

## Place des implants cochléaires dans l'appareillage des surdités prélinguales. Données récentes

PAUL AVAN \*

D'expérimentale qu'elle était encore il y a quelques années, au point d'être encore considérée avec suspicion au sein des professionnels non-médecins du domaine de la surdité, peut-être au vu d'indications un peu limites donc discutables, l'implantation cochléaire a trouvé sa place dans l'arsenal des méthodes à proposer en cas d'insuccès probable ou patent de l'appareillage classique. Dans les cinq dernières années écoulées, de nombreuses publications attestent de son efficacité et soulignent la qualité des performances atteintes à long terme. Pour les surdités acquises les résultats sont souvent encore plus spectaculaires.

**T**outefois, ces résultats très positifs pourraient avoir quelques effets pervers : le premier est de donner l'illusion aux parents, aux familles et aux équipes éducatives que l'implantation "guérit" la surdité et transforme immédiatement et à tous points de vue le sujet sourd en entendant.

Cette vision idyllique est perverse d'abord parce qu'elle est fautive, bien sûr, et ensuite parce qu'elle occulte la quantité d'efforts indispensables à l'obtention à long terme d'un bon résultat. Si elle s'instille dans l'esprit des pouvoirs

publics, elle ne peut qu'aboutir à la diminution des efforts heureusement engagés depuis plusieurs années, et qui ont évité de justesse à la France de se retrouver derrière des pays naguère moins innovants que nous. Enfin, elle alimente stérilement le débat sur la "volonté" d'annihiler la culture sourde en soustrayant irréversiblement les sujets implantés à leur communauté naturelle.

Le deuxième effet éventuellement pervers, mais plus théorique, est de susciter à terme des extensions d'indications insuffisamment justifiées. Cet effet est plutôt théorique car nous verrons dans la suite de cet article que les extensions actuellement envisagées semblent bien dans le sens de résultats authentiquement meilleurs.

### Niveau typique atteint par un enfant implanté

Une série de travaux de Boothroyd à la City University of New-York, dans les années 1997<sup>1</sup>, permettait de donner une image assez utile des performances d'un enfant implanté cochléaire : il s'agissait là de performances de nature phonétique pure sans lecture labiale, en fonction de la perte auditive moyenne dans la zone conversationnelle pour les sujets appareillés conventionnellement, et l'on constatait que les implantés avaient des performances comparables à des sourds sévères (70-89 dB de perte moyenne) tandis que les sourds profonds non implan-

tés étaient nettement moins bons que les implantés sur ce type de test.

On sait que les performances des sourds sévères peuvent être excellentes et, sur de nombreux points, à l'égal des entendants, mais que cela n'est pas obtenu en quelques mois... On sait aussi qu'une aide auditive, quel que soit son principe, voit chuter ses performances en présence de bruit, et les performances du sujet appareillé chutent en parallèle, inévitablement.

### Qu'est-ce qui limite les performances d'un implant cochléaire ?

Certains travaux tout récents se penchent sur quelques raisons techniques fort intéressantes pour lesquelles les implants cochléaires sont imparfaits et ne peuvent (en l'état actuel de leur technologie) assurer de performances satisfaisantes en conditions adverses.

#### a) *Le mode de recrutement synchrone des fibres nerveuses*

L'un des problèmes inhérents au principe même du codage par implant multi-électrodes est le non-respect de la synchronisation fine des décharges neuronales.

Normalement, les neurones du nerf auditif et des voies plus haut situées donnent, en moyenne, des potentiels d'action cadencés exactement au rythme des vibrations acoustiques qui leur ont

donné naissance. De la sorte, les cadences dans les différentes voies nerveuses, chacune de ces voies étant dédiée à une fréquence, reproduisent à la manière de sonagrammes tous les détails acoustiques qui caractérisent les sons, phonèmes et autres.

Des processus de renforcement de contrastes permettent même de renforcer certains détails. Le cadencement ne peut exister qu'à des fréquences ne dépassant pas trop 1 kHz, mais il a un grand intérêt pour l'intelligibilité des messages acoustiques : on sait en effet qu'en présence de bruit, les indices qu'il fournit sont très robustes.

Or l'implant, même multi-électrodes, ne peut faire autrement que stimuler des groupes de neurones, chaque électrode à son tour allant faire répondre simultanément des centaines de fibres. Il en résulte que seule la structure de type enveloppe des messages est respectée. Il a d'ailleurs été montré que cela était largement suffisant en conditions acoustiques correctes (Shannon, 1985). Hélas, dans des situations acoustiques adverses, on a de nombreuses raisons de penser que la dégradation du message par l'implant devient réellement problématique. Comment faire mieux ?

Des travaux publiés en octobre dernier par l'équipe de Bertrand Delgutte à Boston reprennent cette question, montrant tout d'abord que chez le chat anesthésié, rendu sourd total puis implanté par un implant de technologie classique, le profil d'activation des neurones du nerf auditif en fonction des vibrations acoustiques est très anormal, et ce pour 4 raisons :

- A bas niveaux tout d'abord, les réponses à la 1<sup>ère</sup> période d'oscillation acoustique sont toujours absentes, ne se manifestant qu'à partir de la 2<sup>ème</sup> période, au contraire de ce qui se passe en stimulation acoustique naturelle.

- A moyens niveaux, passée la 2<sup>ème</sup> période, les neurones auditifs sont tous bloqués, réfractaires, alors que naturellement, certains au moins continueraient à décharger périodiquement pen-

dant plusieurs périodes.

- A hauts niveaux, on retrouve enfin la réponse neuronale dès la 1<sup>ère</sup> période mais ensuite tous les neurones sont bloqués.

- Enfin à tous les niveaux, beaucoup trop de neurones répondent... L'implant stimule donc excessivement le nerf auditif, trop fort, trop brutalement, et ce au détriment du côté naturel et progressif apporté par les stimulations naturelles. Ceci explique de nombreux côtés désagréables ou peu "musicaux" des sensations produites par un implant cochléaire mais fait aussi redouter de possibles pertes d'informations, notamment si du bruit vient se superposer aux signaux pertinents. La solution proposée par Delgutte et coll. est de désynchroniser les neurones excessivement synchronisés par l'implant, c'est-à-dire, de leur rendre leur indépendance les uns par rapport aux autres et ce faisant, augmenter leur capacité globale à réagir.

L'idée générale est de pur bon sens : 1 000 individus pensant et agissant séparément forment une société plus intelligente, plus adaptable et plus réactive, quoique peut être moins disciplinée, que 1 000 individus embrigadés par un dictateur, et c'est pour avoir oublié ce principe de base que les dictatures s'écroulent souvent plus tôt que prévu.

Delgutte parvient, chez le chat, à rendre leur autonomie aux neurones auditifs, et du coup à leur permettre de restituer la structure fine naturelle des messages, en ajoutant à la stimulation électrique des trains d'impulsions à haute fréquence. Ceci suppose la mise au point d'implants capables de stimuler à plus haute cadence que les modèles actuels, et l'on n'est pas étonné de voir, parmi les co-auteurs des articles de Delgutte, L.Litvak de chez Advanced Bionics (Clarion), puisque cette piste est leur cheval de bataille depuis 2-3 ans<sup>2</sup>. Il reste à affiner la technique, les algorithmes et à vérifier de nombreux paramètres quant à la tolérance avant d'espérer voir des retombées concrètes chez l'homme, mais l'intérêt fondamental de telles études est évident.

*b) Hauteur des sons complexes, analyse de scènes auditives et implant cochléaire...*

Le challenge posé au système auditif par des conditions acoustiques de mauvaise qualité (bruit, sources en compétition, etc.) est résolu, lorsque le système auditif est normal, d'une manière extraordinairement performante et encore imparfaitement comprise : à titre de comparaison, les systèmes de reconnaissance automatique de parole, malgré les sommes considérables investies, restent incapables de conserver des performances correctes dès que la parole est mélangée à du bruit.

On sait tout de même que le système auditif extrait de nombreux indices et, notamment, exploite les redondances entre ces différents indices : il est bien rare qu'un bruit, aussi nuisible soit-il, fasse disparaître au même moment tous les détails qui signent la présence du signal recherché et son identité.

Les principes utilisés font l'objet de ce qu'on appelle l'analyse des scènes auditives (les livres et CD-roms du Canadien Albert Bregman - consulter sa "Homepage"<sup>3</sup> - sont particulièrement recommandables à ce sujet). Parmi les indices utilisés par notre cerveau pour reconnaître, par exemple, un flux de parole noyé dans des bruits divers, la notion de simultanéité et la notion d'harmonicité sont particulièrement importantes.

La 1<sup>ère</sup> est très simple, et assez bien respectée par les implants cochléaires : lorsqu'on prononce par exemple un phonème (/a/) les fréquences qui constituent ce phonème commencent et finissent toutes en même temps. Donc s'il se rajoute une fréquence parasite, dès lors qu'elle commence trop tôt ou trop tard, elle est immédiatement et automatiquement classée à part, le /a/ est donc interprété comme un a superposé à un parasite. Evidemment, si le parasite commence et finit juste en même temps que le /a/, il sera fusionné (à tort) avec le /a/ et transformera totalement son identité (mais la probabilité que cela arrive est infime).

L'harmonie est un peu plus délicate à comprendre : lorsqu'on prononce un /a/, les fréquences qui le constituent sont toutes multiples entières d'une fréquence qui est la fondamentale de notre voix, F0.

Un son de parole contiendra donc par exemple {F0, 3 F0, 11 F0} mélangés, ou encore (selon son identité), {F0, 5 F0, 17 F0, 21 F0}. En fait, F0 n'a même pas besoin d'être présente dans la combinaison, elle ne joue en elle-même aucun rôle dans l'identité du son : c'est le phénomène de la fondamentale manquante que l'on constate tous les jours au téléphone. Le téléphone élimine en effet les composantes F0 des voix, et pourtant ne modifie ni le sens des mots transmis (heureusement !), ni même la voix propre à chaque locuteur et qui permet de le reconnaître : tout au plus le timbre de voix paraît un peu métallique.

Si, dans une combinaison d'harmoniques multiples entières de F0, se glisse un bruit parasite à 4,37 F0, par exemple, 4,37 n'étant pas entier trahit tout de suite que le son parasite est différent du signal auquel il est accidentellement superposé, et il est alors traité séparément (le système nerveux central est très efficace à repérer les combinaisons non harmoniques, sans jamais l'avoir appris... c'est un peu la magie des nombres entiers qui leur donne une base véritablement biologique).

Pour nous résumer, on identifie un son complexe en tant que tel au milieu du bruit en partie parce qu'on repère aisément sa hauteur et son contenu harmonique, et le bruit ne perturbe que très peu ce repérage.

Qu'en est-il avec un implant cochléaire ? Et d'abord, comment repère-t-on la hauteur d'un son complexe ? Si cet indice est destiné à servir quand il y a du bruit, il vaudrait mieux que l'implant le respecte.

En fait il y a deux possibilités pour repérer la hauteur d'un son : soit ce sont les cadences temporelles fines qui contiennent l'identité des harmoniques composant le son, et une fois identifiées, on en déduit F0 (la hauteur) et en prime l'identité du son, de par sa combinaison

unique d'harmoniques comme nous l'avons expliqué plus haut. Soit le codage est positionnel : c'est alors la position des réponses aux différentes harmoniques dans la cochlée qui prime, et la "lecture" des positions associées à chaque harmonique, comme une espèce de code-barre, donnera F0 (la hauteur) et en prime l'identité du son, etc. comme plus haut.

Dans un système auditif ce débat n'a que peu d'importance car les deux systèmes, temporel et positionnel, coïncident parfaitement... Que l'un ou l'autre (ou les deux) fonctionne ne change jamais rien au résultat. En revanche, chez un sujet implanté, il se peut que les deux systèmes soient en contradiction : l'implant respecte le domaine temporel (au moins les enveloppes, nous l'avons vu plus haut à propos de Delgutte), mais selon l'endroit où les électrodes sont positionnées (comme on peut, en général...), le codage positionnel peut être plus ou moins décalé.

Voilà donc le problème qu'a examiné Andrew Oxenham<sup>4</sup>.

L'astuce d'Oxenham a été de simuler le résultat d'une implantation chez des sujets normaux, plus faciles à tester en psychophysique. Il a synthétisé un son complexe à base de fondamental et harmoniques (par exemple, 125, 250 et 375 Hz mélangés, tous multiples de 125 Hz donc), puis il a fait subir à ce son une transposition (chère à Jean-Claude Lafon) en imposant la même modulation à 125 Hz sur une porteuse à 4000 Hz : le nouveau son a exactement la même structure temporelle et si c'est elle qui joue pour la hauteur, la même hauteur, mais il attaque la cochlée à un endroit codant pour 4000 Hz, et si l'analyse de hauteur est basée sur la position, elle est alors fautive... Et c'est en effet ce que les sujets trouvent : le son transposé a perdu sa hauteur !

C'est ennuyeux pour un implant cochléaire car il y a des chances que la structure temporelle qu'il envoie (et grâce à Delgutte, peut-être, une structure de plus en plus fine), arrive à un mauvais endroit de la cochlée (ou plutôt, au niveau d'un mauvais contingent de neurones). Au moins en ce qui concerne la hauteur, le résultat va être faux : tant pis

pour la hauteur en situation calme, cela ne va pas perturber l'intelligibilité. En revanche si la hauteur pouvait être utilisée comme indice de débruitage, avec un implant cochléaire ce ne sera plus possible et c'est dommage... "Challenging, isn't it ?" C'est la conclusion d'Oxenham.

## L'implant cochléaire, quelles autres marges de progression ?

Les limites mentionnées plus haut n'excluent pas, même en l'état actuel technologique, des extensions. Les équipes d'implantation commencent à expérimenter des implants cochléaires bilatéraux, et des implants mixtes acoustico-électriques qui respectent l'intégrité de la cochlée apicale, celle qui code pour les basses fréquences, quand celles-ci présentent des restes utiles ; Les premiers résultats sont encourageants en termes de meilleure localisation et de meilleure intelligibilité.

Toutefois, il faudra encore du temps pour avoir une idée des performances à espérer. "Further studies will be required..." conclut Rich Tyler<sup>5</sup>.

L'auteur de cette rubrique précise qu'il ne garantit en aucun cas l'exhaustivité de celle-ci, 95 articles sur l'implant cochléaire ayant été référencés sur la base de données Medline entre début 2004 et la date de rédaction, juin 2004... Le sujet est actif, à n'en pas douter ! ♦

\* Laboratoire de biophysique sensorielle, Faculté de Médecine, Clermont-Ferrand

1. (Scand Audiol Suppl. 1997; 46:17-25)

2. Litvak LM, Smith ZM, Delgutte B, Eddington D, Journal of the Acoustical Society of America 2003 Oct; 114; 2066-2078 puis 2079-2098 puis enfin 2099-2111

3. <http://www.psych.mcgill.ca/labs/auditory/Home.html>

4. Proceedings of the National Academy of Sciences U S A. 2004 Feb 3;101; 1421-1425, article complété par un éditorial de Shihab Shamma, pages 1114-1115 du même numéro

5. Current Opinions in Otolaryngology Head Neck Surgery. 2003 Oct; 11; 388-393

## Bibliographie

Deux publications récentes proposent une information générale et un état des lieux de l'implantation pédiatrique, l'une à l'intention des professionnels de la surdité, l'autre des parents.

### *Implantations cochléaires*

*Rééducation Orthophonique* consacre un numéro spécial qui fait suite aux dernières journées organisées par AIRDAME..

La France reste prudente en matière d'implantations très précoces (E. Radafy, A. Colleau).

La Belgique néerlandophone (P. Govaerts) a moins d'états d'âme. La Flandre (6 millions d'habitants et 60 000 nouveau-nés par an), a mis en place en 1999 le dépistage systématique et un suivi qui semble non moins systématique. Le diagnostic doit être établi à l'âge de 3 mois. Avant l'âge de 6 mois, l'appareillage doit être opérationnel. Mais certains enfants sont implantés dès cet âge. D'après une étude de l'auteur sur 48 enfants, la quasi totalité (90%) des enfants implantés peuvent être intégrés à l'école ordinaire. Si l'implant est posé après 2 ans, les auteurs estiment que ce pourcentage diminue de 20% par année de délai. \*

L'implantation bilatérale a démarré en 1999 et semble surtout freinée par des questions de coût, le 2<sup>ème</sup> implant étant à la charge des patients.

Pour A. Juarez Sanchez (Madrid, Centre Entender y Hablar), l'implant restaure chez la plupart des enfants sourds une capacité d'audition fonctionnelle. Faut-il en conclure que la stimulation naturelle va suffire? Non. Comme dans les surdités moyennes, cette audition fonctionnelle ne doit pas masquer les manques: "*comme ils parlaient bien, on en oubliait qu'ils entendaient mal*". "*L'implant cochléaire ne devrait pas changer notre démarche dans les programmes d'éducation précoce: nous allons sans doute obtenir de bien meilleurs résultats*".

Deux articles s'intéressent aux enfants avec difficultés associées.

N. Loundon (Hôpital d'Enfants A. Trousseau) évalue à 15% le nombre de cas où des troubles de l'évolution neurolinguistique sont présents. L'implant permettra de les révéler précocement, il n'en est bien sûr pas la cause. Marc Monfort (Madrid) évalue le pourcentage de handicaps associés à la surdité à 40% et plaide pour que ces enfants aient un accès prioritaire à l'implant. Ils ont encore plus besoin de développer une audition fonctionnelle. Les résultats devront être interprétés en déterminant "*pour chaque enfant le gain qu'a supposé cette nouvelle capacité auditive sur l'ensemble du développement*". Pour l'auteur les gains de IC sont proportionnellement plus importants que chez l'enfant sans troubles associés.

Une série d'évaluation des résultats émanant des équipes de Montpellier, Toulouse, Paris cherchent à mettre en évidence les facteurs expliquant les variabilités inter-individuelles. A Toulouse, on note l'importance d'un soutien en LPC.

*Rééducation Orthophonique - Mars 2004 - N° 217 - 26 €.*

### *Démystification de l'implant cochléaire*

L'association belge des parents d'enfants déficients auditifs francophones avait organisé en novembre 2003 deux journées sur un thème qui est "*encore souvent plus passionnel que rationnel*". (...) Certains "*se référant non à l'intérêt de l'enfant concerné mais à des considérations sociologiques ou culturelles*" (le président de l'APEDAF).

Si l'APEDAF a fait appel à des spécialistes de l'implantation et de la rééducation post-implant belges: N. Deggouj, T. Renglet, S. Demanez, et français: Michel Mondain (Montpellier), N. Cochard (Toulouse), M. Th. Le Normand (Inserm Paris), elle a donné aussi la parole aux usagers. Des parents, des jeunes et des adultes

sourds implantés ou non, posent les questions que l'on n'ose pas toujours poser. Les spécialistes jouent le jeu et oublient les statistiques: "*L'implantation bilatérale... je ne proposerais pas mes enfants*" (Pr M. Mondain).

La tonalité d'ensemble est apaisée. Certes la plupart des sourds adultes restent hostiles à l'implant. Certes une mère d'enfant sourd, psychanalyste, secoue l'assemblée par un exposé qu'elle souhaitait intituler: "*De quelle solution finale rêvons-nous? ! De quoi rêvons-nous? De tout maîtriser. La langue en premier, puisqu'elle organise le monde. Nous rêvons d'abolir l'impossible. Et quand quelque chose devient techniquement possible, nous passons à l'acte dans l'obscurité psychique, portés par ce fantasme...()*".

*Les enfants porteurs d'implant, il faudra les aider à sortir d'une confusion probable. Celle qui est déjà élevée à la dignité d'un concept: ils sont sourds mais ils entendent, ils entendent mais ils sont sourds.*"

Mais le constat s'impose à tous: l'implant est là, de plus en plus. Alors un groupe de réflexion conclut: "*Chacun a une responsabilité face aux familles en recherche et doit se poser la question: Que puis-je moi leur apporter de constructif?*"

En conclusion dira un past-président de l'APEDAF: "*L'implant cochléaire, c'est pas l'enfer, c'est pas le paradis.*"

*Actes du colloque des 22 et 23 novembre 2003.*

*Version papier: 12 €.*

*Frais de port pour la France: 1,65 €*

*CD Rom - 9 €*

*APEDAF*

*Site: [www.apedaf.be](http://www.apedaf.be)*

*Tel. 02 644 66 77 - Fax. 02 640 20 44*

*\* L'auteur ne précise pas comment est organisée cette intégration et comment est évaluée la capacité de l'enfant à être ou pas intégré.*