



**Université Lille 2**  
**Droit et Santé**



**Institut d'Orthophonie**  
**Gabriel DECROIX**

# **MEMOIRE**

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

**Rita LOUIS-MARIE**

soutenu publiquement en septembre 2014 :

**Réalisation d'un matériel musical d'entraînement  
de la perception des variations mélodiques dans le  
cadre de l'éducation auditive du patient porteur  
d'un implant cochléaire**

MEMOIRE dirigé par :  
**Jérôme ANDRE**, orthophoniste, IRPA, Ronchin

**Lille – 2014**

---

---

à mes grand-pères,

---

## **Remerciements**

Je remercie mon maître de mémoire, monsieur Jérôme André pour ses précieux conseils et sa patience.

Je remercie tous mes maîtres de stage de m'avoir transmis leurs connaissances, leur vision de notre métier, de m'avoir permis de prendre confiance, mais aussi de me remettre en question et d'avoir contribué à faire de moi la future professionnelle que je suis.

Je remercie mes proches de m'avoir fait confiance, supportée, encouragée durant ces quatre ans, et en particulier durant cette dernière année.

---

## **Résumé :**

La rééducation perceptive classique effectuée dans le cadre de la prise en charge orthophonique des patients porteurs d'implant cochléaire a pour axe principal l'entraînement à la perception des paramètres segmentaux de la parole, dans le but d'obtenir une compréhension optimale du discours. La prosodie cependant, constitue un élément clé dans la compréhension du message, qui nécessite un travail spécifique.

La musique et plus particulièrement la mélodie en tant que signal, possède certains mécanismes de traitement cérébral et intra-auriculaire similaires à ceux observés pour les intonations de la parole.

En conséquence, on pourrait s'attendre à ce que l'un de ces paramètres puisse constituer une base de travail de l'autre par un effet de généralisation des compétences.

Ce travail consiste en la création d'un matériel utilisant la musique, et plus particulièrement les variations de hauteur tonale présentes dans la mélodie, le *pitch*, permettant un travail spécifique des traits suprasegmentaux du langage, notamment l'intonation, à destination des porteurs d'implant cochléaire.

## **Mots-clés :**

orthophonie – surdité – éducation perceptive – implant cochléaire – musique – prosodie – intonation – mélodie – hauteur tonale

## **Abstract :**

As classic cochlear implant rehabilitation focuses on segmental features in order to improve basic speech comprehension ; suprasegmental features such as rhythm, intonation, emphasis are part of the prosody, that is yet an equally important part of the oral message and as such, demands to be trained specifically.

Music, and most particularly, melody as a signal, shows similar brain and hear processing patterns, than those observed with voice intonations. The two signals also present some matching physical characteristics.

Accordingly, one could be used as a basis for training the other, as we should expect a generalization of such acquired skills.

---

Consequently to this postulate, we have decided to create a musical tool dedicated to acquiring those skills.

This work is a music based training programm, using sound pitch perception and

melodic patterns discrimination, for specific rehabilitation of speech's suprasegmental features and tone perception improvement for use with cochlear implant users.

**Keywords :**

cochlear implant – deafness – rehabilitation – music – tone – prosody – suprasegmental features – melody - speech therapy - pitch

---

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Contexte théorique, buts et hypothèses</b> .....	<b>4</b>
1.Caractérisation physique du monde sonore.....	6
1.1.Perception et traitement des sons complexes par l'appareil auditif.....	6
2.Données neurobiologiques de la perception des sons complexes.....	9
2.1.Apports structurels des différents auteurs.....	9
2.2. Intérêt d'un entraînement musical sur le développement d'autres compétences langagières .....	12
2.2.1. Étude de la plasticité cérébrale.....	12
2.2.2. Distinctions entre musiciens et non musiciens.....	14
3.Aspects linguistiques et mélodiques de la parole.....	16
3.1. Définition de la mélodie.....	16
3.1.La Prosodie, équivalent mélodique du langage.....	17
3.1.1.L'intonation.....	18
3.1.2. L'accentuation.....	21
4.Implant cochléaire et réhabilitation de l'audition.....	23
4.1.Rappel de fonctionnement de l'implant cochléaire.....	23
4.2.Etat des perceptions auditives avec implant cochléaire.....	24
4.2.1.Perception des traits segmentaux de la parole avec implant cochléaire et introduction aux stratégies de codage.....	24
4.2.2.Base des stratégies de codage de l'implant cochléaire.....	27
4.2.3. Perception des traits supra-segmentaux de la parole avec implant ..	29
4.2.4. Perception des traits musicaux avec implant. ....	32
4.3.Réhabilitation de l'audition des personnes implantées par l'éducation auditive.....	36
5. Introduction à l'éveil musical : exemple type du travail de concrétisation des concepts chez les jeunes enfants.....	38
6.Buts et Hypothèses.....	39
<b>Sujets, matériel et méthode</b> .....	<b>42</b>
1. Mise en place d'un outil d'appréciation théorique du matériel : questionnaires à destination des orthophonistes et de la population. ....	43
2. Matériel et Méthodes.....	44
2.1.La musique comme support de réhabilitation auditive, principes de base et adaptation à la pratique orthophonique.....	44
2.1.1. Généralisation de la méthodologie de concrétisation des concepts musicaux de l'éveil musical à la situation de création des concepts sonores dans la rééducation perceptive des porteurs d'implant cochléaire.....	44
2.1.1.1. Lien entre l'éveil musical et la mise en place d'un protocole rééducatif basé sur la musique.....	45
2.1.1.2. Difficultés d'adaptation de l'éveil musical classique au contexte particulier du public porteur de surdité.....	45
2.1.2. Habitudes musicales chez les personnes porteuses d'implants cochléaires .....	46
2.1.3. Intégration de l'outil musical à la pratique des professionnels de l'audition : apport du 12ème congrès de la Société Française d'Audiologie..	47
2.2. Élaboration du matériel.....	49
2.2.1. Objectif du matériel.....	49
2.2.2. Choix du support.....	50
2.2.3. Contenu Sonore.....	50

---

2.2.4. Choix de l'axe de travail .....	52
2.2.5. Description des séquences.....	52
2.2.5.1. Le travail des registres.....	53
2.2.5.2. Travail des intervalles.....	54
2.2.5.3. Travail de la mélodie.....	57
2.2.5.3.1. Modèles mélodiques.....	57
2.2.5.3.2. Mélodie du langage.....	57
2.2.5.3.3. Travail du timbre.....	59
2.2.6. Description théorique de l'utilisation du matériel dans le cadre d'une réhabilitation auditive.....	59
2.2.6.1. Testing préalable au démarrage du protocole.....	59
2.2.6.2. Usage du matériel en séance.....	60
<b>Résultats.....</b>	<b>61</b>
1. Résultats du questionnaire à destination des orthophonistes.....	62
2. Résultats du questionnaire à destination de la population cible.....	64
<b>Discussion.....</b>	<b>66</b>
1. Critique méthodologique.....	67
1.1. Difficulté dans le choix des notions pertinentes à intégrer au travail.....	67
1.2. Recherche documentaire et établissement du contexte théorique de départ.....	68
1.3. Outil de validation du protocole.....	69
2. Critique de la forme définitive de l'outil.....	71
3. Utilisation du matériel comme support de test avant/après entraînement. .	73
4. Possibilité d'approfondissement du matériel et adaptations possibles.....	74
<b>Conclusion.....</b>	<b>75</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>77</b>
<b>Liste des annexes.....</b>	<b>81</b>
Annexe n°1 : Détail d'une séance d'éveil musical.....	82
Annexe n°2 : Résultats d'un questionnaire à destination des orthophonistes.....	82
Annexe n°3 : Résultats d'un questionnaire à destination d'une population d'adultes sourds implantés.....	82
Annexe n°4 : Sommaire détaillé de l'outil.....	82
Annexe n°5 : Images et figures illustratrices du texte.....	82

---

# Introduction

---

La prosodie, telle qu'elle est décrite dans la littérature, constitue une des caractéristiques majeures nécessaires à l'intelligibilité et à la compréhension de la parole.

L'implant cochléaire bénéficie d'une technologie évolutive qui s'améliore d'année en année. Il constitue toujours une révolution dans la perception de la parole par les personnes souffrant d'un handicap auditif. Cependant, malgré les performances non négligeables obtenues dans la perception des paramètres segmentaux de la parole, la perception des paramètres supra-segmentaux semble pour autant moins accessible.

En effet, classiquement, on repère dans la prosodie des patients, certaines irrégularités prosodiques, notamment au niveau du rythme, de l'accentuation, de certaines intonations, qui sont par ailleurs mal discriminées parce que trop proches.

Bien que la compréhension des mots, à proprement parler, soit essentielle pour interpréter le discours, la langue française, riche en caractère implicite, présente de nombreux cas de figure où un changement d'intonation entraîne purement et simplement un changement du sens de la phrase.

La prosodie est donc porteuse de sens, et ajoute une nuance supplémentaire au sens premier des mots du discours. C'est pourquoi il est important d'en percevoir les subtilités.

Tout comme celle des mots et des phrases, il convient d'éduquer cette perception grâce à la rééducation orthophonique, qui permettra au patient de construire des stratégies et des représentations perceptives spécifiques.

Il s'agit d'entraîner le cerveau à affiner son degré de suppléance mentale, en regard des exigences du traitement des informations prosodiques transmises par l'implant, qui restent par définition, partielles. Il faudra donc se référer à des indices précis et apprendre à les déceler malgré leur subtilité.

La musique intervient ici, comme support de rééducation, grâce au parallèle qu'il est possible de faire entre ses paramètres physiques et la dimension prosodique du langage.

---

Par son caractère ludique, sa grande diversité de sons (modulables dans de nombreuses modalités), et par les compétences transversales que mobilise son écoute attentive, elle constitue une source d'exercices variés et ciblés, adaptables à la population de sourds implantés, mais également à d'autres populations sujettes à des difficultés de perception et de mise en œuvre et de perception du langage.

Tout d'abord, nous établirons le contexte théorique permettant une caractérisation physique du son, puis justifiant de la possibilité d'un parallèle entre parole et musique. Par la suite, nous décrirons les étapes de conception de notre support et les moyens mis en œuvre pour le réaliser et le valider.

---

# Contexte théorique, buts et hypothèses

---

## 1. Caractérisation physique du monde sonore

Parmi les sensations sonores, on identifie les bruits et les sons musicaux.

Un son musical est un son complexe.

Le terme, son complexe, inclut notamment les sons musicaux ou les sons produits par l'appareil phonatoire humain. Ces sons sont selon le mathématicien Fourier, décomposables en une série de sons purs, sinusoïdaux, ne possédant qu'une seule harmonique égale à leur fréquence fondamentale.

Un son musical en tant que son complexe, selon André Gribenski, 1951, est caractérisé par :

- **son intensité sonore** (son faible /fort)
- son **timbre** (particularité qualitative qui nous indique par exemple, quel instrument a produit le son)
- **sa hauteur tonale** (son grave/aigu)

La hauteur tonale d'une sonorité est la perception de la valeur fréquentielle de son fondamental ; elle correspond au « pitch » anglo-saxon.

Dans le cas d'un son musical, la hauteur est définie exactement et s'exprime par le nom de la note de la gamme à laquelle il correspond.

- **sa durée** (son bref/son long)

Les différents sons d'origine environnementale et humaine sont traités et analysés par les structures de l'oreille interne en fonction de leurs caractéristiques physiques.

### 1.1. Perception et traitement des sons complexes par l'appareil auditif

La reconnaissance de la hauteur tonale d'une note par l'oreille ne s'effectue pas seulement par l'identification de la hauteur de la fréquence fondamentale mais tout

autant par l'analyse de l'espacement fréquentiel séparant chacun des harmoniques. Ce procédé permet aussi la reconnaissance du timbre.

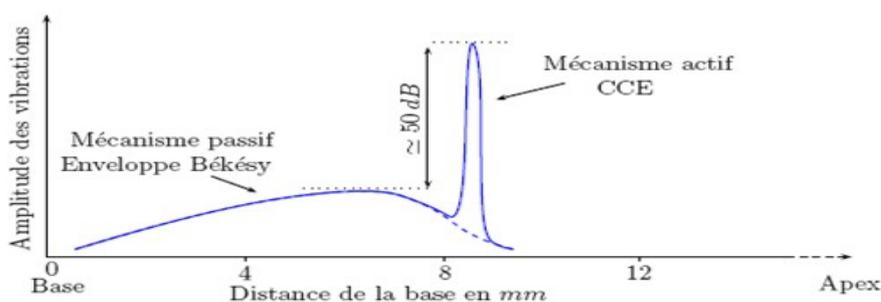
Selon le modèle des sons complexes décrit par Moore et al., 1997 : *chaque harmonique du signal est traitée par un filtre cochléaire différent dans le cas d'une oreille saine, c'est la description de la tonotopie.*

La représentation fréquentielle des sons dans la cochlée suit une tonotopie passive mais relève également d'un processus actif de transmission des influx au cerveau (figure 1).

Le long de la cochlée, chaque cellule ciliée répond préférentiellement à une certaine fréquence, pour permettre au cerveau de différencier la hauteur des sons.

La théorie de l'onde propagée de Békésy (1960) met en évidence des mécanismes passifs de propagation de l'onde sonore. Ces mécanismes passifs sont dus à la physiologie de la membrane basilaire dont l'épaisseur sur toute la surface de la cochlée lui confère plus ou moins de mobilité en fonction des fréquences traitées.

Le mécanisme actif, mis en évidence par Johnstone et Boyle (1960) permet d'amplifier la vibration de la membrane basilaire grâce aux cellules ciliées externes.



**(figure 1 : Mécanismes d'excitation passive et active de la membrane basilaire selon Jonathan Goldminc, (2013) Résumé d'une publication parue dans la revue professionnelle « Les cahiers de l'audition »)**

Selon J. Goldminc (2013), les cellules ciliées externes présentes dans la cochlée sont des cellules contractiles qui par leurs rôles de vibreurs vont affiner la

zone d'excitation de la cochlée, renseignant encore plus précisément le cerveau sur la fréquence du son.

Les sons, transformés dans l'oreille en messages nerveux, sont traités dans le cerveau à plusieurs niveaux (figure 2) :

1. un niveau sous-cortical dans les voies auditives primaires, où de nombreux relais effectuent un travail spécifique d'interprétation et de décodage réflexe et au bout duquel le message est reconnu, mémorisé et peut être intégré dans une réponse volontaire (intégration notamment dans le thalamus, dernier relais avant le cortex auditif primaire).

2. le cortex auditif où le son est analysé ;

3. les autres territoires cérébraux qui permettent la perception consciente (ex : la formation réticulée) la reconnaissance du son , l'élaboration d'une réponse volontaire etc.

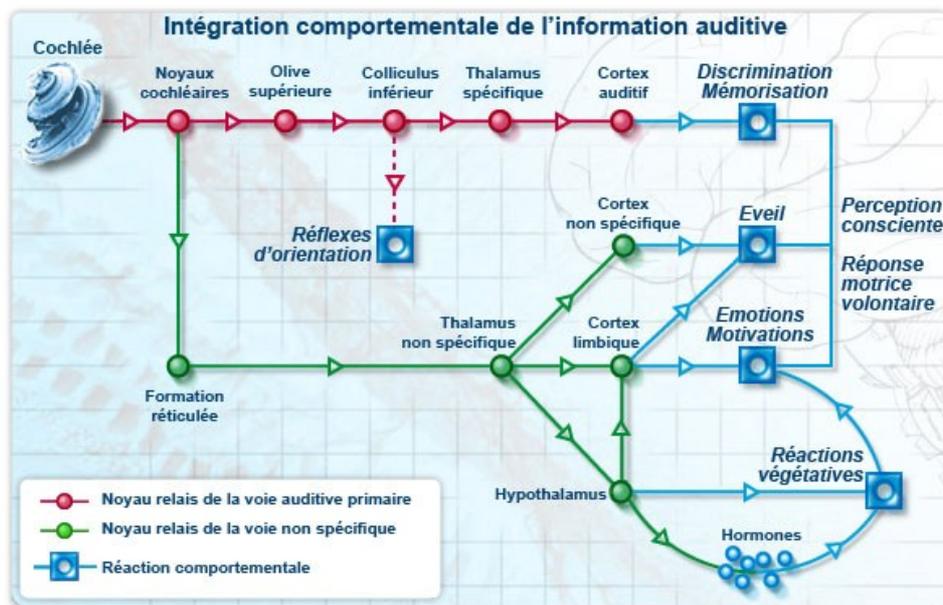


figure 2: Intégration comportementale de l'information auditive, selon Rémy Pujol, *Voyage au centre de l'audition*, <http://www.cochlea.eu/cerveau-auditif>, 2013)

La majorité des pertes auditives, sont liées à la destruction des cellules de l'oreille interne entraînant des déformations ou distorsions dans le codage du message acoustique.

---

Les oreilles défaillantes, ou qui recrutent, c'est-à-dire qui présentent une distorsion d'intensité au niveau de l'oreille interne suite à une perte auditive traitent les sons proches de la même manière. L'encodage est donc moins précis.

Les informations envoyées par l'oreille au cerveau sont désorganisées, rendant la compréhension difficile.

Le cerveau est l'organe permettant d'analyser et d'interpréter les perceptions auditives grâce aux indices structurels qui lui sont transmis par l'appareil auditif.

## **2. Données neurobiologiques de la perception des sons complexes**

### **2.1. Apports structurels des différents auteurs**

L'écoute de la musique, tout comme celle de la parole, induit une sollicitation conjointe des deux hémisphères cérébraux. Ces derniers fonctionnent en synergie afin de traiter les différents paramètres du signal séparément et ainsi le restituer dans sa globalité.

Leurs rôles dans la perception musicale sont en adéquation avec le caractère analytique qu'on prête au fonctionnement de l'hémisphère gauche, et le caractère global dévolu à l'hémisphère droit.

Selon Zatorre et al. (2002), dans l'analyse du son musical, l'hémisphère gauche prend en charge le rythme, la segmentation temporelle et le tempo soient la plupart des éléments s'inscrivant dans une dimension temporelle. L'hémisphère droit s'occupe de la perception des intervalles mélodiques ou harmoniques et des contours mélodiques, une fonction analogue à celle qu'il assure pour le langage car son rôle est principalement dévolu à l'analyse et à l'expression des aspects prosodiques du discours (notamment ayant trait à la mélodie et à l'intonation).

La reconnaissance de la hauteur tonale absolue est du ressort de l'aire auditive gauche. Elle relèverait soit de l'appréciation de paramètres temporels, en substance,

---

la localisation des micros-intervalles de temps qui définissent la vibration de la note analysée ; soit de la prise en compte purement arithmétique du nombre qui reflète cette hauteur tonale.( On observe souvent, lorsque cette reconnaissance de la hauteur tonale s'effectue sans signification sémantique, une mise en action de la zone visuelle du lobe occipital gauche, donc une participation du système visuel qui est interprétée comme une représentation mentale de la hauteur tonale évoquant une échelle, si ce n'est un clavier.)

Tout ce qui fait appel à un lexique musical est pris en charge par le cerveau gauche. Il en est de même pour la recherche de l'éventuelle familiarité sémantique d'une mélodie, avec bien sûr dans les deux cas une activation concomitante de l'aire auditive droite.

Lorsque la valeur tonale de la note analysée possède une signification sémantique, c'est-à-dire ayant rapport à une représentation concrète, elle entraîne en plus l'activation de l'opercule frontal gauche, zone toute proche de l'aire de Broca. C'est le cas par exemple pour les mots monosyllabiques dont la signification change avec la valeur du fondamental (langue à tons) selon Zatorre et al. (2001).

L'appréciation du timbre dépend principalement du cerveau droit, mais le traitement des *patterns* temporels par le cerveau gauche est aussi utile pour traiter l'ensemble des harmoniques d'un son complexe à fondamentale absente.

Cette tâche particulière de l'aire auditive gauche implique une coopération des deux hémisphères. En conséquence, quelqu'un ayant subi une destruction du corps calleux présentera une appréciation perturbée de la hauteur tonale ce qui laisse penser que le cerveau gauche a besoin immédiatement ou de manière mémorisée de cette notion d'intervalle élaborée par le cerveau droit.

Les régions corticales impliquées seraient surtout les régions temporelle externe, pariétale, pariéto-temporo-occipitale.

Plus particulièrement, les aires temporelles seraient impliquées dans la perception, et l'imagination des mélodies. (Zatorre et al. , 2001)

---

L'aire auditive primaire est localisée sur la face supérieure du lobe temporal, au niveau de la partie centrale du *planum temporale*. C'est le siège des afférences auditives. À cette aire principale sont associées des aires associatives multimodales dont les connexions traversent le corps calleux.

Le rôle fonctionnel de ces aires associatives auditives est la reconnaissance auditive (discrimination phonologique, bruits familiers, musique etc.).

Cette reconnaissance se poursuit dans les aires adjacentes.

L'écoute et l'analyse du contour mélodique entraînent une activation un peu différente de l'aire auditive droite. Elle est discrète dans l'aire primaire, importante dans l'aire associative située plus en arrière, et se retrouve aussi dans la partie postéro-supérieure du *planum temporale* droit. On observe notamment cette activation, ajoutée à celle du contrôle moteur de la voix, lorsqu'un sujet chante, le contrôle de sa propre voix étant indispensable au contrôle permanent de ses modulations. L'aire de Broca, elle, peut s'activer lors de l'émission sonore de la parole chantée.

On observe outre l'activation des aires principales, selon Zatorre et al., (2001) une action des régions préfrontales et frontales droites lors de la perception de la hauteur et de la mémorisation de mélodies et une implication des gyri temporaux moyens et supérieurs des deux hémisphères dans la perception tonale. Il serait dévolu aux gyri une fonction spécifique de reconnaissance de la prosodie.

D'autres structures s'activent spécifiquement lors du traitement de la musique : selon une étude de S. Brown, M.J. Martinez et L.M. Parsons (2004) : l'écoute passive de la musique entraînerait également une veille des systèmes limbique et paralimbique. L'activation de ces systèmes entraînerait la libération de neurotransmetteurs contribuant à la plasticité synaptique et l'expression des gènes, incluant l'acétylcholine, la sérotonine et les catécholamines.

(Le modèle de Ledoux (1996) suppose que l'émotion possède des substrats neuronaux objectivables. De nombreuses études ont montré qu'elle implique le système limbique, notamment l'amygdale (Koelsch & al, 2006 ; Adolphs, 2002).

Gosselin et ses collaborateurs (2007) ont montré qu'une résection antéromédiane unilatérale du lobe temporal, incluant l'amygdale, menait à des difficultés de

---

jugement de l'émotion portée par un extrait musical, et plus particulièrement pour la peur. Également une preuve de la base neurobiologique des émotions, on observe une indifférence émotionnelle dans certains cas de lésions droites (Buck & al, 1980). )

Parallèlement, Damasio en 2007 a postulé que l'*insula* permettrait de répertorier les états viscéraux associés à des expériences émotionnelles, donnant ainsi naissance à un sentiment conscient. Le cortex insulaire, produirait donc un contexte émotionnel adéquat pour une expérience sensorielle donnée d'où son rôle dans la perception des émotions lors de l'écoute passive de la musique.

L'hippocampe s'active également lorsqu'on entend un air familier ainsi que l'amygdale, zones responsables de l'analyse harmonique fine et de la mémoire émotionnelle.

Ces différentes zones cérébrales communiquent et influent sur leur fonctionnement mutuel, ce qui laisse à penser qu'en stimulant certaines d'entre elles, on peut parvenir à en stimuler d'autres via diverses connexions neuronales et par le biais de l'entraînement d'une compétence cible, on peut en développer une autre qui lui est liée.

## **2.2. Intérêt d'un entraînement musical sur le développement d'autres compétences langagières**

### **2.2.1. Étude de la plasticité cérébrale.**

De nombreux auteurs se sont penchés sur la possibilité qu'un entraînement non-spécifique de certaines fonctions cognitives puisse améliorer d'autres compétences par le biais de la plasticité cérébrale.

C'est le cas d'A. Patel, et al. , auteurs de l'hypothèse OPERA, en 2011 qui se décline comme suit :

Un entraînement non spécifique par la musique aura des effets positifs sur le traitement du langage à condition qu'il obéisse à cinq règles de bases dont l'acronyme des initiales désigne cette théorie.

- 
- O pour *Overlap* : figure le fait qu'il existe des communications anatomiques dans les circuits neuronaux dévolus au traitement des paramètres acoustiques communs au langage et à la musique.
  - P pour Précision, la musique nécessite un niveau de traitement plus complexe que le langage à certains niveaux
  - E, pour Emotion car la musique qui met en œuvre ces circuits entraîne une forte émotion positive.
  - R pour Répétition car les activités musicales qui engagent ces circuits sont fréquemment répétés
  - A pour Attention, car les activités musicales en question sont en lien avec l'attention sélective.

Si l'on en croit cette théorie, lorsque ces conditions sont réunies, la plasticité cérébrale conduit les circuits neuronaux à fonctionner avec une précision accrue grâce à l'entraînement musical, par conséquent, le traitement du signal langagier en retire les bénéfices.

Pour développer cette idée de précision, on avance que la musique nécessite un niveau de traitement plus pointu pour des activités telles que :

- La discrimination de la hauteur tonale : comme le démontrent notamment les travaux de plusieurs auteurs comme Peretz et Hyde (2011), Zatorre et Blaum (2012) et Patel (2011), le degré de discrimination tonale qu'exige la tâche de justesse en musique est nettement plus élevé que celui que nécessite la parole, et ce même dans le cas des langues dites à « tons ».

Ce cas de figure a été étudié par Patel et al. , qui en 2010, décrivaient que même une prononciation atone du mandarin ne nuisait pas à la compréhension d'un énoncé pour les natifs de cette langue.

- Le rythme, représenté par le tempo des notes en musique et la vitesse de syllabation jouent un rôle clé dans la création de motifs temporels dans les deux domaines. Un entraînement en ce sens augmenterait également les facultés à percevoir les changements de rythme les plus subtils.

---

Selon une étude de Lisker et al., en 1986, le VOT (*voice onset time*) est un indice qui détermine la nature voisée ou non voisée d'une consonne occlusive. Il concerne le rapport temporel entre deux événements acoustiques :

- Le relâchement de la pression de l'air (l'explosion = *burst*)
- Le début de la vibration des cordes vocales (voisement de la voyelle) et serait un des indices clés dans la discrimination des consonnes occlusives entre elles (distinguer un « b » d'un « d » par exemple). Par conséquent une perception fine des changements de rythme permet une compréhension plus juste.

Les autres indices sont notamment, la fréquence fondamentale, la durée du voisement etc.

En outre, dans le langage courant, il existe une certaine redondance dans les contextes sémantiques et syntaxiques habituels qui permet de conserver un certain niveau de compréhension même en cas de perte sensorielle, ce qui n'est pas le cas dans la musique surtout si on cherche à acquérir un certain niveau d'expertise.

- A. Patel cite dans son article, les travaux de Strait et Kraus (2011) et de Besson et al. (2011) qui fournissent les preuves que l'entraînement musical améliore la mémoire auditivo-verbale et l'attention auditive en montrant l'activation de zones communes dévolues à ces fonctions dans les tâches impliquant le langage et la musique.

Dans le panel des recherches dédiées à ce sujet, on a pu mettre en évidence certains écarts de performance selon que les sujets aient eu ou non une pratique antérieure de la musique, mais également au sein des échantillons de musiciens des différences de résultats reliées au niveau d'expertise musicale.

### **2.2.2. Distinctions entre musiciens et non musiciens**

Comme le soulignent Strait et Kraus (2013), dans leur article : *Biological impact of auditory expertise across the life span: Musicians as a model of*

*auditory learning*, l'entraînement musical a été associé à des remaniements physiologiques entraînant des améliorations significatives des performances

---

auditives. C'est ce qu'ont vérifié d'autres études mentionnées dans leur travail : par exemple, les adultes musiciens ont une meilleure perception auditive (Kishon-Rabin et al., 2011 ; Micheyl et al. , 2006 ; Parbery-Clark et al., 2009b, 2011a ; Rammsayer et Altenmuller, 2006 ; Strait et al., 2010 ; Zendel et Alain, 2009) et produisent des potentiels évoqués corticaux plus différenciés en réaction à de subtils changements acoustiques que les non-musiciens (Chobert et al., 2011 ; Marie et al. , 2010 ; Marques et al., 2007 ; Schon et al., 2004 ; Tervaniemi et al., 1997 ; van Zuijen et al., 2005). Les différences fonctionnelles entre musiciens et non musiciens s'accompagnent de différences structurelles, en l'occurrence, les musiciens ont plus de substance grise au niveau des cortex auditif et sensori-moteur que les non musiciens ( Bermudez et al., 2009 ; Gaser et Schlaug, 2003a ; Schneider et al., 2002), et des tractus plus nombreux et myélinisés dans la substance blanche, ce qui souligne une connectivité plus performante (Bengtsson et al., 2005 ; Halwani et al., 2011 ; Lee et al., 2003 ; Schlaug, 2011 ; Schlaug et al., 2009a, 1995 ; Schmithorst et Wilke, 2002).

Strait et Kraus décrivent dans ce même article, l'étude des réponses du tronc cérébral aux stimulations réalisées avec des sons complexes. Ils montrent qu'elles sont plus rapides, plus précises, plus différenciées en termes de temps et d'encodage chez les musiciens que chez les non-musiciens.

Des capacités qui sont, comme le montrent les autres travaux cités par les auteurs, constamment observées dans des conditions d'écoute difficiles, par exemple avec un bruit de fond (Parbery-Clark et al., 2009) ou de la réverbération (Bidelman et Krishnan, 2010). Dans un environnement silencieux, les réponses sont équivalentes mais dans un environnement bruyant, les musiciens présentent des réponses plus rapides et un encodage plus fidèle des harmoniques du discours.

Les auteurs mettent en évidence le manque d'études longitudinales existant sur le sujet. Toutefois il ressort que l'entraînement musical chez les enfants en âge d'être scolarisés engendre de meilleures réponses corticales aux changements de hauteur tonale (Besson et al., 2007 ; Moreno et al., 2009) , au VOT (Chobert et al., 2012) et un développement accru du cortex auditif primaire et du cortex moteur (Hyde et al., 2009).

---

Les auteurs rapportent également qu'en regard des travaux de Lisker et al. (1986) les musiciens sont plus sensibles au critère de voisement des phonèmes et distinguent plus facilement un « pa » d'un « ba ».

Chez les musiciens au niveau sous cortical, le codage de la fréquence fondamentale est amélioré et corrélé au nombre d'années de pratique musicale. Ils extraient par conséquent mieux le signal du bruit.

Après ce tour d'horizon des données physiologiques, intéressons-nous à l'aspect mélodique et linguistique du langage.

### **3. Aspects linguistiques et mélodiques de la parole**

Il est possible d'établir une certaine convergence des sons musicaux et des sons du langage en effectuant le parallèle suivant :

LANGAGE / MUSIQUE

- Intonation / Hauteur
- Accents / Intensité
- Rythme / Durée
- Timbre / Timbre

Lorsque que l'on observe la gamme des réactions à l'écoute de la musique, on relève des similitudes avec certains des pré-requis à la communication.

Une des fonctions primaires du langage outre le message est de véhiculer l'émotion, l'intention du locuteur. Si l'on considère que la musique est une forme de langage, on considère que la mélodie est le support permettant d'exprimer de par ses inflexions, des émotions et impressions diverses chez l'auditeur.

#### **3.1. Définition de la mélodie**

Selon Alain CARRE (2008) :

*« La mélodie peut se définir comme une succession d'oppositions fréquentielles. La mélodie est plus difficile à analyser que le mouvement sonore qui*

---

*en quelques secondes manifeste des écarts importants en hertz. La mélodie, elle utilise des fréquences déterminées dont les écarts en hertz sont relativement « petits » ; leur perception et surtout leur analyse en est plus difficile »*

D'autres définitions plus ou moins similaires existent. Ce qu'il faut en priorité retenir c'est que la mélodie correspond à un enchaînement de variations de fréquences distinctes, définies entre elles par les intervalles les séparant.

Selon Claude-Henri CHOUARD (2009) :

*« L'intervalle est la comparaison de deux notes. Il est à lui seul une mélodie et apprécie la valeur de F1/F2. Il peut être harmonique ou mélodique. »*

La hauteur relative des deux notes est codée par *le fameux chroma de l'oreille interne* qui participe à la distinction de deux sons d'égale intensité.

Au même titre que la tonie qui permet de distinguer les registres des sons, le chroma détermine la position de la note au sein de l'octave.

La mélodie est porteuse de sens. Elle est le fondement du message musical. Dans le langage verbal, ce rôle est dévolu à la prosodie.

### **3.1. La Prosodie, équivalent mélodique du langage**

La prosodie est la mélodie formée par les variations temporelles de son intensité, de la fréquence du fondamental laryngé et de la durée de chaque élément phonétique

La prosodie est dite suprasegmentale car n'agissant pas au niveau des « segments », ou « phones » soient les voyelles, les consonnes, qui représentent la substance de l'expression, mais au niveau des mots et des groupes de sens. Elle se superpose à leur sens premier et y apporte la nuance précisant l'intention du locuteur et le caractère implicite du message.

On peut en effet articuler une suite de phones ou de segments sur un ton neutre ou décider de moduler l'énoncé.

---

En y ajoutant les différents phénomènes prosodiques, soient : l'intonation, l'accentuation, la syllabation, le rythme et la pause, on peut en faire une constatation, une interrogation, y exprimer le doute, l'ironie etc. tout en conservant l'intégrité linguistique de l'énoncé de base. Les marques de la prosodie viendront tout simplement s'ajouter à celles des éléments phonématiques.

Les fonctionnalistes séparent les deux aspects principaux de ce qui constitue la prosodie :

- l'accentuation,
- l'intonation

Le contour mélodique apprécie dans le temps la modulation fréquentielle de plusieurs intervalles ; on l'appelle aussi l'enveloppe du signal, ce qui correspond à la prosodie de la parole. C'est l'évolution du fondamental qui donne la mélodie du discours. Cette mélodie structure l'énoncé en coordonnant et hiérarchisant les unités. Elle est alors appelée intonation par les linguistes.

Nous étudierons tout d'abord l'intonation avant de nous intéresser à son pendant, l'accentuation.

### **3.1.1. L'intonation**

Il existe plus d'un moyen de modifier la tonalité d'une déclaration en français. On peut le faire à l'écrit en modifiant la ponctuation (« Vous sortez ? » « Vous sortez ! »), à l'oral, par exemple en intervertissant l'ordre des mots pour marquer un questionnement (« Sortez-vous ? ») ou en préposant une marque d'interrogation (« Est-ce que vous sortez ») ou tout simplement en changeant d'intonation.

Si on se réfère aux *dix intonations de base du français*, de Pierre Delattre (1966) :

L'intonation fait partie des phénomènes prosodiques.

C'est une notion subjective nous permettant de distinguer un mode d'expression logique d'un autre (commandement, question, continuation, finalité etc.) ou une attitude émotive d'une autre (surprise, curiosité, impatience, peur, joie etc.). La perception subjective de l'intonation dépend en réalité des variations de plusieurs

---

traits acoustiques que sont l'intensité, la durée, et la fréquence, principalement la variation de la fréquence dite fondamentale.

On retrouve des intonations similaires de façon quasi universelle dans les émotions primaires fortes.

Outre celui de véhiculer des émotions, l'intonation possède aussi :

- un rôle linguistique : tout d'abord dans les processus de perception. L'enfant qui ne connaît pas encore le sens des mots qu'il prononce, comme la personne devenue sourde, se repère aux structures rythmiques et mélodiques pour tenter de restituer le message qui lui échappe

En référence à certaines données sur l'acquisition du langage,

Cité par Pierre Léon dans son ouvrage *Phonétisme et Prononciation du français* (2005), Theunissen montre que les tous jeunes enfants, utilisent une mélodie montante pour exprimer un désir, une mélodie montante descendante pour se référer à leurs jouets et à ce qu'ils aiment et une mélodie descendante pour parler de ce qui les entourent.

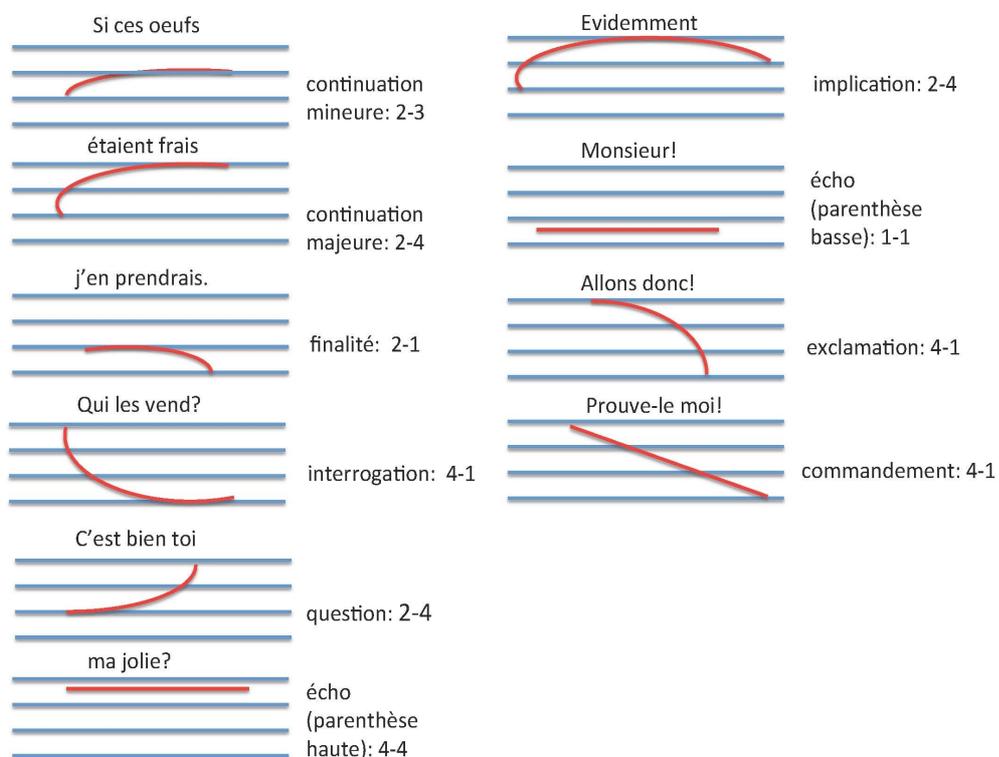
Crystal soutient que l'enfant acquiert peu à peu, hiérarchiquement les éléments du système prosodique. Konopczynski (1986 ) a montré de son côté que la perception rythmique et mélodique précède l'acquisition des structures prosodiques grammaticales. Entre 8 et 24 mois le bébé utilise toute la gamme des possibilités « *explorant jusque dans les extrêmes de sa tessiture* ».

- un rôle phonologique pour marquer l'opposition des types de phrases en l'absence de marqueurs grammaticaux ou au contraire, de pair avec l'accentuation pour lier les mots entre eux afin de marquer les différents groupes de sens.

Certaines structures intonatives sont aussi bien codées que celles du niveau phonématique. On distingue nettement : « Tu l'écoutes ! » (impératif : mélodie descendante) de tu l'écoutes ? (question : mélodie montante) et tu l'écoutes (déclaratif: mélodie montante- descendante). Cependant elles ne présentent pas de combinatoire semblable à celle des phonèmes.

L'analyse de plusieurs corpi par Pierre Delattre (1966), a montré que pour l'expression des notions logiques fondamentales, le français utilise dix intonations de base (figure 3) :

- intonation de tonalité déclarative : la finalité, la continuation majeure, la continuation mineure, l'implication et le commandement
- intonation de tonalité interrogative : la question, l'interrogation
- intonation de tonalité parenthétique : la parenthèse, l'écho
- intonation de tonalité exclamative



**Figure 3 : intonations de base de Pierre Delattre (1966)**

Après étude des dix courbes d'intonations les plus fréquentes, on peut se permettre de les classer en sept classes distinctives appelées intonèmes :

- quatre classes ascendantes : la continuation mineure, la continuation majeure, la question, l'implication
- deux classes descendantes : la finalité, l'interrogation/le commandement/l'exclamation qui ne sont pas distinctives entre elles

- 
- une classe en plateau : les parenthèses qui sont en distribution complémentaire.

La fréquence fondamentale est décrite en analyse spectrale par deux paramètres décrivant ses variations lors de l'émission du signal.

Le *Jitter*, correspond à la variation de la fréquence fondamentale d'un cycle à l'autre, soit la différence de fréquence moyenne entre deux motifs périodiques consécutifs. Il s'exprime en valeur absolue ou en pourcentage.

Le *Shimmer*, correspond à la valeur en décibels des variations moyennes d'amplitude de la courbe sinusoïdale d'une période à l'autre.

Ces deux paramètres sont spécifiques à la voix humaine et jouent un rôle important dans la perception et l'analyse spectrale des intonations.

Passons maintenant à l'étude de l'accentuation.

### **3.1.2. L'accentuation**

Selon Pierre Léon (2005): Le terme accentuation désigne *une proéminence acoustique repérable au sein d'un énoncé*.

C'est le résultat d'un effort expiratoire et articulatoire qui se manifeste par une mise en relief d'un élément marqué par une augmentation physique de longueur, d'intensité et parfois par un changement de fréquence d'une syllabe accentuée à l'autre, non accentuée ou au cours de l'évolution de la syllabe accentuée.

Sur le plan du perceptif on parlera de durée, d'intensité, et de hauteur.

On se réfère à la hauteur en tant que marqueur de l'accentuation en cas d'atténuation des deux autres paramètres. Dans le cas contraire, elle s'y adjoint de manière redondante.

Les paramètres de changement d'intensité et de hauteur ne sont pas toujours des indicateurs perceptifs fiables. La durée est presque toujours la marque essentielle de l'accentuation.

Les fonctions de l'accentuation se déclinent sur plusieurs plans :

- 
- Sur le plan linguistique l'accentuation a une fonction démarcative. Elle facilite le décodage des unités de sens ou syntagmes. De même que la pause, qu'elle accompagne souvent, elle peut servir à lever une ambiguïté. Placé en fin de mot ou de syntagme, l'accent démarcatif permet de délimiter les différentes unités d'un énoncé.

Ex : Hier, j'ai rencontré **Paul**.

Dans certaines langues, la place de l'accent peut aussi avoir une valeur distinctive. Par exemple lorsque des mots se prononcent de la même manière, la place de l'accent tonique peut aider à en préciser le sens.

- Sur le plan expressif, un second type d'accentuation appelé accent d'insistance permet une mise en relief d'une unité généralement plus petite que le syntagme.

Cet accent d'insistance est à caractère contrastif et a plusieurs fonctions : l'opposition, (on ne dit pas **LA** garçon mais **LE** garçon) l'emphase (c'est **SUPER** beau), la différenciation (des échanges **humains, commerciaux** etc.)

L'accent d'insistance tend à se manifester généralement sur la première syllabe de l'unité linguistique par une intensité, une durée accrue de la consonne, un coup de glotte, ou une montée mélodique importante.

Dans la plupart des cas d'insistance, la hauteur mélodique, la durée et de l'intensité augmentent de concert, mais il existe aussi un accent d'insistance mélodique plus ou moins autonome qui consiste à faire passer la syllabe accentuée par un niveau suraigu sans faire varier les autres paramètres.

Peter Wunderli (1987) a mis en évidence un rôle syntaxique de l'accentuation, en démontrant que l'interrogation par l'inversion entraîne un accent d'insistance qui se superpose au degré normal de la hauteur attendue. L'intensité ne joue donc pratiquement aucun rôle, la durée très peu. Le paramètre de hauteur occupe donc une place centrale dans ce cas de figure.

Certains paramètres rythmiques font partie intégrante de l'accentuation

- 
- La durée par exemple : En synergie avec l'accentuation, elle permet de mettre en évidence un élément dans l'axe syntagmatique.

Selon Pierre Léon (2005) :

*En général, une syllabe accentuée est en moyenne deux fois plus longue qu'une syllabe inaccentuée en français standard.*

Sur le plan de la forme c'est surtout la distribution des marques accentuelles qui est responsable de la perception des rythmes selon Hirst et Di Cristo, la mélodie joue donc un rôle majeur dans l'organisation rythmique.

La perception de la mélodie est donc un repère clé dans la perception de toutes les finesses du rythme.

Tous les indices perceptifs décrits dans cette partie sont partie intégrante de la subtilité du langage. Cette subtilité les rend difficile d'accès pour les sujets présentant un déficit auditif et ce malgré les progrès toujours grandissants de la technologie des aides auditives. Il est donc nécessaire de faire le maximum pour l'investissement et la perception de ces paramètres par les personnes sourdes dans un souci d'amélioration de la compréhension du discours. Intéressons-nous au cas particulier des porteurs d'implant cochléaire, sujets centraux de ce travail.

## **4. Implant cochléaire et réhabilitation de l'audition**

### **4.1. Rappel de fonctionnement de l'implant cochléaire**

C'est une prothèse d'oreille interne implantable, composée de deux parties.

Une partie interne constituée

- d'un récepteur/stimulateur,
- d'un porte électrode,
- d'un nombre variable d'électrodes en fonction du type d'implant. Les électrodes observent une tonotopie analogue à celle de la cochlée et sont

---

implantées en fonction des fibres nerveuses restant sur le « clavier cochléaire ». Elles sont au contact du nerf auditif.

Une partie externe comprenant :

- un microphone qui va capter le bruit ambiant,
- un processeur qui va traiter le son,
- une antenne émettrice, maintenue au cuir chevelu par un aimant en regard du récepteur implanté.



## **4.2. Etat des perceptions auditives avec implant cochléaire**

Comment sont perçus la plupart des sons complexes par les porteurs d'implants cochléaire ? Nous commencerons par nous intéresser aux deux dimensions du langage soit la dimension segmentale et la dimension supra-segmentale, puis nous étendrons notre réflexion à la perception de la musique.

### **4.2.1. Perception des traits segmentaux de la parole avec implant cochléaire et introduction aux stratégies de codage**

Maria Izabel Kos (2010), dans le cadre de sa thèse Privat Docent a étudié cinq tests parmi ceux les plus utilisés dans le cadre d'un contrôle régulier

---

d'un implant à une échantillon de 27 enfants, tous sourds profonds, implantés entre 1 et 6 ans avec des appareils issus des constructeurs Medel, Cochlear et Advanced Bionics, après une période d'utilisation variant entre 2 et 9 ans.

Elle a donc utilisé les échelles d'évaluation suivantes : le C.A.P (Categories of auditory performance), le SIR (Speech Intelligibility Rating : mesurant le niveau d'intelligibilité), le PBK (Phonetically Balanced Kindergarten words lists : test de répétition de 50 mots monosyllabiques, un test de paires minimales, un test de répétition de phrases simples.

Les résultats obtenus par l'échantillon à ces tests dépassent de façon homogène le pourcentage de 50% de bonnes réponses.

Ces bons résultats démontrent que « des enfants implantés entre les âges de 1 à 6, souffrant de surdités prélinguales, d'étiologies diverses et recevant des implants de marques différentes, peuvent tous sans exception, parvenir à une certaine maîtrise du langage oral » Kos (2010).

Les résultats de cette étude mettent en évidence une perception suffisante des traits segmentaux de la parole pour amener une maîtrise et une facilité d'utilisation satisfaisantes chez les utilisateurs d'implants cochléaires.

Une certaine variabilité des résultats due à des paramètres inhérents aux sujets comme : le niveau de surdité, l'âge d'implantation, le caractère inné ou acquis, les restes auditifs, les facultés cognitives influant sur l'efficacité d'analyse des sons par le cerveau etc. est toutefois observée.

La technologie de l'implant en terme de codage spectral et temporel permet l'accès à de nombreux indices de la parole et ce faisant à une compréhension plus aisée du message verbal.

Les implants cochléaires récents présentent, selon Wolfe et Schafer (2010) une dynamique auditive (Input Dynamic Range, IDR) pouvant aller de 40 à 75 dB. Les stimuli sonores sont généralement captés à partir de 20-30 dB SPL et peuvent être traités jusqu'à environ 85 dB SPL. Ces valeurs sont variables en fonction des constructeurs et des réglages des paramètres comme la sensibilité du microphone, les possibilités de contrôle du volume, et le gain par canal (amplification spécifique attribuée par bande de fréquence).

---

Les stimuli situés en deçà de l'IDR ne seront pas traités. Ceux situés au-delà du seuil sont compressés automatiquement et ramenés à un niveau de confort.

Le codage du signal en terme de fréquence est déterminé notamment par :

- le nombre d'électrodes situées au contact de la fibre nerveuse (varie entre 16 et 24 selon le constructeur)
- la sommation de l'influx entre les différentes électrodes (current steering) avec utilisation ou non du système d'électrode virtuelle qui permet de répartir l'influx entre deux électrodes pour créer un pitch intermédiaire, dans le but de reproduire plus fidèlement la résolution spectrale du signal.
- La répartition des fréquences entre les différents canaux actifs.

Le codage temporel est déterminé par la fréquence de stimulation (stimulation rate) qui correspond à la quantité de trains d'ondes biphasées délivrés au contact des électrodes par seconde, exprimée en pulses per second ( pps).

Limitée à 250 pps environ sur les premières générations d'implants, la fréquence de stimulation peut atteindre environ 5000 pps, et jusqu'à 14 000 pps pour le CI512 de chez Cochlear, couplé au programme de codage ACE. Selon un certain nombre de recherches (Dunn, Tyler, Witt & Gantz, 2006 ; Koch, Osberger, Segel & Kessler, 2004) montrent que l'augmentation de la fréquence de stimulation chez les patients de 800-1200 pps à 5000 pps améliore significativement la perception de la parole. L'efficacité de cette stratégie dépend toutefois de son adéquation avec la période réfractaire des fibres nerveuses auditives.

D'autre part, les implants récents permettent la mise en œuvre de programmes plus poussés que les anciens implants avec notamment parmi les stratégies de codage : des fréquences de stimulation plus élevées, la stimulation séquentielle des électrodes (dans un but de réduction des interférences entre les canaux), l'augmentation du nombre de canaux, et la meilleure distribution de l'influx nerveux. Ces stratégies permettent la transmission d'indices spectraux plus précis.

Les essais cliniques du *Fidelity 120*, une des quatre stratégies de codage utilisées chez Advanced Bionics par exemple, montrent chez ses utilisateurs une

---

meilleure compréhension notamment de la parole dans le bruit et de l'écoute de la musique.

#### **4.2.2. Base des stratégies de codage de l'implant cochléaire**

La stratégie de codage désigne l'algorithme utilisé pour transformer les traits pertinents du signal acoustique entrant (c'est-à-dire, l'amplitude, la fréquence et les indices temporels) en un codage électrique. Ce codage a pour vocation de transmettre une représentation des traits acoustiques au nerf auditif.

Bien qu'il existe des différences relativement grandes entre les stratégies de codage par défaut des implants récents, des essais cliniques démontrent des performances similaires entre les utilisateurs.

Nous allons maintenant décrire les différentes stratégies contemporaines de codage du signal :

- CIS : *Continuous Interleaved Sampling*

C'est une stratégie disponible chez les trois constructeurs. Elle a servi de précurseur à la plupart des stratégies de codage en vigueur.

Son procédé est le suivant : le signal acoustique est envoyé dans une banque de filtres de bande passante qui convertit le signal continu en bandes de fréquence discrètes.

L'organisation tonotopique résultant de ce filtrage est préservée tout au long du traitement du signal. L'amplitude des filtres varie selon les différents constructeurs.

Le signal sortant correspondant à un courant alternatif est ensuite transformé en courant continu, puis transmis à travers un filtre passe-bas, qui lui confère une enveloppe temporelle analogue à celle du signal acoustique de départ.

Ce signal ainsi transformé est envoyé dans un compresseur, qui à l'aide d'une fonction logarithmique l'adapte à la dynamique auditive du patient.

Le signal issu du compresseur est ensuite conduit vers un générateur d'impulsions.

L'amplitude des trains d'onde est fonction de l'input reçu du compresseur. L'amplitude dans chaque bande est donc dépendante de celle des impulsions reçues dans cette même bande.

---

Les impulsions sont ensuite délivrées à leurs électrodes respectives.

– Hi Resolution Sound Processing

C'est une stratégie disponible chez Advanced Bionics, elle procède de façon similaire à la CIS avec toutefois des différences, notamment au niveau du nombre d'électrodes activées qui passe de 8 à 16 ; elle présente également des fréquences de stimulations plus élevées et un découpage de plus hautes fréquences par les filtres passe-bas.

Ces paramètres permettraient d'affiner l'organisation des structures temporelles.

– Stratégie *n-of-m*

Le principe de cette stratégie est de donner la priorité à certains canaux contrairement aux stratégies mentionnées précédemment qui stimulent toutes les électrodes à la fois. La quantité d'énergie acoustique présente dans chaque canal est déterminée en amont du traitement, et seuls sont stimulés les canaux rassemblant la plus grande quantité d'énergie. Le but est d'améliorer la vitesse de stimulation, de réduire les interactions entre les canaux et l'effet de masque, et d'augmenter la durée de vie de la batterie.

La limite de ce procédé réside dans le fait qu'en cas d'amplitude insuffisante dans certains canaux pourtant pertinents, ces derniers ne seront pas sélectionnés, privant de fait l'utilisateur de cette information acoustique.

– Procédé *SPEAK*

C'est un procédé de type *n-of-m* où le signal subit des traitements additionnels (filtrage et modulation) utilisés pour créer un train d'ondes biphasées qui sera ensuite transmis aux électrodes correspondantes.

Les stratégies *n-of-m* et *SPEAK*, parmi les premières mises en place, ne sont quasiment plus utilisées aujourd'hui.

– ACE

---

C'est une stratégie analogue à SPEAK mais incluant des fréquences de stimulation plus élevées. Des essais cliniques ont montré de meilleurs résultats chez les utilisateurs qu'une stratégies n-of-m classique.

– MP3000

C'est le même procédé que celui utilisé pour le format MP3 : les signaux non pertinents subissent un masquage. Il est prouvé que la parole est mieux comprise avec ce procédé.

– SAS *Simultaneous Analog Stimulation*

La stratégie consiste à stimuler les électrodes de façon continue, et non pas sous forme d'impulsions biphasées. Ce procédé est plus à même de provoquer des interactions entre canaux et par conséquent des distorsions. Son usage commercial est par ailleurs suspendu.

Grâce à la diversité de ces stratégies, et les différentes avancées technologiques , on parvient à des résultats de plus en plus satisfaisants au niveau segmental ; voyons ce qu'il en est du niveau supra-segmental.

#### **4.2.3. Perception des traits supra-segmentaux de la parole avec implant**

Citons une étude de Most et Peled (2007), concernant la perception des contours supra segmentaux par les porteurs d'implant cochléaire.

Sur un échantillon de trente enfants entre 8 et 15 ans, atteints de surdité bilatérale pré-langagière, on compte dix enfants sourds profonds bénéficiant d'implant cochléaire, dix enfants atteints de surdité sévère et bénéficiant d'aides auditives, dix autres enfants atteints de surdité profonde avec aides auditives.

Tous ces enfants sont issus de parents entendants et ont comme langue maternelle l'hébreu.

Le protocole évalue la perception de quatre paramètres suprasegmentaux de la parole : le *word pattern* (avec un nombre de syllabe harmonisé en fonction du dictionnaire et du parler courant), l'intonation (choix entre assertion et

---

questionnement fermé oui/non), le *syllable stress* qui équivaudrait à l'accent dynamique et le *word emphasis* équivalent à l'accent d'insistance décrit plus haut (les enfants doivent choisir entre trois propositions écrites comportant chacune un mot écrit en gras, la proposition correspondant à l'enregistrement).

Dans le cas de deux tests sur quatre (le *syllable stress* et l'intonation), les résultats du groupe implant sont significativement plus faibles que ceux des deux groupes utilisant les aides prothétiques (figure 1. annexe 5). Les performances de ces deux groupes pourraient s'expliquer par le fait que les variations de fréquence fondamentale ainsi que le contour mélodique du discours, qui sont les indices clés de la perception des traits suprasegmentaux (Borden et al., 1994), sont transmis par la prothèse auditive et sont subséquemment audibles pour ses porteurs, même en cas d'atteinte profonde (Boothroyd, 1982 ; Erber, 1979 ; Most et Frank, 1991).

Selon Kong, Stickney, et Zeng, (2005), les porteurs d'implants cochléaires montrent de faibles facultés de perception de la hauteur tonale notamment de part leur résolution spectrale limitée, mais aussi d'un encodage inadéquat des informations de basse fréquence.

Comme mentionné plus haut, les aides auditives semblent permettre le passage des dites informations spectrales de basse fréquence (Kong et al., 2005). De plus, Henry et Turner (2003) rapportent que la stimulation acoustique apportée par une aide auditive pourrait permettre l'accès à des indices de hauteur spectraux et temporels plus fins que ceux que permet la résolution d'un implant cochléaire. Cependant, cette affirmation est à nuancer dix ans, et plusieurs générations d'implants plus tard.

Il serait toutefois intéressant d'examiner les performances des porteurs d'aides auditives combinées à un implant cochléaire.

Dans cette étude de Most et Peled (2007) il est aussi important de relever un facteur pouvant influencer sur les performances du groupe implant : l'âge d'implantation. En effet, l'échantillon qui participe à l'étude est composé d'implantés relativement « tardifs » (8 sur 10 enfants implantés entre 6 et 10 ans). Or, de précédentes études

---

concernant l'implant cochléaire ont démontré qu'une implantation la plus précoce possible avait une influence fortement positive sur la qualité du langage, et les performances auditives ((Dowell et al., 2002; Harrison, Gordon, & Mount, 2005).

Harrison et al. ont comparé dans une étude longitudinale, la perception de mots et de phrases par des enfants implantés entre les âges de 2 et 13 ans jusqu'à 8 ans après l'implantation. Les résultats montrent des performances significativement meilleures chez les sujets implantés entre deux et trois ans que chez le reste de l'échantillon. Un écart qui ne se normalise pas avec l'ancienneté de l'implant.

Par conséquent, il est probable que l'âge « tardif » d'implantation chez les sujets de l'étude soit d'une influence cruciale sur leurs performances.

Cependant, le fait que le groupe implanté ait été toutefois capable de percevoir au moins quelques traits suprasegmentaux suggère un relativement bon traitement des données.

Klieve et Jeanes, 2001, montrent par ailleurs que les enfants porteurs d'implant et ayant reçu un entraînement spécifique concernant la perception des traits suprasegmentaux, avec ou sans contenu linguistique, amélioraient leur perception. Cette amélioration était d'ailleurs encore évidente dix semaines après la fin de l'intervention.

Kong et al. (2005) ont également mené une étude sur l'identification des mélodies sur un petit nombre de personnes utilisant des implants récents de marques différentes : Cochlear, Med-El et Advanced bionics qui a conclu à une différence significative entre les performances des participants et incite à creuser davantage ce sujet.

On a mis en évidence la hiérarchie de perception des différentes caractéristiques à l'intérieur de chaque groupe.

Des recherches antérieures sur les utilisateurs de prothèses auditives ont montré que la forme du mot (word pattern) est plus intelligible car basée principalement sur l'enveloppe du discours (amplitude et durée) alors que l'intonation est la plus difficile car basée sur les changements de fréquence fondamentale au cours de l'énonciation. Les accents se placent entre les deux. (Gold, 1987)

---

Les résultats actuels corroborent en partie cette hypothèse.

La forme du mot, qui correspond à son nombre de syllabes est perceptible même en cas de perte profonde d'audition, c'est une compétence très basique. (Geers & Moog, 1989; Kishon-Rabin et al., 2000)

Afin de légitimer le parallèle sur la perception de la musique et celle du langage, il est important de connaître les modalités de l'écoute musicale avec implant et de tenter de quantifier les possibilités de traitement des sons musicaux par les diverses aides auditives.

#### **4.2.4. Perception des traits musicaux avec implant.**

La majorité des auteurs observe un déclin des habitudes d'écoute et de l'appréciation musicale après l'implantation, et un évitement des stimuli musicaux considérés comme étranges et bruyants chez un tiers des implantés (Leal & al, 2003; Looi & She, 2008)

Selon une étude de Gfeller et al., 2002b menée sur 51 adultes devenus sourds et 20 normo-entendants sur la qualité d'écoute de différents instruments sur la base des critères : terne/brillant saccadé/compact plein/vide et sur le plaisir procuré globalement par l'écoute, les porteurs d'implants donnent en moyenne des notes de 17 points plus basses que celles des normo-entendants.

Concernant la qualité d'écoute, les instruments dont les plus aigus sont les moins bien perçus par les implantés et de ce fait les moins agréables à entendre, notamment les instruments à cordes qualifiés de ternes, saccadés avec un son beaucoup moins plein.

La difficulté de perception des stimuli acoustiques complexes comme la musique est en partie due aux limites de l'implant concernant les stratégies d'analyse des sons par rapport à celles d'une oreille intègre. On constate dès lors une perte de l'information des sons graves entre 20 et 100 Hz, et des sons aigus au-dessus de 10 000 Hz. (190- 8000)

Une certaine variabilité interindividuelle s'ajoute à cet aspect purement technique.

---

Avec l'évolution technologique des implants, il est probable qu'il y aura de plus en plus de moyens d'optimiser l'audition résiduelle pour améliorer les performances dans tous les aspects du monde sonore.

Selon une étude de Kong et al. soumettant plusieurs sujets à une tâche de reconnaissance mélodique selon les modalités suivantes : implant seul, prothèse seule, implant+ prothèse, on obtient de meilleurs résultats dans la modalité prothèse seule et implant + prothèse que dans la modalité implant seul.

Les auteurs ont émis l'hypothèse que la prothèse permettait une meilleure perception de la fréquence fondamentale, combinée à un rendu plus précis des hautes fréquences par l'implant. L'association des deux types d'appareillage serait donc bénéfique aux patients possédant de bons restes auditifs dans les fréquences graves. Globalement, les personnes utilisant les deux types d'appareils ont accès à une meilleure expérience de l'écoute musicale (Looi et She , 2008)

Il est prouvé que les porteurs d'implant ont notamment des difficultés à percevoir la hauteur tonale et le timbre (Looi, 2008 ; Mc Dermott, 2004).

Les auteurs s'accordent sur le fait que toutes les tâches portant sur la perception des hauteurs sont déficitaires chez les porteurs d'implants cochléaires ; par exemple, pour la discrimination de changements de hauteur dans un stimulus, les implantés montrent le plus souvent des performances au niveau du hasard lorsque les changements sont subtils.

Le rythme est la caractéristique acoustique la mieux perçue chez les implantés

Par ailleurs, ils identifient généralement mieux les instruments à percussion comme la batterie ou le piano (cordes frappées que les vents ou les bois (Gfeller, Spencer, Stordahl, & Tomblin, 1998)

Ceci serait en partie dû à l'attaque particulière de ces instruments qui servirait d'indice saillant.

On peut aussi supposer que ces instruments font davantage ressortir le rythme de la musique et seraient donc mieux perçus et mieux reconnus.

De plus, les implantés jugent leurs sons plus agréables

---

(Looi & She, 2008)

Zeng (2004) postule qu'un programme structuré de rééducation serait bénéfique aux porteurs d'implant cochléaire dans leur processus d'adaptation et d'apprentissage des différentes entrées sensorielles. Un tel programme pourrait s'étendre aux stimuli non langagiers tels que la musique.

En effet, bien que la transmission fine d'information sur la hauteur et le timbre manque encore de finesse, des études suggèrent qu'un entraînement auditif spécifique pourrait être bénéfique pour les porteurs d'implant cochléaire :

Gfeller et al. (2000b) ont divisé 24 adultes devenus sourds en un groupe contrôle et un groupe test, lequel a suivi un programme d'entraînement musical d'une durée de douze semaines. Bien qu'on n'ait pas relevé de différence significative entre l'avant et l'après entraînement pour chacun des groupes dans le domaine de la reconnaissance de mélodie simple, on observe une différence significative concernant la reconnaissance de mélodie complexe.

Le groupe test montre de meilleurs scores que le groupe contrôle et enregistre également un bond significatif des scores post-entraînement par rapport aux premiers scores obtenus avant l'expérience. Ceci laisse à supposer que l'implant transmet suffisamment d'indices saillants provenant de mélodies complexes pour potentiellement entraîner une amélioration de la reconnaissance de ces mélodies après une période d'entraînement spécifique. L'étude montre également que le groupe test évalue à la hausse son plaisir d'écoute après l'entraînement, en comparaison du groupe contrôle en fin d'expérience et également par rapport à ses propres évaluations en début d'expérience.

Dans une étude par Galvin et al., 2008, les auteurs ont développé un programme d'entraînement adaptatif pour l'identification des contours mélodiques. Cinq des six sujets se sont entraînés à leur domicile, pendant une demi-heure par jour, tous les jours, durant une période allant d'une semaine à deux mois. Les autres sujets ont réalisé le programme en laboratoire, trois heures par jour pendant cinq jours.

---

Les résultats indiquent que le programme conduit à une amélioration significative des scores dans la tâche d'identification de contour mélodique pour les six sujets avec une augmentation des pourcentages de bonnes réponses de 15,4 à 45,4%.

Les résultats post-entraînement étaient significativement meilleurs sur tous les intervalles testés et on a constaté peu de variabilité interindividuelle. Les auteurs rapportent également que les bénéfices de l'entraînement ont été largement conservés un mois après la fin de l'entraînement.

De plus, il apparaît que s'entraîner sur la tâche spécifique d'identification des contours mélodiques a permis la généralisation des compétences à la tâche d'identification de mélodie. Les scores pour cette tâche ont augmenté de 20,8% pour des mélodies dépourvues d'indices rythmiques par rapport aux résultats pré-entraînement.

Ce que nous apprennent les diverses études réalisées sur le sujet est que malgré les limites imposées à la fois par la technologie (tonotopie) de l'implant cochléaire et la grande variabilité interindividuelle des porteurs d'implants, de nombreux patients en bénéficiant d'un entraînement spécifique seraient à même de maximiser le potentiel de la machine en tenant compte de la technologie actuelle.

Beaucoup d'utilisateurs de l'implant cochléaire sont déçus de leur qualité d'écoute musicale et évitent par conséquent cette pratique, s'écartant d'un possible bénéfice qu'ils pourraient au contraire tirer d'une écoute régulière.

L'implant cochléaire offre des possibilités certaines dans le domaine de la réhabilitation de l'audition. Cependant, l'implant ne se résume pas à une opération chirurgicale et nécessite un apprentissage post-opératoire afin de permettre aux patients de réinterpréter leur environnement sonore, d'en analyser les stimuli aussi finement que possible afin de les relier à leurs propres représentations sémantiques.

C'est le rôle de la rééducation orthophonique.

---

### 4.3. Réhabilitation de l'audition des personnes implantées par l'éducation auditive

Le suivi post-implantation comporte notamment des séances de réglage et la réhabilitation auditive par la rééducation orthophonique.

La rééducation orthophonique est un passage obligé de la mise en place d'un implant cochléaire. En effet, par exemple, dans le cas de l'implantation d'une surdité congénitale : lors des premières semaines d'utilisation de l'implant, le patient entend mais ne sait pas interpréter les informations qu'il reçoit auditivement. Seul le développement de l'écoute lui permettra d'exploiter au maximum les informations acoustiques apportées par l'implant et de leur attribuer peu à peu une signification. On parle d'*éducation auditive*.

Selon le contexte d'implantation, elle poursuit certains objectifs :

- la stimulation de la modalité auditive dans la prise d'informations de l'environnement
- le développement ou l'amélioration du langage oral par un entraînement des compétences phonologiques et des processus cognitifs sous-jacents
- l'amélioration de la compréhension de part l'affinement perceptif et l'entraînement à la lecture labiale.
- l'accessibilité éventuelle au langage écrit
- À terme, la compréhension dans des conditions d'écoute difficiles (ex : au téléphone, avec un bruit de fond etc.)

L'éducation auditive, selon A. Dumont (2008) est généralement construite selon le schéma suivant :

- Détection  
Détecter le son et créer des liens signifiants entre les différentes sources sonores et les sons associés (bruits, phonèmes, mots etc.). Cela correspond au seuil d'audibilité minimum.
- Discrimination  
Sur la base du : « pareil/pas pareil » permettre la distinction des sons entre eux selon une progression des plus éloignés auditivement parlant, aux plus

---

proches. Le seuil de discrimination correspond à l'écart minimum déterminé entre les paramètres physiques pour distinguer deux stimuli sonores.

- Reconnaissance

Repérage d'un son modèle parmi plusieurs autres en s'appuyant sur une représentation acquise antérieurement. En faisant appel à la mémoire et à l'expérience.

- Identification

Identifier un son connu en situation.

Deriaz et al. (2012) font une distinction entre « entendre » et « écouter ».

à la mise en route de l'implant, l'enfant entend, mais n'est pas encore capable de donner du sens aux informations reçues.

Les auteurs se basent sur le postulat que le système auditif s'adapte sans arrêt à l'environnement sonore. La répétition d'une tâche d'entraînement améliore presque toujours les performances. Cet apprentissage s'effectue dès la mise en route de l'implant cochléaire en suivant les étapes de l'échelle de la progression de la perception auditive selon les Categories of Auditory Performance (CAP) afin de conduire le patient du niveau 0 (soit l'inattention aux bruits environnants) au niveau 7 (utilisation du téléphone). (cf. annexe 5, figure 2).

L'éducation auditive est donc principalement faite d'exercices d'écoute qui permettront au patient :

- de détecter les bruits environnants
- de les identifier
- d'évaluer leurs différences et de les distinguer même en cas de proximité acoustique
- de maximiser la compréhension en modalité auditive seule et en perception multimodale.

Dans le cas d'une surdité acquise, l'éducation auditive est également nécessaire car la perception avec l'implant est très différente de celle d'une oreille entendante. Les personnes ayant déjà entendu doivent donc également réapprendre à analyser leur environnement sonore avec leurs nouvelles capacités perceptives.

---

Avec l'avancée des technologies de l'implant cochléaire, on se fixe désormais des objectifs de réhabilitation auditive de plus en plus poussés comme l'écoute en milieu bruyant, l'écoute de voix enregistrées, l'écoute au téléphone ou la perception de la musique.

Or, écouter de la musique ou écouter de la parole suppose des stratégies de traitement du signal auditif très différentes. Jusqu'ici, les améliorations des dispositifs sont concentrés sur l'amélioration de la perception de la parole uniquement, cependant il n'est pas impossible de développer parallèlement des compétences d'écoute s'étendant au registre intonatif, voire musical en incluant d'autres pistes de rééducation stimulant notamment les zones cérébrales dévolues à ces tâches.

## **5. Introduction à l'éveil musical : exemple type du travail de concrétisation des concepts chez les jeunes enfants.**

L'éveil musical est proposé en tant que première approche de la théorie et de la pratique de la musique aux enfants. Il peut être débuté très tôt de façon informelle mais les ateliers spécifiques débutent en général aux alentours de l'âge de 3 ans.

L'objectif est de permettre au jeune enfant d'appréhender les notions fondamentales de la pratique musicale et d'en construire les représentations dans un cadre adapté à son schéma de développement et de découverte.

Tout comme l'éducation auditive chez le porteur d'implant, l'éveil musical chez l'enfant normo-entendant va permettre la construction de sens, la concrétisation de concepts auxquels il n'avait pas eu accès jusque-là.

Par principe, l'éveil musical utilise des moyens ludiques, adaptés aux petits, et multidimensionnels pour développer les compétences nécessaires à l'apprentissage de la musique telles que l'oreille musicale relative, la conscience rythmique, la mémoire auditive, la connaissance des instruments de musique etc.

La séance détaillée d'éveil musical jointe en annexe 1, et créée par un professeur de musique en charge de classes d'éveil, est issue d'une séquence

---

consacrée à « La construction mélodique » et positionne le rythme en tant que pré-requis à cette construction.

L'objectif de cette séance est la prise de conscience de la primarité du substrat rythmique dans la conception mélodique.

En pratique, il s'agit de concevoir la mélodie comme un substrat issu d'un canevas rythmique préexistant à toute forme de son, fût-il musical ou non. S'il n'est pas associé à une durée, le son (et donc la mélodie qui correspond à une combinaison de sons )n'existe pas.

La démarche est adaptée à un public de trois à cinq ans, entendant, ayant déjà acquis les figures rythmiques de base et ayant par conséquent déjà intégré les notions de rythme : « l'ordre plus ou moins symétrique est caractéristique dans lequel se présentent les différentes durées », mais aussi de « pulsation » qui est un repère temporel se renouvelant à intervalles réguliers, et de « tempo » qui détermine la vitesse de la pulsation.

## **6. Buts et Hypothèses**

Lors de l'établissement de notre contexte théorique nous avons mis en évidence l'importance des éléments supra-segmentaux dans la caractérisation du discours et dans son intelligibilité et subséquemment les difficultés rencontrées dans l'abord du langage en cas de difficultés de perception de ces éléments.

En effet, les personnes sourdes porteuses d'un implant cochléaire qui sont ici au centre de ce travail, présentent des performances mitigées sur ce plan. C'est pourquoi un travail sur ces paramètres serait bénéfique au plan de l'amélioration de la compréhension du discours pour ces personnes mais également par extension, d'une amélioration de leurs propres productions dans ce domaine.

Comme nous avons pu le remarquer dans les paragraphes précédents, la réhabilitation de l'audition par l'implant cochléaire ne dépend pas uniquement des perceptions brutes améliorées par le dispositif, mais également et en majorité de l'analyse et de l'interprétation de ces perceptions par le cerveau du sujet, qui au fil du temps associe de plus en plus facilement les éléments du monde sonore à ses propres représentations.

---

Le cerveau peut donc être considéré comme la base de toute perception et sa faculté de plasticité est le pivot de ce travail. En effet on parvient à une hypothèse selon laquelle, en vertu de l'existence de la plasticité cérébrale il est possible en stimulant certaines zones du cerveau de développer leur acuité et par ce biais d'améliorer certaines facultés cognitives.

La seconde hypothèse qui en découle est que l'entraînement d'une compétence par un biais donné, peut, par le jeu de la connectivité neuronale améliorer significativement les performances pour un autre biais donné. Ce qui s'objective dans le cadre de ce travail par le fait que l'entraînement à la perception des paramètres musicaux pourrait influencer sur la perception des paramètres supra-segmentaux de la parole, qui présentent des caractéristiques similaires en termes de données acoustiques.

Il est prouvé que la pratique régulière de la musique chez les enfants a des effets positifs sur certaines réponses corticales nécessaires au traitement des stimulus langagiers. C'est de ce principe, et du principe d'apprentissage par la répétition, que découle la dernière hypothèse selon laquelle il devrait être possible d'appliquer ce type de méthode à une population présentant un déficit auditif et d'obtenir des résultats similaires avec un programme adapté aux contraintes perceptives de l'implant cochléaire.

En conséquence, le but de ce travail est donc de créer un programme d'éducation auditive à l'usage des rééducateurs, adapté aux porteurs d'implants cochléaire, basé sur une modalité musicale, et ayant pour objectif d'améliorer le traitement auditif des paramètres supra-segmentaux de la parole par cette population.

Les objectifs concrets de ce travail sont donc :

- l'utilisation de la musique comme un outil d'aide au développement du langage
- la création d'un matériel ludique, multimodal et novateur, adapté aux contraintes de la déficience auditive
- l'obtention d'un matériel accessible à tous les rééducateurs, même en l'absence de formation musicale

- 
- la création d'une démarche à visée progressive, se basant sur des niveaux de difficulté croissants

l'exploitation d'une modalité de travail encore peu exploitée dans la réhabilitation de l'implant cochléaire

---

# Sujets, matériel et méthode

---

Après cet exposé du contexte théorique, nous allons procéder à la description de l'étape de conception et de mise en œuvre du matériel.

Seront inclus dans cette partie, la présentation détaillée de la méthodologie adoptée pour la création proprement dite, et les moyens proposés pour l'appréciation et la validation théorique du protocole.

## **1. Mise en place d'un outil d'appréciation théorique du matériel : questionnaires à destination des orthophonistes et de la population.**

Dans le but de pallier l'absence d'expérimentation clinique de notre matériel, nous avons créé un outil d'aide à la validation théorique sous la forme d'un questionnaire à visée appréciative destiné aux orthophonistes.

Ce questionnaire, joint en annexe, est à réponses fermées justifiables, et regroupe en une dizaine de points les principaux paramètres permettant de juger de l'aspect, de la pertinence, et de la spécificité du matériel.

Il a été proposé aux professionnels de le remplir après examen détaillé du protocole et/ou mise en œuvre du matériel en séance.

Le détail des résultats et remarques collectés sera détaillé dans le paragraphe consacré aux résultats.

En complément de cette première démarche, un autre questionnaire a été proposé à un panel d'adultes implantés, pour obtenir une idée plus concrète de la faisabilité des exercices.

Trois profils ont pu être dégagés des réponses à ces questionnaires :

Deux adultes avec surdité acquise, ayant répondu au questionnaire destin e à la population cible, de façon autonome, et un enfant ayant test e le matériel en séance avec son orthophoniste qui a rapport e les résultats dans le questionnaire des professionnels :

- 
- X, homme de 35 ans, porteur d'un implant unilatéral côté droit depuis janvier 2014 et d'une prothèse classique côté gauche. En attente d'implantation bilatérale à la fin de l'année.
  - Isa, femme de 47 ans, implantée depuis 2008
  - Y, 10 ans, implanté à 18 mois, implant bilatéral, ayant pu être familiarisé avec le matériel.

## **2. Matériel et Méthodes.**

Dans cette partie nous détaillerons les différentes pratiques, ouvrages et supports ayant servi de base à ce travail aussi bien dans sa dimension musicale qu'orthophonique.

Nous commencerons par établir un parallèle entre la réhabilitation auditive proposée aux porteurs d'implants cochléaires comme support d'intégration et d'appropriation du monde sonore, et l'éveil musical, proposé aux enfants en tant que première approche globale et ludique de l'univers musical.

Puis nous ferons un rapide tour d'horizon sur la place de la musique dans l'environnement des personnes porteuses de surdité sur le plan de la vie quotidienne et dans la pratique rééducative.

Pour terminer, nous procéderons à la description détaillée de l'élaboration du matériel depuis sa conception théorique jusqu'à sa finalisation.

### **2.1. La musique comme support de réhabilitation auditive, principes de base et adaptation à la pratique orthophonique.**

#### **2.1.1. Généralisation de la méthodologie de concrétisation des concepts musicaux de l'éveil musical à la situation de création des concepts sonores dans la rééducation perceptive des porteurs d'implant cochléaire.**

---

### ***2.1.1.1. Lien entre l'éveil musical et la mise en place d'un protocole rééducatif basé sur la musique***

La difficulté de faire intégrer le code musical et ses ramifications les plus abstraites à des enfants de cette tranche d'âge, qui sont, qui plus est non-lecteurs, et par conséquent non-initiés aux contraintes de la lecture et de l'écriture, (qui elles-mêmes relèvent d'un code tout aussi abstrait que celui que constitue l'écriture musicale) est analogue à celle de l'éducation perceptive, où il s'agit d'amener le patient à investir le son, puis à l'intégrer à son champ de représentations sans y avoir été confronté depuis la naissance.

Cette analogie constitue l'un des principes de base de notre démarche : emprunter les concepts et les méthodes de l'éveil musical pour consolider et approfondir la notion de langage en se focalisant sur une de ses composantes principales : la prosodie.

La mise en œuvre de ce procédé comporte un certain nombre de contraintes liées :

- au handicap auditif, car la qualité d'écoute musicale dépend notamment des performances obtenues grâce au gain apporté par l'implant,
- aux facultés variables de suppléance mentale des patients
- aux éventuelles facilités à l'apprentissage de la musique, variables d'une personne à l'autre que l'on pourrait définir comme une dimension de « l'oreille musicale ».

Ce sont ces contraintes que nous développerons dans le paragraphe suivant.

### ***2.1.1.2. Difficultés d'adaptation de l'éveil musical classique au contexte particulier du public porteur de surdité***

L'introduction de l'enfant sourd à l'univers de la musique n'est pas sans comporter un certain nombre de contraintes.

En effet, l'enfant sourd est plongé dans un environnement regorgeant d'informations sonores auxquelles il ne lui est pas toujours possible d'apporter du sens. Gérer ce foisonnement constitue un effort cognitif considérable et il est parfois

---

délicat d'amener l'enfant à s'intéresser aux sons du langage. On conçoit qu'il soit d'autant plus difficile d'introduire en parallèle des sons musicaux à la portée abstraite.

La difficulté d'amener l'enfant sourd à appréhender le contenu musical réside donc dans le fait d'amener l'enfant à trouver un intérêt dans l'expérience sonore extra langagière et à s'approprier ces nouvelles informations par le vécu sensoriel et la manipulation.

Pour ce faire il est primordial de multiplier les supports et de se servir de la perception multimodale, comme lors de la mise en place de l'éveil musical. Les perceptions visuelle, kinesthésique, tactile viennent agir comme renforçateurs du message sonore et permettent une meilleure construction des images perceptives et donc un décodage plus efficace.

Tout comme la rééducation orthophonique, l'éveil musical adapté se veut un outil de développement et d'optimisation des capacités perceptives par un entraînement spécifique.

Des réticences du même ordre sont également observables chez les autres tranches d'âge concernant les comportements d'écoute musicale.

### **2.1.2. Habitudes musicales chez les personnes porteuses d'implants cochléaires**

Lorsqu'on se penche sur les différents témoignages (cf. forums des associations citées en bibliographie) des personnes implantées au sujet de l'écoute de la musique, il en ressort que celle-ci est laissée de côté par la grande majorité des sujets. La plupart l'ayant intégrée comme une expérience désagréable, soit par déception dans le cas des surdités acquises, de ne pas retrouver une audition et des perceptions similaires à celles, antérieures à l'apparition de la surdité, soit par manque d'intérêt provoqué par la pauvreté des représentations combinée à une mauvaise perception globale du signal.

Les quelques témoignages faisant état d'une écoute régulière de la musique et même pour certains d'une pratique instrumentale sont unanimes : il est nécessaire de persévérer dans des habitudes d'écoute régulières afin d'affiner sa perception et d'y trouver du plaisir.

---

Tout comme la compréhension langagière, les facultés d'écoute et l'oreille musicale s'améliorent avec la répétition de la tâche. D'où l'intérêt d'un entraînement spécifique de l'une ou l'autre modalité avec par le jeu de la plasticité cérébrale et la similitude des mécanismes cognitifs mis en jeu, un effet de transfert mis en évidence par des études comme celles de A. Patel (2011) et de Strait et Kraus (2013).

Cet effet de transfert est l'objet d'un intérêt croissant de la part des professionnels de l'audition qui l'intègrent de plus en plus volontiers à leur pratique.

### **2.1.3. Intégration de l'outil musical à la pratique des professionnels de l'audition : apport du 12ème congrès de la Société Française d'Audiologie.**

Les 29 et 30 novembre 2013, avait lieu le 12ème congrès de la Société Française d'Audiologie, accueilli par la ville de Strasbourg, sur le thème : « *Audition et Musique* ».

Les différents exposés ont permis de dresser un bilan des connaissances en matière de perception auditive en balayant les divers travaux de recherche appliqués aux différents niveaux de traitement du message sonore, et d'établir les différences et similitudes applicables au langage et à la musique sur le plans physiologique et neuropsychologique

Certains audioprothésistes et orthophonistes présents à cette conférence ont déjà pris le parti de l'intégration de l'outil musical à la pratique. Tout d'abord pour répondre à un besoin : celui de patients musiciens soucieux de retrouver des sensations sonores de qualité, similaires sinon identiques à celles antérieures à l'apparition de la surdité.

Cette demande constitue un véritable défi, notamment pour les audioprothésistes comme le témoigne l'intervention d'Eric Bizaguet, président du Collège d'Audioprothèse.

En effet, il n'existe pas de protocole précis pour l'appareillage d'un musicien, ni de stratégie précise de réglage des implants. À ce niveau, il existe un énorme facteur de variabilité interindividuelle qui vient se surajouter aux contraintes d'ordre purement technique. Par ailleurs, malgré toutes leurs similitudes, le mode de décodage de la

---

parole et de la musique est différent et la priorité reste souvent la compréhension du langage, au détriment de la qualité d'écoute musicale.

Chez les orthophonistes, la musicalité est déjà omniprésente dans la comptine qui n'a plus à faire ses preuves dans l'aide au développement du langage, notamment ses facteurs rythmiques et prosodiques. Cependant, certaines en prenant en charge des musiciens, notamment porteurs d'implants cochléaires, ont fait le choix d'étendre leur panel de supports musicaux et de les intégrer à leur pratique de réhabilitation de l'audition.

L'entraînement musical comme en témoigne l'intervention de Marie Brignonne, orthophoniste à Mulhouse, se base principalement sur les aspects suivants :

- Reconnaissance d'œuvres célèbres
- Reconnaissance des différents timbres des instruments de musique
- Reconnaissance globale de la hauteur (dépendante du réglage) en partant des fréquences aiguës et des intervalles les plus étendus.
- Jeux vocaux reproduisant le jeu de l'instrument ou la performance du chanteur.

Emboîtant le pas à ces professionnels, certains constructeurs d'implants comme la marque Advanced Bionics ont conçus des outils de réhabilitation auditive mis à disposition des professionnels et de patients à titre gracieux.

Parmi ces outils, on compte le logiciel *Musical Atmospheres*, développé par Géraldine Geffriaud et en libre accès sur le site de la marque à visée d'entraînement de l'écoute musicale. Le logiciel propose cinq séquences suivant un déroulement similaire au protocole d'éducation auditive classique :

- l'écoute d'ambiance musicales diverses
- la reconnaissance de voix, d'instruments, de langue
- l'identification de paroles de chanson.

Autre outil également mis à disposition par Advanced Bionics et créé sous la direction de Christine Rocca : *Un voyage à travers la forêt musicale*, est un livre illustré et accompagné d'un support CD. Il est destiné aux enfants entre 2 ans ½ et 6 ans venant de bénéficier d'une implantation.

Il s'axe sur plusieurs objectifs :

- 
- le développement des aptitudes d'écoute
  - la différenciation de la parole et de la musique
  - la reconnaissance et l'identification des instruments de musique
  - le développement du langage par les mots simples, rimes et paroles de chanson
  - le développement de la perception de la hauteur
  - l'expérimentation de la musique à travers le mouvement
  - l'expérimentation et le partage des aspects émotionnels de l'histoire et de la musique.

Le livre s'articule sur l'histoire d'un petit singe ayant décidé de devenir musicien mais ne sachant pas quel instrument choisir, il les découvre tous au cours de son périple. Chaque séquence va de façon répétitive comporter :

- l'écoute du son d'un instrument
- la découverte de l'instrument entendu et de l'animal en jouant
- l'imitation par la production vocale du son entendu
- la décision de poursuivre la recherche d'instruments.

La démarche de création de ces supports témoigne d'autant plus de l'intérêt de lier réhabilitation auditive et musique chez les implantés cochléaires dans un but d'amélioration du développement, de la perception et de la compréhension du langage.

Intéressons maintenant à la démarche de création de notre matériel.

## **2.2. Élaboration du matériel**

### **2.2.1. Objectif du matériel**

L'objectif principal de ce matériel est d'utiliser la modalité musicale, et plus précisément la mélodie, pour créer un programme d'entraînement spécifique à visée d'amélioration de la perception de la prosodie du langage, notamment des variations de contour intonatif.

---

La démarche d'entraînement par le biais des fonctions cognitives transversales et des compétences sous-jacentes à la réhabilitation effective du langage devrait aboutir parallèlement et par un effet de transfert à l'amélioration des compétences nécessaires à l'appréciation musicale mais également par extension, à une perception plus subtile de la dimension prosodique du langage.

### **2.2.2. Choix du support**

Le matériel est réalisé à partir de Microsoft Office Powerpoint 2007.

Cette interface nous a paru être un bon compromis car :

- Elle présente un large panel d'effets audio-visuels et permet de créer des présentations animées et ludiques, essentielles dans une démarche de renforcement multimodal de la perception auditive. La modalité visuelle étant essentielle dans la démarche de construction symbolique, il était primordial de choisir un support à même de stimuler efficacement cette modalité.
- Elle est d'un abord relativement aisé et permet la maîtrise rapide de nombreuses fonctionnalités.

Cependant, elle présente aussi des inconvénients, notamment par rapport à la limite de taille des fichiers audio et vidéo pouvant être incorporés à la présentation, et à la limite de taille de la présentation entière.

L'idée de la création d'un livre CD a été évoquée puis abandonnée au profit d'un support informatisé plus facile à mettre en œuvre et plus à même d'intéresser toutes les tranches d'âge car plus ludique et plus agréable à manipuler pour le patient.

### **2.2.3. Contenu Sonore**

La grande majorité des sons des séquences proviennent de vrais instruments de musique et ont été relevés avec un enregistreur portable H4n à deux micros.

Nous avons fait le choix de réaliser la majorité des enregistrements afin d'éviter une éventuelle perte de qualité du son qui aurait pu être occasionnée par des compressions diverses.

Tout le travail axé sur la hauteur tonale bénéficie donc d'enregistrements réalisés en situation avec les instruments suivants :

- 
- piano
  - guitare basse
  - violoncelle
  - violon
  - flûte traversière

Tous les enregistrements comportent une ligne mélodique unique pour éviter la surcharge cognitive provoquée par l'écoute de signaux complexes simultanés.

Le mode d'enregistrement utilisé a bien évidemment présenté des contraintes, notamment au niveau du contrôle des bruits parasites.

Sans disposer de studio d'enregistrement, il n'a donc pas été possible de supprimer totalement le bruit. Cependant, la qualité du son reste élevée grâce à la qualité du matériel d'enregistrement et son placement proche de la source.

Les sons ainsi récoltés ont ensuite pu être manipulés avec le logiciel Audacity, permettant d'y apporter certaines modifications (tempo, durée etc.) si nécessaire.

Le champ fréquentiel recouvert par les enregistrements s'étend pour le travail des intervalles de do 2 (131 Hz) à do 5 (1046, 5 Hz).

Ce choix s'appuie sur les tessitures approximatives du quatuor vocal décrit par A. Danhauser (1996) :

- Basse, de fa 1 (87 Hz) à ré 3 (294 Hz)
- Ténor de do 2 (131 Hz) à la 3 (440 Hz)
- Alto de fa 2 (175 Hz) à ré 4(587 Hz)
- Soprano de do 3 (262 Hz) à la 4 (880 Hz)

et sur le champ fréquentiel de codage des implants, rarement en dessous de 180 Hz et jusqu'à 8000 Hz.

Des enregistrements vocaux ont aussi été réalisés dans la modalité de voix parlée. On y retrouve des voix féminines, masculines au sein de phrases isolées ou de discours.

---

#### **2.2.4. Choix de l'axe de travail**

Le matériel s'axe presque exclusivement sur la compétence de perception de la hauteur tonale. Ce paramètre est celui qui définit la mélodie et ses variations dans le temps. Par extension, l'intonation devrait être le paramètre langagier à bénéficier de cet entraînement.

On retrouvera également des notions de perception du timbre par le biais des différents instruments de musique proposés dans le matériel.

#### **2.2.5. Description des séquences**

La démarche adoptée pour la progression est la suivante :

- chaque séquence débute par une étape de prise de conscience sensorielle de la notion travaillée, cette étape ne met en jeu aucune notion théorique. Elle est purement sensorielle et permet de cerner et d'isoler la sa sensation propre à cette notion.
- La séquence se poursuit par des séries d'exercices dont le but est la construction et le renforcement des représentations. Ils s'organisent selon la même démarche que celle de l'éducation perceptive classique en suivant les stades de détection, discrimination, reconnaissance et identification.

Le travail se découpe en trois séquences distinctes :

- un travail spécifique des différents registres : aigu, grave et medium
- un travail spécifique des intervalles
- un travail de la mélodie proprement dite.

L'objectif global des séquences est de mettre en évidence l'articulation des sons entre eux sur l'échelle de la hauteur et de fixer une représentation de la mélodie comme l'ensemble défini par une succession de changements de hauteur.

Les intonations du langage correspondant elles-même à des successions de variations de la fréquence fondamentale, un effet de transfert des représentations est logiquement possible entre la mélodie et la prosodie.

---

### 2.2.5.1. Le travail des registres

Le terme « registre », tel qu'il nous intéresse dans ce travail renvoie à un découpage de l'échelle sonore de telle manière que chacun des registres décrit corresponde à une étendue de note à note produisant une sensation auditive similaire sur le plan de la hauteur tonale.

Le but de cette séquence est d'associer chaque registre : aigu, médium, grave à une sensation auditive précise et à une représentation stable sur l'échelle des fréquences afin d'amener à la notion de mouvement ascendant vers l'aigu et descendant vers le grave (cf : annexe 5 : figure 4).

L'étape de prise de conscience sensorielle commence par une caractérisation de l'opposition grave/aigu à l'aide d'extraits instrumentaux et de sons isolés.

La sensation sonore est ensuite étayée par des représentations d'instruments dont le son est caractéristique et d'animaux dont la taille et/ou le cri est en rapport avec la perception d'un ou l'autre des registres en question.

Les exercices d'entraînement s'attellent ensuite à faire ressortir les compétences suivantes :

- la discrimination :
  - des différents registres entre eux
  - des sons entre eux à l'intérieur du registre
- la reconnaissance
  - des sons appartenant à tel ou tel registre à partir de listes fermées
- l'identification
  - du registre à l'écoute d'un son sans référence
  - de mélodies jouées dans un certain registre (*blind test*)

Le registre médium est introduit par la suite, précisément comme une sensation intermédiaire s'intercalant entre les extrêmes aigu et grave.

Il permet de mettre en évidence la gradation des sons musicaux le long de l'échelle sonore, grâce aux familles d'instruments, qui présentent aussi une gradation en terme de timbre et taille, puis par le biais de la gamme, et enfin appliqué à tout motif mélodique.

---

Le registre médium est déterminé en fonction des deux autres et est donc travaillé uniquement en tant que son médian, déterminé par les deux bornes aiguë et grave qui l'encadrent.

La progression se produit sur le travail spécifique des intervalles.

#### **2.2.5.2. Travail des intervalles**

L'objectif de cette séquence est d'affiner au maximum la perception de la hauteur en travaillant sur le degré de discrimination entre deux notes jouées successivement, pour les intervalles mélodiques et simultanément pour les intervalles harmoniques.

Concernant les intervalles mélodiques, on démarre par une étape d'imprégnation sensorielle avec tout d'abord la découverte de la gamme.

La gamme de do majeur a été choisie comme base de ce travail car presque tous les intervalles qui la composent sont majeurs ou justes, donc par définition dans leur configuration la plus étendue et la plus fréquente.

Par ailleurs elle ne présente pas d'altérations (dièses, bémols), tous les intervalles qui la composent sont donc présents à l'état naturel.

Il s'agit d'une gamme diatonique. Dans la gamme diatonique, les espaces entre les notes ne sont pas égaux. Les notes peuvent être par exemple distantes d'un ton, qui est la distance la plus grande, ou d'un demi-ton qui est la plus petite distance entre deux notes de cette gamme. (cf : annexe 5 : figure 3).

Un ton est égal à deux demi-tons. Le nombre de tons et de demi-tons espaçant les deux notes d'un intervalle sert à le caractériser: on le dira alors mineur, majeur, juste, augmenté ou diminué en fonction de l'augmentation ou de la réduction de la distance.

Nous nous sommes limités pour ce travail à la gamme diatonique pour deux raisons notamment :

- Le plus petit intervalle utilisé dans cette gamme est la seconde mineure, elle a la valeur d'un demi-ton diatonique. Le plus petit intervalle de fréquence perceptible par l'oreille humaine la plus fine est quantifié par une unité de mesure logarithmique des variations de fréquence : le savart. Subjectivement, une oreille entraînée a un seuil de discrimination d'environ cinq savarts. Le demi-ton correspond à une valeur d'environ 25 savarts.

---

Compte tenu de la relative difficulté d'une tâche de discrimination pour une oreille saine et entraînée, il nous a paru préférable de limiter cette difficulté en utilisant le demi-ton diatonique (qui constitue un intervalle plus large que le demi ton chromatique) comme seuil minimum pour ce travail.

- La différence entre le demi-ton diatonique et le demi-ton chromatique est la suivante : le demi-ton diatonique sépare deux notes de noms différents, tandis que le demi-ton chromatique sépare deux notes de même nom, mais dont l'une porte une altération (dièse ou bémol). L'existence de plusieurs notes de même nom pouvant entraîner des confusions, notamment en phase d'initiation à la musique, il a été fait le choix de faire l'impasse sur la gamme chromatique pour ce travail. Cependant, le travail de la gamme chromatique constitue un approfondissement de toutes les étapes d'entraînement déjà présentes dans ce matériel et pourra y être ultérieurement intégrée.

En première intention, on cherche à renforcer la perception sensorielle avec l'écoute d'extraits musicaux contenant chaque intervalle, généralement dans les toutes premières notes de l'extrait.

Les exercices pratiques sont en grande majorité classés par intervalle et par champ fréquentiel. Ce choix permet d'une part d'avoir une idée précise des limites du traitement des informations spectrales par l'implant en ciblant le plus petit intervalle perceptible, et d'autre part d'isoler une bande de fréquence après l'autre ciblant par ce biais des électrodes précises.

Ces paramètres peuvent être utiles à transmettre au régleur afin d'améliorer les stratégies de codage des informations spectrales.

Les exercices pratiques sont organisés comme suit :

- Discrimination de notes :

Le but de l'exercice est de déterminer le seuil de discrimination du patient, entre deux notes, en débutant par les intervalles les plus étendus pour en venir aux intervalles les plus fins et des fréquences les plus graves aux plus aiguës.

Il sera facile pour l'orthophoniste de le déterminer en se servant du clavier virtuel et des diapositives de référence figurant les intervalles sur le clavier. L'entraînement sera par la suite possible en semi-autonomie par le patient dans la rubrique « discrimination ». (cf : annexe 5 figure 5).

- 
- Reconnaissance :  
de l'intervalle cible parmi plusieurs propositions  
d'intervalles identiques à l'écoute de plusieurs modèles (memory) (cf : annexe 5 : figure 6).  
des notes constituant d'un intervalle donné

Ces exercices sont réalisables en autonomie par le patient pour les deux intervalles les plus fins, la seconde et la tierce. Le travail de reconnaissance des intervalles plus étendus est au libre choix du praticien et peut-être effectué sur le modèle décrit ci-dessus au moyen du clavier virtuel. Nous avons fait ce choix en vertu d'une démarche de progression selon laquelle ce travail, peu attrayant, nécessite un accompagnement plus prégnant du rééducateur afin de familiariser le patient au concept et à la démarche adoptée. Le patient ainsi sensibilisé, et entraîné sera probablement plus performant en fin de séquence donc plus appétant à la tâche en autonomie.

Les intervalles harmoniques seront également classés par type d'intervalle et par champ fréquentiel avec une progression similaire des exercices d'entraînement :

- discrimination :  
de deux intervalles harmoniques  
d'un intervalle mélodique et d'un intervalle harmonique contenant les mêmes notes
- reconnaissance  
d'un intervalle cible parmi plusieurs propositions  
de plusieurs intervalles cibles parmi plusieurs propositions (memory)  
de façon isolée des sons composant l'intervalle mélodique, après écoute de celui-ci et parmi plusieurs propositions.

Les tâches d'identification ont été laissées de côté pour ce travail, car elles constituent un travail d'oreille pure, difficile et pas nécessairement pertinent concernant l'objectif premier de ce travail.

---

### **2.2.5.3. Travail de la mélodie**

L'objectif de cette séquence est d'isoler les schémas intonatifs les plus fréquemment rencontrés dans la parole en se basant sur les intonations de bases de Pierre Delattre (1966) et de les travailler spécifiquement.

Pour ce faire, on utilise des motifs mélodiques de forme similaire aux courbes d'intonation, afin d'entraîner l'oreille à les discerner au sein de n'importe quel extrait musical.

Les patterns mélodiques ainsi isolés sont ensuite replacés dans le contexte du langage parlé afin d'accéder à une généralisation.

#### **2.2.5.3.1. Modèles mélodiques**

Il existe trois types de mouvements mélodiques possibles : ascendant, descendant, stable.

Dans la progression de cette séquence, on commencera par sensibiliser le patient à chaque catégorie de motif de façon isolée tout d'abord en se servant d'extraits simplifiés ainsi que de la gamme, puis de façon combinée dans des mélodies familières.

On proposera donc un travail :

- de discrimination des patterns entre eux
- de reconnaissance

de la représentation du contour mélodique à partir de l'écoute de l'extrait  
de l'extrait à partir de la représentation du contour mélodique.

- D'identification par une tâche de représentation d'un contour mélodique à l'écoute d'un extrait sans autre support que la perception auditive.

Une fois ces compétences acquises, on transposera ces exemples à la situation langagière.

(cf : annexe 5 : figures 7 et 8).

#### **2.2.5.3.2. Mélodie du langage**

La généralisation des exemples mélodiques au langage commence par une étape de sensibilisation à l'importance de l'intonation dans la parole. Le patient est invité à

---

écouter plusieurs extraits de corpus langagiers correspondants à des types de discours différenciés.

Le but de l'exercice est d'établir un lien entre les extraits dont l'intonation est similaire, afin d'induire une réflexion personnelle sur la caractérisation du discours par l'intonation et son caractère indispensable pour délivrer et comprendre un message.

Les intonations sont ensuite progressivement introduites en utilisant tout d'abord un parallèle avec les contours mélodiques travaillés en amont. Puis elles seront présentées en tant que telles avec leur nom et leur fonction.

Le travail de discrimination servira à opposer entre elles les différentes intonations afin de fixer leur représentation en tant que patterns individualisés.

On y retrouvera donc des activités de différenciation des extraits de parole entre eux .

On poursuivra par le travail de reconnaissance :

- des types d'intonation
- des types de mouvements intonatifs

En marge du travail spécifique de hauteur, est inclus un certain nombre de rubriques mettant en jeu non seulement le paramètre de perception fréquentielle mais aussi celui de perception du timbre.

Une sous-rubrique consacrée à l'accentuation a aussi été intégrée au travail de la mélodie. En effet, l'agencement des accents toniques contribue à la caractérisation et à la différenciation des intonations.

Il s'agit d'une tâche de sensibilisation à cet aspect, où le patient doit relever à l'écoute d'extraits de corpus langagiers, les mots volontairement accentués par le locuteur, dans le but de se familiariser à ce type d'indices saillants dans la prosodie.

#### **2.2.5.3.3. Travail du timbre**

Le timbre de l'instrument influe sur la perception de la mélodie chez les porteurs d'implant de part la nature des attaques et l'enveloppe spectrale du son (Galvin et al., 2008).

---

C'est pourquoi bien que la majorité des extraits aient été enregistrés au piano, quelques séquences consacrées à la perception des intervalles mélodiques ont été enrichies d'extraits similaires au violon..

Ceci devrait permettre de développer encore plus la perception de la mélodie et d'affiner les seuils de différenciation des notes, par la diversification des indices temporels et spectraux utilisés pour le traitement du signal par le cerveau.

Une démarche similaire est incluse dans le travail sur la parole, avec des alternatives proposées concernant le type d'émetteur de l'extrait vocal : voix d'homme, ou voix de femme.

Chaque pratique orthophonique étant différente, il n'est pas possible de fournir un réel mode d'emploi de ce matériel, cependant il est possible de dégager un certain nombre de lignes directrices qui permettront d'optimiser au maximum son utilisation.

## **2.2.6. Description théorique de l'utilisation du matériel dans le cadre d'une réhabilitation auditive.**

### ***2.2.6.1. Testing préalable au démarrage du protocole***

Il convient au préalable d'établir deux repères permettant de juger de l'efficacité de la rééducation avant de démarrer le protocole :

- tout d'abord, à l'écoute des extraits vocaux, déterminer le degré de perception et de compréhension du contour intonatif afin de mettre en évidence les éventuelles difficultés, et de cibler les modalités à entraîner ou renforcer en se basant d'une part, sur le type de motif et d'autre part, sur le caractère de la voix.
- Par la suite, déterminer le seuil de discrimination du patient, caractérisé par l'intervalle le plus fin qu'il perçoit entre deux notes. Il conviendra de démarrer de cet intervalle et de poursuivre l'entraînement vers des intervalles de plus en plus fin.

Ces deux paramètres devront être testés en début et en fin de rééducation pour définir l'existence ou non d'un effet de l'entraînement.

---

### **2.2.6.2. Usage du matériel en séance**

Les séquences sont conçues pour être travaillées dans l'ordre suivant :

- sensibilisation aux registres
- travail des intervalles
- travail de la mélodie.

Cependant, toutes ces notions étant liées, il est possible de faire des parallèles d'une séquence à l'autre afin d'appuyer la définition de certains paramètres.

Les notions théoriques sont présentées de manière simplifiée dans les rubriques correspondantes pour les praticiens novices à l'univers musical, dans le but de rendre ce matériel accessible au plus grand nombre.

---

# Résultats

---

## 1. Résultats du questionnaire à destination des orthophonistes

Le questionnaire composé de 12 items, six concernant une prise en main globale du matériel et six autres destinées à une évaluation plus précise en présence d'un patient.

Le questionnaire a été mis en ligne via un site spécialisé pour une meilleure récolte des données et un traitement plus aisé des résultats, par conséquent les réponses sont anonymes et il n'est pas possible d'obtenir de précisions.

Nous allons explorer le détail des réponses point par point concernant les questions de prise en main globale, les points concernant la prise en main en séance n'ont obtenu qu'une seule réponse, qui ne permet pas de se faire une idée précise de l'accueil du matériel et de la faisabilité de son utilisation en séance.

Le détail du questionnaire, des réponses et les graphiques correspondants sont disponibles en annexe 2.

Il n'est pas possible de savoir combien de personnes ont eu connaissance de l'enquête car certains des professionnels n'ont pas été contactés directement mais par transfert de mail par d'autres professionnels. Toutefois comme détaillé sur le premier tableau de l'annexe 2 : sur un panel de 13 participants à l'enquête, dont 100% ayant répondu aux questions 1 à 6, 8% aux questions 7 à 11 et 15% à la question 12, on dénombre 34,8% de musiciens, 21,7% de non-musiciens. Parmi eux, 34,8% ont déjà eu l'occasion de prendre en charge des patients sourds, contre 8,7% d'inexpérimentés.

Ils ont en majorité exprimé les avis suivants :

- Concernant l'intérêt du matériel dans la prise en charge des sourds implantés : il apparaît qu'il présente beaucoup d'intérêt pour les professionnels, principalement en raison de la demande de beaucoup de patients implantés de travailler l'écoute de la musique, en particulier dans les cas de surdité acquise. Certains précisent même utiliser des instruments de musique en séance.

- 
- Les quelques réserves exprimées concernent surtout l'éventuelle difficulté d'accès des porteurs d'implant cochléaire à l'univers musical.
- La forme du matériel est jugée bonne en majorité : les points les plus positifs concernent la lisibilité, la navigation. Certains déplorent des menus un peu complexes, avec beaucoup de ramifications. Les consignes sont jugées accessibles et claires mais seulement pour une tranche d'âge d'adolescents/adultes.
  - Les notions musicales sont jugées à 61,5% accessibles et claires. Ce résultat peut être influencé par la majorité de musiciens parmi les participants à l'enquête. Les réserves proviennent notamment du fait que ce sont des notions très abstraites, qui peuvent être difficile à expliquer à un patient lorsqu'on y est soi-même peu familiarisé.
  - Les exercices sont à 100% jugés ludiques. Ce point avait déjà été discuté à l'aide d'une première version du questionnaire dont les réponses ont permis l'amélioration du matériel dans le sens de l'interactivité notamment, avec des ajouts d'animations supplémentaires et un travail de visibilité des réponses à tout moment de l'activité.
  - La progression et l'ordre des séquences sont jugés cohérents, même si des réserves se forment quant à la difficulté des exercices. Cependant, il est difficile d'en estimer réellement le niveau en l'absence de patient, encore plus en prenant en compte la variabilité des performances possibles d'un patient à l'autre.

Les réponses recueillies lors de la mise en œuvre en séance conduisent aux conclusions suivantes :

L'intérêt porté par le patient fluctue en fonction de la forme des diapositives abordées et souligne l'importance du caractère ludique de l'outil. En effet, les diapositives colorées, contenant des animaux et des animations sont mieux accueillies que le reste. Le support visuel et la manipulation de la souris contribuent à garder le patient focalisé sur la tâche en cours, cependant des baisses de concentration se produisent lorsque le support visuel est moins stimulant ou lorsque l'orthophoniste manipule elle-même l'ordinateur.

Concernant les performances du patient, la hauteur tonale est ce qui fait défaut mais les registres sont apparemment bien discriminés.

---

Une familiarisation est nécessaire pour le thérapeute avant la mise en place en séance afin de bien en comprendre le fonctionnement et adapter l'utilisation au résultat attendu.

Globalement, le matériel est jugé ludique, facile d'utilisation et relativement facile à mettre en œuvre par les professionnels. Il faudrait un panel plus grand de patients pour juger du caractère adapté de l'outil aux populations implantées, de son réel niveau de difficulté, et de l'effet de son utilisation à moyen et long terme, en tant que support de rééducation.

Nous allons maintenant détailler les réactions des sourds implantés ayant répondu à l'enquête.

## **2. Résultats du questionnaire à destination de la population cible**

Un second questionnaire a été mis à la disposition de personnes sourdes implantées via un groupe de partage, afin qu'elles puissent l'évaluer en fonction de leurs propres besoins et de leur rapport personnel à l'écoute de la musique avec leur implant.

Ce questionnaire a été rédigé de façon moins neutre, avec une formulation incitant au partage d'expérience et de point de vue individuel plutôt qu'à l'impartialité.

Nous avons donc récolté les réponses suivantes, dont le détail est disponible en annexe 3 :

- L'outil est jugé intéressant à 100% car il s'agit de personnes sensibles à la musique, et s'y intéressant spontanément en parallèle de la rééducation classique.
- La qualité de la forme est jugée à 46,2% bonne et à 38,5% moyenne et à 15,4% à améliorer. Les réserves portent sur la durée des sons, qui ne sont pas forcément audibles sur la totalité de la piste, en raison des contraintes liées à l'enregistrement (temps de latence au départ ou à l'arrêt de l'enregistrement). L'idée d'un sommaire détaillée est également évoquée.

---

Cependant, ces défauts ont été corrigés autant que possible grâce au logiciel *audacity*.

- Les notions musicales sont jugées à 50% compréhensibles facilement et à 50% moyennement compréhensibles. Ceci peut être dû au niveau d'expertise musicale différant entre les participants. (L'un est novice car il ne s'entraîne que depuis trois mois, et l'autre est plus chevronné et s'est lancé dans l'apprentissage d'un instrument).
- Le niveau de difficulté est jugé adapté par tous les participants avec une réserve concernant la variabilité des capacités et des résultats attendus.
- Tous les participants indiquent accepter volontiers de travailler sur ce support en séance.

Globalement, le matériel est bien accueilli, et l'initiative appréciée, mais il s'agit là encore d'une prise en main globale, et qui plus est, autonome. Il serait intéressant de recueillir de nouveau l'avis de ces personnes après une mise en œuvre en séance, en présence de l'orthophoniste.

---

# Discussion

---

Pour compléter la description de ce travail, nous conduirons dans cette dernière partie, une réflexion personnelle sur le résultat obtenu, à l'issue de la démarche de création et de recherche.

Pour ce faire, nous nous baserons sur une analyse du processus créatif, des failles relevées dans la méthodologie et des difficultés éventuelles rencontrées lors de sa mise en œuvre. Nous poursuivrons par une critique de notre matériel, basée sur nos données théoriques, nos observations et les réponses obtenues au questionnaire. En conclusion, nous ouvrirons une réflexion sur des modifications éventuelles pouvant être bénéfiques à ce matériel, et sur des possibilités d'approfondissement.

## **1. Critique méthodologique**

### **1.1. Difficulté dans le choix des notions pertinentes à intégrer au travail**

En effet la définition de la mélodie au sens large inclut, outre la notion de hauteur sur laquelle l'accent est mis dans ce travail, les notions de durée, de rythme et d'intensité.

La perception et l'interprétation de la prosodie ne se bornent pas à la seule captation des variations de hauteur. En effet, de nombreux autres indices perceptifs se révèlent décisifs notamment dans une tâche d'identification. La perception d'un contour mélodique relève d'un processus différent de celui mis en place pour son intégration et sa reproduction.

De plus, d'une intonation à l'autre, ces paramètres peuvent être similaires : par exemple la joie et la colère sont toutes deux caractérisées par un débit rapide et une forte intensité sonore, ce qui les rend d'autant plus difficile à différencier pour un porteur d'implant cochléaire qui ne reçoit que des informations partielles. C'est pourquoi un travail uniquement axé sur les variations fréquentielles ne pourra être considéré comme exhaustif.

A l'origine, outre le paramètre de hauteur, le projet se proposait de sensibiliser les patients notamment aux notions suivantes :

- Les durées : brèves, moyennes, longues
- Les intensités : faibles, moyennes, fortes ainsi que leurs variations plus ou moins progressives ou subites
- Les silences, eux-mêmes corrélés à des notions de durée

- 
- Le tempo : lent, moyen, rapide

Cependant, le travail simultané de tous ces paramètres générerait une surcharge cognitive importante, notamment sur un public de sourds implantés. Le paramètre de hauteur, étant le plus représentatif de la mélodie musicale et de la parole, a été le seul retenu dans la démarche.

L'exploration de ce paramètre ne s'est toutefois pas révélée sans difficultés, notamment dans la phase d'établissement des bases théoriques.

## **1.2. Recherche documentaire et établissement du contexte théorique de départ**

Deux contraintes majeures se révèlent :

- Concernant la recherche de publications sur le sujet :

Les publications sur le sujet de la perception de la parole avec implant cochléaire sont nombreuses, cependant, elles sont pour la plupart axées sur les performances de perception du discours et très peu sur la perception des intonations. En outre, les dates de publications sont disparates, et l'évolution de la technologie des implants très rapide. On est donc parfois confronté à des résultats d'études très détaillés, mais rendus rapidement obsolètes par les technologies nouvelles. Il est par conséquent difficile d'effectuer un tri dans ces informations.

Les publications ciblant la perception de la musique sont également peu nombreuses, et plutôt axées sur une démarche d'amélioration des productions sonores, principalement rythmique ou sur une démarche ludique de découverte ou de réapprentissage des habitudes d'écoute musicale (dans le cas des devenu-sourds notamment). Les études récentes, explorant de façon précise les caractéristiques physiques du son musical restent relativement difficiles d'accès.

Concernant l'intégration de la musique dans le processus d'investissement du monde sonore chez les nouveaux porteurs d'implants, elle ne connaît qu'un engouement récent et circonscrit pour l'instant à un petit nombre de professionnels avertis.

En effet la mise en place ou la récupération du langage oral est l'objectif principal de la réhabilitation auditive des porteurs d'implant. On peut le constater en se référant aux témoignages des patients, accessibles sur la plupart des forums consacrés à ce sujet. Un des patients de l'échantillon de sourds implantés ayant pu

---

prendre connaissance de notre questionnaire le verbalise (annexe 3, réponse à la question 2) : « Le centre d'implantation ne conseille pas l'écoute de la musique mais plutôt la parole ». Cette frilosité de certains professionnels quant à l'intérêt de la musique dans ce type de rééducation peut s'expliquer par la difficulté et la somme de travail nécessaire à obtenir des résultats probants dans le cadre du langage, cependant certaines études, dont celles citées en première partie de ce travail, semblent y trouver un intérêt notamment dans l'acquisition de compétences généralisables de la musique au langage.

Quant aux documents explicitant les procédures de réglage des implants, ils sont également difficile d'accès et peu traduits en langue française.

- Concernant la validation des acquis théorique par une expérience de terrain :

Il ne nous a malheureusement pas été possible de mener une observation régulière de notre population cible pendant toute l'année. De telles conditions auraient permis, d'une part, de fournir un appui pratique à nos bases théoriques et d'objectiver le déficit perceptif justifiant la création de notre matériel, et d'autre part de mener un protocole détaillé de test du matériel sur plusieurs mois, afin de mettre en évidence un éventuel effet significatif de l'entraînement et d'améliorer in situ le matériel en s'assurant du caractère réalisable des exercices.

En conséquence, la spécificité du matériel à la population de sourds implantés n'a pas pu être prouvée objectivement. Il n'existe pas par ailleurs à notre connaissance, de test étalonné permettant d'évaluer ces paramètres.

### **1.3. Outil de validation du protocole**

L'aboutissement de la forme relativement complexe du matériel a pris le pas sur une éventuelle démarche clinique, par conséquent, les délais ne nous ont pas permis de tester le matériel en situation. Notre choix s'est donc porté sur un questionnaire de validation proposé aux orthophonistes et à la population cible après avoir mis le matériel à leur disposition. Ces moyens nous ont permis d'obtenir une première évaluation de ce travail par les professionnels éventuellement amenés à l'utiliser et d'avoir une idée un peu plus précise des besoins de notre population cible.

---

La conception de ce questionnaire se devait d'obéir à un certain nombre de contraintes :

- Contenir peu de questions pour ne pas décourager les participants
- Recouvrir toutefois la plupart des objectifs de ce travail afin d'en obtenir une évaluation la plus complète possible
- Concevoir les questions dans un ordre logique réunissant un maximum de caractéristiques propres au matériel
- Formuler les questions de façon à minimiser les biais d'induction des réponses et à obtenir un maximum d'objectivité de la part des professionnels, et de façon à induire un partage d'expérience chez les personnes implantées.

En définitive, nous nous sommes limités à une dizaine de questions dans les deux cas, proposant des réponses de type qualitatif ordonné, c'est-à-dire comportant une gradation de l'équivalent de « mauvais » à « bon ».

Ce type de démarche ne remplace toutefois pas un protocole de test complet, et est par ailleurs difficile à mettre en œuvre du côté des destinataires, ou encore par oubli ou par manque d'intérêt de la part de ces derniers. Le nombre de réponses obtenues est souvent peu représentatif du nombre initial de destinataires.

De plus, pour ne pas décourager les participants, le questionnaire se doit de balayer de façon succincte les thèmes principaux. Par conséquent, alors qu'une évaluation point par point, permettrait une analyse détaillée de chaque séquence et une amélioration d'autant plus bénéfique, on se limite à des réponses générales et portant principalement sur la forme, car elles se basent sur une prise en main rapide.

Il sera donc bénéfique en cas d'approfondissement, de mettre en place un réel protocole rééducatif avec une population précise, et de créer des épreuves de test destinées à mettre en évidence les éventuels effets de l'entraînement.

Nous allons maintenant effectuer une critique de l'outil à proprement parler, en nous appuyant sur toutes les données théoriques et pratiques mises à notre disposition.

---

## 2. Critique de la forme définitive de l'outil

En se basant sur les réponses obtenues à la première version du questionnaire qui proposait d'évaluer l'âge idéal de la population cible, sur une évaluation personnelle du niveau de difficulté des exercices, et sur les quelques observations de terrains qu'il nous a été possible d'effectuer, nous avons estimé l'âge de la population cible de ce matériel. Les notions abordées étant abstraites, il paraît judicieux de ne commencer son utilisation qu'à partir d'un certain niveau de lecture et de compréhension qui correspondrait à un âge de 7-8 ans, et jusqu'à l'âge adulte.

Les notions musicales abordées pour les besoins de ce travail sont formulées de la façon la plus simple possible dans les séquences correspondantes afin de permettre aux professionnels non initiés de se familiariser facilement avec l'univers de la musique, et de permettre au plus grand nombre d'intégrer ce matériel à une pratique orthophonique classique. Cependant, certains doutes subsistent chez les non-initiés car ces notions restent abstraites. Il paraît donc pertinent de réfléchir à un moyen de les rendre plus imagées et encore plus accessibles.

Concernant la spécificité à la population cible, nous avons veillé à respecter plusieurs critères facilitant l'accès à notre matériel à des patients atteints de handicap auditif :

- Des extraits sonores simplifiés, et de qualité sonore et d'audibilité suffisantes. Cependant, les conditions d'enregistrement artisanales n'ont pas permis d'éliminer tout bruit de fond. Certains extraits ne présentent donc pas la qualité espérée, ce qui peut nuire à la qualité de perception du son.
- Des repères fréquentiels bien délimités dont le but était de permettre un travail spécifique par bandes de fréquence, en regard d'une électrode.
- Des concepts imagés, afin d'aider à la construction du sens et à la fixation des représentations pour une meilleure compréhension de la démarche et des consignes des exercices.
- Des indices spectraux à destination des professionnels de rééducation afin d'affiner encore plus les repères fréquentiels

En définitive, il apparaît que la forme est bien accueillie par le public mais elle ne constitue pas encore un projet tout à fait abouti. Idéalement, la captation des sons devrait se faire en studio, ce qui permettrait d'éliminer au maximum le bruit de fond et

---

d'améliorer le volume et la qualité des sons. Il serait également bénéfique d'utiliser plus d'instruments et d'imager encore plus les concepts pour faciliter la compréhension des consignes et des notions.

La conception des diapositives contenant les exercices obéit à un certain nombre de contraintes d'interactivité :

- Visibilité des réponses
- Correction claire
- Présentation lisible et colorée
- Présence d'animations et de boutons interactifs

Le respect de ces contraintes, ajoutées à l'attractivité de l'outil informatique pour les tranches d'âge ciblées devrait permettre de pallier le caractère fastidieux et répétitif de certaines séquences, notamment celle concernant les intervalles, qui se borne à un travail d'affinement du seuil de discrimination des notes entre elles.

Les exercices de cette séquence sont en effet un peu basiques et susceptibles de lasser rapidement. Il serait intéressant dans le cas éventuel d'un développement de ce matériel pour les enfants plus jeunes, par exemple, d'intégrer ce travail à des mini-jeux introduisant un principe de récompense, susceptible de maintenir l'intérêt du patient jeune dans la tâche.

Le matériel est jugé ludique dans l'ensemble mais gagnerait à être développé sur un programme plus complexe que powerpoint afin de maximiser les possibilités visuelles et de réduire les bugs, très fréquents sur ce logiciel.

Les corpi textuels intégrés à la séquence consacrée à la parole, correspondent à des textes lus et non à des enregistrements de parole spontanée. Les corpi oraux spontanés et lus présentent des différences spectrales :

« De façon générale, la parole spontanée, de par la grande liberté qui la distingue, se caractérise par une plus grande variabilité dans ses formes prosodiques que la parole lue. La prosodie des deux styles de parole est bien distincte, comme le montre le fait que les auditeurs sont en mesure de reconnaître la nature lue ou spontanée d'un discours à partir d'énoncés filtrés, c'est-à-dire dont seules la courbe intonative, la durée et l'intensité ont été conservées, le contenu segmental (phonème) ayant été éliminé (Levin *et al.*, 1982). Selon Guaïtella (1991), l'amplitude de la variation des contours mélodiques (variation de la hauteur de la voix

---

sur un groupe ou un énoncé) serait plus importante en parole spontanée qu'en parole lue. En revanche, les syllabes accentuées seraient marquées de façon plus importante (montée de la voix plus grande et intensité sonore plus grande sur ces syllabes) en lecture qu'en parole spontanée (Blaauw, 1992) » (C. Émond et L. Ménard, 2010).

Il peut être intéressant de démarrer ce travail avec des enregistrements lus, car ils fournissent une intonation « type » en accord avec la représentation du type de discours correspondant. Cependant, il sera nécessaire pour la suite de la rééducation, d'enrichir ces exercices d'enregistrement de parole spontanée, afin que d'une part, le patient prenne conscience de l'existence d'une marge de liberté apportée par la parole spontanée (malgré l'existence d'une intonation spécifique pour chaque type de discours) et n'altérant pas la compréhension (notamment grâce à la présence des indices non-verbaux et du contexte), et d'autre part, d'approfondir le travail en affinant la perception grâce à d'autres formes de discours.

### **3. Utilisation du matériel comme support de test avant/après entraînement**

Il est possible de se servir des exercices présents dans le protocole pour la réalisation d'une ligne de base qui servira de référence aux différentes étapes de progression de la rééducation.

Cependant, compte tenu de la disponibilité des réponses dans le matériel, et l'intégration de chaque exercice dans le processus d'entraînement, on peut difficilement écarter un effet « re-test » issu de l'habituation au type d'exercice.

Pour établir une progression optimale, il faudrait créer des épreuves test spécifiques auxquelles le patient ne serait confronté qu'en situation de « bilan » de compétences.

Elles auraient pour objectif de tester trois paramètres spécifiques :

- Le seuil de discrimination entre deux notes, soit l'intervalle le plus perceptible par le patient
- La compréhension des notions « aigu, médium et grave » et des mouvements ascendants et descendants permettant de passer d'un registre à un autre

---

- La capacité à différencier entre eux des mouvements mélodiques ascendants, stables, et descendants

Toutes ces notions sont bien évidemment corrélées et dépendent principalement de l'évolution du seuil de discrimination.

Intéressons-nous maintenant aux possibilités d'approfondissement et d'enrichissement de ce matériel.

#### **4. Possibilité d'approfondissement du matériel et adaptations possibles**

Il existe plusieurs possibilités de poursuite de ce travail, toutes en direction de différents débouchés.

Tout d'abord, il serait intéressant d'élargir la population cible en adaptant les séquences à des enfants plus jeunes. Ceci nécessiterait de simplifier les notions et de rendre les exercices plus imagés et encore plus ludique afin de permettre de démarrer ce travail crucial pour la compréhension du langage le plus tôt possible.

Il serait également intéressant de mener un véritable protocole d'étude en cohorte, pouvant conduire à une validation de ce matériel , en parallèle avec une élaboration de protocole de test comme évoqué plus haut.

Pour finir, l'analyse complexe des spectres des extraits audio dans un but de connaissance précise des harmoniques, couplée à ce protocole d'entraînement pourrait servir d'aide au réglage des implants, en fournissant des indices précis à l'orthophoniste qui les transmettrait au régleur, et ainsi permettre une amélioration des performances de chaque patient.

---

# Conclusion

---

A l'issue de ce processus créatif, nous obtenons donc un outil de rééducation original, se plaçant à un carrefour entre le langage, qui est la finalité de la démarche d'implantation, et la musique, dont les porteurs d'implants cochléaires sont souvent encouragés à faire le deuil.

Le but de ce travail, a donc non seulement été de créer un outil novateur pouvant servir de support à l'amélioration des performances de l'implant sur le plan suprasegmental, mais également d'introduire dans l'univers des sourds implantés, le paramètre inattendu, et réputé inaccessible à leurs oreilles artificielles qu'est la musique.

Le travail en parallèle de la musique et du langage pourrait donc permettre en développant des compétences croisées et généralisables à l'un ou l'autre des paramètres, de servir un but commun et de permettre l'appropriation ou la réappropriation par les patients sourds implantés, de la dimension mélodique du langage, et de celle de la musique à la fois.

En diversifiant les supports, on multiplie les possibilités d'écoute et de traitement des indices perceptifs, c'est pourquoi cet outil peut constituer une maquette d'un projet plus complet, plus abouti, qui permettrait de prendre plus en considération cet aspect de la rééducation orthophonique et de le généraliser au plus grand nombre.

---

# Bibliographie

- 
- ARBARETAZ M.C (1979). *Lire la musique par connaissance des intervalles*. Éditions Chappell.
- BROWN S., MARTINEZ M.J., PARSONS L.M. Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *Neuroreport*. Volume 15 Issue 13 p. 2033-2037.
- CARRE A. (2008). *Musique et Surdité : Le paradoxe du sourd musicien*.  ditions Fuzeau.
- CHARPENTIER L. (2013). *Création d'un matériel rythmique pour améliorer l'intelligibilité de la parole chez l'enfant déficient auditif. Un complément au rythme musical de la méthode verbo-tonale*. Mémoire en vue de l'obtention du certificat de capacité d'orthophonie. Institut d'orthophonie Gabriel Decroix, Lille.
- CHOUARD C. H. (2009). *L'oreille musicienne: les chemins de la musique de l'oreille au cerveau*. Gallimard.
- DANHAUSER A. (1995). *Théorie de la musique*. Paris :  ditions Henry Lemoine.
- DELATTRE P. (1966). Les dix intonations de base du français. *French review*, 1-14.
- EMOND C., & MENARD L. (2010). Les marques prosodiques des styles de parole dans les t l journaux québécois. *Communication Information médias théories pratiques*. Volume 27, n 2. p150-165.
- FARRUS M., HERNANDO J., EJARQUE P.(2007). Jitter and shimmer measurements for speaker recognition. *INTERSPEECH* . p. 778-781
- FONAGY I., Léon, P. R., CARTON, F.(1980). *L'accent en français contemporain*. Montréal : Didier.
- GALVIN J.J., FU Q-J., OBA S. (2008). Effect of instrument timbre on melodic contour identification by cochlear implant users. *Acoustical society of America*.
- GFELLER K., TURNER C., MEHR M. (2002). Recognition of familiar melodies by adult cochlear implant recipients and normal-hearing adults. *Cochlear Implants International*. volume 3, n 1. p. 29- 53.
- GRIBENSKI A. (1951). *L'Audition*. Paris : PUF.
- HIRST D., DI CRISTO A., ESPESSER R. (2000). Levels of representation and levels of analysis for the description of intonation systems. *Prosody: Theory and experiment* . p. 51-87.
- KONG Y. Y., STICKNEY G. S., & ZENG F. G. (2005). Speech and melody recognition in binaurally combined acoustic and electric hearing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, volume 117, n 3. p.1351-1361.
- KLEIN D., ZATORRE R.J., MILNER B. (2001). A cross-linguistic PET Study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *Neuroimage*.

- 
- LENORMAND M.T, LACHERET A. (2010). *Prosodie chez des enfants implantés cochléaires*. Le langage oral : données et perspectives actuelles en orthophonie. p.63-88.
- LEON P. R. (2005). *Phonétisme et prononciations du français*. Paris : A. Colin.
- LEON P.R., LEON M.(1993). *Précis de phonostylistique, parole et expressivité*. Paris : Nathan-Fac.
- LOOI V., SHE J. (2010). Music perception of cochlear implant users: a questionnaire, and its implications for a music training program. *International journal of audiology*. vol. 49, n° 2. p. 116-128.
- MARMEL F. *Influence du contexte mélodique tonal sur la perception de sons musicaux : approches comportementales et neurophysiologiques*. Thèse de doctorat de sciences cognitives mention neurosciences. Université Lumière Lyon 2.
- MASSIDA Z. (2010). *Étude de la perception de la voix chez le patient sourd post lingual implanté cochléaire unilatéral et le sujet normo-entendant en condition de simulation d'implant. Psychophysique et imagerie*. Thèse en vue de l'obtention du doctorat de neurosciences. Université de Toulouse.
- MCDERMOTT H.J. (2004). Music perception with cochlear implants : a review. *Trends in amplification Sagepub*.
- MOST T., PELED M. (2007). Perception of suprasegmental features of speech by children with cochlear implants and children with hearing aids. *Journal of deaf studies and deaf education*.
- PATEL A.D. (2013). Can non linguistic musical training changes the way the brain processes speech ? The expanded OPERA hypothesis. *Hearing Research*. Volume 308. P98-108.
- QUEMOUN F.(2003). Le système accentuel du français et sa valeur stylistique. *El texto como encrucijada: estudios franceses y francófonos*. p.405-418
- SEE R., DRISCOLL V., GFELLER K. et al(2001). Speech intonation and melodic contour recognition in children with cochlear implants and with normal hearing. *Otol Neurotol*. National Institute of health.
- STRAIT D., KRAUS N. (2013). Biological impact of auditory expertise across the life span : Musicians as a model of auditory learning. *Hearing Research*.
- TOMATIS A.(1963). *L'oreille et le langage*. Paris : Éditions du Seuil.
- WOLFE J., SCHAFER E.C. (2010). *Programming cochlear implants*. Plural Publishing.
- VIROLE, B., ESPERNE, N. (2011). Musique et surdité. *Résumé*.
- ZATORRE R.J. , BELIN P., PENHUNE V(2002).Structure and function of auditory cortex : music and speech. *Trends in cognitive sciences*. Volume 6 Issue 1. p 37-46.

---

---

COSCAS Audition. Jonathan GOLDMINC. <http://www.coscas-audition.fr>. [Consulté le 15/03/2014] pour rédaction de la partie théorique.

CISIC :Centre d'information sur la surdité et l'implant cochléaire. <http://www.cisic.fr>[ Consulté plusieurs fois à partir de septembre 2013] pour recueil de témoignages et rédaction de la partie théorique.

Voyage au centre de l'audition. NeurOreille et auteurs. <http://www.cochlea.eu> [Consulté le 15/03/2014] pour rédaction de la partie théorique.

Fréquence notes. Jean-Jacques Dialo. <http://jeanjacques.dialo.free.fr/frequenc.htm> [Consulté le 04/04/2014] pour conception du matériel.

Société Française d'Audiologie ( SFA). Sfaudiologie.fr [Consulté le 02/10/2013] pour inscription au 12ème congrès de la SFA : « Audition et musique ».

---

# Liste des annexes

---

**Liste des annexes :**

**Annexe n°1 : Détail d'une séance d'éveil musical**

**Annexe n°2 : Résultats d'un questionnaire à destination des orthophonistes**

**Annexe n°3 : Résultats d'un questionnaire à destination d'une population d'adultes sourds implantés**

**Annexe n°4 : Sommaire détaillé de l'outil**

**Annexe n°5 : Images et figures illustratrices du texte.**