

---

Méthodes alternatives aux réglages conventionnels  
des implants cochléaires :  
Potentiels Evoqués Auditifs électrique  
peropératoire et méthode SmartStart

---

Mémoire

Master 2 Audiologie et trouble du langage

Geoffrey GUENSER

Entreprise : MXM-Neurelec

Maitre de stage : Bertrand Philippon

## REMERCIEMENTS

---

Mes remerciements vont à :

Monsieur David Veran, Vice Président au sein de l'entreprise Neurelec, pour m'avoir accepté au sein de son entreprise, et pour m'avoir suivi durant toute cette étude,

Monsieur Bertrand Philippon, Ingénieur Support Clinique chez Neurelec, pour la qualité de sa formation sur les implants et les PEAPe, ainsi que pour sa disponibilité et son aide,

Monsieur Jean-Pierre Piron, Ingénieur de santé et régleur d'implant au CHU Gui De Chauliac de Montpellier,

Monsieur Dan Gnansia, Département de recherche Clinique et Scientifique chez Neurelec, pour son aide en recherche bibliographique, en mathématiques statistiques et pour son expertise en terme d'écriture,

Madame Maria Berrada, Ingénieur Supports Clinique chez Neurelec, pour sa disponibilité et son aide durant les sessions de réglages au Maroc,

Monsieur le Professeur Bernard Meyer (ORL, Paris), Monsieur le Professeur Thierry Mom (ORL, Clermont-Ferrand), Monsieur le Docteur Fouad Benariba (ORL, Rabat, Maroc), Monsieur le Professeur Benoit Godey (ORL, Rennes), pour nous avoir permis de réaliser notre étude dans leur centre et pour leur confiance,

Monsieur Stéphane Laurent, Monsieur Frank Lefevre, Monsieur Patrice Souetre, Monsieur Dominique Menetrier, audioprothésistes et régleurs d'implants, pour leur collaboration et leur confiance pendant les séances de réglage en France,

## INTRODUCTION

---

A la suite d'une implantation cochléaire, le processeur externe, qui va rendre possible la stimulation du nerf, doit être programmé. La tâche principale dans le réglage de l'implant cochléaire (IC) est la programmation de la dynamique électrique de sortie, lorsque tous les autres paramètres sont choisis par défaut. Cette dynamique est propre à chaque électrode, elle est comprise entre le seuil de détection (T) et le seuil de confort (C) et représente la dynamique électrique résiduelle du nerf.

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer ces seuils et chaque régleur travaille de façon indépendante choisissant de suivre l'une ou l'autre des méthodes. Néanmoins, il subsiste un réglage dit conventionnel qui reste le plus répandu aujourd'hui. Ce dernier consiste à présenter sur une ou plusieurs électrodes un train de courtes stimulations électriques à des intensités différentes. Le réglage du système d'implant cochléaire Digisonic SP est basé sur les informations données par le patient relatives à sa perception sonore. Des réactions comportementales dans le cas de réglages pédiatriques, ou des indications précises dans le cas de réglages adultes, renseignent le régleur sur les seuils de détection et de confort perceptifs. Le seuil psychophysiologique présente théoriquement les meilleurs paramètres puisqu'il est important, en théorie, de s'assurer que la gamme de dynamique d'entrée soit alignée au mieux sur la gamme de dynamique électrique. Cette approche présente néanmoins plusieurs inconvénients :

- Elle permet surtout d'optimiser le confort du patient, sans prise en compte particulière des performances audiologiques<sup>1</sup>
- Elle est sensible à l'interaction entre le patient et le régleur et peut donc présenter une très grande variabilité
- Elle est inadaptée aux patients incapables de rendre compte de leurs sensations subjectives (jeunes enfants, autres handicaps...)

Une autre problématique se pose aujourd'hui, celle du temps de prise en charge et du coût du réglage. Beaucoup de centres d'implantation voient leur nombre de patients implantés augmenter chaque année sans avoir de moyens supplémentaires. En moyenne, le nombre de patients implantés augmente de 30 tous les ans (service commercial, MXM-Neurelec), sans compter la file active de patients déjà implantés qu'il faut suivre ainsi que les renouvellements de processeurs.

---

<sup>1</sup> L'implant code le son différemment d'une oreille saine et les voies afférentes de l'audition et plus largement le système nerveux central a le plus souvent reçu des informations dégradées d'une oreille pathologique ; ces deux raisons font qu'il est improbable pour le patient implanté de juger la sonie d'un son et de son caractère confortable ou non, et ce d'autant plus s'il s'agit d'un enfant.

Des méthodes alternatives de réglage peuvent être envisagées pour répondre à ces problèmes.

D'une part, une approche par mesure de Potentiels Evoqués Auditifs électriques (PEAPE) peut être utilisée comme mesure objective pour effectuer des réglages, notamment chez les jeunes enfants. Cette méthode a donné lieu à une étude sur le lien entre les PEAPE post opératoires et les réglages. Une corrélation statistiquement significative a pu ainsi être démontrée entre ces deux données.

La prise en compte des mesures objectives pour les réglages a commencé dans les années 1990 ; depuis beaucoup d'études ont suggéré que les PEAPE pouvaient être utiles dans le processus de réglage (Shallop et al., 1990 ; Shallop et al., 1991 ; Kileny, 1991 ; Masonet et al., 1993 ; Brown et al., 1994 ; Mason et al. , 1997 ; Shallop et al. , 1997 ; Gordon et al., 2004). Chez les adultes, les seuils électriques de détection sont fortement corrélés avec les seuils PEAPE en postopératoire (Hodges et al., 1994 ; Truy et al., 1998 ; Brown et al., 1999).

L'avantage de la mesure en peropératoire des PEAPE est l'anesthésie du patient, ainsi les mesures peuvent être plus précises et plus rapides car les niveaux électriques nécessaires à l'examen dépassent les seuils de confort et les jeunes enfants n'ont pas à devoir coopérer pour le test. Brown et al. (1994) ont constaté chez les porteurs de Nucleus que les seuils des Potentiels Evoqués Auditifs Précoces électriques mesurés en peropératoire (PEAPE-op) étaient systématiquement supérieurs aux seuils de détection (T) mais inférieurs aux seuils maxima de confort (C). Ils ont également montré que les seuils PEAPE-op étaient fortement corrélés aux niveaux T et C. Plus tard, Truy et al. (1998) montrent que les PEAPE peuvent être utilisés pour estimer les réglages des porteurs d'IC Digisonic DX10 (Neurelec, Antibes, France), même chez une jeune population. Dans la présente étude, il sera envisagé d'étendre les résultats obtenus avec les PEAPE mesurés en post-opératoire aux PEAPE mesurés en peropératoire. D'autre part, une approche consistant à proposer plusieurs programmes de réglage préétablis par une méthode statistique a été développée par le EarGroup (Anvers, Belgique). Vaerenberg et al. (2011) ont montré la faisabilité des préreglages normalisés chez les porteurs Advanced Bionics. Ils ont également constaté la conservation de la qualité des résultats audiométriques. Cette méthode est appelée SmartStart pour les implants Neurelec. Une étude statistique sur une centaine de patients a été réalisée pour ainsi fournir des paramètres d'activation standardisés (Eargroup, Anvers, Belgique). Ces réglages préétablis sont par la suite modifiés suite à des évaluations audiologiques afin de maximiser les performances du patient. Cette approche de réglage est déjà appliquée en routine dans des centres d'implantations étrangers, elle a permis de réduire le temps de réglage sans compromis sur les performances des patients implantés.

La présente étude complète celle de l'année passée qui portait sur la corrélation des seuils PEAPE enregistrés en postopératoire et les seuils subjectifs chez des patients adultes. Plusieurs questions seront adressées : 1) Quelles informations utiles nous fournissent les PEAPE-op pour le réglage des IC Digisonc SP ; ont-ils des conséquences sur le temps de chirurgie ? 2) Le réglage Smartstart est-il praticable en routine clinique ? ; admet-il les mêmes résultats audiométriques que les réglages conventionnels?

## MATERIEL ET METHODE

---

### Patients :

11 patients enfants Marocains sourds prélingaux et 11 patients adultes Français sourds postlingaux ont participé à cette étude. Tous ont été implantés avec un implant Digisonic SP avec un réseau de 20 électrodes. Le processeur externe est un Saphyr.

#### Critères d'inclusion :

- Etre candidat à une implantation cochléaire
- Surdité totale bilatérale

#### Critères d'exclusion :

- Surdité faisant suite à des maladies neuro-dégénératives
- Surdité faisant suite à un traumatisme
- Analphabétisme et niveau inférieur au C.E.P
- Patient implanté de façon bilatérale
- Plus de 4 électrodes désactivées
- Femme enceinte
- Patient non-voyant
- Patients bénéficiant d'une mesure de protection légale

Tous les patients sauf deux ont eu une insertion totale du porte électrode (20 électrodes actives avec l'implant Digisonic SP). Les 2 sujets ayant une insertion partielle sont un adulte et un enfant avec respectivement 3 et 2 électrodes en dehors de la cochlée.

Le tableau suivant reprend les informations générales des sujets ayant participé à l'étude.

*Tableau 1 : Informations sur les sujets présent dans cette étude*

	Enfants	Adultes
Nombre	N=11	N=11
Age à l'activation (année)		
Moyenne (�cart type)	3,4 (0,9)	60 (15)
Age Min - Max	2 - 5	35 - 79
Etiologie de la surdité		
Surdité congénitale	N=9	
Surdité acquise, d'origine inconnue		N = 6
Méningite	N=1	
Prématuré	N= 1	
Meniere		N = 3
Cholestéatome		N = 1
Otospongiose		N = 1
Oreille implanté (D - G)	4 - 7	6- 5
Sexe (F – M)	6 - 5	6 - 5

### Matériel :

Enregistrement des PEAPe op: La stimulation électrique du nerf auditif est réalisée grâce à l'implant cochléaire en place. L'interface Neurelec Digitim permet le dialogue avec la partie interne de l'implant cochléaire ; elle permet ainsi l'envoi de pulses électriques à des valeurs d'intensité, de largeur d'impulsion et de fréquence souhaitées. Elle est connectée à un ordinateur via un port USB.

Les PEAPe ont été enregistrés en per-opératoire à l'aide d'un appareil de recueil de potentiels évoqués NavigatorPro de la marque Bio-logic. Un câble de synchronisation relie ce dernier à l'interface de stimulation. Elle est connectée à un ordinateur via un port USB.

La chirurgie et le suivi des enfants se sont effectués exclusivement à l'Hôpital militaire de Rabat (Maroc). Les patients adultes proviennent des centres d'implantations suivants : Hôpital Beaujon (Clichy), Hôpital Pontchaillou (Rennes), Hôpital Gabriel Montpied (Clermont-Ferrand).

Programmation du processeur Saphyr et suivi patient: Le processeur est lu et programmé avec l'interface Neurelec Digimap. Cette dernière est reliée par USB à un ordinateur portable Windows équipé du logiciel Digimap. Les rendez-vous patients se sont déroulés dans ces mêmes hôpitaux.

Le suivi courant, à savoir les audiométries tonales, ont été réalisées en cabine audiométrique, avec un audiomètre clinique en place. L'examen à 3 mois utilise la Otocube développée par le EarGroup (Anvers, Belgique). Couplé au logiciel ASSE, elle a permis la réalisation d'audiométrie tonale et d'audiométrie de type discrimination.

### Méthode :

Cette étude se décompose en deux parties. La première consiste en l'enregistrement de PEAPe en peropératoire afin de déterminer un seuil électrique sur 3 électrodes (Basale, médium et apicale). La seconde partie de l'étude concerne le réglage du processeur et le recueil de données subjectives électriques et audiométriques durant les 3 premiers mois suivant l'implantation.

**L'enregistrement des PEAPe** a été effectué en salle d'opération, une fois l'implantation effectuée, pendant ou à la suite de la suture du lambeau. Les électrodes cutanées de recueil sont installées avant la pose du champ opératoire :

- électrode positive : vertex
- électrode négative : menton
- électrode de masse : épaule opposée à l'oreille implantée

Lors de l'utilisation d'un monitoring du nerf facial (NIM), nous avons utilisé les électrodes de ce dernier pour nos mesures. Un contrôle de l'impédance des électrodes de recueil et des électrodes de stimulation est réalisée.

Les PEAPe-op sont enregistrés sur 3 électrodes, à des valeurs d'intensité et de largeur d'impulsion reprises dans le tableau qui suit.

Electrode										
E18 (apex)	I:67 T:24	I:68 T:29	I:69 T:34	I:69 T:39	I:70 T:44	I:72 T:48	I:74 T:54	I:75 T:59	I:79 T:61	I:83 T:63
E12 (medium)	I:67 T:29	I:68 T:36	I:69 T:42	I:69 T:48	I:70 T:55	I:70 T:60	I:74 T:65	I:75 T:69	I:79 T:72	I:83 T:75
E8 (base)	I:67 T:27	I:68 T:34	I:69 T:41	I:69 T:48	I:70 T:55	I:70 T:61	I:74 T:64	I:75 T:65	I:79 T:70	I:83 T:76

*Intensité (I) en unité machine – Largeur d'impulsion (T) en microseconde*

*Tableau 2 : Valeurs d'amplitudes et de largeurs des impulsions utilisées pour les mesures de PEAPe-op*

Ces valeurs sont tirées des seuils électriques C des maps<sup>2</sup> Smartstart. Les paramètres d'enregistrement ont été comme suit : l'amplificateur a une sensibilité de 500µV, le filtre passe-bande admet comme fréquence de coupure basse 1,6Hz et comme fréquence de coupure haute 3,2kHz. L'analyse se fait sur une fenêtre de 10ms avec n=500 points. La réjection est enclenchée à 80% de l'amplitude. Le délai est de -25%. Le moyennage se fait sur 1000 mesures.

Nous réalisons plusieurs mesures de PEAPe-op, en partant de l'électrode apicale vers l'électrode basale. L'intensité est d'abord réglée au maximum, puis diminuée suivant les valeurs du tableau jusqu'à atteindre le seuil PEAPe-op.

Les PEAPe-op ont été analysés sur les ondes II, III et V. Le seuil PEAPe-op est obtenu par analyse de l'onde V. Le seuil PEAPe-op est validé lorsque l'onde V n'est plus visible sur l'enregistrement. La valeur de la largeur de l'impulsion, utilisée pour la stimulation ne permettant plus de faire apparaître l'onde V, est retenue. Cette valeur sera comparée à la valeur du seuil électro-physiologique tirée des réglages de l'électrode testée.

Le réglage de l'IC se fait un mois après son implantation. Il suit le protocole SmartStart développé par le Eargroup (Anvers, Belgique). Il consiste à intégrer dans le processeur du sujet des Maps préétablies, réalisées suivant un modèle statistique. 10 Maps ont été réalisées sur ce modèle, avec une augmentation progressive de la charge. Elle sont appelées « Switch ON », « Low 1, 2, 3 », « Good 1,2,3 », « High 1,2,3 ». La Map « switch on » est basée sur la moyenne de 150 Maps à l'activation. Pour les autres, il y a une augmentation graduelle des valeurs électriques T et C basée sur le pourcentage d'une Map dite

<sup>2</sup> En implant cochléaire, une Map reprend l'ensemble des paramètres de réglage, et plus particulièrement les seuils T et C sur chacune des électrodes

« idéale », définie sur la moyenne des Maps définitives de 150 patients. La base statistique de l'augmentation progressive des niveaux électriques T et des C est reprise dans le tableau ci-dessous.

<i>Nom</i>	<i>Base statistique</i>
<i>Switch ON</i>	<i>Moyenne des seuils électriques T et C de 150 patients à l'activation</i>
<i>Low 1</i>	<i>Toutes les variables sont définies par le 1/4 de la différence entre la map Switch-on et Good 1</i>
<i>Low 2</i>	<i>Toutes les variables sont définies par le 1/2 de la différence entre la map Switch-on et Good 1</i>
<i>Low 3</i>	<i>Toutes les variables sont définies par le 3/4 de la différence entre la map Switch-on et Good 1</i>
<i>Good 1</i>	<i>P25 : toutes les variables ont la valeur correspondant au 25<sup>e</sup> percentile de la map « idéale »</i>
<i>Good 2</i>	<i>P50 : toutes les variables ont la valeur correspondant au 50<sup>e</sup> percentile de la map « idéale »</i>
<i>Good 3</i>	<i>Toutes les variables sont définies par le 3/4 de la différence entre la map Good 2 et High 1</i>
<i>High 1</i>	<i>P75 : toutes les variables ont la valeur correspondant au 75<sup>e</sup> percentile de la map « idéale »</i>
<i>High 2</i>	<i>Toutes les variables sont définies par le 1/2 de la différence entre la map High 1 et High 3</i>
<i>High 3</i>	<i>P97 : toutes les variables ont la valeur correspondant au 97<sup>e</sup> percentile de la map « idéale »</i>

*Tableau 3 : Bases statistiques pour les niveaux électriques T et C des Maps SmartStart*

Les valeurs des seuils électriques T et C et des intensités sont reprises en annexe. Ces Maps admettent les réglages avancés suivants : l'antidiaphonie est désactivée, l'égalisation de sonie est placée à -1, les résolutions spectrales et dynamiques sont réglées en haute, le gain (FFT) et le débruitage sont placés à 0 dB, la puissance d'émission est à 5% et le gain analogique est à 24dB.

Premier rendez-vous : l'activation (J0) : Le conseil patient est important pour ce protocole. Il est important de prévenir le patient sur ce qu'il va entendre ou ressentir. Lui rappeler que toutes les sensations ressenties auditives ou non sont importantes pour le régleur. Sont injectées dans le processeur du patient les 4 premières maps « SmartStart ». Une mesure d'impédance est effectuée. La première Map « Swith ON » (cf. tableau 3) est mise en « essai à la voix ». Le contenu de la boîte est expliqué au patient pendant que cette première Map est testée. L'essai des Maps supérieures est envisageable si la sensation de sonie n'est pas trop importante. Le processeur est programmé avec 4 Maps progressives ; la première des 4 Maps étant la Map la plus énergétique acceptée par le patient. La progression d'une Map à une autre se fera en fonction du ressenti du patient, l'idéal étant de passer de l'une à l'autre au maximum toutes les semaines. Les seuils électrophysiologiques de détection sont mesurés sur les électrodes 8, 12 et 18 ; ils seront comparés aux seuils PEAPe-op. Ces seuils ne servent à aucun moment à la programmation des Maps.

Deuxième rendez-vous (J+1 mois): Une audiométrie tonale est pratiquée. Les impédances sont contrôlées. Le programme avec lequel le patient est arrivé est relevé. Une nouvelle programmation est réalisée en plaçant le dernier programme en P1 et en programmant une nouvelle évolution avec les Maps SmartStart.



Troisième rendez-vous (J+2 mois) : il clôture la session des réglages SmartStart. Il s'agit d'apprécier les résultats audiométriques des sujets ayant bénéficié d'un réglage SmartStart et de les comparer à d'autres résultats obtenus avec un réglage traditionnel (comparaison à la littérature). Sont donc réalisées les examens suivants :

- Audiométrie tonale liminaire : descendante, utilisant un stimulus warble tone. Les fréquences 250, 500, 1000, 2000, 4000 ont été testées.
- Discrimination de phonèmes : ce test fait partie de la suite ASSE développé par le Eargroup (Anvers, Belgique). Il utilise 14 phonèmes différents en fond et 14 phonèmes différents en stimulus. Un fond sonore est composé d'un même phonème répété par intervalle de 850msec à un niveau de 70dB SPL. De façon aléatoire un phonème appelé stimulus est envoyé à la place d'un phonème de fond de même intensité. Le sujet doit indiquer le moment où le phonème est différent. Pour notre étude, 7 paires de phonèmes ont été utilisées.
- Audiométrie vocale : 20 mots tirés de deux listes de Fournier sont envoyés à une intensité de 65dB SPL. Le score est le pourcentage de mots reconnus.

Tous les tests sont effectués en champ libre en chambre insonorisée ou via l'Otobox<sup>3</sup> (Eargroup, Anvers). Pour des raisons de développement langagier et de fatigabilité, les enfants n'ont été testés qu'en audiométrie tonale.

Un questionnaire est remis à chacun des régleurs. Il comprend 4 questions portant sur la qualité de la prise en charge du patient, l'aspect pratique, l'aspect temps et l'utilisation en général du réglage. Ce questionnaire est repris en annexe.

---

<sup>3</sup> L'Otobox est un caisson de test développé par le Eargroup (Anvers, Belgique) pour l'implant cochléaire. Il permet de stimuler acoustiquement le processeur externe dans un milieu à la fois insonorisé et portable. La suite logicielle ASSE (Eargroup, Anvers, Belgique) est utilisée pour les examens audiométriques. Un câble d'antenne long relie le patient au processeur. Vous trouverez plus d'information technique sur [www.otocube.com](http://www.otocube.com).

## RESULTATS - DISCUSSION

Le premier axe concernera les seuils PEAPe-op. Nous étudierons leurs relations avec les seuils électriques de détection (T) et de confort (C) utilisés dans la Map des patients ; ainsi qu'avec les seuils électriques de détection subjectifs (Tsub). Le second axe portera sur la méthode de réglage SmartStart, du point de vue des patients d'une part, en étudiant leurs résultats audiométriques à 2 mois ; du point de vue des régleurs d'autre part, en analysant le questionnaire. En règle générale, l'amplitude des impulsions est fixe d'un réglage à un autre ; ce qui nous permet de comparer les largeurs d'impulsions entre elles. Or les Maps smartStart admettent des amplitudes différentes d'une map à une autre. Les seuils caractérisés par une amplitude et un temps seront donc exprimés dans cette étude en une charge (micro-coulomb).

### Les Potentiels Evoqués Auditifs électriques peropératoire

#### Résultats :

Tous les PEAPe-op ont pu être enregistrés en moins de 15 minutes, pendant la suture du lambeau. Le temps de chirurgie n'a donc pas été augmenté. Les PEAPe-op ont été présents chez la totalité des patients enfants sauf un (10 sujets sur 11). Chez ce dernier, seules des courbes plates ont pu être enregistrées. Tous les patients adultes ont montré des réponses PEAPe-op (11 sujets sur 11).

Après l'activation de l'implant cochléaire, les seuils doivent être programmés, ils vont évoluer pendant

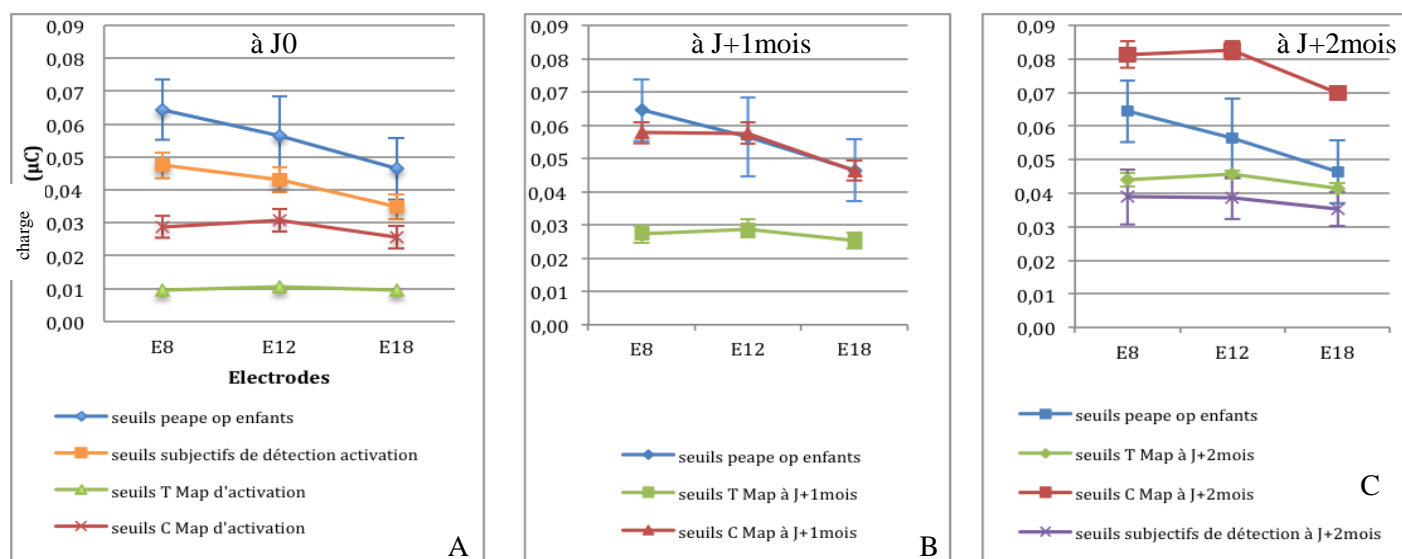


Figure 1 : Représentation des moyennes des seuils PEAPe-op et des seuils électriques ( $\mu\text{C}$ ) chez 10 enfants à 3 instants différents sur les 3 électrodes E8, E12 et E18.

Les seuils PEAPe-op sont ceux enregistrés après l'implantation, ce sont les mêmes sur chacun des graphiques ; le but est d'apprécier l'évolution des autres seuils par rapport à ces derniers. Les figures A, B et C reprennent les seuils respectivement le jour de l'activation (J0), à J+1mois et à J+2mois. Les seuils subjectifs à J0 et à J+2mois sont enregistrés sur 4 des 10 patients. Les moustaches représentent l'intervalle de confiance à 95%.

nb : les électrodes sont numérotées par ordre croissant de la base à l'apex.

les 6 premiers mois d'utilisation. La figure 1 reprend les moyennes des seuils électriques des sujets enfants lors des 2 premiers mois: à l'activation (J0), à un mois (J+1mois) et à 2 mois (J+2mois), respectivement de gauche à droite.

Les seuils PEAPe-op sont représentés par les courbes bleues. On remarque que plus l'électrode est apicale, plus le seuil a tendance à diminuer. A l'activation, ces derniers sont significativement plus importants que les seuils T et C de la première Map portée. Les seuils subjectifs se situent eux entre les seuils C et les seuils PEAPe-op. A un mois d'intervalle, les seuils PEAPe-op sont confondus avec les seuils C tirés des Maps portées par les sujets. Au deuxième mois, les seuils PEAPe-op sont compris entre les seuils T et C. Les seuils subjectifs montrent une tendance à être en deçà des seuils T.

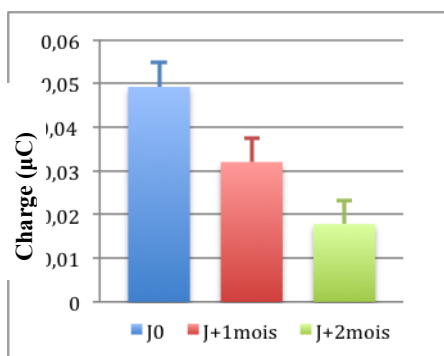


Figure 2 : Evolution de la différence en µC entre les seuils PEAPe-op et les seuils T dans le temps.

La figure 2 reprend la différence arithmétique entre les seuils PEAPe-op et les seuils T aux trois instants J0, J+1mois et J+2mois. On remarque que les seuils T ont tendance à se rapprocher des seuils PEAPe-op sans toutefois les atteindre.

Peu d'enfants (4/10) se sont montrés coopératifs lors de la recherche des seuils subjectifs électriques. La procédure de recherche de corrélation avec les PEAPe-op s'est donc faite avec les seuils T de la Map utilisée par le sujet. En regroupant toutes les électrodes, aucune corrélation n'a pu être montrée entre les seuils PEAPe-op et les seuils T ( $n=30$  ;  $r^2=0,01$ ) et C ( $n=30$  ;  $r^2=0,04$ ) tirés de la première Map portée. On a vu précédemment que les seuils avaient tendance à être plus proche des seuils T et C sur les électrodes apicales. Une recherche de corrélation entre les seuils PEAPe-op et les seuils T et C a été menée sur chacune des 3 électrodes. A nouveau, aucune corrélation n'apparaît ( $n=10$  ;  $r^2<0,1$ ). En revanche, lorsque l'on s'intéresse aux seuils subjectifs ( $T_{sub}$ ) à l'activation, une possible corrélation apparaît entre ces derniers et les seuils PEAPe-op ( $n=8$  ;  $r^2=0,55$ ). Toutefois le nombre restreint de points ne nous permettra pas d'utiliser ces résultats. En outre, cette corrélation (PEAPe-op vs.  $T_{sub}$ ) disparaît après 2 mois d'utilisation ( $n=12$  ;  $r^2=0,1$ ).

La figure ci-après reprend les résultats des adultes. Seule une partie des résultats est présente dans ce mémoire. En effet, tous les sujets ne sont pas arrivés au terme des 2 mois postactivation. Sont présents dans cette étude les résultats à l'activation de 8 patients sur 11.

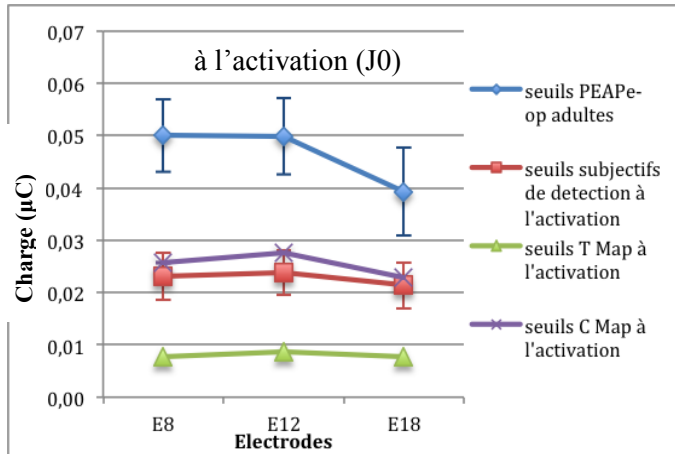


Figure 3 : Représentation des moyennes des seuils PEAPe-op et des seuils électriques ( $\mu\text{C}$ ) chez 8 adultes à l'activation (J0). Les seuils PEAPe-op sont ceux enregistrés après l'implantation. Les seuils subjectifs ont été enregistrés lors de la mise en route. Les seuils T et C sont les seuils de la Map d'activation. Les moustaches représentent l'intervalle de confiance à 95%.

Les seuils PEAPe-op (bleu) se trouvent bien au dessus de tous les autres seuils. Ils sont en moyenne 2 fois plus importants que les seuils subjectifs de détection. Ces derniers montrent une tendance à être juste en deçà des seuils C tirés de la Map d'activation. Comme pour les sujets enfants, les seuils PEAPe-op montrent l'intervalle de confiance le plus large ; en outre, ils tendent à se rapprocher des seuils subjectifs sur les électrodes apicales (E18).

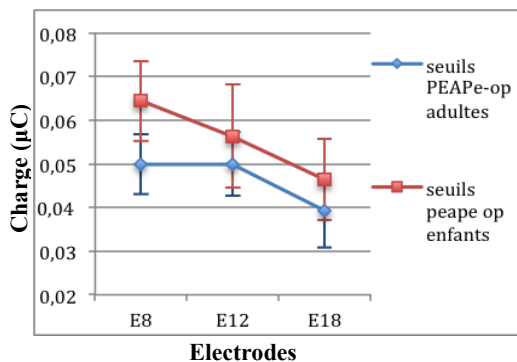


Figure 4 : Comparaison des seuils PEAPe-op chez l'adulte et chez l'enfant. Moyenne des seuils en  $\mu\text{C}$  sur les 3 électrodes E8, E12 et E18. Intervalle de confiance à 95%

La figure ci-contre reprend les seuils PEAPe-op des enfants et des adultes. On remarque cette même convergence pour les électrodes apicales.

Toutes les mesures des PEAPe-op chez les enfants ont été réalisées dans strictement les mêmes conditions. Ils présentent cependant la plus forte variabilité. Les PEAPe-op des adultes ont été réalisés dans 4 blocs opératoires différents. Les seuils PEAPe-op des sujets adultes montrent une forte tendance à être plus faibles que les seuils des sujets enfants.

Une étude statistique par régression linéaire a été menée entre les seuils PEAPe-op et les seuils subjectifs ; aucune corrélation ne s'est avérée entre ces deux seuils ( $n=24$  ;  $r^2=0,01$ ). Les seuils PEAPe-op semblent plus précis sur les électrodes apicales, l'étude statistique a été menée entre ces seuils et les seuils subjectifs de détection, sur chacune des électrodes ; aucune corrélation n'a été relevée sur l'une ou l'autre des électrodes ( $n=8$  ;  $r^2<0,1$ ).

### Discussion :

Les données des sujets enfants et adultes semblent converger vers les mêmes résultats. Pour les uns comme pour les autres, aucune corrélation statistiquement significative ne lie les seuils PEAPe-op aux seuils subjectifs, et plus largement aux seuils T et C des Maps d'activation. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Brown et al. (1994) qui n'ont trouvé aucune corrélation significative entre les seuils PEAPe-op et les seuils subjectifs chez les porteurs d'implant cochléaire Nucleus.

En revanche, les PEAPe mesurés en postopératoire montrent des corrélations significatives avec les seuils subjectifs. Notre étude de l'année passée ainsi que Truy et al. (1998) l'ont montré sur l'implant cochléaire Neurelec ; d'autres l'ont également révélé sur les implants d'autres fabricants (Morita et al., 2003). On peut donc en déduire une évolution des réponses du nerf auditif à partir du moment où le nerf est stimulé. Cela peut être constaté dans notre étude lorsque l'on compare les seuils de sujets adultes qui ont déjà entendu, et ceux des sujets enfants, sourds de naissance.

Ces derniers ont en effet tendance à avoir un seuil plus important et un intervalle de confiance plus large que leurs homologues adultes. Cette évolution a été constatée par Brown et al. (1994), où pour un même patient, ils ont relevé que son seuil PEAPe-op était nettement supérieur à son seuil PEAPe postopératoire. Plusieurs hypothèses peuvent-être avancées pour expliquer l'évolution des seuils PEAPe : une origine physique : mettant en cause le traumatisme de l'oreille par l'intrusion d'un corps étranger ; une origine physiologique.

Les seuils PEAPe-op ne semblent donc pas nous renseigner sur un seuil de réglage, mais peuvent cependant donner d'autres informations intéressantes. En effet, chez les sujets enfants, on remarque que, d'une part, à 2 mois, le seuil PEAPe-op est compris entre les seuils T et C, et que d'autre part, les sujets montrent une audiométrie tonale comprise entre 30 et 40dBHL sur les fréquences conversationnelles (les résultats audiométriques se trouvent dans la partie suivante : la méthode de réglage SmartStart). On peut donc supposer que les seuils PEAPe-op nous donnent l'information à 2 mois que le sujet est susceptible d'entendre ou non. Ce résultat reste à prouver dans les mois à venir chez l'adulte.

Pour un des sujets enfant, aucune réponse aux PEAPe-op n'a pu être mesurée. A l'activation, il s'est avéré que l'enfant ne présentait aucune réponse comportementale, malgré des stimulations électriques importantes. Une expertise est en cours de réalisation. Cela révèle un autre avantage de la mesure de PEAPe-op, celui de rendre compte du bon fonctionnement de l'implant cochléaire et du nerf auditif lors de la chirurgie.

## Méthode de réglage SmartStart

### Résultats :

Les résultats de l'étude du réglage SmartStart se décomposent en deux parties : des résultats audiométriques, et des résultats issus des questionnaires remis aux régleurs.

16 patients sur 18 ont été programmés en suivant le protocole SmartStart. Deux sujets enfants ont été retirés du protocole. Le premier n'avait aucune réponse aux PEAPe-op et aucune réponse comportementale lors des essais à la voix ; le second a eu des impédances trop importantes sur cinq électrodes, qui ont dû être désactivées. Quatre sujets adultes sont en attente de leur activation.

A l'activation, il n'y a eu aucun rejet des Maps préétablies. Chez les sujets adultes, toutes les Maps d'activation tolérables pour un port régulier ont été la Map Switch ON (c.f Annexes). Chez les sujets enfants, 6 sur 9 ont toléré la Map Switch ON à l'activation, 2 sujets ont toléré la Map Low 1, un dernier sujet a toléré la Map Low2.

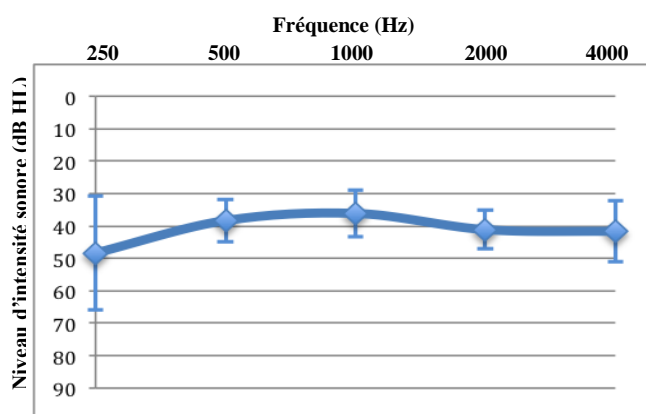


Figure 5 : Moyenne des courbes d'audiométrie tonale chez les 9 sujets enfants.  
Représentation de la perte auditive en dB HL en fonction des fréquences.  
Intervalle de confiance à 95%.

Seul une partie des résultats figurent dans ce mémoire. Les résultats audiométriques des adultes ne sont pas encore disponibles.

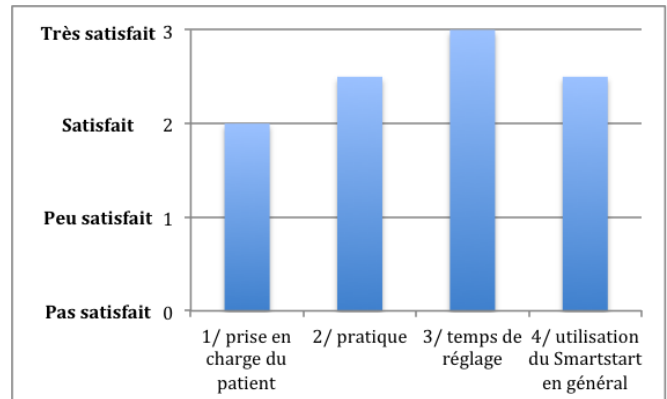
Ci-contre est représentée la moyenne des audiométries tonales chez les 9 sujets enfants.

Cette moyenne est comprise entre 50 et 35dB HL. La fréquence 250Hz admet la moyenne des seuils audiométriques la plus basse ainsi qu'une forte divergence des résultats. Nous tenterons d'y apporter une réponse dans la discussion.

Les résultats suivants rendent compte du questionnaire remis au régleur. Pour l'instant, 5 régleurs ont pu expérimenter la méthode de réglage StartStart.

Les réponses se situent toutes entre satisfait et très satisfait. La moins bonne note est attribuée à la prise en charge du patient. La meilleure des notes est attribuée au gain du temps pour le réglage. Certaines remarques ont été émises par les régleurs à la fin du questionnaire, les voici :

- Présence du contrôle des T et C sur quelques électrodes (contrôle et mise en condition du patient)
- Incrémentation des Maps mal adapté pour l'adulte (marge trop importante entre un programme et un autre).



*Figure 6 : Moyennes des notes, par catégories, données au réglage SmartStart par les 5 régleurs. Les notes vont de 0 à 3 et correspondent respectivement à un niveau de satisfaction allant de « pas satisfait » à « très satisfait ». Chaque barre reprend un aspect du réglage.*

### Discussion :

Le premier fait important est l'acceptation des Maps SmartStart par tous les sujets. La majorité d'entre eux ont toléré la première Map : SwitchON. Cependant, une remarque importante concernant l'incrémentation des Maps a été soulevée. En effet, certains sujets adultes avaient des difficultés à passer à la Map supérieure, malgré un temps d'adaptation relativement long (2 à 3 semaines). En revanche ce problème ne s'est pas présenté chez les sujets enfants. En général, l'adaptation d'un adulte est plus difficile que celle d'un enfant, il est possible que cette différence observée entre enfants et adultes sur l'évolution des Maps soit liée à ces différences de plasticité. La création de Maps SmartStart intermédiaires pour les adultes pourrait faciliter l'adaptation des adultes.

La discussion des résultats audiométriques portera essentiellement sur les courbes des audiométries tonales des enfants à 2 mois. La moyenne des courbes est située entre 35 et 50dB HL suivant les fréquences. Les premiers réglages de l'implant cochléaire doivent permettre au sujet de recevoir un minimum d'information sonore pour une habitude transitoire sans toutefois créer une intolérance. Ici nous savons que les processeurs sont portés tout au long de la journée et que les sujets sont capables de distinguer des sons dont l'intensité avoisine celle de la parole faible. En conclusion, nous pouvons affirmer que les réglages SmartStart donnent une entière satisfaction quant aux résultats audiométriques à 2 mois. Nous avons remarqué que l'audiométrie baissait à 250Hz. Cela est dû au fait que les Maps préétablies ont été réalisées dans le but d'être rapidement acceptables et de saisir au mieux les fréquences conversationnelles. C'est pour cela que 3 électrodes basales sont désactivées et que les électrodes apicales (codant les basses fréquences) montrent une charge limitée. Cela se répercute directement sur l'audiogramme. Ces particularités sont connues et sont prises en compte dans la suite des réglages.

## CONCLUSION

---

Dans ce mémoire, nous avons tenté d'introduire des méthodes alternatives au réglage de l'implant cochléaire MXM-Neurelec.

Les premiers résultats nous ont permis d'affirmer que les PEAPe-op, chez l'adulte comme chez l'enfant, ne montrent aucune corrélation avec les seuils électriques T et C. Le seuil PEAPe mesuré en post-opératoire montre de très bonnes corrélations, cette mesure objective ne peut donc rendre compte d'un réglage qu'à un instant donné.

Les seuils PEAPe-op indiquent un niveau audible par le patient qui est compris entre les seuils T et C. Le réglage par la méthode SmartStart, une autre approche de réglage, s'est montré concluant, de part son acceptation de 100% par les patients ; et de part les résultats audiométriques qu'il engendre.

En conclusion, ces deux outils se sont trouvés très utiles au réglage de l'implant cochléaire chez l'adulte et l'enfant. Nous avons montré qu'il était possible d'effectuer la mesure PEAPe-op sans impacter sur le temps de chirurgie. La mesure de PEAPe reste fastidieuse mais procure des informations importantes pour le régleur.

D'autres méthodes alternatives existent. Il s'agit du réglage par stimulation acoustique et la mesure ECAP. Cette dernière peut être une alternative simplifiée et rapide à la mesure PEAPe-op et PEAPe.

## REFERENCES

---

1. Brown, Paul J. Abbas, Holly Fryauf-Bertschy, Danielle Kelsay, and Bruce J. Gantz. (1994) Intraoperative and Postoperative Electrically Evoked Auditory Brain Stem Responses in Nucleus Cochlear Implant Users: Implications for the Fitting Process. *Ear & Hearing* 1994;15:168-176
2. Brown, C. J., Hughes, M. L., Lopez, S. M., & Abbas, P. J. (1999). Relationship between EABR thresholds and levels used to program the CLARION speech processor. *The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology Supplement*, 177, 50–7.
3. Gordon, Blake C. Papsin, and Robert V. Harrison 2004 , Toward a Battery of Behavioral and Objective Measures to Achieve Optimal Cochlear Implant Stimulation Levels in Children (*Ear & Hearing* ; 447-463)
4. Hodges, A. V., Ruth, R. A., Lambert, P. R., & Balkany, T. J. (1994). Electric auditory brain-stem responses in Nucleus multichannel cochlear implant users. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 120, 1093–9.



5. Kileny, P. R. (1991). Use of electrophysiologic measures in the management of children with cochlear implants: brain stem, middle latency, and cognitive (P300) responses. *American Journal of Otology*, 12 Suppl, 37-42.
6. Mason, S. M., Sheppard, S., Garnham, C. W., Lutman, M. E., O'Donoghue, G. M., & Gibbin, K. P. (1993). Improving the relationship of intraoperative EABR thresholds to T-level in young children receiving the Nucleus cochlear implant. Paper presented at Third International Cochlear Implant Conference, Innsbruck, Austria
7. Mason, S. (1997). Keynote lecture: objective measures. *American Journal of Otology*, 18(6 Suppl), S84-7.
8. Morita T, Naito Y, Hirai T, Yamagushi S, Ito J. (2003) The relationship between the intraoperative ECAP threshold and postoperative behavioral levels: the difference between postlingually deafened adults and prelingually deafened pediatric cochlear implant users. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 260; 67-72.
9. Shallop, J. K., Beiter, A. L., Goin, D. W., & Mischke, R. E. (1990). Electrically evoked auditory brain stem responses (EABR) and middle latency responses (EMLR) obtained from patients with the nucleus multichannel cochlear implant. *Ear and Hearing* 11, 5-15.
10. Shallop, J. K., VanDyke, L., Goin, D. W., & Mischke, R. E. (1991). Prediction of behavioral threshold and comfort values for Nucleus 22-channel implant patients from electrical auditorybrain stem response test results. *Annals*
11. Shallop, J. K. (1997). Objective measurements and the audiological management of cochlear implant patients. *Advances in Oto-rhino-laryngology*, 53, 85-111.
12. Truy, E., Gallego, S., Chanal, J. M., Collet, L., & Morgon, A. (1998). Correlation between electrical auditory brainstem response and perceptual thresholds in Digisonic cochlear implant users. *Laryngoscope*, 108, 554-9.
13. Vaerenberg, Paul J Govaerts, Geert De Ceulaer, Kristin Daemers & Karen Schauwers; (2011) Experiences of the use of FOX, an intelligent agent, for programming cochlear implant sound processors in new users