son est encadré. Il correspond à l'émotion que le sujet testé doit identifier. Afin d'y parvenir, le sujet peut écouter à plusieurs reprises le fichier son encadré s'il le souhaite. Il peut également écouter les autres phrases, afin de les comparer entre elles et ainsi trouver la réponse adéquate. Lorsque le sujet pense avoir identifié l'émotion correspondant à la phrase encadrée, il doit cliquer sur l'image correspondant à cette émotion. Il accède ainsi à la diapositive suivante, sur laquelle un autre fichier son à identifier est encadré, et ainsi de suite jusqu'à la dernière diapositive.

Afin de faciliter la cotation de cette épreuve, nous avons également créé une grille d'évaluation à destination des orthophonistes qui devaient assurer les passations. Sur cette grille figurent des informations renseignées par les orthophonistes concernant les sujets testés : initiales du sujet, âge chronologique et âge d'implantation, marque de l'IC, mode d'éducation. On y trouve également la consigne à donner avant la passation de l'épreuve. Cette grille figure en annexe de ce mémoire.

Nous allons désormais présenter le Protocole d'Évaluation des Performances Auditives - Irpa de Ronchin (PEPA-IR), qui a été utilisé pour évaluer les compétences auditives des sujets sourds. Il s'agit d'un protocole créé en 2013 par MM. J. André et C. Renard, dans le but de faciliter et d'optimiser les réglages des IC. Il est composé de diverses épreuves. Voici une description succincte des épreuves qui ont été utilisées pour cette étude :

- Épreuves de balayage fréquentiel (en tiers d'octaves et en bandes étroites) : elles permettent de s'assurer de l'absence de scotome dans le spectre fréquentiel et de

l'uniformité des intensités nécessaires pour déterminer les seuils d'audition et d'inconfort.

- Épreuve de différentiel d'intensité (en bandes étroites) : elle permet de déterminer l'amplitude nécessaire (3/5/10/15 dB) pour percevoir une différence d'intensité sur vingt bandes étroites comprises entre 190Hz et 8000Hz.
- Épreuve de segmentation temporelle : elle permet de déterminer la durée minimale (20/15/10/5 millisecondes) de silence nécessaire pour percevoir une discontinuité dans un signal sonore.
- Différentiel de durée / de nombre : ces épreuves permettent de vérifier la capacité du sujet à distinguer deux stimuli dont la durée / le nombre diffère.
- Différentiel de fréquence : cette épreuve permet de s'assurer que des bandes fréquentielles proches sont bien discriminées.
- Transitions formantiques : cette épreuve permet de s'assurer que les changements rapides de fréquence sont bien perçus (faculté primordiale pour identifier des segments acoustiques).

Les résultats obtenus aux épreuves du PEPA-IR seront mis en lien avec ceux obtenus par les patients sourds au test de perception de la prosodie émotionnelle, ainsi qu'avec les données que nous avons exposées dans la partie théorique concernant les caractéristiques acoustiques de chaque émotion. En effet, si les épreuves du PEPA-IR révèlent une défaillance de perception d'un ou plusieurs éléments acoustiques (sonie, aspects fréquentiels et temporels du signal), nous pourrions expliquer les erreurs et confusions commises par les adolescents sourds, en nous référant au profil acoustique des émotions.

Nous allons à présent exposer la procédure qui a été appliquée dans ce mémoire concernant la passation des épreuves.

.6. Présentation de la procédure.

Les passations se sont déroulées entre novembre 2017 et février 2018.

L'épreuve testant l'identification de la prosodie émotionnelle a été proposée à tous les adolescents de notre population d'étude, sourds et entendants. Pour les adolescents sourds, l'épreuve a été administrée par les orthophonistes qui assurent leur prise en charge, lors d'une séance de rééducation. Pour les adolescents entendants, les passations ont été assurées par M. André, Mme Poidevin (promoteurs de ce mémoire) et moi-même. Nous nous sommes attachées à créer un test qui soit le plus ludique possible pour les participants. La manipulation sur ordinateur était donc réalisée par les adolescents eux-mêmes. L'évaluateur quant à lui était chargé de remplir manuellement la grille d'évaluation. Aucun temps n'était imposé pour la réalisation de l'épreuve. La passation a nécessité entre trente et quarante minutes pour les adolescents sourds, et dix à quinze minutes en moyenne pour les adolescents entendants.

Par ailleurs, le PEPA-IR a été proposé à tous les sujets sourds. La passation a également été assurée par les orthophonistes qui suivent les adolescents.

La dernière sous-partie de la méthode est consacrée à la présentation des outils statistiques qui ont été utilisés dans ce mémoire pour l'analyse des résultats.

.7. Présentation de l’outil statistique.

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Hector². L'auteur de ce logiciel est Alain Dubus, chercheur en méthodologie quantitative et développeur de logiciels pour la recherche. Ce logiciel nous permet d'objectiver les résultats obtenus et d'établir d'éventuelles corrélations entre les différentes variables testées.

Nous avons utilisé différents tests statistiques pour analyser nos résultats. Pour analyser le croisement entre une variable quantitative et une variable qualitative à deux catégories, nous avons utilisé les tests de Wilcoxon et Mann-Whitney. Pour analyser le croisement de deux variables quantitatives, nous avons utilisé une corrélation de Spearman. La valeur du rhô de Spearman nous permet de dire s'il existe une corrélation ou non entre les deux variables. Cet indice statistique peut prendre des valeurs comprises dans un intervalle allant de -1 à 1. Si la valeur du rhô est égale à -1 ou +1, il existe une corrélation parfaite entre les variables. A l'inverse, plus cette valeur se rapproche de 0, moins la corrélation entre les variables est importante. La valeur p, qui est associée aux tests statistiques, nous permet de dire si le résultat du test est significatif ou non. Il est communément admis que si $p < 0,05$, le résultat est significatif, si p est compris entre 0,05 et 0,08, il existe une tendance significative, et si $p > 0,08$ alors le résultat n'est pas significatif.

Etant donné que l'effectif de notre population d'étude est restreint, nous nous sommes également appuyés sur des analyses descriptives. La moyenne d'une série statistique, qui est un paramètre de dispersion, est notée *M*. L'écart-type, qui indique la dispersion des valeurs autour de la moyenne, est noté *ET*. Plus l'*ET* est petit, plus la variabilité entre les valeurs est faible.

La partie suivante est consacrée à la présentation des résultats que nous avons obtenus. Nous présenterons tout d'abord les résultats obtenus par l'ensemble de la population au test de perception des émotions, puis nous exposerons les erreurs et confusions qui ont été retrouvées chez les adolescents sourds. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus par les adolescents sourds au PEPA-IR.

Résultats

Dans cette partie dédiée à la présentation des résultats, nous exposerons tout d'abord les scores obtenus par les adolescents entendants et sourds au test de reconnaissance des émotions. Ces résultats seront ensuite mis en lien avec plusieurs variables : l'âge chronologique des sujets, l'âge de première implantation des sujets sourds, la marque de l'IC et l'oreille implantée. Nous présenterons ensuite les erreurs et confusions qui ont été retrouvées concernant les émotions. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus par les sujets sourds au PEPA-IR.

Avant de présenter les résultats scorés du test, il est possible de mettre en évidence une différence nette concernant le temps de passation du test. En effet, les adolescents entendants mettent entre dix et quinze minutes pour terminer le test, tandis que le temps de passation nécessaire aux adolescents sourds implantés cochléaires varie entre trente et quarante-cinq minutes. Globalement, les adolescents sourds mettent donc deux à trois fois plus de temps que

les adolescents du groupe témoin pour passer le test.

La moyenne des scores totaux obtenue par les adolescents sourds au test de perception de la prosodie émotionnelle est de 12.86 (4.38 *ET*), contre une moyenne de 19.05 (3.44 *ET*) pour les adolescents entendants. Selon le test de Mann Whitney, il existe une différence de performance significative entre les deux groupes d'étude ($p = 0,0001$). La boîte à moustache ci-dessous fournit une représentation graphique de la distribution des résultats obtenus dans chacun des groupes.

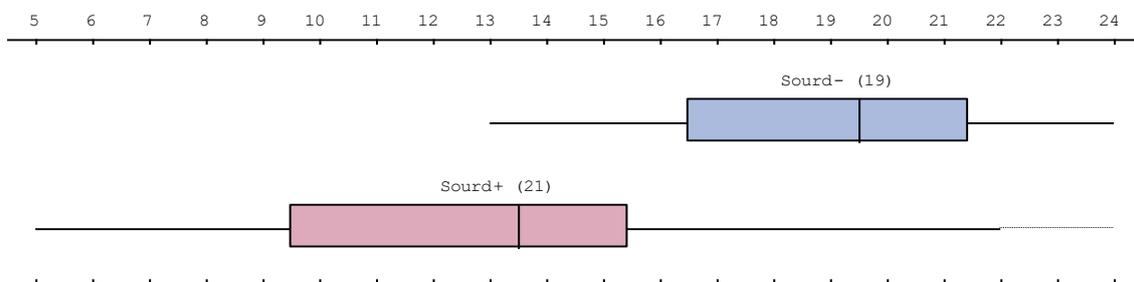


Figure 2. Distribution des résultats au test de perception des émotions chez les deux groupes d'étude.

Nous nous sommes intéressées à l'impact de l'âge chronologique des sujets sourds sur les résultats obtenus au test. Selon le test de Spearman, il n'existe pas de corrélation entre les variables « âge chronologique » et « score total » ($\text{rhô} = 0,074$). Ce résultat n'est pas significatif ($p > 0,05$). En comparaison, toujours selon le test de Spearman, il existe une corrélation consistante entre ces deux variables ($\text{rhô} = 0,363$) chez les sujets entendants. Là encore le résultat n'est pas significatif ($p > 0,05$).

Nous nous sommes également intéressées à l'impact de l'âge d'implantation des sujets sourds sur le score total obtenu au test. Selon le test de Spearman, il n'existe pas de corrélation entre les variables « âge d'implantation » et « score total » ($\text{rhô} = -0,075$). Ce résultat n'est pas significatif ($p > 0,05$).

Nous avons comparé la moyenne des scores totaux obtenue par les sujets sourds implantés, selon la marque de l'IC. Le tableau suivant illustre ces résultats.

Tableau 3. Moyenne des scores obtenus par les sujets sourds selon la marque de l'IC.

Marque IC	Effectif	Moyenne	Ecart-type
Advanced-Bionic	1	7	0
Cochlear	3	13,67	7,32
Medel	4	14	0,71
Neurelec-Oticon	12	12,92	4,03

On peut observer que les sujets ayant obtenu les meilleurs résultats au test de perception de la prosodie émotionnelle portent des implants cochléaires de la marque Medel ($M = 14$, $ET = 0,71$). Néanmoins, les effectifs sont trop faibles pour réaliser des analyses statistiques. Nous avons donc pris le parti de ne pas interpréter ces données.

Enfin, nous avons comparé les résultats totaux obtenus au test en fonction de l'oreille implantée. Le tableau ci-dessous présente ces résultats.

Tableau 4. Moyenne des scores obtenus par les sujets sourds en fonction de l'oreille implantée.

Oreille(s) implantée(s)	Effectif	Moyenne	Ecart-type
Gauche	3	16.00	5.89
Droite	9	13.22	4.05
Droite + gauche	9	11.44	3.37

Nous observons que les sujets bénéficiant d'une implantation cochléaire à gauche obtiennent des résultats légèrement supérieurs à ceux obtenus par les sujets implantés à droite et ceux bénéficiant d'une implantation bilatérale.

Nous présentons ici le nombre d'erreurs commises pour chaque émotion par l'ensemble des sujets implantés cochléaires, dans l'ordre croissant. Sur l'ensemble des 504 réponses possibles nous retrouvons 17 erreurs pour la colère, 40 erreurs pour la peur, 41 erreurs pour la tristesse ainsi que pour la joie, 45 erreurs pour les phrases « neutres » et enfin 57 erreurs pour le dégoût. Le tableau ci-dessous reprend les données concernant le profil acoustique de chaque émotion et le nombre d'erreurs retrouvé pour chacune.

Tableau 5. Profils acoustiques des émotions et nombre d'erreurs retrouvé pour chacune.

Emotion	F0	Intensité	Débit	Timbre	Nombre d'erreurs
Colère	Elevée Variabilité + Contours ↗	Elevée Variabilité +	Rapide Peu de pauses	Dur	17
Peur	Elevée Variabilité ± Contours ↗	Moyenne Variabilité +	Rapide Pauses régulières	Soufflé	40
Joie	Elevée Variabilité + Contours ↗	Elevée Variabilité +	Rapide	Clair	41
Tristesse	Basse Variabilité - Contours ↘	Faible Variabilité -	Lent Nombreuses pauses	Sombre	41
Dégoût	Basse Variabilité ± Contours ↘	Moyenne à faible Variabilité ±	Lent Nombreuses pauses	Grinçant	57

Note. + : forte, ± : moyenne, - : faible, ↗ : montants, ↘ : descendants.

Nous nous sommes également intéressées aux types de confusions commises par les adolescents sourds. Nous présentons dans le tableau suivant les confusions mises en évidence, de la plus fréquente à la moins fréquente (avec le pourcentage des erreurs qu'elles représentent), ainsi que les paramètres acoustiques non communs aux deux émotions impliquées. Les paramètres acoustiques pris en compte sont ceux présentés dans le tableau ci-dessus. Ils sont au nombre de sept : F0, variabilité de celle-ci, contours mélodiques, intensité et variabilité de celle-ci, débit et timbre.

Tableau 6. Confusions retrouvées et paramètres acoustiques non communs aux deux émotions.

Confusions	Paramètres non communs aux deux émotions
Tristesse – dégoût (18%)	4 : variabilité F0, intensité, variabilité intensité, timbre
Peur – dégoût (17%)	6 : F0, contours, intensité, variabilité intensité, débit, timbre
Peur – joie (14%)	3 : variabilité F0, intensité, timbre
Peur – tristesse (12%)	7
Dégoût – joie (10%)	7
Colère – joie (7%)	1 : timbre
Colère – peur (7%)	3 : variabilité F0, intensité, timbre
Tristesse – joie (6%)	7
Tristesse – colère (5%)	7
Dégoût – colère (4%)	7

Nous avons également relevé de nombreuses confusions avec les phrases neutres (37 confusions avec le dégoût, 23 avec la joie, 17 avec la tristesse 13 avec la peur, 3 avec la colère).

Nous allons présenter ici les résultats obtenus par les sujets sourds implantés cochléaires aux différentes épreuves du PEPA-IR, à savoir le différentiel de fréquence (Df dans le tableau), de durée (Dd), de nombre (Dn), et d'intensité (Di), les transitions formantiques (TF), la segmentation temporelle (ST) et enfin le balayage fréquentiel (BF). Globalement, nous retrouvons peu d'erreurs dans les diverses épreuves proposées.

A l'épreuve de différentiel d'intensité, dix-neuf sujets ne commettent aucune erreur (soit 90% des sujets sourds), un sujet commet une erreur (soit 5%) et un sujet commet quatre erreurs (soit 5%). Nous avons mis en lien cette variable avec le score total obtenu au test de reconnaissance des émotions. La valeur du ρ de Spearman est de -0.022, il n'existerait donc pas de corrélation entre ces deux variables. Le test n'est pas significatif.

A l'épreuve des transitions formantiques, dix-huit sujets ne commettent aucune erreur (soit 86% des sujets sourds), deux sujets commettent une erreur (soit 9%) et un sujet commet deux erreurs (soit 5%). Là encore nous avons mis en lien cette variable avec le score total obtenu au test. La valeur du ρ de Spearman est de -0.005, il n'existerait donc pas de corrélation entre ces deux variables. Le test est là encore non significatif.

A l'épreuve de segmentation temporelle, un seul sujet sur les vingt-et-un présente un déficit de perception d'une discontinuité dans le signal sonore à cinq millisecondes (soit 5%). On note que ce sujet présente des scores inférieurs aux autres pour toutes les émotions testées.

Enfin, à l'épreuve de balayage fréquentiel, on retrouve qu'une augmentation de l'intensité est nécessaire chez six sujets pour percevoir les fréquences basses (soit 29% du groupe d'étude). Pour les quinze autres sujets, la fréquence fondamentale est perçue à une intensité normale. Nous avons mis en lien cette variable avec le score total des sujets au test de perception des émotions. Selon le test de Wilcoxon, il n'existe pas de différence de performance significative entre les deux groupes d'adolescents sourds ($p > 0.05$). Nous observons même des résultats légèrement meilleurs dans le groupe des adolescents pour lesquels une augmentation de l'intensité est nécessaire ($M = 13,17$ avec $ET = 2.27$). Dans l'autre groupe, la moyenne des scores totaux est de 12,73 ($ET = 4.97$).

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus aux différentes épreuves pour chaque sujet sourd, ainsi que le score total obtenu au test de reconnaissance des émotions.

Tableau 5. Résultats obtenus pour les sujets sourds au PEPA-IR (en nombre d'erreurs ou épreuve réussie/échouée) et score total obtenu au test de reconnaissance des émotions.

Sujet	Di	Df	Dd	Dn	TF	ST	BF	Score
1	0	0	V	V	0	V	X	13
2	4	0	V	V	0	V	X	14
3	1	0	V	V	0	V	X	11
4	0	0	V	V	0	V	V	16
5	0	0	V	V	0	V	V	15
6	0	0	V	V	1	X	V	8
7	0	0	V	V	0	V	V	24
8	0	0	V	V	0	V	V	11
9	0	0	V	V	0	V	V	9
10	0	0	V	V	0	V	V	8
11	0	0	V	V	1	V	X	14
12	0	0	V	V	0	V	V	10
13	0	0	V	V	0	V	V	20
14	0	0	V	V	0	V	V	7
15	0	0	V	V	2	V	V	15
16	0	0	V	V	0	V	V	15
17	0	0	V	V	0	V	X	17
18	0	0	V	V	0	V	V	14
19	0	0	V	V	0	V	V	14
20	0	0	V	V	0	V	V	5
21	0	0	V	V	0	V	X	10

Note. V : épreuve réussie, X : épreuve échouée.

Les résultats présentés ici mettent donc en évidence des scores significativement plus élevés chez les sujets entendants que chez les sujets sourds implantés. Nous avons également fait ressortir les erreurs et confusions les plus fréquemment retrouvées chez les sujets sourds. Enfin les résultats obtenus au PEPA-IR révèlent que les adolescents testés présentent

globalement de bonnes compétences auditives, en termes de perception de la sonie et des aspects fréquentiels et temporels du signal sonore.

La partie suivante de cette étude sera consacrée à la discussion, dans laquelle nous interpréterons les résultats présentés précédemment, au regard de nos hypothèses de recherche et des données actuelles de la littérature.

Discussion

Nous avons défini deux hypothèses de recherche. La première était que les adolescents sourds implantés présentent des difficultés spécifiques de perception de la prosodie émotionnelle. La seconde hypothèse était que nous pourrions mettre en évidence, grâce à une évaluation spécifique des perceptions auditives globales, des déficits de perception d'un ou plusieurs indices acoustiques pouvant expliquer ces difficultés spécifiques.

Nous évoquons tout d'abord la validation de notre première hypothèse de travail. Nous avons mis en évidence qu'au sein de notre population d'étude, les sujets entendants obtiennent des résultats significativement plus importants que les sujets sourds au test sur la perception auditive des émotions. Ces résultats nous permettent de valider notre première hypothèse de travail : les sujets sourds bénéficiant d'un IC présentent effectivement des difficultés spécifiques dans ce domaine. Cette donnée est en accord avec les connaissances actuelles de la littérature (Brinton, Loo et Isherwood, 2006 ; Peters, op. cit.). En effet, il a déjà été mis en évidence que les performances des sujets sourds implantés à ce type de test étaient nettement inférieures à celles de leurs homologues entendants.

Nous avons mis en évidence que les sujets sourds porteurs d'IC mettaient globalement deux à trois fois plus de temps que leurs homologues entendants pour terminer le test. Cela peut s'expliquer par le fait que les sujets entendants ont de réelles capacités de reconnaissance des émotions, là où les sujets sourds passent par un travail de discrimination. Les émotions sont comparées deux à deux et sont rarement reconnues immédiatement. Ce traitement nécessite donc un temps supplémentaire.

Nous avons vu dans la partie consacrée aux résultats que les scores totaux obtenus au test de reconnaissance des émotions n'étaient pas corrélés à l'âge chronologique des sujets sourds. Selon ces résultats, il n'existerait donc pas d'effet significatif de l'âge chronologique des adolescents implantés cochléaires sur les facultés de reconnaissance des émotions. De précédentes études (Frémont, op. cit. ; Méheust, op. cit.) ont démontré que les enfants implantés plus âgés réalisent de meilleures performances en reconnaissance auditive des émotions que les sujets plus jeunes. Néanmoins leurs populations d'étude étaient constituées d'enfants sourds dont l'âge chronologique était compris entre cinq et treize ans. Nous pouvons donc supposer que cette absence de corrélation retrouvée dans notre étude est liée au fait que notre population est plus âgée. L'âge chronologique moyen des sujets sourds inclus ici est de 13;3 ans, et l'âge de la première implantation est à 4;6 ans en moyenne. La période post-implantatoire est donc également plus importante (neuf ans en moyenne). Ces données sont cohérentes avec celles

retrouvées dans la littérature, qui indiquent que la prise en compte des indices prosodiques devient réellement efficiente autour de neuf - douze ans (Aguert, Laval, Le Bigot et Bernicot, op. cit.).

En revanche, nous trouvons une corrélation consistante entre ces deux variables pour les sujets entendants. Cette donnée est en accord avec les données retrouvées dans de précédentes études (Méheust, op. cit.). Il est donc probable que les facteurs d'expérience et d'exposition à la langue aient un impact sur les capacités de perception de la prosodie émotionnelle.

Ces résultats restent néanmoins à nuancer. En effet, notre population d'étude est restreinte dans chacun des groupes (vingt-et-un sujets sourds et dix-neuf sujets entendants) et cet échantillon n'était pas normalisé. Nous n'avons obtenu aucun résultat significatif.

Nous nous étions également intéressées à la possibilité d'une corrélation entre l'âge de la première implantation et le score obtenu par les sujets sourds au test de reconnaissance des émotions. Nous ne trouvons là encore pas de corrélation entre les deux variables. Selon ce résultat, l'âge d'implantation cochléaire n'influencerait pas les compétences de perception de la prosodie émotionnelle. Les données actuelles de la littérature tendent pourtant à montrer qu'une implantation cochléaire précoce permettrait une meilleure perception de la prosodie (Loundon et Bousquet, 2009). Les résultats que nous avons obtenus dans notre étude ne sont à nouveau pas significatifs, il convient donc de rester prudent quant à leur interprétation.

Enfin, nous nous étions intéressées à l'impact que pouvait avoir la localisation de l'oreille implantée sur les capacités de reconnaissance des émotions. Nous supposons que les sujets implantés à gauche obtiendraient de meilleurs résultats que les sujets implantés à droite et ceux implantés bilatéralement. En effet, le traitement de la prosodie s'effectuant dans l'hémisphère cérébral droit, un IC localisé à gauche devrait engendrer un meilleur décodage de l'information. Nos résultats semblent valider cette hypothèse. Néanmoins, seuls trois des sujets inclus présentaient une implantation à gauche, il reste donc difficile d'interpréter ces résultats de façon fiable.

Nous nous sommes intéressées aux erreurs et confusions les plus fréquemment retrouvées dans les passations du test de reconnaissance des émotions chez les adolescents sourds implantés.

Nous trouvons ainsi que l'émotion la moins bien identifiée était le dégoût (24% des erreurs). Venaient ensuite les phrases « neutres » (19% des erreurs), la joie et la tristesse (17% des erreurs) et la peur (16% des erreurs). La colère était l'émotion la mieux identifiée et représentait seulement 7% des erreurs commises par les sujets sourds. Cette dernière donnée est retrouvée dans l'étude de Peters (op. cit.) : la colère était là aussi l'émotion la plus souvent reconnue, à 86% (suivie de la tristesse à 75%, la joie à 64% et la peur à 54%).

Néanmoins, ces résultats varient selon les études. Par exemple, dans l'étude de Fu et al. (op. cit.), les émotions les mieux reconnues étaient le neutre et la tristesse, suivie de la colère et la joie. Dans l'étude de Rivière et Orreteguy (op. cit.), les phrases neutres étaient les mieux identifiées, suivies de la colère, la joie, la tristesse et enfin la peur.

Ces différences de résultats pourraient notamment s'expliquer par le fait que les supports sonores utilisés dans chaque étude pour tester les capacités de reconnaissance des émotions sont différents. Ainsi, les locuteurs varient (avec des caractéristiques vocales propres à chacun), les langues (allemand, français...) varient également (avec des caractéristiques prosodiques propres également) tout comme les supports audios en eux-mêmes (phrases, onomatopées...).

Concernant les confusions les plus fréquemment retrouvées au sein de cette population, nous citons les paires « tristesse-dégoût », « peur-dégoût », « peur-joie » ou encore « peur-tristesse ». Comme nous l'avons vu dans le tableau 6 présentant les confusions observées, certaines impliquent des émotions dont les profils acoustiques sont assez similaires, comme la paire « tristesse-dégoût » ou encore « peur-joie ». Ce type de confusions étaient retrouvées dans l'étude de Fu et al. (op. cit.), avec d'un côté les émotions d'amplitude et F0 faibles, de l'autre celles d'amplitude et F0 élevées. Mais nous avons également mis en évidence des confusions impliquant des émotions dont les profils acoustiques sont bien distincts voire totalement opposés, comme les paires « peur-dégoût », « peur-tristesse » ou encore « dégoût-joie ». Ces observations laissent à penser que l'ensemble des paramètres acoustiques permettant de distinguer deux émotions, tels que la hauteur tonale, le jitter, le shimmer ou encore le timbre, ne sont pas tous efficacement perçus par les sujets sourds implantés cochléaires.

Pourtant, les évaluations spécifiques et approfondies des compétences auditives proposées aux adolescents sourds n'ont pas mis en évidence de difficultés particulières. Les résultats obtenus aux différentes épreuves du PEPA-IR montraient de bonnes compétences chez l'ensemble des sujets, en termes de perception des différents paramètres acoustiques (fréquence fondamentale, jitter, shimmer...).

Trois épreuves ont été réussies par l'ensemble des sujets (différentiel de durée, de nombre et de fréquence). Ces résultats tendent à montrer que les capacités des sujets testés à percevoir des variations fréquentielles et du débit sont efficaces.

A l'épreuve de segmentation temporelle, nous avons vu qu'un seul sujet présente un déficit de perception d'une discontinuité dans le signal sonore à cinq millisecondes.

A l'épreuve des transitions formantiques, seuls trois sujets ont commis des erreurs. La capacité à percevoir des variations rapides de fréquence (jitter) est donc globalement efficace chez les adolescents sourds testés.

A l'épreuve de différentiel d'intensité, seuls deux sujets commettent des erreurs. La capacité à percevoir des variations d'intensité (shimmer) sur l'ensemble des fréquences comprises entre 190Hz et 8000Hz est globalement efficace chez les sujets testés.

Enfin, à l'épreuve de balayage fréquentiel, nous retrouvons qu'une augmentation de l'intensité était nécessaire chez six des sujets (soit environ un tiers de la population) pour percevoir les fréquences basses. Cela pourrait expliquer des difficultés à reconnaître les émotions se caractérisant par une F0 basse. Pour autant, ce déficit de perception de la fréquence fondamentale n'avait, selon nos résultats, pas d'effet significatif sur le score total obtenu au test de reconnaissance des émotions.

Au vu de ces résultats, il est impossible de dégager un facteur commun qui pourrait expliquer les difficultés des adolescents implantés à percevoir la prosodie émotionnelle. Nous trouvons qu'environ un tiers des adolescents présentaient des difficultés de perception de la fréquence fondamentale sans augmentation de l'intensité, mais ce résultat n'était pas corrélé au score total du test de reconnaissance des émotions. Cette donnée renvoie néanmoins à la notion de « pitch steering » que nous avons énoncée dans notre partie théorique, qui implique que chez les sujets sourds implantés, la sensibilité fréquentielle est moindre que chez un sujet entendant et engendre une perception limitée des fréquences graves.

Ces résultats méritent néanmoins d'être nuancés, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, notre effectif est restreint (vingt-et-un sujets), ce qui ne permet pas d'obtenir des résultats significatifs. En effet, il aurait fallu constituer une population d'au moins trente sujets pour pouvoir éventuellement obtenir des résultats significatifs et extrapolables. D'autre part, les passations du PEPA-IR ont été assurées par plusieurs orthophonistes, qui ont utilisé différentes versions de cet outil d'évaluation. Les résultats récoltés ont donc été soumis à une certaine part d'interprétation, ce qui compromet leur fiabilité. Il est également probable que le PEPA-IR ne soit pas suffisamment précis pour déceler des éléments permettant d'expliquer ces difficultés.

Notre étude présente ainsi un certain nombre de limites qui impliquent d'interpréter nos résultats avec précaution. Ces résultats nous ont permis de valider notre première hypothèse de travail, à savoir que les adolescents implantés présentent des difficultés spécifiques de perception de la prosodie émotionnelle. Ces résultats concordaient globalement avec nos attentes et avec les précédentes recherches réalisées dans ce domaine. En revanche, nos résultats étaient insuffisants pour valider notre seconde hypothèse de recherche, à savoir qu'une évaluation approfondie des compétences auditives renforcerait la synergie orthophoniste-régleur de l'IC, synergie qui permettrait de gommer ces difficultés spécifiques. Nous en venons à présent à la conclusion de ce mémoire, présentée ci-après.

Conclusion

Le but de notre mémoire était d'analyser les capacités de perception de la prosodie émotionnelle d'adolescents implantés cochléaires, au regard de leurs compétences auditives globales (perception de la sonie, des aspects fréquentiels et temporels du signal sonore). A terme, l'objectif serait pour les orthophonistes de pouvoir détecter ce type de difficultés et transmettre des informations pertinentes au régleur quant aux compétences de leurs patients en perception de la prosodie émotionnelle et ainsi d'améliorer les réglages de l'IC.

Nous émettions deux hypothèses de recherche. La première était que les adolescents implantés cochléaires présentent des difficultés spécifiques de perception de la prosodie émotionnelle. La seconde hypothèse de recherche était qu'une évaluation approfondie des compétences auditives nous permettrait de mettre en évidence des déficits de perception d'un ou plusieurs indices acoustiques pouvant expliquer ces difficultés spécifiques.

Afin de vérifier la validité de nos hypothèses, nous avons proposé à l'ensemble de notre population d'étude, composée de vingt-et-un adolescents sourds bénéficiant d'un IC et dix-neuf

adolescents entendants, un test de reconnaissance auditive des émotions. Ce test, que nous avons créé à partir d'une base de données allemande, était composé de vingt-quatre phrases en allemand, énoncées par quatre locuteurs. Pour chacune de ces phrases, le sujet testé devait identifier l'émotion qui en ressortait. Nous avons également proposé à tous les adolescents sourds une évaluation spécifique et approfondie de leurs compétences auditives, au moyen du PEPA-IR (J. André & C. Renard).

Nos résultats mettaient en évidence des performances significativement plus faibles chez les sujets sourds implantés que les sujets entendants au test de reconnaissance des émotions. Les adolescents sourds présentent donc des difficultés spécifiques dans ce domaine ; nous validions notre première hypothèse de recherche. Malheureusement, il nous a été difficile de mettre en lien ces résultats avec les résultats du PEPA-IR. En effet, les résultats que nous avons obtenus étaient peu fiables pour diverses raisons (population restreinte, utilisation de diverses versions du PEPA-IR, part d'interprétation de ces résultats...). Globalement, selon les résultats que nous avons récoltés, les sujets sourds testés présentaient très peu de difficultés de perception des différents paramètres acoustiques. Nous n'avons donc pu faire de lien équivoque entre les difficultés retrouvées au test de reconnaissance des émotions et l'évaluation des compétences auditives des sujets sourds. Notre seconde hypothèse de recherche n'a donc pu être validée.

Il reste néanmoins étonnant que les difficultés de reconnaissance de la prosodie émotionnelle ne soient pas explicables par des difficultés de perception des différents paramètres acoustiques. Nous avons mis en évidence qu'environ un tiers de notre population d'étude présentait des difficultés de perception des fréquences basses notamment. Comme le signalaient Fu et al. (op. cit.) dans les conclusions de leur étude, une amélioration des stratégies de codage des structures fines de la parole pourrait ainsi améliorer la reconnaissance vocale des émotions.

Poursuivre les recherches dans ce domaine nous semble important car, comme nous l'avons vu, les capacités à comprendre et à exprimer des émotions constituent une compétence communicationnelle à part entière. Cette compétence, potentiellement entravée chez les sujets sourds en raison des limites technologiques de l'IC, pourrait ainsi être davantage prise en compte dans les évaluations réalisées par les orthophonistes auprès de leurs patients atteints de surdité et dans les rééducations proposées à ces derniers. Cela implique néanmoins de faire évoluer le PEPA-IR ou de créer un nouvel outil afin de disposer d'un protocole d'évaluation des performances auditives assez fin pour détecter les difficultés des patients.

Comme l'ont montré les études réalisées par Rivière et Orreteguy (op. cit.) et Schorr, Roth et Fox (op. cit.), il existe un effet positif de l'entraînement auditif et de la rééducation orthophonique sur les compétences en reconnaissance des émotions. Cet axe de prise en charge ne devrait donc plus être délaissé dans les rééducations orthophoniques, et il pourrait être intéressant de réfléchir à un protocole orthophonique d'entraînement de la reconnaissance de la prosodie émotionnelle.

Bibliographie

- Aguert, M., Laval, V., Le Bigot, L., & Bernicot, J. (2010). Understanding expressive speech acts : The role of prosody and situational context in French-speaking 5- to 9-years-olds. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, (53), 1629–1641.
- Ambert-Dahan, E. (2014). *Perception des émotions non verbales dans la musique, les voix et les visages chez les adultes implantés cochléaires présentant une surdité évolutive* (Thèse de doctorat). Charles de Gaulle - Lille 3.
- André, J., & Renard, C. (2013). Protocole d'Evaluation des Performances Auditives (PEPA-IR). Ronchin (IRPA).
- Banse, R., & Scherer, K. R. (1996). Acoustic profiles in vocal emotion expression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(3), 614–636.
- Beller, G. (2005). *Etude et modèle génératif de l'expressivité dans la parole* (Rapport de stage). Paris : Université Pierre et Marie Curie.
- Brin, F., Courier, C., Lederlé, E., & Masy, V. (2004). *Dictionnaire d'orthophonie* (Ortho Edition).
- Brinton, J., Loo, J., & Isherwood, S. (2006). Perception of emotion by cochlear implant users. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, (156).
- Brisot-Dubois, J. (2012). Reconnaissance des expressions faciales émotionnelles dans les Troubles Envahissants du Développement sans déficience intellectuelle. *Rééducation Orthophonique*, (249), 29–38.
- Cajac, M. (2013). *Surdités, implants cochléaires et impasses relationnelles* (Erès).
- Capber, A. (2011). Perception de la hauteur tonale par le patient implanté cochléaire : relation avec la perception de la prosodie linguistique (Mémoire de recherche). Toulouse : Université Paul Sabatier.
- Cochlear Implant Simulation - ver 2.0 - Comment l'a-t-on fait ? (2004). Université de Grenade.
- Colleau, A. (2001). Le langage des adolescents porteurs d'un implant cochléaire. *Glossa*, (76), 62–68.
- Damasio, A. (1995). *L'erreur de Descartes : la raison des émotions* (Odile Jacob). Paris.
- Darwin, C. (1872). *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux* (John Murray). Londres.
- Dejong Estiennes, F. (1991). Voix et émotion. *Revue de Laryngologie, Otologie, Rhinologie*, 112(4), 361–363.
- Delanoë, A., Dardier, V., Deleau, M., Le Maner-Idrissi, G., Reilly, J., Cattelotte, V., ... Tsimba, V. (2007). L'analyse des émotions et des situations de communication chez des enfants et des adolescents lésés frontaux. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 50(7), 582–589.

- Ekman, P., Sorenson, E. R., & Friesen, W. V. (1969). Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science (New York, N.Y.)*, *164*(3875), 86–88.
- Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *The American Psychologist*, *48*(4), 384–392.
- Frémont, V. (2013). La perception musicale et la perception prosodique émotionnelle chez des enfants implantés cochléaires (Mémoire d'orthophonie). Tours : Université François Rabelais.
- Fu, Q.-J., Chinchilla, S., Nogaki, G., & Galvin, J. J. (2005). Voice gender identification by cochlear implant users: The role of spectral and temporal resolution. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *118*(3), 1711–1718.
- Gallego, S., & Collet, L. (2010). L'implant cochléaire : comment et pourquoi cela marche ? *ORL Autrement*.
- Garabédian, & Loundon. (2010). L'implant cochléaire chez l'enfant. Académie nationale de chirurgie.
- Gendrot, C. (2004). Influence de la qualité de la voix sur la perception de quatre émotions simulées : une étude perceptive et physiologique. *Parole*, *13*(1), 1–18.
- Gosselin, P., Roberge, P., & Lavallée, M.-F. (1995). Le développement de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles du répertoire humain. *Enfance*, *48*(4), 379–396.
- Gougeon, M. (2015). Influence de la prosodie, de l'expression faciale et du contexte situationnel dans l'identification des émotions chez l'enfant sourd implanté cochléaire (Mémoire d'orthophonie). Université de Nantes.
- Guevara, N., Lina-Granade, G., Seldran, F., Truy, E., & Gallego, S. (2015). Implant Cochléaire en 2015. *ORL Autrement*, *1*, 23–32.
- Hssaine, K., Belhoucha, B., Benhommad, O., Rochdi, Y., Nouri, H., Aderdour, L., & Raji, A. (2015). Evaluation des résultats de l'implantation cochléaire. *The Pan African Medical Journal*, *22*.
- Iwaki, T., Matsushiro, N., Mah, S.-R., Sato, T., Yasuoka, E., Yamamoto, K.-I., & Kubo, T. (2004). Comparison of speech perception between monaural and binaural hearing in cochlear implant patients. *Acta Oto-Laryngologica*, *124*(4), 358–362.
- Jack, R. E. (2013). Culture and facial expressions of emotion. *Visual Cognition*, *21*(9–10), 1248–1286.
- Loundon, N., & Bousquet, D. (2009). *Implant cochléaire pédiatrique et rééducation orthophonique*. Paris : Flammarion Médecine Sciences.
- Méheust, F. (2009). La reconnaissance auditive des émotions chez les enfants sourds implantés cochléaires (Mémoire d'orthophonie). Tours : Université François Rabelais.
- Morton, J. B., & Trehub, S. E. (2001). Children's understanding of emotion in speech. *The Society for Research in Child Development*, *(72)*, 834–843.

- 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 & Deaf Education*, 12, 350.
- Peters, K. P. (2006). Emotion perception in speech : Discrimination, identification, and the effects of talker and sentence variability. *Independent Studies and Capstones*, 121.
- Remay, A. (2007). Voix chantée et prosodie : élaboration d'une stratégie rééducative chez l'enfant autiste (Mémoire d'orthophonie). Tours : Université François Rabelais.
- Rivière, A., & Orreteguy, L. (2008). Effet d'un entraînement auditif dans l'identification des émotions chez les adultes implantés cochléaires (Mémoire d'orthophonie). Toulouse : Université Paul Sabatier.
- Schorr, E. A., Roth, F. P., & Fox, N. A. (2009). Quality of life for children with cochlear implants : perceived benefits and problems and the perception of single words and emotional sounds. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*., 52(1), 141–152.
- Somek, B., Fajt, S., Dembitz, A., Ivković, M., & Ostojić, J. (2006). Coding strategies for cochlear implants. *AUTOMATIKA : Časopis Za Automatiku, Mjerenje, Elektroniku, Računarstvo I Komunikacije*, 47(1–2), 69–74.
- Thibault, C., & Pitrou, M. (2014). *Aide-mémoire - Troubles du langage et de la communication - 2e éd.: L'orthophonie à tous les âges de la vie*. Dunod.
- Transler, C., Leybaert, J., & Gombert, J.-E. (2005). *L'acquisition du langage par l'enfant sourd. (SOLAL)*. Marseille.
- Tromeur, E. (2011). L'influence de l'éducation musicale sur la production et traitement perceptif prosodique chez un enfant sourd profond francophone muni d'un implant cochléaire (Mémoire de Master). Paris : Université Paris Ouest Nanterre La Défense.
- Villette, H. (2011). La voix dans l'expression et la perception des émotions chez les adultes déficients visuels (Mémoire d'orthophonie). Nice : Université Sophia-Antipolis.
- Vongpaisal, T., Trehub, S. E., Schellenberg, E. G., Papsin, B., & van Lieshout, P. (2010). Children with cochlear implants recognize their mother's voice. *Ear Hear*, 30, 555–566.
- Wolfe, J., & Schafer, E. (2010). *Programming Cochlear Implants* (Plural Publishing, Inc).
- Xuân Hùng Lê. (2009). *Indexation des émotions dans les documents audiovisuels à partir de la modalité auditive*. (Thèse de doctorat). Grenoble : Institut Polytechnique de Grenoble.

Liste des annexes

Annexe n°1 : Grille d'évaluation du test de reconnaissance des émotions.

Annexe n°2 : Spectrogrammes des phrases utilisées dans le test de reconnaissance des émotions.