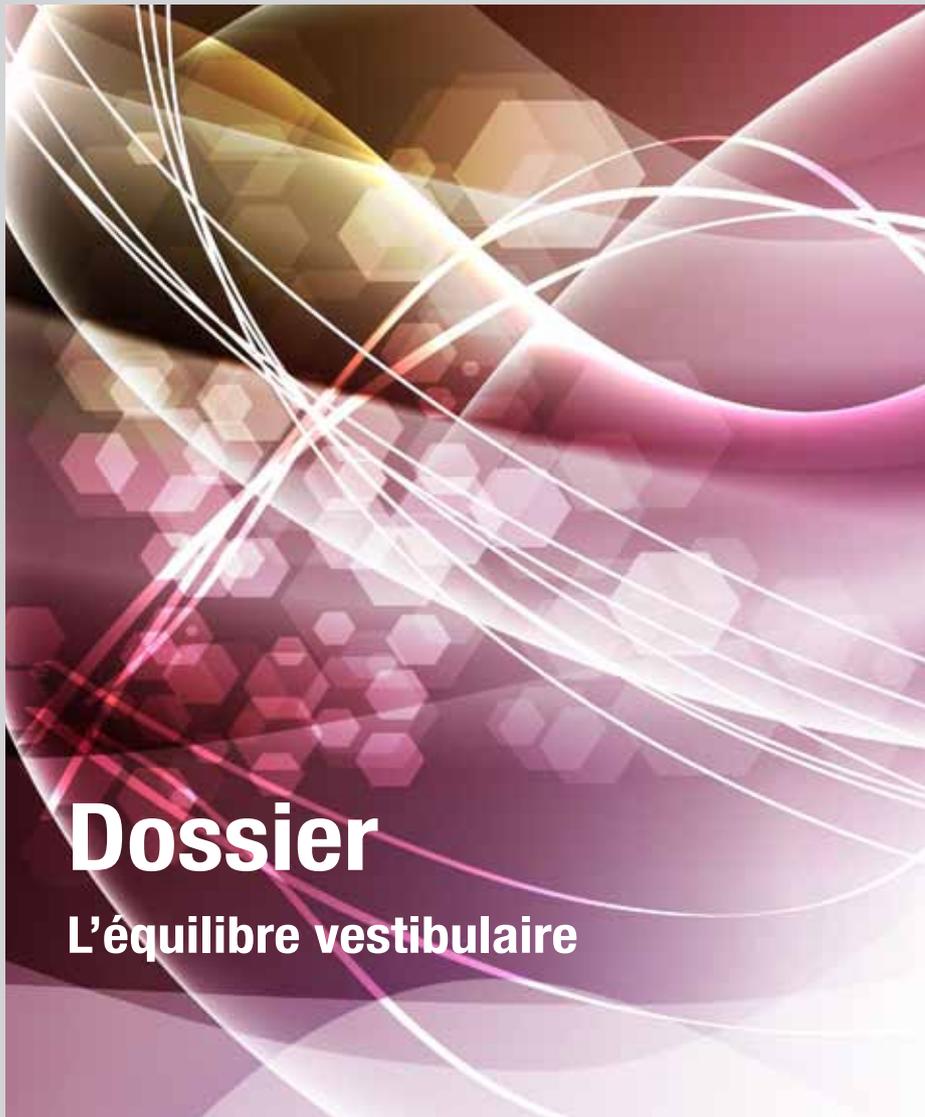


# Les Cahiers de l'Audition

LA REVUE  
DU COLLEGE  
NATIONAL  
D'AUDIOPROTHESE

Volume 29 - Mars/Avril 2016 - Numéro 2



## Dossier

### L'équilibre vestibulaire

ISSN 09803483



#### Actualités

Formations, congrès...



#### Veille Technique

Les innovations des industriels



#### Veille acouphènes

**L'hyperacousie (5<sup>ème</sup> partie)**  
**Faire face à l'hyperacousie**  
**dans un couple ou le « coping » dyadique**  
Philippe LURQUIN, H. VIOLLETTE



#### Cas cliniques

**Appareillage bimodal**  
Frédéric REMBAUD

#### Métier et Technique

**La bimodalité**  
Frédéric REMBAUD, Pr M. Marx

# Rassemblons nos valeurs pour donner le meilleur de la correction auditive



Dans le contexte actuel de sous équipement des personnes malentendantes, le travail à l'unisson est déterminant : les **130 laboratoires du réseau national Dyapason** préparent l'avenir de notre métier et se fédèrent autour de **valeurs humaines et éthiques fortes**.

## ➤ Une haute qualité de soins

Appartenir au réseau Dyapason c'est adhérer à un niveau de qualité de soins élevé, certifié par un label : tout en conservant sa propre enseigne, l'audioprothésiste partenaire bénéficie de la marque Dyapason en s'engageant formellement au respect des 119 points de la **Charte de soins Dyapason** définie par la commission d'éthique et de surveillance du réseau. Tout membre Dyapason souscrit à ce cahier des charges en signant un contrat de licence de marque. Il valide aussi le principe d'un contrôle permanent de sa pratique : l'exigence du réseau garantit **la qualité et l'homogénéité des soins** des laboratoires Dyapason auprès du corps médical et du grand public.

## ➤ Un accompagnement personnalisé

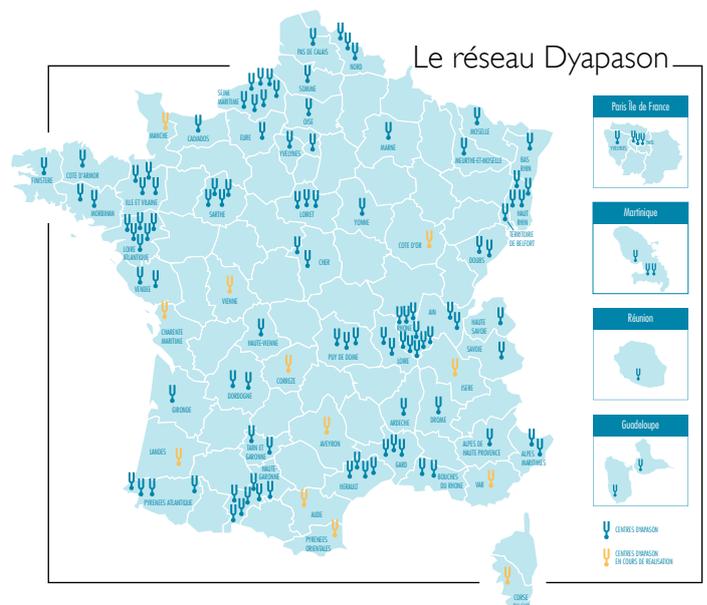
L'enseigne Dyapason crée les conditions d'un **suivi hors pair des patients**. Bilan d'investigation prothétique, choix de l'appareillage, procédure de sélection, attention portée aux essais et à la relation humaine instaurée : à toutes les étapes de l'accompagnement du patient vers une meilleure audition, l'audioprothésiste du réseau se met au diapason des besoins particuliers de la personne. Une mesure régulière de la satisfaction des patients est établie. La dernière enquête apporte un éclairage significatif à cet engagement de l'enseigne : **98.7% des patients se déclarent satisfaits** ou très satisfaits du service fourni par les centres Dyapason.

## ➤ Une valorisation des ressources

En se positionnant comme un acteur de la filière capable de concilier technicité et qualité d'écoute, le réseau national de soins Dyapason favorise une **dynamique des compétences**. Séminaires, réunions thématiques et échanges techniques interactifs sont autant d'occasion de faire progresser le métier d'audioprothésiste. Les temps de formation, régulièrement proposés aux membres du réseau, favorisent à leur tour le suivi d'une technologie en évolution constante. Tout audioprothésiste Dyapason peut en outre soumettre les dossiers les plus délicats à la **commission technique nationale** et avoir accès en ligne aux **bases audiologiques** de cet espace scientifique. Le réseau Dyapason organise également des symposiums avec les médecins ORL et travaille à leur apporter une information technique et médicale de référence.

## ➤ Une solidarité continue

La confiance, valeur constitutive du réseau Dyapason, permet à tout audioprothésiste d'**être recommandé par un confrère**. Le lien créé sur la base de cette solidarité mutuelle, sans nuire à l'autonomie et à l'indépendance de chacun, permet de constituer **une entité forte** dans le champ de l'audition en France. Un lien encore renforcé, non seulement par l'efficacité de la **centrale d'achat Dyapason** qui permet un accès aux meilleurs produits au meilleur prix, mais aussi par **la visibilité à long terme** apportée par les études de marché réalisées par le réseau. En valorisant le rôle de l'audioprothésiste auprès des patients, Dyapason encourage le recours aux aides auditives. En optimisant l'achat des équipements et la technicité des laboratoires partenaires, le réseau Dyapason leur assure **crédibilité et professionnalisme**.



*L'audition pour passion*

**Vous vous reconnaissez  
dans les valeurs du réseau  
Dyapason ?  
Rejoignez-nous !**



Contact : **Philippe DELBORT** - 06 98 20 64 46 - philippe.delbort@gmail.com - dyapason@wanadoo.fr  
[www.dyapason.fr](http://www.dyapason.fr)



## 3 Editorial

Paul AVAN



## 4 Le mot du Président du Collège

Stéphane LAURENT



## 5 Dossier

### 6 Introduction : Tout bouge dans le monde des vertiges

Charlotte HAUTEFORT, Michel TOUPET, Ulla DUQUESNE,  
Christian VAN NECHEL

### 7 Rappels anatomophysiologiques : Ce qu'il faut savoir

Charlotte HAUTEFORT, Michel TOUPET

### 8 Etat des lieux sur de nouvelles techniques d'investigation vestibulaires

Charlotte HAUTEFORT, Hélène VITAUX, Christian VAN NECHEL

### 12 Les racines des vertiges

Ulla DUQUESNE, Christian VAN NECHEL

### 13 Cortex vestibulaire et conscience de soi

Christophe LOPEZ

### 20 L'aréflexie vestibulaire bilatérale isolée idiopathique

Michel TOUPET, Charlotte HAUTEFORT, Ulla DUQUESNE,  
Christian VAN NECHEL

### 22 Développement d'un implant vestibulaire : de belles promesses... et des questions

Jean-Philippe GUYOT, Angelica PEREZ FORNOS, Nils GUINAND,  
Aymond van de BERG, Robert STOKROOS, Herman KINGMA

### 24 La rééducation vestibulaire pour les nuls

Michel LACOUR, Laurence BERNARD-DEMANZE

### 30 Cas clinique 1 : Un cas de Ménière qui tourne à la catastrophe

Charlotte HAUTEFORT, Julie FRANC

### 32 Cas clinique 2 : Les sons forts donnent des vertiges dans une oreille

Charlotte HAUTEFORT, Hélène VITAUX, Jean Pierre GUICHARD

### 34 Cas clinique 3 : Evolution asymétrique de la presbycusie

Didier BOUCCARA



## 36 Métier et technique

### La bimodalité

Frédéric REMBAUD, Pr M. Marx



## 42 Cas clinique

### Appareillage bimodal

Frédéric REMBAUD



## 46 Veille acouphènes

### L'hyperacousie (5<sup>ème</sup> partie) : Faire face à l'hyperacousie dans un couple ou le « coping » dyadique

Philippe LURQUIN, H. VIOLLETTE



## 54 Veille technique

COCHLEAR FRANCE SAS - OTICON - PHONAK  
SIGNIA - SOLUTIONS AUDITIVES SIEMENS  
STARKEY - WIDEX



## 74 Actualités et Agenda



## 79 Annonces

### Liste des annonceurs

Annuaire français d'audiophonologie  
Cabinet Bailly - Dyapason  
MED EL - Phonak - Siemens  
Starkey

Les Cahiers de l'Audition  
Mars/Avril 2016 - Vol 29 - N°2

# Les Cahiers de l'Audition, la revue du Collège National d'Audioprothèse

## Editeur

Collège National d'Audioprothèse  
Président Stéphane LAURENT  
LCA - 20 rue Thérèse  
75001 Paris  
Tél. 01 42 96 87 77  
step.laurent@wanadoo.fr

## Directeur de la publication et rédacteur

Arnaud COEZ  
LCA - 20 rue Thérèse  
75001 Paris  
Tél. 01 42 96 87 77  
acoez@noos.fr

## Rédacteur en chef

Paul AVAN  
Faculté de Médecine  
Laboratoire de Biophysique  
28, Place Henri DUNANT - BP 38  
63001 Clermont Ferrand Cedex  
Tél. 04 73 17 81 35  
paul.avan@u-clermont1.fr

## Conception et réalisation

MBQ  
Stéphanie BERTET  
21 bis, rue Voltaire  
75011 Paris  
Tél. 01 42 78 68 21  
stephanie.bertet@mbq.fr

## Abonnements, publicités et annonces

Collège National d'Audioprothèse  
Secrétariat  
20 rue Thérèse - 75001 Paris  
Tél. 01 42 96 87 77  
cna.paris@orange.fr

## Dépôt Légal à date de parution

Mars/Avril 2016  
Vol. 29 N°2  
Imprimé par Simon Graphic - Orans

# Le Collège National d'Audioprothèse

Président    Président d'honneur    Président d'honneur    1<sup>er</sup> Vice Président    2<sup>e</sup> Vice Président    Secrétaire Général    Secrétaire général adjoint    Trésorier général    Trésorier général adjoint



Stéphane LAURENT



Xavier RENARD



Eric BIZAGUET  
Délégué Général  
chargé de mission  
auprès des  
services publics



Arnaud COEZ



Matthieu DEL RIO



François LE HER



Frank LEFEVRE



Eric HANS



Jean-Jacques BLANCHET

## Membres du Collège National d'Audioprothèse



Kamel ADJOUT



Patrick ARTHAUD



Jean-Claude AUDRY



Jean BANCONS



Jean-Paul BERAHA



Hervé BISCHOFF



Geneviève BIZAGUET



Daniel CHEVILLARD



Christine DAGAIN



Ronald DE BOCK



Xavier DEBRUILLE



François DEGÔVE



François DEJÉAN



Jean-Baptiste DELANDE



Xavier DELERCE



Charles ELCABACHE



Robert FAGGIANO



STÉPHANE GALLEGRO



Stéphane GARNIER



Thierry GARNIER



Alexandre GAULT



Grégory GERBAUD



Céline GUEMAS



Jehan GUTLEBEN



Bernard HUGON



Jérôme JILLIOT



Yves LASRY



Maryvonne NICOT-MASSIAS



Morgan POTIER



Frédéric REMBAUD



Christian RENARD



Thomas ROY



Benoit ROY



Philippe THIBAUT



Jean-François VESSON



Frédérique VIGNAULT



Alain VINET



Paul-Edouard WATERLOT

## Membres honoraires du Collège National d'Audioprothèse



Jean-Pierre DUPRET



Jean OLD



Georges PEIX



Claude SANGUY

## Membres Correspondants étrangers du Collège National d'Audioprothèse



Roberto CARLE



Léon DODELE



Bruno LUCARELLI



Philippe LURQUIN



Leonardo MAGNELLI



Philippe ESTOPPEY



Carlos MARTINEZ OSORIO



Thierry RENGLLET



Juan Martinez SAN JOSE



Christoph SCHWOB



Elie EL ZIR  
Membre Correspondant  
étranger associé



**Paul AVAN**

Bien que se partageant les labyrinthes osseux et membraneux, et utilisant des cellules sensorielles cousines, dont la transduction nécessite des mécanismes et des molécules communs ou au moins, similaires, les sens de l'audition et de l'équilibre sont souvent étudiés par des spécialistes différents. Même si l'ORL en tant que discipline médicale regroupe l'étude des troubles auditifs et vestibulaires, les spécialistes de l'un des domaines ne sont pas toujours à l'aise dans l'autre. La fréquence des troubles affectant les deux sens notamment ceux liés à l'âge, exige cependant que de temps en temps, les Cahiers de l'Audition se transforment en Cahiers de l'Equilibre. C'est le cas pour ce numéro, pour permettre aux lecteurs de faire le point sur les perspectives actuelles dans le domaine de l'équilibre. Il devrait leur permettre de maintenir leur vigilance vis-à-vis des patients, face à des troubles aussi handicapants et angoissants pour leurs victimes que sous-diagnostiqués. D'autre part, plus que jamais, comme le dit l'article d'introduction, dans le domaine de l'équilibre la médecine d'organe est en train d'être remplacée par la médecine de fonction, et celle-ci est plus exigeante en termes de veille scientifique.

C'est un privilège et un honneur pour les Cahiers d'accueillir dans ses colonnes une équipe d'auteurs aussi connus pour leurs travaux scientifiques et cliniques prestigieux que pour leurs qualités de pédagogues inlassables, et leur pluridisciplinarité : grâce aux éclairages rationnels qu'elles ont apportés, les écoles de Bruxelles, Genève, Marseille et Paris ont toutes contribué très significativement à transformer les approches diagnostiques, thérapeutiques et de rééducation au cours de ces dernières décennies. Le dossier que leurs animateurs ont réalisé nous guide de la science fondamentale à l'ORL en passant par la neurologie, la cognition (y compris lorsqu'elle est perturbée par l'apparition d'illusions étranges et parfois indicibles) l'imagerie et la haute technologie des implants vestibulaires, pour finalement aborder la rééducation, illustrant ainsi la profonde transformation du paysage médical et paramédical pour une intervention plus efficace.

**Paul Avan**



# Le mot du Président du Collège

## Stéphane LAURENT

### Stéphane LAURENT

Audioprothésiste D.E.

Responsable  
Pédagogique Ecole  
J.-E. Bertin Fougères/  
Rennes

Président du  
Collège National  
d'Audioprothèse

## L'oreille par-delà l'audition

Les études récentes tendent à montrer que l'incidence d'une perte auditive ne s'arrête pas à l'audition telle que nous serions tentés de la définir : entendre pour comprendre. Certes le rôle social, le lien avec nos congénères, n'appelle pas d'insistance sur son importance. Mais l'oreille n'est-elle qu'un vecteur social ? Anatomiquement et physiologiquement proches, fonctions auditives et vestibulaires sont finalement bien plus liées qu'il n'y paraît. Ce nouveau numéro des Cahiers de l'audition met donc l'accent sur la fonction vestibulaire, son exploration, non moins complexe que celle de l'audition.

Mais il faut aller plus loin encore. Bruits, sons, échos, environnement, réverbération, sensation d'espace, mouvements d'objets, du corps, localisation, équilibre auditif : et si l'ensemble des sons jouait un rôle dans la conscience du corps au sein de l'espace l'entourant ? Quelques études commencent en effet à montrer l'impact d'une perte auditive sur l'équilibre. Le son des pas sur le sol, les réflexions sur les murs : signal utile ou bruit ? Perception des cloches de l'église, des cris d'enfants dans une cour d'école : bruit ou paysage sonore contribuant à la conscience de vivre dans un certain cadre social ? On voit à nouveau que la frontière bruit/signal est loin d'être aussi linéaire, catégorielle et déterministe que cela. Le contexte apporte souvent un niveau de réponse personnalisé.

Et l'on en vient, une fois encore, à persister dans la prise en charge qualitative de l'audioprothésiste, dans sa

compréhension de l'ensemble des phénomènes propres et entourant la personne appareillée.

Forts de ces connaissances nouvelles, la lecture même de ce qu'est un bruit évoluera comme elle a par ailleurs évolué au cours de l'histoire de l'humanité et de la technique. Et la distinction entre le « bruit » qui nuit à l'intelligibilité et celui porteur d'indice pertinent pour se situer dans l'espace et contribuer à l'équilibre sera de plus en plus subtile. Un son est lié à un phénomène, un événement et l'audioprothésiste aura toujours ce rôle majeur - ce pouvoir ! - de transformer par la conviction et la parole un bruit gênant en signal utile. Cet effort d'explications et de contextualisation d'un son sera bien sûr complémentaire de tous les progrès en traitement de signal. De la même manière la parole ne dédouane certainement pas d'un travail consciencieux d'exploration de l'audition tel qu'il est établi depuis de nombreuses années (évaluation supraliminaires, vocale, méthodologies, etc.).

Nous sommes bien loin d'avoir fait le tour du rôle de l'audition et donc des conséquences du déficit, de sa réhabilitation et de l'évaluation du bénéfice. A l'aune de

nouvelles découvertes de la complexité de l'audition, de sa richesse dans l'existence même des individus, nous observons également un métier qui évolue sans cesse en parallèle, tout en conservant un cap d'amélioration de la qualité de vie par une meilleure audition.

# > Dossier

## L'équilibre vestibulaire

- 6 Introduction : Tout bouge dans le monde des vertiges**  
Charlotte HAUTEFORT, Michel TOUPET, Ulla DUQUESNE,  
Christian VAN NECHEL
- 7 Rappels anatomophysiologiques : Ce qu'il faut savoir**  
Charlotte HAUTEFORT, Michel TOUPET
- 8 Etat des lieux sur de nouvelles techniques d'investigation vestibulaires**  
Charlotte HAUTEFORT, Hélène VITAU, Christian VAN NECHEL
- 12 Les racines des vertiges**  
Ulla DUQUESNE, Christian VAN NECHEL
- 13 Cortex vestibulaire et conscience de soi**  
Christophe LOPEZ
- 20 L'aréflexie vestibulaire bilatérale isolée idiopathique**  
Michel TOUPET, Charlotte HAUTEFORT, Ulla DUQUESNE,  
Christian VAN NECHEL
- 22 Développement d'un implant vestibulaire : de belles promesses... et des questions**  
Jean-Philippe GUYOT, Angelica PEREZ Fornos, Nils GUINAND,  
Aymond van de BERG, Robert STOKROOS, Herman KINGMA
- 25 La rééducation vestibulaire pour les nuls**  
Michel LACOUR, Laurence BERNARD-DEMANZE
- 30 Cas clinique 1 : Un cas de Ménière qui tourne à la catastrophe**  
Charlotte HAUTEFORT, Julie FRANC
- 32 Cas clinique 2 : Les sons forts donnent des vertiges dans une oreille**  
Charlotte HAUTEFORT, Hélène VITAU, Jean Pierre GUICHARD
- 34 Cas clinique 3 : Evolution asymétrique de la presbyacousie**  
Didier BOUCCARA



# Dossier

## Introduction :

# Tout bouge dans le monde des vertiges

**Charlotte HAUTEFORT** <sup>1, 2</sup>

**Michel TOUPET** <sup>1, 2, 3, 4</sup>

**Ulla DUQUESNE** <sup>2, 5</sup>

**Christian VAN NECHEL** <sup>2, 5, 6</sup>

**1. Service ORL, CHU Lariboisière, APHP, Paris, France**

**2. Institut de Recherche Oto-Neurologique (IRON), Paris, France**

**3. Centre d'Explorations Fonctionnelles Otoneurologiques, Paris, France**

**4. Service ORL, CHU Dijon, France**

**5. Clinique des Vertiges, Bruxelles, Belgique**

**6. Unité Troubles de l'Equilibre et Vertiges - CHU Brugmann - Bruxelles**

Encore mal connu et pourtant si précieux, notre système d'équilibration ne devient conscient que lorsqu'il déraile !

Sensible aux accélérations angulaires et linéaires, les capteurs vestibulaires, situés au sein de notre oreille interne, nous informent de la position et du mouvement de notre tête dans l'espace. Le signal vestibulaire périphérique, modulé par le cervelet, est intégré aux informations somesthésiques et visuelles au sein des noyaux vestibulaires. On a longtemps pensé que ce système vestibulaire était limité au traitement sensoriel sous cortical. Des résultats récents dans le domaine des neurosciences nous permettent de mieux comprendre l'implication du cortex vestibulaire dans la connaissance de la position du corps dans l'espace et la conscience du soi. Cette finalité du système vestibulaire trouve son origine loin dans l'évolution. En effet, sur terre, chaque être vivant est soumis à la gravité. Or, le codage de la gravité est une des fonctions essentielles de notre système vestibulaire. Soumis dès la conception à cette gravité, le corps apprend peu à peu à s'orienter et se déplacer dans l'espace qui l'entoure. L'appareil vestibulaire se retrouve ainsi au cœur du processus d'orientation de l'être vivant au sein de son environnement.

C'est pourquoi, la perte vestibulaire, qu'elle soit unilatérale ou bilatérale, est si déstabilisante pour le patient, tant physiquement qu'émotionnellement. Suite à une perte vestibulaire unilatérale, celui-ci arrive à « reprendre pied » et

à retrouver son équilibre grâce à la neuroplasticité cérébrale. Cette compensation vestibulaire peut être favorisée par la rééducation vestibulaire, qui pour être optimale doit être menée de manière active et personnalisée.

D'un autre côté, la perte complète et bilatérale des informations vestibulaires périphériques entraîne un handicap sensoriel sous-estimé et sous diagnostiqué. Dans ces cas, la rééducation vestibulaire ne permet pas au patient de récupérer une équilibration parfaite. Face au désarroi de ces patients, des équipes développent, à l'image de l'implant cochléaire, un implant vestibulaire pour tenter de suppléer la perte des capteurs périphériques.

Les développements récents en imagerie cérébrale et l'accès en clinique à de nouvelles techniques d'investigations, ont profondément amélioré nos connaissances du système vestibulaire. Ils permettent au « vestibulologue » de mieux évaluer les conséquences physiques et les défaillances du système vestibulaire. Malgré un interrogatoire et un examen clinique bien ciblé, il n'est pas toujours aisé de définir l'étiologie précise du trouble de l'équilibration. Au cours des prochaines années, le praticien, à l'écoute attentive de ses patients, devra rester curieux et innovant en privilégiant une médecine de « fonction » plutôt qu'une médecine « d'organe. »

## Rappels anatomophysiologiques : Ce qu'il faut savoir



Afin de maintenir son équilibre, l'homme utilise un système d'équilibration plurimodal qui se compose de 4 systèmes sensoriels :

1. **Le système vestibulaire** périphérique permet d'estimer en permanence les mouvements de la tête par rapport à l'axe gravitaire et au corps. Il fonctionne en binôme, composé des deux labyrinthes postérieurs situés au sein de l'oreille interne droite et gauche. Chaque organe vestibulaire périphérique est composé de 5 capteurs sensoriels regroupés en 2 parties:

- Les capteurs otolithiques appelés macules, sont situés au sein de deux vésicules l'utricule et le saccule. Ils sont positionnés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre : la macule utriculaire dans le plan horizontal et la macule sacculaire dans plan vertical. Ils estiment les accélérations linéaires et les inclinaisons de la tête dans toutes les directions de l'espace par rapport au référentiel gravitaire.

- Les capteurs canaux sont constitués de trois canaux semi-circulaires connectés directement à la vésicule utriculaire : le canal antérieur, latéral et postérieur. Les capteurs sensoriels canaux ou cupules se situent au sein de l'ampoule des canaux semi circulaires situés à l'une de leurs extrémités. Ils codent pour les accélérations angulaires (lors des rotations de la tête) dans les trois plans de l'espace.

- Ces capteurs sensoriels sont innervés par le nerf vestibulaire (VIII) qui se divise en une branche supérieure et une branche inférieure. Le nerf vestibulaire supérieur innerve la cupule des canaux antérieur et latéral ainsi que la macule utriculaire et la partie supérieure de la macule sacculaire. Le nerf vestibulaire inférieur innerve la cupule du canal postérieur ainsi que le pôle inférieur de la macule sacculaire.

2. **Le système visuel** évalue les déplacements linéaires du monde visuel. Il projette cette information directement aux noyaux vestibulaires via la voie optique accessoire.

3. **Le système proprioceptif**, situé dans les muscles de la nuque et toute la musculature, informe des tensions musculaires et du mouvement effectué par notre corps, qu'il soit volontaire ou passif.

4. **Les récepteurs extéroceptifs cutanés, articulaires et viscéraux** participent à cette représentation générale du mouvement et du schéma corporel.

L'ensemble de ces informations sensorielles sont transmises aux noyaux du complexe vestibulaire bulbaire, véritables centres intégrateurs du système vestibulaire périphérique. A ce niveau, l'information neuronale devient multimodale. Partant de ces noyaux vestibulaires, 5 voies effectrices principales sont à connaître:

1. **La voie vestibulo-oculomotrice** assure la stabilisation du regard grâce au réflexe vestibulo-oculaire.

2. **La voie vestibulo-spinale** module le tonus musculaire en fonction de la pesanteur et du mouvement du corps et de la tête grâce au réflexe vestibulo-spinal.

3. **La voie neurovégétative** active des fonctions neurovégétatives lors des changements de position ou des mouvements du corps.

4. **La voie vestibulo-thalamique** et cérébelleuse intègre les informations sensorielles périphériques au sein des aires associatives et corticales.

5. **La voie vestibulo-limbique** associe en direct le centre des émotions aux signaux vestibulaires.

Ainsi, **une lésion du système vestibulaire périphérique pourra se manifester par des symptômes impliquant ces 5 voies :**

- Une dérive des yeux à l'origine de **nystagmus, d'oscillopsies ou de désalignements oculaires verticaux** par atteinte de la voie vestibulo-oculomotrice.

- Une dérive de la posture entraînant une **déviaton posturale ou des chutes** par atteinte de la voie vestibulo-spinale

- Des **nausées, vomissements, sueurs, diarrhées, pâleur** par atteinte de la voie neurovégétative.

- Une dérive de la représentation mentale de l'espace créant **un vertige rotatoire, une illusion de déplacement, une translation ou même des perceptions « insensées » de soi dans l'espace** par atteinte de la voie vestibulo-thalamo-corticale

- Une anxiété par atteinte des voies vestibulo-limbiques.

**Charlotte HAUTEFORT** <sup>1,2</sup>  
**Michel TOUPET** <sup>1,2,3,4</sup>

1. Service ORL, CHU Lariboisière, Paris, France

2. Institut de Recherche Oto-Neurologique (IRON), Paris, France

3. Centre d'Explorations Fonctionnelles Otoneurologiques, Paris, France

4. Service ORL, CHU Dijon, France



# Dossier

## Etat des lieux sur de nouvelles techniques d'investigations vestibulaires

**Charlotte HAUTEFORT** 1, 2  
**Hélène VITAU** 1  
**Christian VAN NECHEL** 2, 3, 4

- 1. Service ORL, CHU Lariboisière, APHP, Paris, France
- 2. Institut de Recherche Oto-Neurologique (IRON), Paris, France
- 3. Clinique des Vertiges, Bruxelles, Belgique
- 4. Unité Troubles de l'Equilibre et Vertiges - CHU Brugmann - Bruxelles

La majorité des explorations vestibulaires actuelles permettent d'explorer l'activité d'un vestibule par rapport à l'autre. Cette particularité vient du fait que les deux vestibules fonctionnent en permanence de manière synergique. Les noyaux vestibulaires sont connectés entre eux par des interneurons qui permettent un dialogue étroit entre les informations vestibulaires droite et gauche. Ainsi, le système vestibulaire fonctionne en dyade: les deux canaux horizontaux ensemble, le canal antérieur gauche avec le canal postérieur droit et le canal antérieur droit avec le canal postérieur gauche. En pratique, l'activation d'un canal sera toujours associée à l'inhibition de son canal coplanaire opposé. Cette dualité anatomique permet d'optimiser l'information vestibulaire par son effet « push-pull ».

Depuis de nombreuses années, le vestibule a été exploré à travers les yeux et le comportement postural. En clinique, la dysfonction d'un ou plusieurs capteurs canaux (ou de leurs connexions) induit une dérive lente unidirectionnelle de la référence inertielle interne. Cette dérive est perçue par le système comme une réelle rotation de la tête et induit un mouvement oculaire compensatoire de direction opposée. Ce mouvement oculaire est la phase lente du nystagmus vestibulaire. Chaque canal étant relié anatomiquement par la voie du réflexe vestibulo oculaire à un couple de muscles oculomoteurs, l'analyse et l'observation du sens et du mouvement du nystagmus permettent à l'examineur de déduire quels sont les capteurs ou les connexions vestibulaires lésées. Afin de mieux observer les mouvements oculaires d'origine vestibulaire, il est nécessaire d'inhiber la fixation oculaire. Le développement des lunettes de vidéoscopie avec caméra infrarouge a permis de remplacer les anciennes lunettes de Frenzel et d'améliorer l'analyse des nystagmus en observant les mouvements oculaires dans l'obscurité.

Les épreuves caloriques calibrées et les épreuves rotatoires au fauteuil sont demeurées longtemps le seul moyen d'explorer la fonction vestibulaire. Elles permettent de comparer la réflectivité des canaux semi circulaires horizontaux, lors d'une stimulation calorique ou lors de stimulations cinétiques. Ces épreuves ne testent malheureusement qu'une partie de l'organe vestibulaire, se résumant à la mesure de la réponse de la voie vestibulo-oculaire des canaux horizontaux à des vitesses lentes, sans explorer les autres capteurs sensoriels (canaux semi circulaires verticaux, utricule, saccule). Plus récemment, d'autres techniques d'investigations ont permis d'affiner l'exploration de cette fonction vestibulaire. Grâce aux tests impulsifs (Vidéo Head Impulse Test) chaque canal peut être testé indépendamment et à des vitesses élevées, plus physiologiques [1. Le Vidéo Head Impulse Test]. Sur le plan otolithique, l'enregistrement des potentiels évoqués myogéniques vestibulaires rend possible l'exploration des voies sacculaires et utriculaires [2. Les potentiels évoqués otolithiques ou potentiels évoqués myogéniques]. Associés

à ces outils d'exploration de la fonction vestibulaire périphérique, d'autres explorations mettent en jeu les fonctions vestibulo corticales ou adaptatives des patients (la verticale visuelle subjective, l'acuité visuelle dynamique [3. L'acuité visuelle dynamique] ou la posturographie). Actuellement, ces tests sont pratiqués principalement par des équipes médicales spécialisées et ont nettement amélioré l'exploration des voies vestibulaires et la prise en charge des troubles de l'équilibration. Malheureusement, la majorité de ces nouvelles techniques d'investigations n'ont pas encore de codification CCAM, ce qui ralentit leur usage en routine clinique.

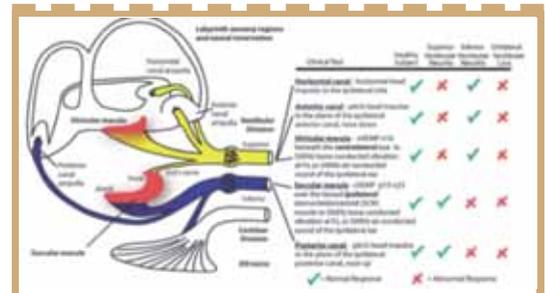


Figure 1 : Figure résumant schématiquement les différentes réponses attendues aux tests d'impulsions rotatoires de la tête et aux potentiels évoqués otolithiques en fonction du déficit du nerf vestibulaire partiel ou complet. Avec la permission et la courtoisie du Pr I. Curthoys\*.

\* Curthoys IS, Vulovic V, Burgess AM, Manzari L, Sokolic L, Pogson J, Robins M, Mezey LE, Goonetilleke S, Cornell ED, MacDougall HG. Neural basis of new clinical vestibular tests: otolithic neural responses to sound and vibration. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2014 May;41(5):371-80.

1

### Le Vidéo Head Impulse Test (Charlotte HAUTEFORT)

Il est basé sur le principe du test impulsif de la tête (Head Impulse Test) décrit pour la première fois par Halmagyi et Curthoys en 1988 <sup>1</sup>. Ce test clinique permet d'évaluer l'efficacité du système vestibulaire à stabiliser le regard lors des rotations brèves de la tête à des vitesses élevées de plus de 80°/sec. Ces impulsions de faible amplitude mais extrêmement rapides sont réalisées de manière imprévisible dans le plan des canaux semi circulaires que l'examineur souhaite tester. Durant le test impulsif, le sujet a pour consigne de maintenir son regard fixe sur une cible, placée à distance de lui (>1,5m). En condition parfaite, la vitesse de rotation des yeux doit être équivalente mais de direction opposée à celle de la tête. Le sujet, dont le réflexe vestibulo oculaire est fonctionnel, maintiendra son œil fixé sur la cible pendant toute la durée du test, indépendamment des impulsions rotatoires. En cas de déficit vestibulaire, les muscles oculomoteurs ne reçoivent plus d'informations efficaces pour stabiliser le regard au



cours des mouvements d'impulsions de la tête réalisés dans le plan du canal lésé. Dans ce cas, l'examineur observera : une dérive de l'œil dans la direction de l'impulsion de la tête, puis une ou plusieurs saccades oculaires correctrices générées par le patient pour revenir fixer la cible perdue de vue au cours du mouvement. Ces saccades oculaires correctrices, visibles par l'examineur, confirment le déficit du canal semi circulaire testé. L'instrumentalisation de ce test, par l'analyse des mouvements oculaires et de la tête enregistrés par une caméra et un accéléromètre ont permis de quantifier ces vitesses. Deux paramètres sont mesurés : le rapport entre la vitesse de l'œil et de la tête et la présence ou non de saccades oculaires. Il devient donc possible de quantifier le gain du réflexe vestibulo-oculaire pour chacun des six canaux semi circulaires à des vitesses de rotation élevées <sup>2,3,4</sup> (figures 1, 2, 3).

## Références

1. Halmagyi GM, Curthoys IS. A clinical sign of canal paresis. *Arch Neurol.* 1988 Jul;45(7):737-9.
2. Ulmer E, Chays A. [Curthoys and Halmagyi Head Impulse test: an analytical device]. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac.* 2005 Apr;122(2):84-90.
3. MacDougall HG, McGarvie LA, Halmagyi GM, Curthoys IS, Weber KP. Application of the video head impulse test to detect vertical semicircular canal dysfunction. *Otol Neurotol.* 2013 Aug;34(6):974-9.
4. Newman-Toker DE, Curthoys IS, Halmagyi GM. Diagnosing Stroke in Acute Vertigo: The HINTS Family of Eye Movement Tests and the Future of the «Eye ECG». *Semin Neurol.* 2015 Oct;35(5):506-21.

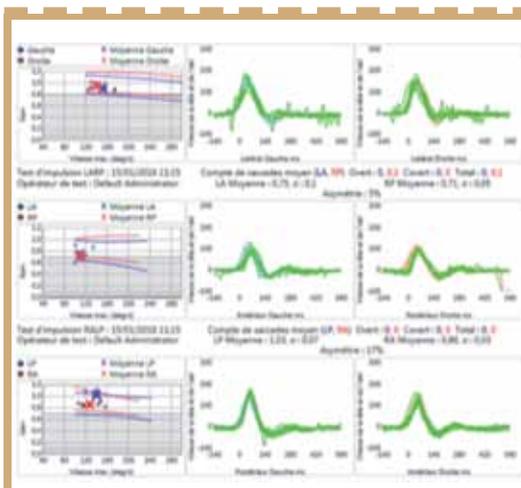


Figure 1 : Résultats normaux lors d'un vidéo Head Impulse Test (Otometrics®). Les vitesses de l'œil (courbes vertes) ont été inversées pour faciliter la lecture des résultats par l'examineur. Pour ce patient, ces vitesses sont équivalentes aux vitesses des mouvements de la tête à gauche (courbes bleues) et à droite (courbes rouges) pour les canaux horizontal (latéral), les canaux antérieur gauche et postérieur droit (LARP) et les canaux antérieur droit et postérieur gauche (RALP).

Le gain du réflexe vestibulo-oculaire étant efficace (proche de 1), le patient a pu garder l'œil fixé sur la cible tout au long du test et aucune saccade oculaire correctrice n'a été enregistrée.



Figure 2 : Résultats anormaux d'un vidéo Head impulse test (Otometrics®) retrouvant un déficit du gain du réflexe vestibulo-oculaire dans le plan des canaux latéral et antérieur gauche. Pour ces canaux, la vitesse de l'œil (courbes en vert) est effondrée par rapport à la vitesse de la tête (courbes en bleu) ; le gain est nettement diminué à 0,29 pour le canal horizontal gauche et 0,45 pour le canal antérieur gauche. On remarque aussi l'enregistrement de deux types de saccades oculaires correctrices : lors du mouvement de la tête (covert saccades) et à distance du mouvement de la tête vers 200ms (overt saccades). Ces résultats sont typiques d'un déficit dans le territoire vestibulaire supérieur gauche.

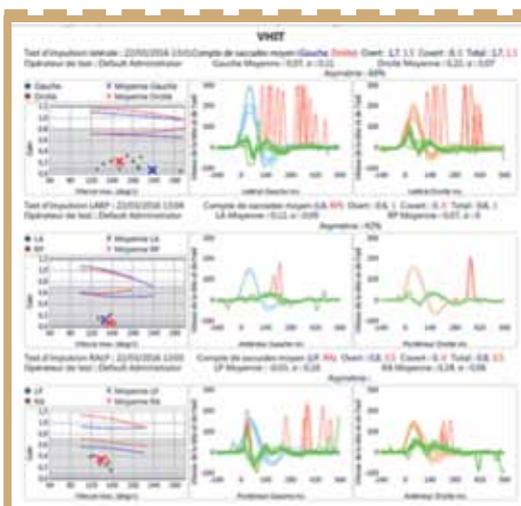


Figure 3 : Déficit canalair complet et bilatéral secondaire à la toxicité d'un traitement par aminosides administré pour le traitement d'une septicémie sévère. Les gains des réflexes vestibulo-oculaires sont effondrés pour l'ensemble des canaux testés. Les saccades correctrices enregistrées sont essentiellement des « overt saccades ».

2

## Les potentiels évoqués otolithiques ou potentiels évoqués myogéniques (Hélène VITAU, Charlotte HAUTEFORT)

Les potentiels évoqués otolithiques (PEO) ou Potentiels évoqués Vestibulaires myogéniques (PEVM), ont été décrits tels que nous les connaissons aujourd'hui en 1992 par Colebatch et Halmagyi. Ils se basent sur la constatation décrite en 1935 par Von Békésy d'une réponse myogénique et notamment cervicale aux sons forts. Par la suite, le rôle du nerf vestibulaire inférieur et plus précisément du saccule, au cours de la genèse de ce réflexe, a pu être démontré.

Lors d'une stimulation sonore de forte intensité (> 90 dB nHL) en conduction aérienne ou osseuse et de basse fréquence (500 Hz), la stimulation sacculaire entraîne la mise en route d'un arc réflexe trisynaptique via la partie inférieure du nerf vestibulaire, le noyau vestibulaire latéral et le tractus vestibulo-colique. Ce réflexe vestibulo-colique inhibiteur de courte latence modifie la contraction musculaire cervicale et notamment du muscle sterno-cléido-mastoïdien. Les réponses dominantes sont ipsilatérales. Lors de la recherche des potentiels évoqués myogéniques sacculaires, le patient est installé demi assis, tête tournée du côté opposé à l'oreille testée pour permettre une bonne contraction musculaire. Des électrodes sont placées au niveau du tiers supérieur du muscle sterno-cléido-mastoïdien, sur le sternum (référence) et sur le front (électrode neutre). Une réponse sous la forme d'une onde biphasique est recueillie sur le muscle ipsilatéral avec un pic initial positif (inhibiteur) à environ 13 ms (p13) et un second pic négatif vers 23 ms (n23) (figures 1, 2).

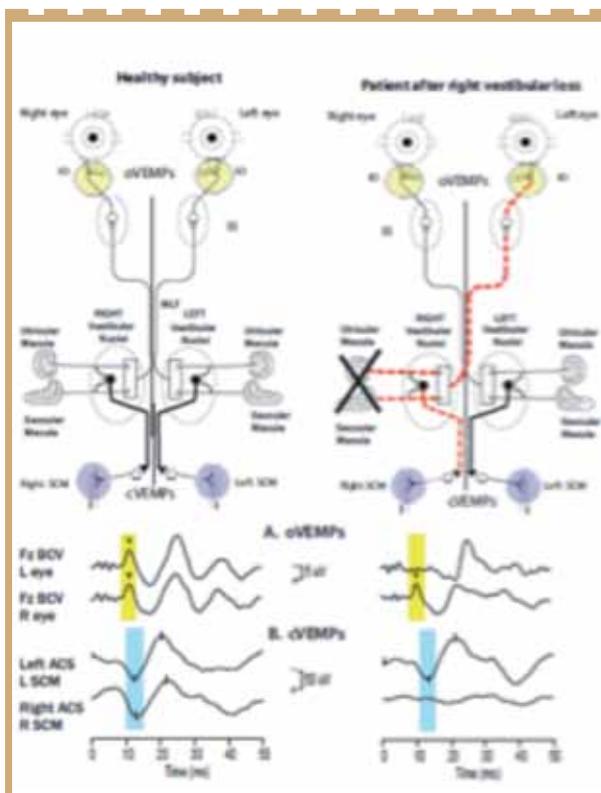


Figure 1 : Schéma simplifié des voies otolithiques et des réponses aux potentiels évoqués otolithiques attendues chez un sujet normal et chez un patient ayant un déficit vestibulaire unilatéral. Avec la permission et la courtoisie du Pr Ian Curthoys <sup>4</sup>.

De manière plus récente, la fonction utriculaire peut également être testée grâce à un enregistrement d'une partie du réflexe vestibulo-oculaire recueilli au niveau des muscles oculomoteurs. Une stimulation sonore intense, de même caractéristique que celle réalisée lors des PEO cervicaux, permet une activation de ce réflexe. Les réponses sont enregistrées au niveau du muscle oblique inférieur controlatéral, superficialisé lors du regard vers le haut. Pour ce test, les électrodes sont placées sous les yeux du patient, sur le nez (référence) et sur le front (électrode neutre). Une réponse sous la forme d'une onde biphasique négative vers 10 ms (n1) puis positive vers 20 ms (p1) est recueillie en controlatéral du son émis (figures 1, 2).

Les potentiels évoqués otolithiques permettent donc de tester la fonction otolithique sacculaire et utriculaire en pratique courante. Ils permettent de tester de manière indépendante les atteintes des nerfs vestibulaires supérieur (innervant principalement l'utricule) et inférieur (innervant le saccule) ainsi que dans les asymétries de fonctionnement dans les pathologies de type pressionnel type maladie de Ménière. Ils sont particulièrement intéressants dans le diagnostic des pathologies avec une 3<sup>ème</sup> fenêtre labyrinthique comme les fistules labyrinthiques et la déhiscence du canal semi-circulaire supérieur (syndrome de Minor) retrouvant une sensibilité anormale du vestibule aux sons.

### Références

1. Békésy, Georg v. "Über akustische Reizung des Vestibularapparates." *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere* 236, no. 1 (December 1935): 59–76. doi:10.1007/BF01752324.
2. Colebatch, J. G., and G. M. Halmagyi. "Vestibular Evoked Potentials in Human Neck Muscles before and after Unilateral Vestibular Deafferentation." *Neurology* 42, no. 8 (August 1992): 1635–36.
3. Colebatch, J. G., G. M. Halmagyi, and N. F. Skuse. "Myogenic Potentials Generated by a Click-Evoked Vestibulocollic Reflex." *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 57, no. 2 (February 1994): 190–97.

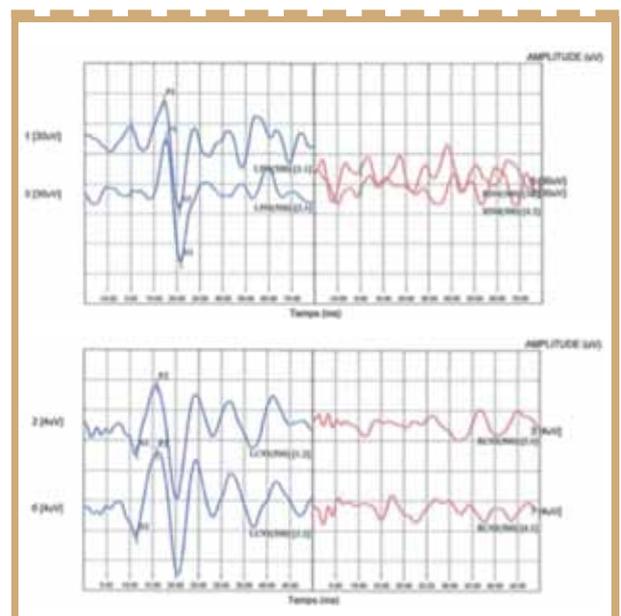


Figure 2 : Potentiels évoqués sacculaires (P1, N1) et utriculaires (N1, P2) présents lors de la stimulation de l'oreille gauche et absents lors stimulation de l'oreille droite confirmant un déficit sacculaire et utriculaire droit (après neurotomie vestibulaire).



4. Curthoys, Ian S., Vedran Vulovic, Ann M. Burgess, Leonardo Manzari, Ljiljana Sokolic, Jacob Pogson, Mike Robins, et al. "Neural Basis of New Clinical Vestibular Tests: Otolithic Neural Responses to Sound and Vibration." *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology* 41, no. 5 (May 2014): 371–80. doi:10.1111/1440-1681.12222.
5. Murofushi, Toshihisa. "Clinical Application of Vestibular Evoked Myogenic Potential (VEMP)." *Auris, Nasus, Larynx*, January 11, 2016. doi:10.1016/j.anl.2015.12.006.
6. Papathanasiou, Eleftherios S., Toshihisa Murofushi, Faith W. Akin, and James G. Colebatch. "International Guidelines for the Clinical Application of Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials: An Expert Consensus Report." *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 125, no. 4 (April 2014): 658–66. doi:10.1016/j.clinph.2013.11.042.

## 3

### L'acuité visuelle dynamique (Christian Van Nechel)

L'acuité visuelle dynamique (AVD) est la différence entre la mesure de l'acuité visuelle tête immobile et tête en mouvement. C'est une évaluation de la capacité à identifier un symbole qui se projette sur la rétine lorsque la tête bouge. Cette mesure est très physiologique puisque nous sollicitons régulièrement notre vision sans pour autant avoir une tête rigoureusement immobile dans nos activités journalières.

La stabilisation de l'image pendant le mouvement de la tête requiert un mouvement des yeux de direction opposée et de vitesse équivalente à celle de la tête. Cette stabilisation de notre regard sur une cible visuelle fixe lors de mouvements de tête peut faire appel à plusieurs mécanismes : les réflexes vestibulo-oculaires, le système de fixation-poursuite oculaire, les saccades oculaires, le système optocinétique, la proprioception cervicale et très probablement des mécanismes corticaux. Ces derniers sont mis en œuvre pour stabiliser l'image perçue lors de mouvements de tête dans le plan frontal, qui n'induisent pas de réflexes vestibulo-oculaires en torsion d'amplitude suffisante, et chez les personnes porteuses d'un nystagmus congénital.

Les données de la littérature montrent qu'une différence entre la vitesse de la tête et celle des yeux dépassant 4° par seconde dégrade l'acuité visuelle.

L'outil de mesure (par exemple : AVD- FRAMIRAL®) comporte un casque équipé de capteurs mesurant avec précision les vitesses des mouvements de la tête dans les trois plans de l'espace. Des lettres ou des dessins de taille variable (optotypes validés) sont affichés sur l'écran d'un ordinateur, soit en continu pour permettre une mesure de l'acuité visuelle tête fixe, soit seulement lorsque la vitesse du mouvement de la tête est comprise entre deux limites paramétrables. La cible visuelle n'est affichée que si la vitesse de la tête est atteinte dans une direction présélectionnée : le plan horizontal, vertical, frontal ou spécifiquement dans le plan d'une paire de canaux semi-circulaires. L'examineur est informé de la vitesse à laquelle tourne la tête du sujet et être assuré que cette vitesse est maintenue un temps suffisant dans des limites prédéfinies pour permettre l'identification de la cible visuelle. Une procédure permet également de détecter des résultats non fiables chez des sujets qui souhaiteraient simuler une baisse de leur AVD.

Si la mesure de l'AVD est réalisée lors de mouvements de tête rapides (> 100°/seconde) et non prévisibles par le sujet, elle reflètera surtout l'efficacité des réflexes vestibulo-oculaires. A ces vitesses,

le système de poursuite oculaire, la proprioception cervicale, et le système optocinétique ne peuvent assurer la stabilisation de l'image sur la rétine. Avec la méthodologie utilisée, la mesure de l'AVD est indifférente à la présence de saccades de rattrapage (covert and overt saccades). En effet, le facteur déterminant la stabilisation d'image sur la rétine est la proximité des vitesses de l'œil et de la tête, très différentes en présence d'un déficit des réflexes vestibulo-oculaires et pendant les saccades de rattrapage. La position correcte des yeux en fin de mouvement de tête ne peut influencer la mesure de l'AVD puisque la cible visuelle n'est projetée que pendant le mouvement de la tête. Le test d'AVD est sensible au gain en vitesse mais aussi au déphasage des réflexes vestibulo-oculaires. En effet, un retard excessif du mouvement de l'œil par rapport au mouvement de la tête conduit à une projection de la cible visuelle sur une zone voisine de la foveola, de moindre sensibilité. Une mesure de l'AVD est possible lors de mouvements de rotation latérale ou verticale de la tête, mais également d'inclinaison latérale, de translation et lors d'activités physiques similaires à celle de la vie journalière telle que la marche sur tapis roulant ou sur place. Les mesures faites lors de mouvements dans des plans verticaux sont particulièrement représentatives des capacités de stabilisation du regard lors de la marche.

La mesure de l'acuité visuelle dynamique est en relation avec les plaintes d'oscillopsies (Badaracco et al., 2010). Les oscillopsies régressent progressivement dans un déficit vestibulaire unilatéral par récupération de celui-ci, par ralentissement des mouvements de tête ou par développement de mécanismes alternatifs de stabilisation de l'image.

Les données de la littérature confirment la bonne corrélation entre les mesures de l'acuité visuelle dynamique et le gain des réflexes vestibulo-oculaires tant dans le plan horizontal, que vertical ou latéral. Cette corrélation est également démontrée dans des atteintes isolées des canaux verticaux comme lors de l'occlusion chirurgicale d'un canal supérieur (Schubert et al., 2006). Ces données témoignent de la capacité discriminante de cette mesure entre les sujets témoins, les sujets souffrant d'un déficit labyrinthique unilatéral récent ou bilatéral (Tian J, 2002).

En raison de sa relation directe avec les symptômes d'oscillopsies et du possible développement de compensation à la perte de réflexes vestibulo-oculaires, l'AVD a sa place en rééducation. Des exercices de stabilisation de l'image ont en effet montré leur effet positif sur la récupération de l'AVD et des symptômes d'instabilité visuelle. (Herdman SJ, 2007).

## 4

### Références

- Badaracco C et al. *Oscillopsia in labyrinthine defective patients: comparison of objective and subjective measures. American Journal of Otolaryngology-Head and Neck Medicine and Surgery* 31 (2010) 399–403.
- Schubert et al. *Dynamic Visual Acuity during Passive Head Thrusts in Canal Planes. JARO* (2006) 7: 329–338.
- Tian J, Shubayev I, Demer JL. *Dynamic visual acuity during passive and self-generated transient head rotation in normal and unilaterally vestibulopathic humans. Exp Brain Res* (2002) 142:486–495.
- Herdman SJ et al. *Recovery of Dynamic Visual Acuity in Bilateral Vestibular Hypofunction. Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 2007; 133:383-389.



# Dossier

## Les racines des vertiges

**Ulla DUQUESNE<sup>1,2</sup>**

**Christian VAN**

**NECHEL<sup>1,2,3</sup>**

**1. Clinique des Vertiges,  
Bruxelles, Belgique**

**2. Institut de Recherche  
Oto-Neurologique  
(IRON), Paris, France,**

**3. Unité Troubles de  
l'Équilibre et Vertiges  
- CHU Brugmann -  
Bruxelles**

S'adapter plutôt que subir différencie le vivant de l'inerte. La gravité terrestre est un des paramètres physiques les plus stables depuis l'apparition de la vie sur terre. Cette relative constance a donc moins requis d'adaptations des organes qui lui sont sensibles, que permis d'enrichir leur utilisation. Cette évolution est passée d'une simple différenciation du haut et du bas par un organite interne dans le monde végétal et chez des unicellulaires aquatiques, à des organes multicellulaires, qui offrent une fonction de navigation dans l'espace et de stabilisation du regard. Ses performances permettent aux rapaces de distinguer en plein vol une proie à plusieurs kilomètres, et à l'homme de construire une représentation mentale de l'espace, de le penser et d'y agir.

Cette aptitude primitive à distinguer simplement le haut du bas est vitale pour de nombreuses espèces animales, initialement marines et encore sans vision. La mobilité n'a en effet aucun sens, dans toutes les acceptions de ce terme, sans une certaine maîtrise de la mobilité.

La vision est un avantage évolutif chez les êtres mobiles mais n'est utile que si la direction du regard est connue et si l'image reste stable pendant le mouvement. La stabilisation du regard assurée par une relation entre les capteurs d'orientation spatiale et la mobilité oculaire, apparaît chez les arthropodes et particulièrement les crustacés. Ils les rendent aptes à coordonner leurs mouvements pour maintenir l'orientation du corps, et à orienter les pédicules portant les yeux dans la direction de leur déplacement. L'implantation des muscles sur une forme primitive de squelette donne plus de rapidité aux déplacements aquatiques et terrestres. Des capteurs plus sensibles aux variations d'accélération lors de rotations dans les 3 plans de l'espace se développent sous forme de canaux sensibles à l'inertie du liquide qu'ils contiennent. Ils lèvent aussi partiellement l'ambiguïté entre inclinaison et translation. L'homme a conservé un labyrinthe à trois canaux semi-circulaires déjà présent chez la lamproie.

Si un être mobile peut orienter et stabiliser son regard par rapport à l'espace environnant, il pourra, si son développement cérébral le lui permet, associer à chaque direction du regard l'image correspondante de l'espace et construire ainsi une représentation mentale fiable de cet espace, la mémoriser, et y préparer ses actions. Cette

construction mentale est multisensorielle, associant vision, capteurs d'orientation de l'oreille interne et capteurs musculaires et articulaires de position des segments du corps, héritage de toute l'évolution.

Des conditions inhabituelles de stimulation de ces différents capteurs sensoriels, ou la défaillance de certains d'entre eux, créent des conflits sensoriels, avec le risque d'une construction erronée des représentations mentales de l'espace environnant, des illusions de perception, dont les vertiges sont l'expression la plus fréquente. D'autres illusions plus effrayantes comme les «sorties de corps», les bascules de champs visuels, les sensations de lévitation relevaient autrefois de «crises mystiques» ou de la pathologie psychiatrique. Elles peuvent trouver leur origine dans ces conflits sensoriels. L'analyse de ces symptômes permet souvent une hypothèse précise du siège du dysfonctionnement.

Les temps de réponse des mécanismes de stabilisation du regard et de l'image mentale sont de l'ordre de la dizaine de millisecondes. Grâce aux développements technologiques, les outils récents d'exploration vestibulaire donnent accès à la mesure de cette réactivité, déterminante dans la qualité de vie, et la compréhension des symptômes.

La composante psychique n'est cependant pas absente lors de ces conflits. Toute fragilisation de nos rapports avec l'espace est génératrice d'anxiété probablement en raison de son caractère vital et des expériences angoissantes dans la petite enfance de la découverte de l'autonomie des déplacements. La répétition d'inconforts dans des espaces spécifiques induit progressivement un comportement d'évitement par anticipation, agoraphobie, claustrophobie, et d'autres syndromes qui peuvent considérablement dégrader la vie sociale et professionnelle.

La compréhension de cette sémiologie clinique et instrumentale offre de nouvelles options diagnostiques et thérapeutiques, mais identifier les altérations perceptives du « soi dans l'espace » relève toujours pour le médecin d'une écoute rationnelle et de compétences transdisciplinaires.



### 1 Introduction

Les signaux vestibulaires, qui informent le cerveau des mouvements et des inclinaisons du corps dans l'espace, sont connus pour leur rôle dans les réflexes oculomoteurs, posturaux et neurovégétatifs. Toutefois, leur contribution ne s'arrête pas là. Les signaux vestibulaires contribuent à de nombreuses facettes de la cognition spatiale, corporelle et émotionnelle (Lopez, 2016; Mast et al., 2014; Smith et Zheng, 2013). Des travaux récents des neurosciences laissent à penser qu'ils joueraient également un rôle dans les aspects les plus fondamentaux de la conscience de soi (Lenggenhager et Lopez, 2015). Ainsi, des patients porteurs d'atteintes du système vestibulaire périphérique ou central peuvent rapporter - au delà de leurs instabilités posturales, des difficultés à stabiliser leur regard, des nausées et de leur désorientation spatiale - des modifications de leur perception corporelle, leur sentiment de subjectivité, ou leur personnalité. Des sensations telles que « Mon corps paraît étrange », « Je perds le contrôle de moi-même », « Je ne suis plus dans mon corps » ne sont pas si rares dans les atteintes vestibulaires (Smith et Darlington, 2013). L'apparition de telles sensations, qui ne sont pas sans rappeler les symptômes de dépersonnalisation, peut trouver une explication neuroscientifique dans les projections vestibulaires sur les régions du cortex impliquées dans les modèles internes du corps et la conscience de soi. Parce que des perceptions aberrantes du corps et du soi rapportées par des patients peuvent déconcerter le médecin et le rééducateur vestibulaire, il est important de mieux comprendre les liens entre le système vestibulaire et les représentations corporelles. Dans cet article, je résume les résultats de travaux récents issus des « neurosciences cognitives vestibulaires » qui ont permis de mieux localiser le cortex vestibulaire humain et l'implication des signaux vestibulaires dans la conscience de soi corporelle. Je propose notamment que des conflits multisensoriels dans les régions du cortex vestibulaire sont à l'origine de perceptions erronées du corps et du soi dans les pathologies vestibulaires périphériques et centrales.

### 2 Nouvelles avancées dans la détermination du cortex vestibulaire

Mieux comprendre les interactions entre les informations vestibulaires et les autres informations corporelles (visuelles et somesthésiques) au niveau cérébral nécessite de localiser et de connaître le fonctionnement du « cortex vestibulaire ». Le cortex vestibulaire, qui regroupe l'ensemble des aires corticales recevant des signaux vestibulaires, est un cortex relativement mal connu chez l'Homme du fait des difficultés méthodologiques pour le stimuler dans des appareillages

de neuroimagerie traditionnels tels qu'un scanner pour l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou la tomographie par émission de position (TEP) (Dieterich et Brandt, 2015; Lopez et Blanke, 2011). En effet, alors que le système vestibulaire est naturellement activé lors des rotations et des translations de la tête, les études par IRMf et TEP imposent une immobilité de la tête du participant afin d'éviter des artefacts. On se trouve donc dans l'impossibilité - du moins avec les techniques de neuroimagerie les plus couramment utilisées - de manipuler les accélérations, la vitesse et l'amplitude des mouvements auxquels les récepteurs vestibulaires sont sensibles. Des approches par électroencéphalographie ont été tentées lors de rotations du corps entier (Gale et al., 2016), mais elles sont techniquement difficiles à mettre en place et nécessitent des plateformes de mouvement coûteuses, ce qui exclut toute utilisation routinière en pratique hospitalière. Ces limitations méthodologiques, et donc la nécessité d'utiliser des stimulations artificielles du système vestibulaire, ont fortement limité les connaissances sur le cortex vestibulaire humain.

#### 2.1. Méthodes pour stimuler les récepteurs vestibulaires en neuroimagerie

Des méthodes de stimulation artificielle des récepteurs vestibulaires ont été adaptées aux environnements contraignants de la TEP dès le début des années 1980, puis de l'IRMf dans les années 1990. Il est intéressant de noter que ces méthodes de stimulation sont toutes adaptées de tests cliniques utilisés en routine dans les services d'oto-rhino-laryngologie. Trois principales méthodes ont été utilisées (Figure 1):

- **La stimulation vestibulaire calorique (SVC).** La SVC consiste en l'injection d'eau (ou d'air) chaude ou froide dans le conduit auditif externe. L'énergie thermique transmise à l'oreille interne crée des mouvements de convection dans le liquide endolymphatique qui remplit les canaux semi-circulaires. En fonction de la température utilisée, la direction du mouvement du liquide endolymphatique à une action « excitatrice » ou « inhibitrice » sur les cellules ciliées des crêtes ampullaires, ce qui évoque une sensation de rotation du corps.
- **La stimulation vestibulaire galvanique (SVG).** La SVG consiste à appliquer un léger courant électrique (quelques milliampères) à travers une paire d'électrodes positionnées sur la peau couvrant les os mastoïdes. En général, la cathode est placée derrière une oreille et l'anode derrière l'autre oreille. Ce courant a pour effet de moduler le taux de décharge des fibres afférentes vestibulaires, la fréquence de décharge augmentant dans le nerf vestibulaire du côté de la cathode et diminuant du côté de l'anode. La SVG agit sur les afférences issues des récepteurs otolithiques et canaux, produisant des sensations de mouvement plus complexes que celles induites par la SVC.

**Christophe LOPEZ**

Chargé de recherche au CNRS

Laboratoire de Neurosciences Intégratives et Adaptatives - UMR 7260

CNRS - Aix-Marseille Université

Centre St Charles, Pôle 3C - Case B 3, Place Victor Hugo 13331 Marseille Cedex 03, France

[christophe.lopez@univ-amu.fr](mailto:christophe.lopez@univ-amu.fr)

Christophe Lopez coordonne le projet BODILYSELF « Vestibular and multisensory investigations of bodily self-consciousness » N°333607 du Septième Programme-Cadre Européen (FP7/2007-2013 ; Marie Curie Actions) étudiant les relations entre système vestibulaire et conscience de soi corporelle.

- **Les stimulations sonores.** Des « clicks » appliqués à 120 dB et des « short tone bursts » présentés à 500 Hz (à 102 dB pendant 10 ms) dans une paire d'écouteurs sont connus pour activer principalement les récepteurs vestibulaires otolithiques (Halmagyi et al., 2005).

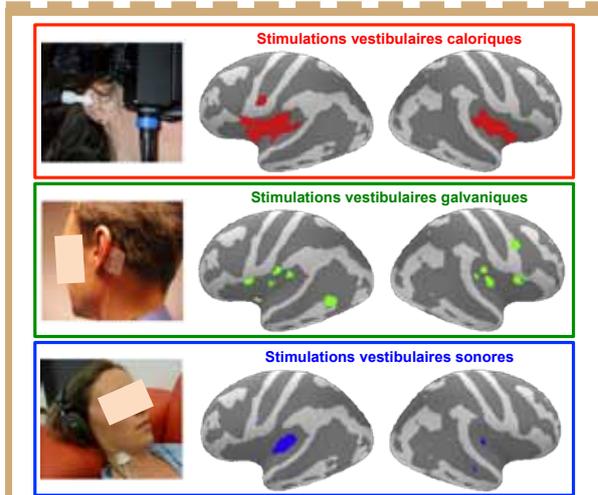


Figure 1 : Localisation des activations vestibulaires identifiées par l'algorithme de méta-analyse ALE. Les données sont représentées séparément pour les stimulations vestibulaires caloriques (rouge), les stimulations vestibulaires galvaniques (vert) et les stimulations sonores (bleu) appliquées indifféremment sur l'oreille gauche ou droite. Les clusters d'activation sont présentés sur un rendu 3D « gonflé » des hémisphères cérébraux afin de visualiser la profondeur du sillon latéral. Reproduit avec la permission d'Elsevier d'après Lopez, C., Blanke, O., Mast, F.W., 2012a. The vestibular cortex in the human brain revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience* 212, 159-79.

## 2.2. Principales régions vestibulaires du cortex

Les méthodes de stimulation artificielle des récepteurs vestibulaires décrites ci-dessus ont permis de mettre en évidence une dizaine d'aires corticales répondant à des stimulations vestibulaires (Figure 2). Les aires répondant à des SVC, des SVG et des stimulations sonores sont principalement localisées dans la profondeur du sillon latéral (la scissure de Sylvius), ainsi que dans les régions bordant la superficie du sillon latéral. En profondeur du sillon latéral, les activations vestibulaires sont présentes au niveau de l'insula postérieure et antérieure, de l'opercule pariétal et du cortex rétroinsulaire. En superficie, les activations vestibulaires sont au niveau de la jonction temporo-pariétale, principalement dans le gyrus supramarginal, le gyrus angulaire, et le gyrus temporal supérieur. D'autres activations vestibulaires ont été décrites au niveau du sillon intrapariétal, de l'aire visuelle extrastriée MST (medial superior temporal area) (Smith et al., 2012), du cortex somesthésique primaire, des champs oculomoteurs frontaux, du cortex moteur et prémoteur, ainsi que dans l'hippocampe. Sur la face médiane des hémisphères cérébraux, des réponses vestibulaires ont également été identifiées au niveau du cortex cingulaire et du précuneus (Bense et al., 2001; Bottini et al., 1994; Dieterich et al., 2003; Lobel et al., 1998).

On notera qu'il est difficile de comparer les résultats d'études de neuroimagerie qui ont utilisé des stimulations vestibulaires très différentes (SVC avec de l'eau chaude ou froide, de l'air, du gaz ; SVG monaurales ou binaurales, délivrées sous forme d'ondes continues ou sinusoïdales ; stimulations sonores avec des fréquences et des intensités variables) et des conditions contrôles très disparates. Les SVC, les SVG et les stimulations sonores diffèrent fortement

par la nature des récepteurs vestibulaires stimulés (canaux semi-circulaires vs. otolithes), la nature du mouvement corporel perçu et la stimulation conjointe d'autres systèmes sensoriels (tactile, nociceptif, thermique et auditif). L'utilisation de l'algorithme de méta-analyse ALE basé sur l'analyse statistique des coordonnées d'activations cérébrales rapportées dans plusieurs études de neuroimagerie nous a permis d'identifier trois régions clés activées de façon robuste par l'ensemble des études de neuroimagerie: le cortex rétroinsulaire (l'aire cytoarchitectonique PFCm), l'insula postérieure et l'opercule pariétal (Lopez et al., 2012a) (Figure 1). Nos données suggèrent donc que le complexe operculo-insulaire et rétroinsulaire est l'épicentre du réseau d'aires corticales vestibulaires. Une autre approche de méta-analyse a suggéré que l'aire cytoarchitectonique OP2 dans l'opercule pariétal jouait un rôle crucial dans le réseau cortical vestibulaire, car elle est fonctionnellement connectée avec les autres aires vestibulaires (zu Eulenburg et al., 2012).

Enfin, la localisation des régions vestibulaires dans le cerveau humain est en accord avec les aires vestibulaires décrites dans le cortex de plusieurs espèces de primates non humains (Figure 2).

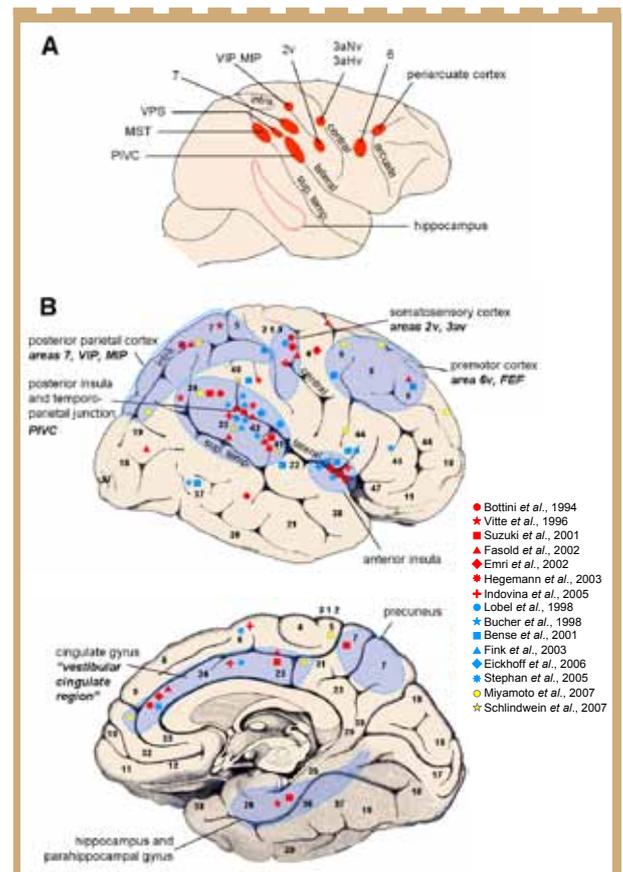


Figure 2 : Anatomie comparée des cortex vestibulaires chez le singe et chez l'Homme. Représentation schématique des aires vestibulaires chez le primate non humain (A) et chez l'Homme (B). 3aHv: 3a-hand-vestibular region, 3aNv: 3a-neck-vestibular region, MIP: medial intraparietal area, MST: medial superior temporal area, PIVC: parieto-insular vestibular cortex, VIP: ventral intraparietal area, VPS: visual posterior Sylvian area, arcuate: arcuate sulcus, central: central sulcus, lateral: lateral sulcus, intra.: intraparietal sulcus, sup. temp.: superior temporal sulcus. Reproduit avec la permission d'Elsevier d'après Lopez, C., Blanke, O., 2011. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Res Rev* 67, 119-146.



Chez le singe, il est possible de déterminer avec une grande précision la localisation des neurones vestibulaires en pratiquant des enregistrements électrophysiologiques directement dans le cortex lors de rotations ou de translations des animaux dans l'espace. En utilisant cette approche, le groupe d'Otto-Joachim Grüsser en Allemagne dans les années 1980-1990, puis celui de Dora Angelaki aux États-Unis dans les années 2000-2010, ont permis de mettre en évidence un réseau cortical vestibulaire au niveau de régions pariéto-insulaires et rétroinsulaires profondes (le cortex vestibulaire pariéto-insulaire ou PIVC), du cortex visuel extrastrié (aire MST), de l'aire VPS (visual posterior sylvian area), des champs oculomoteurs frontaux et du sillon intrapariétal (aire VIP, ventral intraparietal area) (Chen et al., 2011a, 2011b, 2010; Grüsser et al., 1990a; Guldin et Grüsser, 1998).

### 2.3. Faut-il parler de « cortex vestibulaire » ?

L'existence de nombreuses régions corticales vestibulaires nous amène à nous interroger sur la notion même de « cortex vestibulaire » et sur l'existence d'un « cortex vestibulaire primaire ». Les données recueillies chez le singe ainsi que celles obtenues chez l'Homme indiquent qu'il existe un réseau d'aires corticales vestibulaires plutôt qu'un cortex vestibulaire primaire, comme il existe des cortex visuel, auditif et somesthésique primaires. L'injection de traceurs anatomiques dans les régions corticales vestibulaires chez différentes espèces de singe a révélé que ces régions étaient richement interconnectées (Guldin et al., 1992). Toutefois, il est notable que le PIVC du singe est la seule région interconnectée avec la majorité des autres régions vestibulaires, suggérant qu'elle joue un rôle crucial dans le traitement de l'information vestibulaire (Guldin et Grüsser, 1998). Cette proposition est étayée par de récents travaux d'électrophysiologie conduits chez le singe suggérant un traitement hiérarchique de l'information vestibulaire caractérisé par une latence d'activation plus courte du PIVC que des aires VIP et MST (Chen et al., 2011a). Cela suggère que le PIVC est fonctionnellement plus proche du système vestibulaire périphérique que les aires VIP et MST. Les travaux de connectivité fonctionnelle chez l'Homme montrant que l'aire OP2 est connectée à toutes les autres aires vestibulaires (zu Eulenburg et al., 2012) suggèrent qu'elle serait l'homologue humain du PIVC du singe.

Faut-il pour autant en conclure que le PIVC serait un cortex vestibulaire primaire, comparable aux autres cortex sensoriels primaires ? Vraisemblablement pas dans la mesure où ce cortex est un cortex multisensoriel impliqué dans le sens du mouvement et de la position. Le PIVC du singe traite également les informations de mouvement liées au flux optique et les informations somesthésiques issues de la musculature nuccale et de la peau du cou et des membres (Grüsser et al., 1990b). La région fonctionnellement équivalente chez l'Homme, le complex operculo-insulaire et rétroinsulaire, contient elle aussi des représentations somesthésiques, intéroceptives et vestibulaires (Mazzola et al., 2014). En conclusion, bien que l'on admette le terme de « cortex vestibulaire » pour désigner l'ensemble des régions vestibulaires répondant à des stimulations vestibulaires, il existe en réalité un réseau d'aires corticales vestibulaires multisensorielles impliquées dans la perception du mouvement et de la position du corps. Au sein de ce réseau, le PIVC joue un rôle clé, mais il ne saurait être assimilé à un cortex vestibulaire primaire. De nombreux travaux de neuroimagerie et d'électrophysiologie doivent encore être conduits chez l'Homme afin de déterminer la physiologie de cette région et ses implications fonctionnelles.

3

### Système vestibulaire et conscience de soi

Au-delà de son implication dans la régulation des réflexes posturaux et oculomoteurs, le système vestibulaire doit désormais être considéré comme un élément fondamental de la cognition spatiale et corporelle. Des travaux cliniques déjà anciens chez des patients vertigineux, ainsi que les données les plus récentes des neurosciences, laissent à penser que le système vestibulaire fournit des informations cruciales pour l'élaboration de la représentation corporelle (le schéma corporel et l'image du corps) et de la conscience de soi (« A qui est ce corps ? », « Où suis-je ? », « D'où je perçois le monde ? »).

### 3.1. Pathologie vestibulaire et schéma corporel

L'influence des informations vestibulaires sur les perceptions du corps propre a attiré l'attention de travaux pionniers sur les représentations corporelles et leurs troubles (Bonnier, 1905; Lhermitte, 1939; Schilder, 1935). Ces auteurs ont rapporté plusieurs cas de patients atteints de troubles vestibulaires qui avaient la sensation d'être déconnectés de leur corps, de ressentir des déformations de leur corps entier ou de leurs segments corporels, voire des sensations de désincarnation. Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, le médecin français Pierre Bonnier a soigneusement consigné plusieurs observations de modifications de la forme perçue du corps au cours de vertiges. Bonnier (1905) rapporte par exemple qu'un de ses patients « sentait sa tête devenir énorme, immense, se perdant dans l'air ; son corps disparaissait et tout son être était réduit à son seul visage ». Pour une autre patiente, « son vertige lui donnait la sensation qu'elle n'existait plus 'de corps' ». Le psychiatre et psychanalyste autrichien Paul Schilder a par la suite consigné des observations similaires dans son ouvrage *L'image du corps* (Schilder, 1935). Il a par exemple observé « une patiente qui, au cours d'accès de vertige, avait l'impression que son cou enflait, et que ses extrémités grandissaient. » Ainsi, des maladies du système vestibulaire périphérique peuvent induire des modifications de la forme perçue du corps, un trouble nommé « aschématie » par Bonnier (1905). Bonnier a également introduit les termes « d'hyperschématie » et « d'hyposchématie », pour désigner, respectivement, la perception de segments corporels élargis ou raccourcis. L'hyperschématie et l'hyposchématie décrites chez des patients vertigineux ne sont pas sans rappeler les « macrosomatognosie » et « microsomatognosie » observables, non pas au cours d'atteintes vestibulaires périphériques, mais dans le cas de nombreux troubles neurologiques et psychiatriques. Il est par ailleurs notable que les perceptions corporelles aberrantes rapportées par des patients vestibulaires sont proches des symptômes de dépersonnalisation, caractérisés par la sensation que le corps paraît étrange ou irréel. L'utilisation de questionnaires mesurant la dépersonnalisation et la déréalisation chez des patients vestibulaires a révélé qu'ils rapportent significativement plus souvent ces symptômes que des personnes non vertigineuses appariées en âge et en sexe (Jáuregui-Renaud, 2015).

Comment rendre compte de ces perceptions aberrantes dans les pathologies vestibulaires périphériques ? J'ai proposé qu'elles étaient la conséquence de conflits multisensoriels dans plusieurs structures relais des voies vestibulo-thalamo-corticales (Lopez, 2015, 2013). S'il s'effectue correctement, le développement sensorimoteur chez l'enfant et l'adolescent a contribué à calibrer des synergies comportementales et neurales entre les actions et

leurs conséquences sensorielles. Ainsi, lors d'une rotation de la tête vers la droite le cerveau reçoit des signaux visuels encodant une rotation de l'environnement vers la gauche et des signaux proprioceptifs congruents issus de la musculature nucale. Il existe dans les noyaux vestibulaires, le thalamus et le cortex cérébral, des neurones trimodaux qui répondent de façon « synergiste » aux entrées vestibulaires, optocinétiques et proprioceptives. Des travaux récents indiquent que ces signaux sont intégrés de façon optimale suivant des règles statistiques Bayésiennes dans le système vestibulo-thalamo-cortical (Angelaki et al., 2009). L'exposition à des conflits sensoriels, tel un conflit entre les informations vestibulaires et visuelles, désorganise profondément les réponses des neurones des noyaux vestibulaires du singe (Waespe et Henn, 1978). Je propose donc que les pathologies vestibulaires aiguës, comme la maladie de Ménière et la névrite vestibulaire, induisent de la même façon une forme de conflit sensoriel qui désorganise les synergies sensorimotrices neurales. Au cours de crises vertigineuses, l'oreille interne fournit aux structures vestibulo-thalamo-corticales une information de mouvement et de position du corps dans l'espace en contradiction avec les informations reçues des récepteurs visuels et somatosensoriels (proprioception et toucher). Ceci crée une forme « d'incohérence perceptive » qui conduit à la réinterprétation des signaux tactiles, proprioceptifs et visuels et peut par conséquent amener les patients vertigineux à rapporter une perception erronée de la position, de la forme et du mouvement de leur corps. Des expériences de psychologie expérimentale créant des conflits entre les informations visuelles, tactiles et proprioceptives ont montré la facilité avec laquelle il était possible de modifier la perception de la forme, de la taille et de la position du corps de volontaires sains (Banakou et al., 2013; Botvinick et Cohen, 1998). Après seulement quelques minutes d'application d'une stimulation tactile et proprioceptive inhabituelle au niveau d'une de leurs mains, des participants rapportaient par exemple que leur doigt était engourdi ou plus grand que d'ordinaire (Dieguez et al., 2009). En utilisant des approches similaires, nous avons montré que des SVG modifiaient chez des volontaires sains les limites entre le soi et le non-soi (Lopez et al., 2010). Alors qu'ils observaient une main gauche en caoutchouc sur laquelle était appliquée une stimulation tactile avec un pinceau, les participants recevaient simultanément sur leur propre main gauche une stimulation tactile appliquée avec un second pinceau. Cette procédure est connue pour déclencher au bout d'une dizaine de secondes le sentiment que la main en caoutchouc « fait partie » du corps des participants. Les SVG augmentaient le sentiment d'appartenance de la main en caoutchouc, suggérant donc que des signaux vestibulaires inhabituels sont susceptibles de modifier les limites ressenties du soi corporel.

Au regard de l'importance des informations vestibulaires pour le codage des mouvements du corps dans l'espace on comprend donc pourquoi des informations vestibulaires erronées peuvent amener à réinterpréter les signaux visuels et somatosensoriels. Cette hypothèse est étayée par une série d'études portant sur la perception des déplacements corporels (mouvements du corps entier sur un fauteuil rotatoire ou une plateforme permettant des translations corporelles) sur la base des signaux visuels et vestibulaires. Ces travaux indiquent que même lorsque de larges conflits sont créés entre les signaux vestibulaires et visuels, les informations vestibulaires ne sont jamais ignorées. Elles sont au contraire systématiquement intégrées aux informations visuelles pour créer un percept de mouvement de soi (Prsa et al., 2012). D'autres études comportementales utilisant des paradigmes de conflit visuo-vestibulaire ont montré que le poids accordé aux informations vestibulaires était systématique-

ment le plus important (Butler et al., 2010). Ces données indiquent que les participants à ces expériences se fient principalement aux informations vestibulaires, même si celles-ci sont en forte contradiction avec les autres signaux indiquant la position et les mouvements du corps. Cet « ancrage vestibulaire » serait à la base des formes variées de troubles de la représentation du corps et du soi dans les pathologies vestibulaires périphériques aiguës (Lopez, 2013).

### 3.2. Des stimulations vestibulaires modifient le schéma corporel

Est-il possible de démontrer expérimentalement que des signaux vestibulaires modifient la perception du corps propre ? En utilisant des stimulations artificielles des récepteurs vestibulaires (SVC et SVG), plusieurs chercheurs ont provoqué des distorsions du schéma corporel et de l'image du corps chez des volontaires (Figure 3).

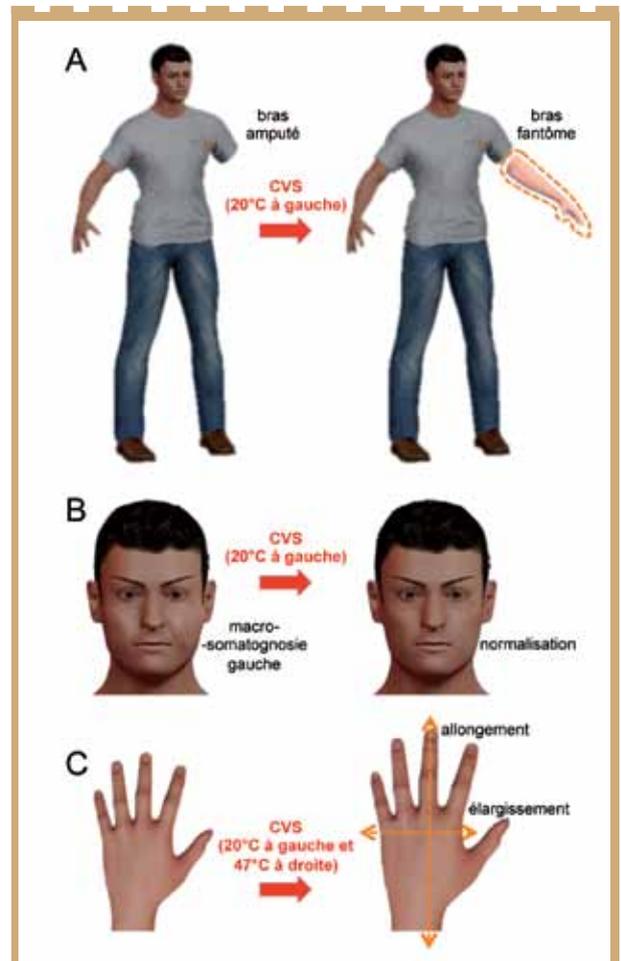


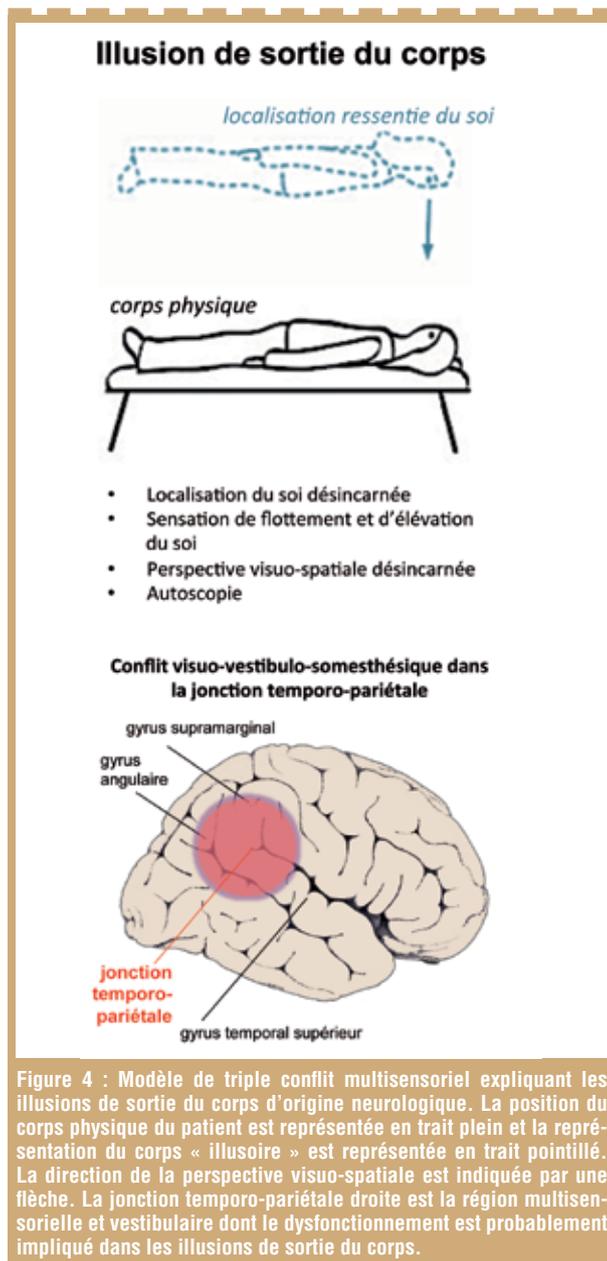
Figure 3 : Influence des stimulations vestibulaires caloriques sur les représentations corporelles. (A) Chez des patients amputés qui ne rapportaient pas de membre fantôme, la SVC a déclenché l'apparition d'un membre fantôme. D'après les données d'André et al., 2001. (B) Chez un patient avec un accident vasculaire dans le tronc cérébral (syndrome de Wallenberg) rapportant que sa joue gauche était élargie, la SVC a normalisé la perception de la joue gauche. D'après les données de Rode et al., 2012. (C) Chez des volontaires sains impliqués dans une tâche de pointage vers quatre repères anatomiques de la main gauche, la SVC a augmenté la taille perçue de la main gauche (allongement : distance entre l'extrémité du majeur et l'articulation du poignet et élargissement : distance entre la base de l'auriculaire et la base de l'index). D'après les données de Lopez et al., 2012b.



Récemment, Rode et al. (2012) ont décrit le cas d'un patient souffrant de troubles vestibulaires dus à une lésion du tronc cérébral (syndrome de Wallenberg) et qui rapportait une macrosomatognosie restreinte à son hémiface gauche. Ces auteurs ont montré que des SVC supprimaient temporairement cette distorsion de l'image corporelle (mesurée par un test visuel), suggérant donc que les stimulations vestibulaires interféraient avec les bases neurales de la représentation corporelle. Une deuxième étude a montré que des SVC modifiaient la perception de la forme, de la posture et du mouvement de membres fantômes chez des patients paraplégiques (Le Chapelain et al., 2001). Des résultats similaires ont été obtenus par ce même groupe chez des patients amputés : les SVC ont évoqué la perception d'un membre fantôme chez les patients qui n'en faisaient pas l'expérience auparavant, ou ont modifié la perception de la taille et de la forme du membre fantôme chez les amputés qui en faisaient déjà l'expérience (André et al., 2001). Cette observation est remarquable car elle démontre que les signaux vestibulaires sont capables

de modifier la représentation d'un segment corporel – et cela, même s'il est physiquement absent !

Avec l'équipe de Fred Mast à l'Université de Berne nous avons mesuré l'influence de SVC sur le modèle interne du corps de volontaires sains (Lopez et al., 2012b). Nous avons pu montrer que des SVC connues pour activer l'hémisphère cérébral droit (de l'air chaud dans l'oreille droite et de l'air froid dans l'oreille gauche) modifiaient la perception des propriétés métriques de la main gauche. Dans une première expérience, nous avons montré qu'au cours des SVC des objets appliqués sur la main gauche étaient perçus significativement plus souvent comme étant plus longs que ceux appliqués sur la ligne médiane du front (alors que ces deux objets avaient la même longueur). Or, il est connu que la taille perçue des objets touchant notre peau dépend de la représentation du segment corporel touché : la SVC a donc modifié la représentation de la main gauche relativement à celle du front. Dans une seconde expérience, les participants devaient pointer avec leur main droite au-dessus de quatre points anatomiques de leur main gauche (l'extrémité du majeur, l'articulation du poignet, la base de l'index et la base de l'auriculaire) sans regarder leur main. Pendant cette tâche, ils recevaient une SVC ou une stimulation contrôle. Pendant les SVC, la main gauche était perçue comme étant plus large et plus longue que pendant la stimulation contrôle. Les résultats de ces deux expériences indiquent que les informations vestibulaires se projettent sur les régions cérébrales impliquées dans les modèles internes du corps. Il est probable que les signaux vestibulaires modulent l'interprétation des informations tactiles et proprioceptives dans ces régions associatives (Ferrè et al., 2013, 2012). On notera que la modulation vestibulaire des signaux tactiles et proprioceptifs prend effet en amont des régions impliquées dans les représentations complexes du corps, c'est-à-dire dans les noyaux vestibulaires, les noyaux thalamiques et les ganglions de la base, qui contiennent des neurones multisensoriels et vestibulaires (Lopez et Blanke, 2011; Stiles et Smith, 2015). Nous pensons donc que les modèles neuroscientifiques et psychologiques actuels du schéma corporel et de l'image du corps ne devraient pas se focaliser uniquement sur le rôle des informations proprioceptives et tactiles, mais devraient inclure de façon plus systématique la contribution des signaux vestibulaires.



### 3.3. Système vestibulaire et ancrage du soi sur le corps

La neurologie a fourni plusieurs exemples de relations entre troubles d'intégration des informations vestibulaires et modifications de la conscience de soi, parmi lesquels l'illusion de sortie du corps (OBE, pour out-of-body experience) est certainement le plus frappant (Figure 4). Les OBE se caractérisent par le sentiment d'être localisé à l'extérieur des limites physiques du corps, par le sentiment de faire l'expérience (visuelle) du monde depuis cette position désincarnée (perspective visuo-spatiale désincarnée), voire par le sentiment de voir le corps propre depuis cette position (une sensation qualifiée d'autoscopie) (Blanke et al., 2004). Il est intéressant de noter que les OBE s'accompagnent dans plus de la moitié des cas d'illusions vestibulaires, si bien que le sentiment de désincarnation est concomitant d'illusions d'élévation, de flottement ou de lévitation du corps (Lopez et al., 2008). Ces sensations ne sont pas sans rappeler certaines perceptions otolithiques chez des patients atteints de pathologies vestibulaires périphériques ou certaines sensations vestibulaires décrites lors de stimulations électriques du cortex vestibulaire périsylvien et operculo-insulaire (Kahane et al., 2003; Mazzola et al., 2014).

Un argument fort suggérant une relation étroite entre traitement cortical des informations vestibulaires et sentiment d'incarnation provient de l'induction répétée d'OBE par des stimulations intracrâniennes chez une patiente épileptique. En 2002, l'équipe d'Olaf Blanke rapportait le cas d'une patiente candidate à une évaluation pré-chirurgicale de l'épilepsie au Service de Neurologie de l'Hôpital Universitaire de Genève (Blanke et al., 2002). Lors de stimulations électriques de la jonction temporo-pariétale droite appliquées à faible intensité (2 à 3 mA), les auteurs ont déclenché des sensations vestibulaires. En stimulant cette même région, mais avec une intensité de courant plus élevée (3.5 mA), la patiente rapportait une OBE. Cette observation indique qu'une même région cérébrale, le gyrus angulaire dans la jonction temporo-pariétale, est impliquée dans le sentiment d'unité entre le soi et le corps et dans le traitement des informations vestibulaires. Des stimulations électriques de la même région induisaient également des illusions visuo-somesthésiques, c'est-à-dire une sensation visuelle que les jambes ou les bras changeaient de posture et de taille. L'implication de la jonction temporo-pariétale dans l'ancrage du soi au corps est également suggérée par l'analyse statistique des lésions cérébrales associées à des OBE. Les régions les plus fréquemment lésées chez les patients rapportant être « désincarnés » sont localisées dans la jonction temporo-pariétale droite, principalement au niveau du gyrus angulaire, de la partie postérieure du gyrus temporal supérieur et du gyrus temporal moyen (Ionta et al., 2011).

L'équipe d'Olaf Blanke a proposé qu'une OBE, et donc l'expérience de dissociation entre le soi et le corps, serait le résultat d'un trouble d'intégration multisensorielle au niveau cortical, probablement au niveau de la jonction temporo-pariétale. Un triple conflit sensoriel entre informations vestibulaires, visuelles et somesthésiques pourrait alors évoquer l'expérience d'être localisé hors des limites physiques du corps et de percevoir le monde depuis cette position (Figure 4). Des travaux de neurosciences cognitives conduits récemment chez des volontaires sains semblent étayer cette hypothèse. Bien que les informations vestibulaires n'aient pas été manipulées directement dans ces travaux, des conflits créés entre les informations visuelles et tactiles sont susceptibles de modifier la localisation perçue du soi dans l'espace et la direction de la perspective visuo-spatiale que les participants ont sur leur environnement (Ionta et al., 2011; Pfeiffer et al., 2013). Plusieurs équipes travaillent actuellement à élucider les mécanismes multisensoriels à la base du sentiment d'être localisé dans les limites physiques du corps. Des approches utilisant des stimulations vestibulaires artificielles telles que les SVG (Ferré et al., 2014) et des stimulations vestibulaires rotatoires naturelles combinées à des environnements virtuels (Deroualle et al., 2015) ont récemment fourni les premières preuves du rôle crucial joué par les informations vestibulaires dans les mécanismes sensorimoteurs du sentiment d'incarnation et du changement de perspective visuo-spatiale.

#### 4

### Conclusion

Le domaine des « neurosciences cognitives vestibulaires » est naissant et les ponts établis dans les dernières années entre la physiologie vestibulaire et les neurosciences cognitives, sociales et affectives laissent déjà entrevoir les nombreuses implications du système vestibulaire. Parmi celles-ci, citons le rôle probable du système vestibulaire dans les mécanismes sensoriels de la prise de perspective, de l'empathie, de la cognition sociale et de la régulation émotionnelle.

La poursuite de recherches fondamentales et cliniques sur le cortex vestibulaire et sa physiologie devrait permettre de mieux appréhender la symptomatologie complexe des patients souffrant de pathologies vestibulaires périphériques et centrales et améliorera leur prise en charge médicale.

#### 5

### Remerciements et financements

Les travaux ayant conduit à ces résultats ont bénéficié d'un financement du People Programme (Marie Curie Actions) du Septième Programme-Cadre de l'Union Européenne (FP7/2007-2013) sous le numéro de contrat REA 333607 ('BODILYSELF, vestibular and multisensory investigations of bodily self-consciousness').

#### 6

### Références

- André, J.M., Martinet, N., Paysant, J., Beis, J.M., Le Chapelain, L., 2001. Temporary phantom limbs evoked by vestibular caloric stimulation in amputees. *Neuropsychiatry Neuropsychol Behav Neurol* 14, 190–6.
- Angelaki, D.E., Klier, E.M., Snyder, L.H., 2009. A vestibular sensation: probabilistic approaches to spatial perception. *Neuron* 64, 448–61.
- Banakou, D., Groten, R., Slater, M., 2013. Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 12846–12851.
- Bense, S., Stephan, T., Yousry, T.A., Brandt, T., Dieterich, M., 2001. Multisensory cortical signal increases and decreases during vestibular galvanic stimulation (fMRI). *J Neurophysiol* 85, 886–99.
- Blanke, O., Landis, T., Spinelli, L., Seeck, M., 2004. Out-of-body experience and autoscapy of neurological origin. *Brain* 127, 243–58.
- Blanke, O., Ortigue, S., Landis, T., Seeck, M., 2002. Stimulating illusory own-body perceptions. *Nature* 419, 269–70.
- Bonnier, P., 1905. L'Aschématie. *Rev Neurol Paris* 12, 605–609.
- Bottini, G., Sterzi, R., Paulesu, E., Vallar, G., Cappa, S.F., Erminio, F., Passingham, R.E., Frith, C.D., Frackowiak, R.S., 1994. Identification of the central vestibular projections in man: a positron emission tomography activation study. *Exp Brain Res* 99, 164–9.
- Botvinick, M., Cohen, J., 1998. Rubber hands “feel” touch that eyes see. *Nature* 391, 756.
- Butler, J.S., Smith, S.T., Campos, J.L., Bühlhoff, H.H., 2010. Bayesian integration of visual and vestibular signals for heading. *J. Vis.* 10, 23.
- Chen, A., DeAngelis, G.C., Angelaki, D.E., 2011a. A comparison of vestibular spatiotemporal tuning in macaque parietoinsular vestibular cortex, ventral intraparietal area, and medial superior temporal area. *J. Neurosci.* 31, 3082–3094.
- Chen, A., DeAngelis, G.C., Angelaki, D.E., 2010. Macaque parieto-insular vestibular cortex: responses to self-motion and optic flow. *J Neurosci* 30, 3022–42.
- Chen, A., DeAngelis, G.E., Angelaki, D.E., 2011b. Convergence of vestibular and visual self-motion signals in an area of the posterior sylvian fissure. *J. Neurosci.* 31, 11617–11627.
- Deroualle, D., Borel, L., Devèze, A., Lopez, C., 2015. Changing perspective: The role of vestibular signals. *Neuropsychologia* 79, 175–185.
- Dieguez, S., Mercier, M.R., Newby, N., Blanke, O., 2009. Feeling numbness for someone else's finger. *Curr Biol* 19, R1108–9.
- Dieterich, M., Bense, S., Lutz, S., Drzezga, A., Stephan, T., Bartenstein, P., Brandt, T., 2003. Dominance for vestibular cortical function in the non-dominant hemisphere. *Cereb Cortex* 13, 994–1007.



- Dieterich, M., Brandt, T., 2015. The bilateral central vestibular system: its pathways, functions, and disorders. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1343, 10–26.
- Ferrè, E.R., Bottini, G., Haggard, P., 2012. Vestibular inputs modulate somatosensory cortical processing. *Brain Struct. Funct.* 217, 859–864.
- Ferrè, E.R., Bottini, G., Iannetti, G.D., Haggard, P., 2013. The balance of feelings: vestibular modulation of bodily sensations. *Cortex* 49, 748–758.
- Ferrè, E.R., Lopez, C., Haggard, P., 2014. Anchoring the self to the body: vestibular contribution to the sense of self. *Psychol. Sci.* 25, 2106–2108.
- Gale, S., Prsa, M., Schurger, A., Gay, A., Paillard, A., Herbelin, B., Guyot, J.-P., Lopez, C., Blanke, O., 2016. Oscillatory neural responses evoked by natural vestibular stimuli in humans. *J. Neurophysiol.*, in press.
- Grüsser, O.J., Pause, M., Schreiter, U., 1990a. Localization and responses of neurones in the parieto-insular vestibular cortex of awake monkeys (*Macaca fascicularis*). *J Physiol* 430, 537–57.
- Grüsser, O.J., Pause, M., Schreiter, U., 1990b. Vestibular neurones in the parieto-insular cortex of monkeys (*Macaca fascicularis*): visual and neck receptor responses. *J Physiol* 430, 559–83.
- Guldin, W.O., Akbarian, S., Grüsser, O.J., 1992. Cortico-cortical connections and cytoarchitectonics of the primate vestibular cortex: a study in squirrel monkeys (*Saimiri sciureus*). *J Comp Neurol* 326, 375–401.
- Guldin, W.O., Grüsser, O.J., 1998. Is there a vestibular cortex? *Trends Neurosci* 21, 254–9.
- Halmagyi, G.M., Curthoys, I.S., Colebatch, J.G., Aw, S.T., 2005. Vestibular responses to sound. *Ann N Acad Sci* 1039, 54–67.
- Ionta, S., Heydrich, L., Lenggenhager, B., Mouthon, M., Fornari, E., Chapuis, D., Gassert, R., Blanke, O., 2011. Multisensory mechanisms in temporo-parietal cortex support self-location and first-person perspective. *Neuron* 70, 363–74.
- Jáuregui-Renaud, K., 2015. Vestibular function and depersonalization/derealization symptoms. *Multisensory Res.* 28, 637–651.
- Kahane, P., Hoffmann, D., Minotti, L., Berthoz, A., 2003. Reappraisal of the human vestibular cortex by cortical electrical stimulation study. *Ann Neurol* 54, 615–24.
- Le Chapelain, L., Beis, J.M., Paysant, J., Andre, J.M., 2001. Vestibular caloric stimulation evokes phantom limb illusions in patients with paraplegia. *Spinal Cord* 39, 85–7.
- Lenggenhager, B., Lopez, C., 2015. Vestibular contributions to the sense of body, self, and others, in: Metzinger, T., Windt, J.M. (Eds.), *Open MIND. MIND-Group, Frankfurt am Main*, pp. 1–38.
- Lhermitte, J., 1939. *L'image de notre corps*. Nouvelle Revue Critique, Paris.
- Lobel, E., Kleine, J.F., Le Bihan, D., Leroy-Willig, A., Berthoz, A., 1998. Functional MRI of galvanic vestibular stimulation. *J Neurophysiol* 80, 2699–709.
- Lopez, C., 2016. The vestibular system: balancing more than just the body. *Curr. Opin. Neurol.* 29, 74–83.
- Lopez, C., 2015. Making sense of the body: the role of vestibular signals. *Multisensory Res.* 28, 525–557.
- Lopez, C., 2013. A neuroscientific account of how vestibular disorders impair bodily self-consciousness. *Front. Integr. Neurosci.* 7, 91.
- Lopez, C., Blanke, O., 2011. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Res Rev* 67, 119–146.
- Lopez, C., Blanke, O., Mast, F.W., 2012a. The vestibular cortex in the human brain revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience* 212, 159–79.
- Lopez, C., Halje, P., Blanke, O., 2008. Body ownership and embodiment: Vestibular and multisensory mechanisms. *Neurophysiol Clin* 38, 149–61.
- Lopez, C., Lenggenhager, B., Blanke, O., 2010. How vestibular stimulation interacts with illusory hand ownership. *Conscious Cogn* 19, 33–47.
- Lopez, C., Schreyer, H.M., Preuss, N., Mast, F.W., 2012b. Vestibular stimulation modifies the body schema. *Neuropsychologia* 50, 1830–1837.
- Mast, F.W., Preuss, N., Hartmann, M., Grabherr, L., 2014. Spatial cognition, body representation and affective processes: the role of vestibular information beyond ocular reflexes and control of posture. *Front. Integr. Neurosci.* 8, 44.
- Mazzola, L., Lopez, C., Faillenot, I., Chouchou, F., Mauguière, F., Isnard, J., 2014. Vestibular responses to direct stimulation of the human insular cortex. *Ann. Neurol.* 76, 609–619.
- Pfeiffer, C., Lopez, C., Schmutz, V., Duenas, J.A., Martuzzi, R., Blanke, O., 2013. Multisensory origin of the subjective first-person perspective: visual, tactile, and vestibular mechanisms. *PLoS One* 8, e61751.
- Prsa, M., Gale, S., Blanke, O., 2012. Self-motion leads to mandatory cue fusion across sensory modalities. *J. Neurophysiol.* 108, 2282–2291.
- Rode, G., Vallar, G., Revol, P., Tilikete, C., Jacquin-Courtois, S., Rossetti, Y., Farnè, A., 2012. Facial macrosomatognosia and pain in a case of Wallenberg's syndrome: selective effects of vestibular and transcutaneous stimulations. *Neuropsychologia* 50, 245–253.
- Schilder, P., 1935. *The image and appearance of the human body*. International Universities Press, New York.
- Smith, A.T., Wall, M.B., Thilo, K.V., 2012. Vestibular inputs to human motion-sensitive visual cortex. *Cereb. Cortex.* 22, 1068–1077.
- Smith, P.F., Darlington, C.L., 2013. Personality changes in patients with vestibular dysfunction. *Front. Hum. Neurosci.* 7, 678.
- Smith, P.F., Zheng, Y., 2013. From ear to uncertainty: vestibular contributions to cognitive function. *Front. Integr. Neurosci.* 7, 84.
- Stiles, L., Smith, P.F., 2015. The vestibular-basal ganglia connection: balancing motor control. *Brain Res.* 1597, 180–188.
- Waespe, W., Henn, V., 1978. Conflicting visual-vestibular stimulation and vestibular nucleus activity in alert monkeys. *Exp Brain Res* 33, 203–11.
- Zu Eulenburg, P., Caspers, S., Roski, C., Eickhoff, S.B., 2012. Meta-analytical definition and functional connectivity of the human vestibular cortex. *NeuroImage* 60, 162–169.



# Dossier

## L'aréflexie vestibulaire bilatérale isolée idiopathique

**Michel TOUPET** <sup>1, 2, 3, 4</sup>  
**Charlotte HAUTEFORT** <sup>2, 4</sup>  
**Ulla DUQUESNE** <sup>2, 5</sup>  
**Christian VAN NECHEL** <sup>2, 5, 6</sup>

1. Centre d'Explorations Fonctionnelles Oto-neurologiques, Paris, France
2. Institut de Recherche Oto-Neurologique (IRON), Paris, France,
3. Service ORL, CHU Dijon, France
4. Service ORL, CHU Lariboisière, Paris, France
5. Clinique des Vertiges, Bruxelles, Belgique
6. Unité Troubles de l'Équilibre et Vertiges - CHU Brugmann - Bruxelles

Les patients atteints d'un déficit vestibulaire bilatéral présentent des symptômes si inhabituels que le diagnostic précis met des années à s'établir (en moyenne trois ans). Ces patients n'ont pas de vertige au sens habituel mais une **instabilité qui devient chronique**, sans signe auditif (ni surdité, ni acouphène, ni plénitude d'oreille) ni céphalées, ni signes neurovégétatifs. Cette instabilité est fortement majorée dans la pénombre et l'obscurité, elle est aussi présente sur un terrain difficile, caillouteux, pentu, mou (comme de marcher sur du gazon) ou tortueux (ce qui est déjà plus original). Ces patients présentent tous des **oscillopsies** : quand ils bougent la tête, volontairement ou non (lors des secousses en voiture ou en vélo sur des pavés), ils ne stabilisent plus l'image et la voient flottante et oscillante. Dans la rue, en marchant, ils ne peuvent plus lire le nom des rues, des devantures de vitrine, des magasins et, plus surprenant pour eux, ils ne reconnaissent plus les visages des gens connus s'ils ne s'arrêtent pas pour immobiliser leur tête et leur vision. <sup>1, 8, 9, 10</sup>

Le diagnostic objectif repose sur la confirmation du **déficit vestibulaire bilatéral** : peu ou aucune réponse aux épreuves vestibulaires caloriques et rotatoires (inférieure à 20°/sec pour la somme des vitesses maximales des phases lentes des nystagmus provoqué par les 4 stimulations caloriques (gauche et droite, 30 et 44°C)) <sup>9</sup>. Cette définition ne tient malheureusement pas compte des réponses aux nouveaux tests otolithiques et aux tests canaux à haute vitesse.

### Les étiologies des déficits vestibulaires bilatéraux

Pour Rinne et al 1995, (n=53)

**Idiopathique : 11 patients (21%),**  
**Ototoxicité, principalement à la gentamicine : 9 patients (17%)**  
**Post-méningite : 6 patients (11%)**  
**Neuropathies 5 patients (9%).**  
**Maladies auto-immunes : 5 patients (9%) ;**  
**Diverses causes neurologiques (dont certaines dégénérescences cérébelleuses),**  
**NF2 : 10 patients (20%).**  
**Le reste est inclassable.**

L'historique de ces symptômes, essentiels au diagnostic, permet de dater l'apparition de la maladie, d'en mesurer l'évolution et d'apprécier les répercussions dans la vie de nos patients.

À l'annonce diagnostique, le médecin doit rester prudent face au malade sur la capacité d'amélioration de son équilibration. L'aide est surtout psychologique, car même

si toutes les sortes de rééducations vestibulaires sont utiles aux patients atteints d'un déficit vestibulaire unilatéral; dans l'atteinte bilatérale, elle est toujours décevante du point de vue du malade <sup>3</sup>.

Aucun traitement médicamenteux ne les améliore sauf dans les rares cas où une cause est retrouvée (dans les maladies auto immunes par exemple). Il faut donc aider les patients à affronter ce verdict et ce n'est pas chose facile. Une fois le deuil accepté, comme un patient devenu aveugle, une reconversion lente doit s'opérer.

Voici la synthèse de plusieurs journées d'entretien avec 15 patients aréflexiques vestibulaires bilatéraux idiopathiques, au cours d'un suivi de presque 10 ans:

Après l'annonce du diagnostic, leur adaptation s'est faite très progressivement et ils n'ont pas eu l'impression que leur trouble de l'équilibre s'aggrave malgré les années. Néanmoins ils craignent tous que le vieillissement n'augmente leurs difficultés. Les médicaments antivertigineux classiques (Leucine, bétahistine) ont été inefficaces et la rééducation vestibulaire ne les a que moyennement améliorés. Leur gêne est surtout importante dans l'exercice de leur profession et de leurs loisirs [5]. Leurs symptômes sont essentiellement aggravés par la fatigue physique, les émotions et le stress professionnel. C'est pour cela que leur handicap varie selon les moments de la journée et est surtout présent en soirée. La gêne lors des mouvements de tête est le plus souvent bien acceptée par les patients. Elle devient surtout invalidante lorsqu'elle est associée à d'autres perturbations sensorielles. Le meilleur exemple est leur difficulté partagée à partir à la cueillette des champignons : tête baissée, dans la pénombre des sous-bois et sur un sol meuble. Dès que la vision ou la somesthésie sont malmenées, la gêne des patients devient alors un handicap. Ainsi l'éclairage au sol d'un cinéma est très perturbant, ou l'éclairage directionnel des lieux d'expositions ou des supermarchés. De la même manière, la natation et la plongée deviennent des sports dangereux. Déjà gênés sur le bord de la plage par la perte de repères visuels, les patients perdent complètement leurs repères somesthésiques lorsqu'ils mettent les pieds dans les vagues, la situation devient alors très problématique et l'aide d'une tierce personne est souvent nécessaire pour sortir de l'eau <sup>3</sup>.

La conduite automobile fait aussi partie des activités difficiles à réaliser pour les patients aréflexiques, surtout lorsque les informations visuelles sont perturbées (par temps de pluie, à la tombée de la nuit, avec un soleil de face ou par temps de brouillard) ou lorsque le revêtement des routes est irrégulier. Philippe, 74 ans, nous raconte qu'il n'a aucune difficulté sur autoroute quand le revêtement est parfait comme un billard. Sa gêne survient dès que la route est mal entretenue, avec des aspérités ; dans cette situation, les secousses de la voiture, même minimales, perturbent son équilibre vertical et déclenchent des oscillopsies et un flou visuel très



invalidant. De même, la conduite du vélo ou d'une moto est très difficile, particulièrement avec un passager ou un bagage à l'arrière (le sens de l'équilibre est alors perturbé par le contrôle musculaire inhabituel). « A vélo, si une moto ou une voiture risque de me passer trop près, je m'arrête de pédaler, j'attends que ça passe » nous dit Claudie. De son côté, Marie accélère quand elle doit doubler pour mieux contrôler : « je suis mieux dans la vitesse, dans l'action, que passive ». Chacun a du développer sa propre stratégie pour mieux s'adapter aux situations devenues périlleuses.

Avec le temps, tous nos patients se trouvent améliorés par **l'acceptation psychologique de ce déficit** : une sorte d'habitude. De même, la pratique régulière d'une activité physique les améliore, plus que la prise de médicament ou que la rééducation vestibulaire. Ils ont trouvé petit à petit des trucs et astuces pour aller mieux et les partagent entre eux au sein d'une association (l'Association Française des Vestibulopathies Bilatérales Idiopathiques). Parmi tous ces handicaps, il y a eu un bénéfice : ils ont moins le mal de mer !

## Conclusion

La perte des deux vestibules est un handicap sensoriel très invalidant mais non reconnu. Pourtant les patients présentant un déficit vestibulaire bilatéral doivent se résoudre à « une vie à petite vitesse » pour diminuer le flottement visuel et l'instabilité majorée par l'obscurité et les sols trompeurs. L'association de patients présentant un déficit vestibulaire bilatéral idiopathique (ils sont environ 30 aujourd'hui), a permis à ses membres de se rendre compte qu'ils n'étaient pas tout seuls à présenter cette affection rare, sans doute sous diagnostiquée et sous-estimée.

## Références

1. Baloh RW, Jacobson K, Honrubia V. Idiopathic bilateral vestibulopathy. *Neurology*. 1989;39:272-5.
2. Bessot N, Denise P, Toupet M, Van Nechel C, Chavoix C. Interference between walking and a cognitive task is increased in patients with bilateral vestibular loss; *Gait Posture*. 2012;36:319-21. doi: 10.1016/j.gaitpost.2012.02.021. Epub 2012 Mar 31.
3. Brandt T. Vertigo: its multisensory syndromes. Chapter 8: *Bilateral Vestibulopathy*, 2nd ed. London: Springer; 1999.
4. Demougeot L, Toupet M, Van Nechel C, Papaxanthis C. Action representation in patients with bilateral vestibular impairments. *PLoS One*. 2011;6(10):e26764. doi: 10.1371/journal.pone.0026764. Epub 2011 Oct 24
5. Guinand N, Boselie F, Guyot JP, Kingma H. Quality of life of patients with bilateral vestibulopathy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2012 Jul;121(7):471-7
6. Kapoula Z, Gaertner C, Yang Q, Denise P, Toupet M. Vergence and Standing Balance in Subjects with Idiopathic Bilateral Loss of Vestibular Function. *PLoS One*. 2013 Jun 18;8(6):e66652. Print 2013
7. Möller C, Odkvist LM. The plasticity of compensatory eye movements in bilateral vestibular loss. A study with low and high frequency rotatory tests. *Acta Otolaryngol*. 1989;108:345-54
8. Rinne T, Bronstein AM, Rudge P, Gresty MA, Luxon LM. Bilateral loss of vestibular function. *Acta Otolaryngol Suppl*. 1995;520 Pt 2:247-50.
9. Sargent EW, Goebel JA, Hanson JM, Beck DL. Idiopathic bilateral vestibular loss. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 1997;116:157-62.
10. Vibert D, Liard P, Häusler R. Bilateral idiopathic loss of peripheral vestibular function with normal hearing. *Acta Otolaryngol*. 1995;115:611-5



# Dossier

## Développement d'un implant vestibulaire : de belles promesses... et des questions

Jean-Philippe GUYOT <sup>1</sup>  
 Angelica PEREZ FORNOS <sup>1</sup>  
 Nils GUINAND <sup>1</sup>  
 Aymond van de BERG <sup>2</sup>  
 Robert STOKROOS <sup>2</sup>  
 Herman KINGMA <sup>2</sup>

1. Département des Neurosciences cliniques  
 Service d'Oto-rhinolaryngologie et de Chirurgie cervico-faciale  
 Hôpitaux Universitaires de Genève.

2. Division of Balance Disorders,  
 Department of ENT  
 Maastricht University Medical Center,  
 Maastricht, The Netherlands

### Résumé

Les patients souffrant d'un déficit vestibulaire bilatéral rencontrent toutes sortes de difficultés à être compris des médecins pour aboutir enfin à un diagnostic. Puis ils doivent bien admettre qu'aucun traitement n'existe et que la physiothérapie n'apporte qu'un bénéfice très limité. Sur un principe comparable à celui de l'implant cochléaire, quelques équipes travaillent au développement d'un implant vestibulaire fait de capteurs de mouvements, d'un processeur électronique transformant les informations en signaux électriques et d'électrodes implantées à proximité des branches du nerf vestibulaire innervant les canaux semi-circulaires. Aujourd'hui, seule l'équipe européenne Genève-Maastricht a conduit des expériences chez l'homme. Cet article survole les étapes franchies et les résultats obtenus en laboratoire chez les 12 patients implantés jusqu'à ce jour.

### 1 Introduction

**1.1.** Au même titre que certains sujets perdent l'audition ou la vision, d'autres perdent la fonction vestibulaire, des 2 côtés et ce, sans nécessairement souffrir d'un autre déficit. La possibilité de perdre ce 6<sup>ème</sup> sens est mal connue du public et souvent même des médecins. Pourquoi ? Parce que nous ne sommes conscients de l'existence du « sens vestibulaire » que lorsqu'il dysfonctionne, causant un 'vertige', un « déséquilibre », un état « pseudo-ébrio ». Or, aucun de ces termes ne fait allusion à l'organe défaillant, comme ceux de surdité ou cécité, allusions claires à l'oreille et à l'œil. Certes, en cas de déficit vestibulaire unilatéral soudain, les troubles sont alarmants pour le malade et les symptômes faciles à reconnaître pour le médecin. Par contre, en cas de déficit vestibulaire bilatéral progressif, mode d'installation de la plupart des déficits sensoriels, les patients ont toutes les peines du monde à comprendre ce qui leur arrive et à se faire comprendre des médecins. Une étude récente de 19 patients a révélé que le délai moyen entre les premiers symptômes et le diagnostic était supérieur à 2 ans et demi et que les patients devaient consulter plus de 7 médecins, ORL, ophtalmologues, neurologues, psychiatres, endocrinologues, etc. pour aboutir à un diagnostic [Miffon & Guyot, 2015]!

**1.2.** Malheureusement, en dehors de la physiothérapie vestibulaire dont le bénéfice est relativement faible [Zingler et al., 2007], aucun traitement n'existe. Au vu de ceci, des équipes travaillent au développement de prothèses de substitution, remplaçant l'information vestibulaire défectueuse par des stimuli tactiles ou acoustiques [Hegeman et al., 2005; Janssen et al., 2012]. D'autres développent un 'implant vestibulaire' dans un concept comparable à celui de l'implant cochléaire pour restituer l'audition en cas de surdité profonde. Cette neuro-prothèse est faite de capteurs de mouvements fixés à la tête des patients et d'un

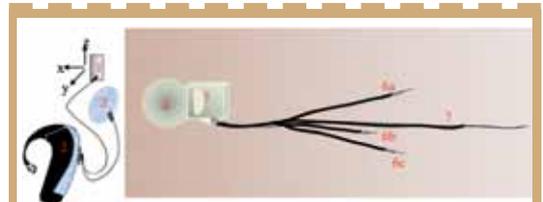
processeur électronique transformant les informations en stimuli électriques transmis au cerveau via des électrodes implantées dans ou proches de l'appareil vestibulaire. Cet article rapporte les résultats obtenus jusqu'ici en laboratoire chez l'homme. Aujourd'hui, le projet ne vise qu'à restituer la seule fonction canalaire sans l'objectif de restaurer la fonction otolithique.

### 2 Matériel et méthode

**2.1.** Actuellement, 12 patients souffrant d'un déficit vestibulaire total bilatéral et ayant au moins une oreille sourde ont reçu un prototype d'implant vestibulaire, un implant cochléaire Med El® modifié dont 1, 2 ou 3 électrodes sont retirées du faisceau destiné à la cochlée et utilisées pour stimuler l'appareil vestibulaire (Figure 1). Les critères d'inclusion des patients [Guinand et al., 2015], les approches chirurgicales extra-labyrinthiques dans lesquelles les électrodes sont placées au contact des branches du nerf vestibulaire à leur émergence de l'ampoule du canal semi-circulaire postérieur [Kos et al., 2006] et latéral [Feigl et al., 2009], ou intra-labyrinthiques, avec des électrodes dans chacune des 3 ampoules [van de Berg et al., 2012], ont été décrites dans des rapports antérieurs (Figure 2). Une seule oreille est implantée, l'oreille sourde.

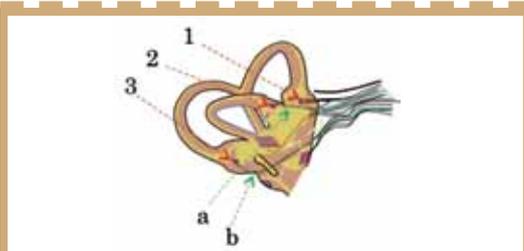
**2.2.** Pour imiter la physiologie vestibulaire, une fois les électrodes implantées, il faut restituer une activité électrique constante dans le système vestibulaire. Les caractéristiques de la stimulation (figure 3 et 4) ont été publiées précédemment [Guyot et al., 2011b]. Au cours de cette étape, on demande aux patients de décrire leurs sensations.

**2.3.** Une fois que les patients se sont adaptés à cette stimulation de base, des capteurs de mouvements sont fixés sur leur tête, capteurs qui modulent en amplitude l'activité



Dessin : Jean-Philippe Guyot

Figure 1 : L'implant vestibulaire est fait de 2 parties, l'une externe, avec un capteur de mouvements (1) fixé sur la tête du patient, un processeur électronique (2) transformant les informations en signaux électriques et un émetteur (3) qui envoie l'information à la partie implantée faite d'un récepteur (4), d'un stimulateur (5) et d'électrodes implantées au contact des branches du nerf vestibulaire (6a, b, c) retirées du faisceau destiné à la cochlée (7). Cet implant cochléaire modifié est fourni par Med El®. Une interface a été développée pour faire piloter l'implant cochléaire par un capteur de mouvements [Geneva University Hospitals: Device and method for electrical stimulation of neural or muscular tissue. European patent application EP13153300.2. 2013-01-30].



Dessin : Jean-Philippe Guyot

Figure 2 : Deux approches chirurgicales sont utilisées : une approche extra-labyrinthique dans laquelle une électrode est placée au contact de la branche du nerf vestibulaire émergeant de l'ampoule du canal semi-circulaire latéral (a) et une deuxième au contact de celle émergeant du canal postérieur (b) et une approche intra-labyrinthique avec une électrode dans chacune des 3 ampoules (1, 2, 3). L'approche extra-labyrinthique devrait limiter le risque de déficit auditif consécutif à l'ouverture de l'oreille interne. La stimulation de deux canaux, un horizontal et un vertical devrait être suffisante pour générer des réflexes vestibulaires utiles cliniquement.

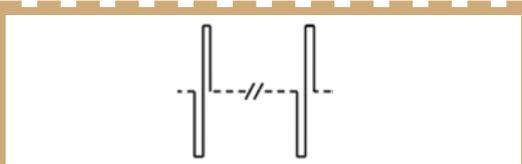
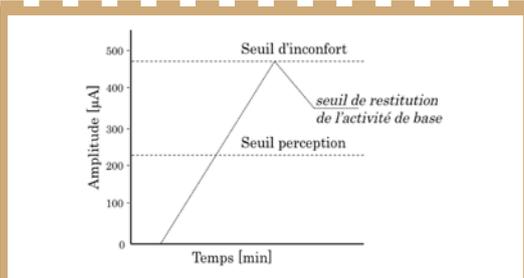


Figure 3 : La stimulation électrique consiste en un courant bi-phasique de 400  $\mu$ s par phase délivré à une fréquence de 200 impulsions par seconde.



Dessin : Jean-Philippe Guyot

Figure 4 : Au début des expériences, l'intensité de la stimulation électrique est progressivement augmentée. Le seuil de perception correspond à l'intensité à laquelle le patient perçoit 'quelque chose'. L'intensité du stimulus est augmentée jusqu'à l'apparition d'un inconfort ou d'une stimulation du nerf facial. Arbitrairement, nous avons placé l'intensité de l'activité de base au milieu de cette plage dynamique.

électrique de base en fonction de la vitesse et du sens de rotation de la tête [Guyot et al., 2011b]. Une interface a été développée pour que l'implant cochléaire réponde aux informations provenant des capteurs de mouvements [Geneva University Hospitals: Device and method for electrical stimulation of neural or muscular tissue. European patent application EP13153300.2. 2013-01-30].

**2.4.** Le réflexe vestibulo-oculaire étant le réflexe vestibulaire le plus facile à observer et à quantifier, il est le principal paramètre mesuré dans nos expériences, par vidéo-nystagmographie 2D.

**2.5.** A la fin des expériences, l'activité de base est stoppée. Seule la partie de l'implant cochléaire est mise en fonction.

### 3 Résultats et discussion

**3.1.** Il ne s'agit encore que de résultats de laboratoire ; aucun patient utilise l'implant vestibulaire dans la vie quotidienne. Aujourd'hui, 12 patients sont équipés d'un implant cochléaire modifiée avec une électrode au contact du nerf ampullaire postérieur dans 4 cas, une électrode au contact du nerf ampullaire postérieur et du nerf ampullaire latéral dans 1 cas et une électrode dans chacune des 3 ampoules dans 7 cas. Au total, 27 électrodes peuvent donc être stimulées.

**3.2.** Nous avons commencé par reproduire chez l'homme les résultats obtenus chez le singe plus de 40 ans auparavant par Cohen et Suzuki, à savoir générer des réponses nystagmiques dans le plan du canal semi-circulaire excité par stimulations électriques [Wall et al., 2007 ; Guyot et al., 2011a].

3.2.1. La deuxième étape a consisté à rétablir une activité électrique constante dans le système vestibulaire qui puisse être, par la suite, modulée pour reproduire les réflexes vestibulaires [Guyot et al., 2011a ; Guyot et al., 2012]. Nous avons alors été très surpris de constater que les sujets s'adaptent beaucoup plus vite que les animaux [Merfeld et al., 2006] à la restitution ainsi qu'à l'arrêt de cette stimulation alors qu'on s'attendait à ce qu'ils souffrent de troubles équivalents à ceux d'une perte subite unilatérale de la fonction vestibulaire chez un sujet jusque là sain, mais de direction opposée, lors de la mise en fonction du système et de troubles parfaitement identiques à ceux d'un déficit vestibulaire aigu à l'arrêt de la stimulation. Le fait que les troubles soient mineurs et d'une durée maximale de 30 minutes permet d'envisager le développement d'une neuro-prothèse que le patient pourra enclencher et déclencher à souhait, sans désagrément, par exemple le soir au coucher, pour prendre un bain, etc. Les efforts fournis par certaines équipes à développer un système étanche à l'eau et pouvant fonctionner 24 heures sur 24 sont donc inutiles [Rahman et al., 2011], ce d'autant plus qu'une restitution progressive de l'activité de base, en environ 5 minutes, ne provoque aucun trouble [Guyot et al., 2012].

3.2.2. Cette capacité d'adaptation à la restitution du 'tonus' de base et à son arrêt brutal une fois les expériences terminées soulève aussi la question de savoir pourquoi les patients souffrant d'un déficit vestibulaire unilatéral aigu présentent, eux, un très important vertige pendant plusieurs jours !

3.2.3. Lors de la restitution de l'activité électrique dans le système vestibulaire, nous avons été surpris par les

difficultés qu'avaient les patients à décrire ce qu'ils ressentait. Nous nous attendions à ce qu'ils perçoivent un vertige rotatoire. Or, cette description n'est rapportée que par un seul patient, lors de la stimulation du seul nerf ampullaire postérieur. Un autre rapporte une sensation vague de tournoiement à la stimulation du canal latéral et du supérieur ; il ne ressent rien à celle du canal postérieur. Enfin, un patient décrit un tournoiement à la stimulation du canal postérieur et perçoit un son à la stimulation des 2 autres. Autrement dit, seule la stimulation de 4 des 27 électrodes produit une sensation de vertige (1 électrode) ou de « vague » tournoiement (3 électrodes). Plus surprenant encore, la stimulation de 2 électrodes ne provoque aucune sensation. A la stimulation des autres électrodes, les patients rapportent la perception d'un son (n = 8), d'un chatouillement (n = 5) ou une sensation indescriptible, un courant, une aiguille dans l'oreille, une vibration. L'un d'eux parle d'un sentiment qu'il avait connu dans l'enfance, sans pouvoir donner d'autres précisions. Fait-il allusion aux vertiges que beaucoup d'enfants adorent se déclencher par toutes sortes d'activités physiques ?

3.2.4. A partir de cette observation, on conçoit bien pourquoi l'anamnèse d'un patient souffrant d'un trouble vestibulaire est souvent difficile, le patient racontant de « drôles d'histoires » [Guyot, 2012]. Il apparaît aussi que la notion de « vrai » vertige, pour désigner le vertige rotatoire (comme si existaient de 'faux' vertiges) est totalement erronée [Guyot et al., 2005].

3.2.5. Il apparaît aussi que le seuil de stimulation auquel le patient ressent « quelque chose » est inférieur à celui nécessaire à générer un signe objectivable, un nystagmus en l'occurrence. Ceci souligne que l'absence de nystagmus chez un patient vertigineux, même en phase aiguë, ne permet pas d'exclure une atteinte vestibulaire périphérique à ses troubles, comme l'illustrent d'ailleurs des cas rapportés de vertige paroxystique périphérique bénin sans nystagmus à la manœuvre de Hallpike [Tirelli et al., 2001]. L'un d'eux a vu ses troubles disparaître immédiatement après section du nerf ampullaire postérieur, démontrant clairement que les vertiges n'avaient pas d'autre origine [Pourmaras et al., 2008].

3.3. Physiologiquement, le potentiel électrique de l'oreille interne est à l'origine de 90 potentiels d'action par seconde dans les fibres de type I du nerf vestibulaire. Les réflexes sont générés par une modulation en fréquence de cette activité, le nombre de décharges augmentant ou diminuant en fonction de la vitesse et de la direction des mouvements de la tête. Nous avons pu reproduire cet élément mais avons observé qu'une modulation du signal électrique en intensité produisait des réflexes de plus grande ampleur [Guyot et al., 2011b]. Puisque les électrodes sont à quelque distance du nerf stimulé, une modulation en fréquence stimule toujours le même nombre de fibres alors qu'une modulation en intensité stimule un nombre d'autant plus important que l'intensité de stimulation est grande. Avec cette approche, nous avons prouvé qu'il était possible de restituer, au moins partiellement, la fonction vestibulaire comme le démontre la restitution d'un réflexe vestibulo-oculaire avec un gain proche de 1 [Perez-Fornos et al., 2014].

3.4. Aujourd'hui, nous sommes en train de démontrer que les réflexes vestibulaires artificiellement restitués, en particulier les réflexes vestibulo-oculaire et vestibulo-colique sont suffisants pour redonner une acuité visuelle normale aux patients lors de la marche. Ces résultats doivent encore être affinés avant d'être publiés. Cette démonstration sera importante puisqu'une des plaintes principales des patients souffrant d'un déficit vestibulaire bilatéral sont des oscillopsies, un flou visuel à la marche les obligeant à s'arrêter pour reconnaître les personnes qui viennent à leur rencontre. Corriger ce trouble sera la démonstration d'un réel bénéfice clinique de l'implant vestibulaire.

## 4

## Conclusion

**4.1.** Les résultats obtenus chez nos 12 « patients-cobayes » sont très encourageants. Il nous semble raisonnable d'espérer une application clinique d'une neuro-prothèse vestibulaire d'ici 4 à 5 ans.

**4.2.** Ce développement permet aussi d'étudier la fonction de l'équilibre d'une manière totalement novatrice, non plus en observant les signes et symptômes résultant d'une anomalie fonctionnelle ou d'un déficit mais en restituant la fonction. Il en résulte des surprises comme la rapidité d'adaptation des humains à la restitution du tonus vestibulaire, les difficultés des patients à décrire leur perception de la stimulation, la grande différence entre les seuils de stimulation nécessaires à déclencher une perception subjective et ceux nécessaires à produire un signe objectivable. Il sera passionnant de répondre aux questions que ces observations soulèvent.

## 5

## Références

- Cohen B, Suzuki JI. Eye movements induced by ampullary nerve stimulation. *Am J Physiol* 1963 ; 204 : 347-351.
- Feigl GC, Fasel JH, Anderhuber F, Ulz H, Rienmüller R, Guyot JPh, Kos I. Superior vestibular neurectomy : a novel transmeatal approach for a denervation of the superior and lateral semicircular canals. *Otol Neurotol* 2009 ; 30 : 586-591.
- Guinand N, van de Berg R, Cavuscens S, Stokroos R, Ranieri M, Pelizzone M, Kingma H, Guyot JPh, Perez-Fornos A. Vestibular implants: 8 years of experience with electrical stimulation of the vestibular nerve in 11 patients with bilateral vestibular loss. *J ORL* 2015 ; 77 : 227-240.
- Guyot JPh, Crescentino V, Liard P, Maire R. «Vrai» ou «faux» vertige : une vraie ou fausse question ? *Rev Med Suisse* 2005 ; 1 : 2405-2409.
- Guyot JPh, Sigrist A, Pelizzone M, Feigl GC, Kos MI. Eye movements in response to electric stimulation of the lateral and superior ampullary nerves. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2011a ; 120 : 81-87.
- Guyot JPh, Sigrist A, Pelizzone M, Kos MI. Adaptation to steady-state electrical stimulation of the vestibular system in the human. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2011b ; 120 : 143-9.
- Guyot JPh, Gay A, Kos MI, Pelizzone M. Ethical, anatomical and physiological issues in developing vestibular implants for human use. *J Vest Res* 2012 ; 22 : 3-9.
- Guyot JPh. Les étranges histoires des patients ... et de leurs docteurs dans le tourbillon du Ménière. *Rev Med Suisse* 2012 ; 8 : 1872-1875.
- Hegeman J, Honegger F, Kupper M, Allum JH. The balance control of bilateral peripheral vestibular loss subjects and its improvement with auditory prosthetic feedback. *J Vestib Res* 2005 ; 15 : 109-17.
- Janssen M, Pas R, Aarts J, Janssen-Potten Y, Vlies H, Nabuurs C, van Lummel R, Stokroos R, Kingma H. Clinical observational gait analysis to evaluate improvement of balance during gait with vibrotactile biofeedback. *Physiother Res Int* 2012 ; 17 : 4-11.
- Kós MI, Feigl G, Anderhuber F, Wall C, Fasel JHD, Guyot JPh. Transcranial approach to the singular nerve. *Otol Neurotol* 2006 ; 27 : 542-546.
- Merfeld DM, Gong W, Morrissey J, Saginaw M, Haburcakova C, Lewis RF. Acclimation to chronic constant-rate peripheral stimulation provided by a vestibular prosthesis. *IEEE Trans Biomed Eng* 2006 ; 53 : 2362-2372 .
- Miffon M, Guyot JPh. Difficulties faced by patients suffering from a total, bilateral vestibular loss. *ORL* 2015 ; 77 : 241-247.
- Perez Fornos A, Guinand N, Van De Berg R et al. Artificial balance: restoration of the vestibulo-ocular reflex in humans with a prototype vestibular neuroprosthesis. *Frontiers in Neuro-Otology* 2014 ; 10.3389.
- Pourmaras I, Kos I, Guyot JPh. Benign paroxysmal positional vertigo: a series of 8 singular neurectomies. *Acta Oto-Laryngologica* 2008 ; 1128 : 5-8.
- Rahman MA, Dai C, Fridman GY, Davidovics NS, Chiang B, Ahn J, Hayden R, Melvin TA, Sun DQ, Hedjoudje A, Della Santina CC. Restoring the 3D vestibulo-ocular reflex via electrical stimulation: the Johns Hopkins multichannel vestibular prosthesis project. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2011 ; 2011 : 3142-3145.
- Tirelli G, D'Orlando E, Giacommarra V, Russolo M. Benign positional vertigo without detectable nystagmus. *Laryngoscope* 2001 ; 111 : 1053-1056.
- van de Berg R, Guinand N, Guyot JPh, Kingma H, Stokroos RJ. The modified ampullar approach for vestibular implant surgery: feasibility and its first application in a human with a long-term vestibular loss. *Frontiers in Neuro-Otology* 2012 ; 3 : 18.
- Wall C, Kos MI, Guyot JPh. Eye Movements in response to electric stimulation of the human posterior ampullary nerve. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2007 ; 116 : 369-374.
- Zingler VC, Cnyrim C, Jahn K, Weintz E, Fernbacher J, Frenzel C, Brandt T, Strupp M. Causative factors and epidemiology of bilateral vestibulopathy in 255 patients. *Ann Neurol* 2007 ; 61 : 524-532.

# Dossier

## La rééducation vestibulaire pour les nuls



Les déficits et dysfonctionnements du système vestibulaire sont d'origine multifactorielle. On peut schématiquement distinguer des affections liées à l'âge (vieillesse normale ou pathologique), des pathologies spécifiques du système vestibulaire (maladie de Ménière, névrite vestibulaire, vertige positionnel paroxystique bénin), ou encore des atteintes ototoxiques de l'oreille interne (gentamycine). Comme tout système sensoriel, le labyrinthe périphérique vieillit (perte de cellules sensorielles et de neurones vestibulaires primaires), et les répercussions sur le contrôle de l'équilibre et la stabilisation du regard se traduisent chez la personne âgée par des oscillopsies et des chutes dont les conséquences sont graves tant au plan personnel (perte de l'autonomie) qu'au plan sociétal (coût socio-économique). Les pathologies vestibulaires comme les déficits liés à des intoxications médicamenteuses aboutissent au même tableau clinique associant déficits sensorimoteurs (instabilité posturale, défaut de stabilisation du regard), perceptifs (vertige, modification de la verticale perçue) et cognitifs (altération de la navigation spatiale). Survenant chez un sujet jeune, la qualité de vie s'en trouve fortement altérée, à l'origine d'arrêts de travail fréquents, de l'impossibilité de conduire automobile, d'anxiété, voire de dépression. Les conséquences de ces pathologies vestibulaires sont accrues chez la personne âgée qui voit son autonomie se réduire.

1

### Pourquoi faire une rééducation vestibulaire ?

Les conséquences souvent dramatiques d'un déficit vestibulaire sont fort heureusement corrigées par la mise en oeuvre d'un processus spontané de récupération comportementale communément appelé «compensation vestibulaire», qui traduit cette propriété fondamentale du système nerveux central à se réorganiser structurellement et fonctionnellement suite à des atteintes de son intégrité anatomo-fonctionnelle (cf Lacour et al., 2015, pour revue). Pourquoi envisager alors une Rééducation Vestibulaire ?

Les raisons sont multiples. D'abord, la récupération spontanée n'est pas optimale dans nombre de cas. Certains patients peuvent accorder un poids trop important à une modalité sensorielle se substituant à l'information vestibulaire manquante. La dépendance visuelle (ou le vertige visuel) en est une illustration, les sujets éprouvant gêne, instabilité et vertige dans des environnements comportant des informations visuelles de mouvement trop intenses (supermarchés, circulation en ville, ...). Des patients peuvent également développer des stratégies comportementales d'évitement qui ne sont pas appropriées aux conditions de vie quotidienne. Il est donc nécessaire de corriger ces stratégies mal adaptées, et de les remplacer par de nouveaux modes opératoires. C'est l'un des objectifs du rééducateur vestibulaire.

En second lieu, les modèles animaux ont clairement mis en évidence la possibilité d'accélérer les processus de compensation en général soit par voie pharmacologique (Soto et Vega, 2010) comme par le biais de l'exercice et du ré-entraînement (Merzenich et al., 2014). Des interactions fortes existent en effet entre les mécanismes de compensation vestibulaire et les thérapies de rééducation (Lacour, 2006 ; Lacour et Bernard-Demanze, 2015). Booster la récupération fonctionnelle et raccourcir la constance de temps de la compensation spontanée est un second objectif du rééducateur vestibulaire. Souvent, la peur et l'anxiété sont des paramètres qui freinent la récupération, qui limitent le niveau final de compensation, réduisant ainsi la qualité de vie des patients. La rééducation permet de pousser les limites du patient et de retrouver plus rapidement de meilleures performances et une bonne qualité de vie.

Enfin, une étude récente effectuée aux Etats Unis d'Amérique a montré que 85% des individus de plus de 80 ans présentaient des dysfonctions vestibulaires qui en faisaient des chuteurs potentiels (Agrawal et al., 2009). Cette proportion était déjà de 40% chez les moins de 40 ans. La prévention de la chute doit être un sujet majeur de préoccupation pour nos sociétés modernes qui voient l'espérance de vie s'accroître régulièrement d'année en année. La rééducation vestibulaire permettrait non seulement de corriger ces déficits, mais aussi de les prévenir.

2

### Quand et comment faire une rééducation vestibulaire ?

Le concept de rééducation vestibulaire (RV) remonte à la moitié du XXème siècle quand deux praticiens britanniques développèrent des exercices de rééducation à visée thérapeutique pour les soldats atteints de graves blessures pendant la seconde guerre mondiale (Cawthorne, 1944 ; Cawthorne et Cooksey, 1946). La rééducation vestibulaire fut développée par la suite par différentes écoles aux Etats Unis (Herdman, 2007 ; Balaban et al., 2012) et en Europe (Brandt et Daroff, 1980 ; Norré et Becker, 1988 ; Cohen, 2006), donnant lieu à des protocoles thérapeutiques variés incluant des exercices à faire régulièrement chez soi ou à des programmes basés sur des épreuves instrumentales effectuées en cabinet.

L'efficacité d'une RV n'est pas aisée à évaluer car elle peut reposer sur des auto-évaluations (questionnaires) qui restent toujours subjectives, témoignant ou non d'un retour à une bonne qualité de vie, ou sur des mesures objectives et quantifiées qui ne sont pas toujours en bonne adéquation avec les performances de la vie quotidienne. Des bases de données récentes (Cochrane Database) indiquent cependant qu'« il y a une preuve modérée à forte que la rééducation vestibulaire est une thérapie efficace et sans risque du traitement des dysfonctions vestibulaires périphériques

**Michel LACOUR**<sup>1</sup>  
**Laurence BERNARD-DEMANZE**<sup>1,2</sup>

1. Laboratoire de Neurobiologie Intégrative et Adaptative, UMR 7260 CNRS / Université Aix-Marseille, Fédération de Recherche 3C, Centre de St Charles, 3 Place Victor Hugo 13331 Marseille Cedex 003, France
2. Service d'ORL et Chirurgie de la Face et du Cou, Assistance Publique Hôpitaux de Marseille, CHU Conception, Marseille, France

Corresponding author:  
Michel.lacour@univ-amu.fr

unilatérales », affirmation basée sur des études cliniques randomisées et contrôlées de haute qualité (Hiller et McDonnell, 2007, 2011).

La véracité de cette assertion implique cependant qu'un certain nombre de principes soit respecté. C'est ce que nous avons résumé dans une publication récente comme étant les « 10 recommandations pour une récupération fonctionnelle optimale » du patient vertigineux et instable (Lacour et Bernard-Demanze, 2015). Cette synthèse est le fruit de 40 ans de travaux sur des modèles animaux, de 30 années de collaboration avec des ORL et d'exams de patients vestibulaires, d'un continuel aller-retour de la recherche fondamentale à la recherche clinique, et vice versa, et d'un dialogue constant avec les professionnels du vertige, dont en premier lieu les rééducateurs vestibulaires. Les recommandations que nous avons proposées ne constituent pas un catalogue de recettes mais des principes de base essentiels, pour la plupart issus des dernières découvertes sur la plasticité cérébrale, qui apportent des réponses aux principales questions que peuvent se poser des praticiens :

- Quand démarrer la RV ?
- Existe-t-il une fenêtre temporelle critique pour la RV ?
- Quel type de RV et durant quel laps de temps ?
- Pourquoi une RV personnalisée ?
- Quel rôle pour la motivation ? le stress et l'anxiété ? ...

## 1. La RV doit privilégier des exercices actifs

Ce que nous apprennent les Neurosciences modernes est que le cerveau est plastique à tout âge, c'est-à-dire qu'il peut se réorganiser structurellement et fonctionnellement suite à des atteintes de son intégrité anatomo-fonctionnelle comme à des modifications du contexte environnemental. Mais le fait majeur mis en lumière au cours de ces dernières décades est que ces réorganisations sont expérience-dépendantes (cf Merzenick et al., 2014), et que le cerveau doit être impliqué comportementalement pour que le principe Hebbien de plasticité neuronale s'applique. Cette condition est remplie totalement lorsque le sujet est actif. Nous avons été les premiers à démontrer sur des modèles animaux (Lacour et al., 1976, singe ; Xerri et Lacour, 1980, chat) que l'absence d'activité gelait le démarrage de la compensation vestibulaire, retardait la récupération comportementale et réduisait la qualité finale de la compensation. Et inversement que l'activité sensorimotrice et l'entraînement accélèrent la récupération fonctionnelle.

Ces travaux pionniers ont contribué au développement de la RV en France comme à l'étranger. Ils soulignent le rôle important des informations sensorielles issues du mouvement actif (feedback) et des informations motrices associées au mouvement actif (décharge corollaire, feedforward) pour la recalibration des fonctions vestibulaires. Plus généralement, ils montrent le rôle capital des interactions dynamiques entre le sujet et son environnement dans l'établissement des réorganisations fonctionnelles du système nerveux central.

## 2. La RV doit être effectuée précocement

La plasticité neuronale expérience-dépendante a été largement démontrée chez l'animal au cours des périodes sensibles de son développement. En est-il de même après une lésion nerveuse ? Existe-t-il une période post-lésionnelle sensible comme il existe des périodes post-natales critiques bien mises en évidence par les Prix

Nobel de Médecine et Physiologie Hubel et Wiesel (1965) ?

Nous avons fourni la 1ère réponse positive à ce questionnement en pratiquant des neurectomies vestibulaires unilatérales chez le chat et en soumettant ces animaux à des privations sensorimotrices appliquées à différents moments post-lésionnels (Xerri et Lacour, 1980). Les résultats sur la fonction d'équilibre statique et dynamique ont montré un retard de compensation d'autant plus grand (jusqu'à un an), et un niveau final de compensation d'autant plus faible (40% à 1 an en comparaison de 100% à 6 semaines chez des animaux lésés actifs), que l'absence d'activité était précoce. Ils témoignaient pour la 1ère fois de l'existence d'une fenêtre temporelle sensible couvrant la période du 1er mois post-lésionnel. Des observations cliniques similaires ont été rapportées après accident cérébral vasculaire chez l'homme, la rééducation étant meilleure lorsque le ré-entraînement était effectué précocement.

Le substrat neurobiologique d'une telle période post-lésionnelle sensible après atteinte vestibulaire a été recherché au niveau des noyaux vestibulaires (NV) et structures associées (olive inférieure, cervelet). Du côté déafférenté on observe toute une cascade d'événements moléculaires et cellulaires survenant très tôt (2H pour l'expression accrue de gènes d'expression précoce, 3 jours pour des pics de neurotrophines et de prolifération cellulaire) et se poursuivant jusqu'à la fin du 1er mois (up-regulation d'histamine, différenciation cellulaire, ...) (Lacour et Tighilet, 2010). Cette fenêtre temporelle des 4-6 premières semaines post-lésionnelles durant lesquelles s'expriment dans les NV divers mécanismes de plasticité constitue une période d'opportunité pour que l'environnement et l'expérience valident et affinent les réorganisations des réseaux neuronaux. Extrapolant à l'Homme, on peut considérer que les tous premiers mois après une atteinte vestibulaire représentent cette période sensible décrite sur le modèle animal, sachant que la durée de cette fenêtre temporelle sensible varie selon la pathologie vestibulaire, la nature des réorganisations plastiques dépendant du type de déafférentation (brutal et total versus progressif et partiel) des NV (cf Lacour et al., 2009 ; Dutheil et al., 2011).

## 3. La RV influence le processus de récupération

Nous avons démontré qu'après atteinte vestibulaire périphérique les neurones vestibulaires de second ordre étaient susceptibles de coder l'information visuelle de mouvement dans une plage de fréquences très supérieures à ce que l'on observe chez l'animal non lésé, à la seule condition que l'expérience visuelle soit activement associée aux déplacements de l'animal (Zennou-Azogui et al., 1994). Cette réorganisation au sein des NV est contexte-dépendante, la même expérience visuelle passive ou non corrélée au comportement n'induisant aucune modification des propriétés neuronales. L'expérience post-lésionnelle guide les processus de substitution sensorielle, et plus généralement la plasticité neuronale, structurale et fonctionnelle. « Le temps sensoriel engendre l'espace neuronal » a affirmé Michael Merzenich dans ses investigations sur la plasticité des cartes corticales somesthésiques. Et il ajoutait : « brain plasticity-based therapeutics can be expected to drive fundamental re-normalizing corrections for distorted brain systems » (Merzenich et al., 2014).

Le physiothérapeute doit donc être conscient que la rééducation vestibulaire qu'il pratique n'est pas innocente. Appliquée précocement après une atteinte vestibulaire elle est capable de modifier profondément la nature et la qualité des réorganisations fonctionnelles, dans un sens bénéfique ou non pour le patient. Une



stimulation optocinétique sur plate-forme instable, ou sur mousse, devrait favoriser les processus de substitution sensorielle, alors que la même stimulation appliquée à un sujet non impliqué au plan comportemental (en position assise, par exemple) devrait se révéler beaucoup moins efficace. Ainsi, la rééducation vestibulaire réalisée pendant la période de ré-expression des mécanismes de plasticité post-lésionnelle aurait un rôle instructif fort de guidage des nouvelles connexions nerveuses et d'affinage de leurs poids synaptiques.

#### 4. La RV doit favoriser les apprentissages adaptatifs

Les concepts de restauration, d'adaptation et d'habituation constituent les principales bases de la plasticité neuronale sur lesquelles la RV doit s'appuyer.

L'observation d'un gain de réflexe vestibulo-oculaire redevenu normal quelques semaines ou mois après une névrite vestibulaire témoigne d'une restauration fonctionnelle parfaite. Ce phénomène assez rare peut s'expliquer par une régénération de cellules sensorielles ciliées à la périphérie (démontrée *in vitro*), ou un bourgeonnement d'afférences vestibulaires primaires à partir de fibres restantes, ou encore un accroissement du poids synaptique de terminaisons restées intactes.

L'habituation est la réduction des réponses (motrices ou perceptives) à une stimulation qui perd de son sens, au plan biologique, lorsqu'elle devient répétitive. La réduction du gain du réflexe vestibulo-oculaire (RVO) a été constatée chez l'homme par Barany (1907) lorsque l'on répète une stimulation vestibulaire sur fauteuil rotatoire, à la même fréquence et à la même amplitude, dans la même direction (horaire ou anti-horaire), pendant plusieurs essais réalisés au cours d'une même session et pendant plusieurs sessions espacées de quelques heures ou de quelques jours. Ce déclin du RVO fut dénommé « habituation vestibulaire » par Dodge (1923). Il représente le cas le plus simple d'un processus d'apprentissage ne nécessitant pas la participation active de l'individu. On connaît aujourd'hui les bases neurobiologiques de l'habituation à court terme et à plus long terme (Lacour, 2007). Le fauteuil rotatoire peut être utilisé comme outil de RV pour symétriser les réponses vestibulaires des patients au stade aigu de leur déficit périphérique unilatéral, mais il ne peut constituer qu'une étape dans la prise en charge de leurs déficits posturaux et oculomoteurs. Le concept d'habituation est à l'opposé des modes opératoires innovants mis en place par les apprentissages adaptatifs.

Les mécanismes d'adaptation traduisent des variations plus qualitatives que quantitatives ne se mettant en place que lors d'interactions dynamiques du sujet avec son environnement. L'apport majeur de l'activité propre est la connaissance des erreurs commises grâce aux réafférences sensorielles associées au mouvement et au rôle crucial de la copie d'efférence issue de la programmation motrice, qui permet de comparer l'intention à la réalisation, et donc de produire les corrections à apporter. C'est pourquoi la RV doit avoir pour objectif premier de favoriser l'émergence de nouveaux modes opératoires utilisant d'autres données sensorielles ou de nouvelles stratégies comportementales. Les fonctions vestibulaires étant hautement dépendantes de mécanismes d'intégration multimodaux combinant des informations vestibulaires, visuelles et somatosensorielles, la RV permet de mettre en place ou de renforcer les processus de substitution sensorielle. Par ailleurs, elle permet de promouvoir les meilleures adaptations comportementales en corrigeant des stratégies spontanées mal adaptées. Confronter les patients à des contextes environnementaux changeants est une façon de favoriser les adaptations sensorimotrices et comportementales.

#### 5. La RV doit être personnalisée

La physiopathologie des déficits vestibulaires est si variée qu'il n'est pas concevable de disposer d'un protocole unique de RV. D'autre part, les patients n'utilisent pas tous les mêmes données sensorielles et les mêmes stratégies pour compenser leurs déficits posturaux statiques et dynamiques et leurs problèmes de stabilisation du regard. La compensation vestibulaire est un processus vicariant idiosyncrasique qui, *in fine*, proscrit l'utilisation d'un protocole stéréotypé de RV unique pour tous.

Si l'on considère les stratégies se substituant à la perte dynamique du RVO, on retrouve pour une même pathologie vestibulaire (la névrite par exemple) au moins quatre types de comportements : 1) fermer les yeux pendant la rotation de tête côté lésé (comportement d'évitement des oscillopsies), 2) bloquer la tête sur le tronc et tourner lentement du côté lésé (utilisation du réflexe optocinétique, comportement adapté à une plage non naturelle de déplacement de la tête), 3) pré-programmer une saccade oculaire compensatoire (la « covert saccade » décrite par le groupe australien de Ian Curthoys et Michael Halmagyi : cf McDougall et Curthoys, 2012), et 4) la désactivation du cortex visuel supprimant la perception du défilement rétinien (décrite en IRMf par le groupe allemand de Thomas Brandt : cf Deutschländer et al., 2008). Le rôle du rééducateur vestibulaire est donc d'abord de supprimer les stratégies mal adaptées, tels les comportements d'évitement limitant les mouvements de la tête, et d'entraîner la mobilité de la tête yeux ouverts et ses déplacements à vitesse normale du côté du déficit pour restaurer une bonne stabilisation du regard et une bonne acuité visuelle.

#### 6. La RV doit prendre en compte le profil sensorimoteur et cognitif du patient

Les modalités sensorielles mises en jeu dans les fonctions d'équilibration posturo-cinétique ou de stabilisation du regard varient selon les individus. On sait par exemple que les danseurs sont beaucoup plus visuels et que les judokas sont plus proprioceptifs, par exemple. De même, les candidats potentiels à une substitution sensorielle varient selon les individus en fonction de leur profil sensorimoteur et cognitif. Et la RV doit prendre en compte ce facteur de variation inter-individuelle.

Dans une étude que nous avons effectuée sur une population de 50 patients atteints de la maladie de Ménière et traités chirurgicalement par neurectomie vestibulaire, deux sous-groupes distincts ont été mis en évidence concernant la compensation de leurs déficits posturaux observée immédiatement après chirurgie (Lacour et al., 1997). La moitié des patients améliorait leur contrôle postural les yeux ouverts en comparaison de la situation yeux fermés (stratégie visuelle), tandis que l'autre moitié avait une meilleure performance posturale les yeux fermés (stratégie proprioceptive). La RV doit être différente pour ces deux sous-groupes de patients qui n'utilisent pas les mêmes modalités pour compenser. Axer les exercices de rééducation sur la (les) modalité(s) sous-utilisée(s) paraît être une bonne solution. C'est donc au rééducateur vestibulaire à déterminer le profil sensorimoteur et cognitif de ses patients afin de proposer des solutions personnalisées, non stéréotypées, les mieux adaptées à leur profil. Des tests simples comme le test de perception de la verticale visuelle subjective (Lopez et al., 2006), le test du cadre et de la baguette (Rod and Frame Test), et les outils de posturographie statique et dynamique permettent de déterminer ces profils individuels et d'adapter les protocoles thérapeutiques à chaque individualité.

## 7. La RV doit suivre une progression thérapeutique

Il est nécessaire de suivre une progression dans un protocole de RV, comme cela a été bien défini par d'autres auteurs (Herdman et Whitney, 2007 ; Whitney et Sparto, 2011), et de procéder selon une approche séquentielle « top-down » (Balaban et al., 2012).

Le nystagmus vestibulaire spontané peut être réduit, même chez le patient encore alité, par des exercices de fixation oculaire dès que les syndromes neurovégétatifs auront été traités si besoin est par des anti-émétiques et des anti-vertigineux. Les exercices de coordination œil-tête seront proposés en 1er lieu, d'abord chez le patient en position assise s'il a des difficultés à se tenir debout, puis debout les yeux ouverts, puis les yeux fermés, puis sur tapis mousse, ... puis en tournant la tête à droite et à gauche, à vitesse de plus en plus grande. Ensuite viendront des exercices de complexité croissante au cours de la marche, puis lors d'activités dynamiques plus contraignantes comme le saut et la course.

Ces exercices seront adaptés à l'âge des patients et à leurs capacités physiques. Il est crucial de ne pas mettre les sujets en situation d'échecs répétés par une progression thérapeutique mal adaptée, mais il est utile de proposer de temps en temps des exercices qu'ils ont des difficultés à effectuer afin de leur montrer que leur récupération n'est pas optimale et qu'ils peuvent encore progresser. L'introduction d'une double tâche dans un exercice réalisé précédemment en simple tâche est un exemple possible d'exercice plus complexe mettant le patient en difficulté (examen de la stabilité posturale sur plate-forme de force avec et sans tâche cognitive concomitante de calcul mental, par exemple).

## 8. La RV doit réduire le stress et l'anxiété du patient

Le syndrome vertigineux constitue en lui-même une situation très stressante pour le patient vestibulaire qui, en plus de cette sensation illusoire de déplacement du monde visuel, a des oscillopsies à la marche et des difficultés d'équilibration statique et dynamique. Réduire son anxiété et son stress est souvent primordial car ces facteurs émotionnels peuvent retarder la compensation vestibulaire et compromettre les adaptations comportementales (Young et al., 2012).

Il existe des questionnaires et échelles subjectives permettant de déterminer le handicap de la qualité de vie (Dizziness Handicap Inventory Test), l'anxiété (Short Anxiety Screening Test) et la dépression (Hospital Anxiety and Depression Scale) chez le patient vestibulaire. Dans la plupart des cas, ces scores sont significativement accrus chez le patient vertigineux en comparaison de sujets contrôles (Young et al., 2012), et des situations stressantes peuvent induire des décompensations chez le patient compensé. La RV a montré des effets positifs sur les facteurs émotionnels (Meli et al., 2007). La réalité virtuelle et le Tai Chi sembleraient efficaces pour réduire l'anxiété et le stress.

## 9. La RV doit inclure des contextes écologiques

Recouvrer une bonne qualité de vie est l'objectif ultime de la RV. Cela implique que les patients soient examinés dans des situations plus écologiques que le milieu du cabinet du rééducateur vestibulaire ou du laboratoire, c'est-à-dire dans des contextes reproduisant ou se rapprochant le plus possible des conditions de la vie quotidienne.

Là encore, la réalité virtuelle semble être prometteuse en ce qu'elle peut reproduire des situations écologiques dans le contexte d'un cabinet de ville. Cette technologie est encore onéreuse actuellement car l'immersion dans un monde virtuel nécessite un dispositif assez sophistiqué. Inciter le patient à jouer au tennis, au badminton, à aller danser, constitue une palette d'activités dynamiques naturelles et bénéfiques car impliquant un haut degré de coordination sensorimotrice. La double tâche est une autre situation commune de la vie quotidienne qu'il convient de pratiquer en RV en raison de la compétition qu'elle crée pour le partage des ressources attentionnelles affectées aux processus sensorimoteurs et cognitifs.

## 10. La RV doit être motivante

Un patient qui se rend à ses séances de RV à reculons a peu de chances de récupérer rapidement et de façon optimale. La motivation est un facteur important qu'il faut prendre en compte dans un protocole de RV.

Il existe aujourd'hui divers systèmes de rééducation de la posture basés sur des jeux impliquant des biofeedbacks sensoriels susceptibles d'augmenter la motivation des patients. Par exemple, on peut demander à un patient debout sur une plate-forme de forces d'atteindre avec l'image de son centre de gravité projeté sur un écran des ballons situés à différents endroits de l'écran. Cet exercice oblige le patient à se déplacer dans toutes les directions et à accroître ses limites de stabilité. L'imagerie mentale est une autre technique utilisable lorsqu'un patient a des difficultés à réaliser une tâche motrice. Les contextes écologiques et les univers enrichis sont aussi des solutions motivantes pour les patients.

### 3

## Conclusion

La RV est aujourd'hui considérée comme une thérapie efficace dans le traitement de la plupart des déficits vestibulaires, du vertige et de l'instabilité en général. Cet article n'a pour seule ambition que de fournir un certain nombre de recommandations pour obtenir une compensation rapide et optimale.

Effectuée tôt, activement, et en respectant des principes de bon sens, la RV permet aux patients de récupérer une bonne qualité de vie. Certains échecs peuvent s'expliquer par des protocoles de rééducation trop rigides (effet écoles de pensée), ou mal adaptés à la pathologie, à l'âge, ou au profil sensorimoteur et cognitif des patients. Ou encore ne prenant pas en compte l'importance des facteurs émotionnels et motivationnels. C'est dans sa remise en cause permanente et dans l'intimité du dialogue avec son patient que le rééducateur vestibulaire découvrira les raisons de l'échec apparent de son protocole thérapeutique.

### 4

## Références

Agrawal Y, Carey JP, Della Santina C, Schubert MC, Minor LB (2009) Disorders of balance and vestibular function in US adults. *Arch Intern Med* 169: 938-944. DOI: 10.1001/archinternmed.2009.66

Balaban CD, Hoffer ME, Gottshall KR (2012) Top-down approach to vestibular compensation: translational lessons from vestibular rehabilitation. *Brain Res* 1482: 101-111. DOI: 10.1016/brainres.2012.08.040



- Barany R (1907) Weitere Untersuchungen über den vom Vestibularapparat des Ohres reflektorisch ausgelösten rhythmischen Nystagmus und seine Begleiterscheinungen. *Mtschr Ohrenheilk* 41: 477-526.
- Brandt T, Daroff RB (1980) Physical therapy for benign paroxysmal positional vertigo. *Arch Otolaryngol* 106: 484-485. DOI: 10.1001/archotol.1980.00790320036009
- Cawthorne T (1944) The physiological bases of head exercises. *J Charter Soc Physiother* 30: 106-107.
- Cawthorne T, Cooksey FS (1946) Original Cawthorne Cooksey rehabilitation exercises. *Proc R Soc Med* 39: 270-273.
- Cohen HS (2006) Disability and rehabilitation in the dizzy patient. *Curr Opin Neurol* 19: 49-54. DOI: 10/1097/01.wco.000194373.08203.33
- Dutheil S, Lacour M, Tighilet B (2011) The neurogenic potential of the vestibular nuclei and the recovery time course in the adult cat are governed by different mechanisms depending on the nature of the vestibular damage. *PlosOne* 6(8):e22262. DOI: 10.1371/journal.pone.0022262
- Deuschländer A, Hüfner K, Kalla R, Stephan T, Dera T, Glausauer S, et al. (2008) Unilateral vestibular failure suppresses cortical visual motion processing. *Brain* 131 : 1025-1034. DOI : 10.1093/brain/awn035
- Dodge R (1923) Habituation to rotation. *J Exp Psychol* 6 : 1-35.
- Herdman SJ (2007). In: Herdman SJ, editor. *Vestibular rehabilitation*. Philadelphia, PA: F.A., Davis, pp 309-337.
- Herdman SJ, Whitney SL (2007) Interventions in the patient with vestibular hypofunction. In: Herdman SJ, editor. *Vestibular Rehabilitation*. Philadelphia, Philadelphia: F.A. Davis, pp 309-337.
- Hillier SL, McDonnell M (2007) Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database Syst Rev* 2007: 1-73. DOI: 10.1002/14651858.CD005397.pub3
- Hillier SL, McDonnell M (2011) Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database Syst Rev* 2011 (16). DOI: 10.1002/14651858.CD005397.pub3
- Hubel DH, Wiesel TN (1965) Binocular interaction in striate cortex of kittens reared with artificial squint. *J Neurophysiol* 28: 1041-1059.
- Lacour M (2006) Restoration of vestibular function: basic aspects and practical advances for rehabilitation. *Current Med Res & Opinion* 22: 1651-1659.
- Lacour M (2007) Bases neurobiologiques de l'habituat. Applications en rééducation des vertiges. Rapport à la Société Française d'ORL. Chapitre VIII, pp 81-94.
- Lacour M, Tighilet B (2010) Plastic events in the vestibular nuclei during vestibular compensation: the brain orchestration of a "deafferentation" code. *Rest Neurol Neurosci* 28: 19-35. DOI: 10.3233/RNN-2010-0509
- Lacour M, Bernard-Demanze L (2015) Interaction between vestibular compensation mechanisms and vestibular rehabilitation therapy: 10 recommendations for optimal functional recovery. *Front Neurol* 5: 285. DOI:10.3389/frontneur.2014.00285
- Lacour M, Roll JP, Appaix M (1976) Modifications and development of spinal reflexes in the alert baboon (*Papio papio*) following a unilateral vestibular neurectomy. *Brain Res* 113: 255-269. DOI: 10.1016/0006.8993(76)90940-9
- Lacour M, Barthélémy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A, et al. (1997) Sensory strategies in human posture control before and after unilateral vestibular neurectomy. *Exp Brain Res* 115: 300-310. DOI: 10.1007/PL00005698
- Lacour M, Dutheil S, Lopez C, Tighilet B, Borel L (2009) Tell me your vestibular deficit, and I'll tell you how you compensate. *Ann N Y Acad Sci* 1164: 268-278. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2008.03731.x
- Lacour M, Helmchen C, Vidal PP (2016) Vestibular compensation: the neuro-otologist's best friend. *J Neurol* DOI: 10.1007/s00415-015-7903-4
- Lopez C, Lacour M, Magnan J, Borel L (2006) Visual-field dependence-independence before and after unilateral vestibular loss. *Neuroreport* 17: 797-803.
- McDougall HG, Curthoys IS (2012) Plasticity during vestibular compensation : the role of saccades. *Front Neurol* 3 : 21. DOI : 10.3389/fneur.2012.00021
- Meli A, Zimatore G, Badaracco C, De Angelis E, Tufarelli D (2007) Effects of vestibular rehabilitation therapy on emotional aspects in chronic vestibular patients. *J Psychosom Res* 63: 185-190. DOI: 10.1016/jpsychores.2007.02.007
- Merzenich MM, Van Vleet TM, Nahum M (2014) Brain plasticity-based therapeutics. *Front Hum Neurosci* 8: 385. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00385
- Norré ME, Becker AM (1988) Vestibular rehabilitation training. Specificity of adequate exercises. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 114: 883-886. DOI: 10.1001/archotol.1988.01860200067020
- Soto E, Vega R (2010) Neuropharmacology of vestibular disorders. *Curr Neuropharmacol* 8: 26-40. DOI: 10.2174/157015910790909511
- Whitney SL, Sparto PJ (2011) Principles of vestibular physical therapy rehabilitation. *Neurorehabilitation* 29: 157-166. DOI: 10.3233/NRE-2011-0690
- Xerri C, Lacour M (1980) Compensation of the deficits in posture and kinetics following unilateral vestibular neurectomy in the cat. *Acta Otolaryngol* 90: 414-420. DOI: 10.3109/00016488009131743
- Young LR, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M, Magnan J, Borel L, Lacour M (2012) Postural performance of vestibular loss patients under increased postural threat. *J Vest Res* 22: 129-138.
- Zennou-Azogui Y, Xerri C, Harley F (1994) Visual sensory substitution in vestibular compensation : neural substrates in the alert cat. *Exp Brain Res* 98 : 457-473. DOI : 10.1007/BF0023398



# Dossier

## Cas clinique 1 : Un cas de Ménière qui tourne à la catastrophe

**Charlotte HAUTEFORT** <sup>1,2</sup>  
**Julie FRANÇ** <sup>3</sup>

1. Service ORL,  
CHU Lariboisière,  
APHP, Paris, France

2. Institut de Recherche  
Oto-Neurologique  
(IRON), Paris, France

3. Service de  
Neuroradiologie,  
CHU Lariboisière,  
APHP, Paris, France

Madame L., âgée de 46 ans, vient consulter pour des vertiges rotatoires devenus très invalidants. Tout a débuté il y a une dizaine d'années. Au début, les symptômes évoluaient par crise et ne la gênaient qu'une à deux fois par an. Depuis 3 mois, les crises de vertiges sont devenues pluri-hebdomadaires. Mme L. n'ose plus sortir de chez elle et a du cesser toute activité professionnelle.

En l'interrogeant, les « crises » de vertiges sont toujours très stéréotypées. Chaque crise de vertige dure entre 20 minutes et deux heures et est associée à des vomissements violents, nécessitant un repos au lit et empêchant toute activité durant la journée. Avant les crises, son oreille gauche « se bouche » et « fait beaucoup de bruit ». D'ailleurs, depuis deux ans, elle a l'impression d'entendre de moins en moins bien de son oreille gauche et son acouphène gauche est devenu permanent. L'audiogramme réalisé retrouve une surdité de perception gauche avec une perte importante de l'intelligibilité (Figure 1).

L'ensemble du tableau clinique de Mme L. évoque une maladie de Ménière gauche typique selon les critères diagnostics définis par plusieurs sociétés savantes <sup>1</sup>. Le diagnostic est évoqué au cours de l'interrogatoire. Les explorations audio-vestibulaires confirment l'atteinte cochléaire sur les fréquences graves et éliminent un déficit canalair aux tests impulsifs <sup>1,2</sup> (Figure 2). Au cours de cette maladie, les potentiels évoqués sacculaires sont habituellement atteints de manière concomitante à la perte auditive <sup>3</sup> (Figure 3). La réalisation d'une Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) des conduits auditifs est indispensable afin d'éliminer une autre cause, en particulier un neurinome de l'acoustique ou une labyrinthite.

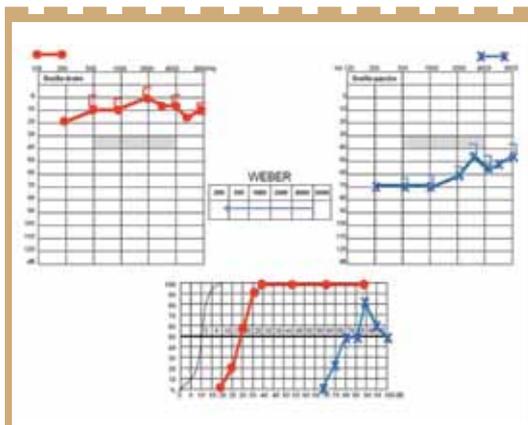


Figure 1 : L'audiogramme de Mme L. montre une surdité de perception gauche avec une vocale extrêmement altérée dont l'intelligibilité maximale reste inférieure à 100% de compréhension avec les tests dissyllabiques de Fournier.

Cette imagerie permettra parfois de visualiser l'hydrops endolymphatique habituellement retrouvé du côté atteint (Figure 4).

Quelques semaines plus tard la patiente revient en consultation le visage tuméfié avec une plaie suturée au niveau de l'arcade sourcilière et un bras en écharpe. Lorsque vous l'interrogez au sujet de ces blessures, elle vous raconte être tombée très violemment, comme « poussée par une force vers l'en avant », sans pouvoir se retenir. Elle n'a pas perdu connaissance au moment de sa chute.

Une telle chute chez cette patiente, ayant pour antécédent une maladie de Ménière, doit faire évoquer une « catastrophe otolithique » ou crise de Tumarkin. Le risque de rechute est imprévisible. Dans ces situations, une seule solution s'impose pour le clinicien et le patient : la destruction du labyrinthe par labyrinthectomie chimique (instillation de gentamicine en trans tympanique) <sup>4</sup> ou par neurotomie vestibulaire.

Au cours de cette prise en charge visant à détruire le labyrinthe malade, l'accompagnement du patient par un kinésithérapeute pour une rééducation vestibulaire est primordiale. La rééducation devra être mise en place de manière concomitante au traitement destructif afin de permettre au patient de compenser au mieux son areflexie vestibulaire unilatérale et définitive.

### Références

1. Lopez-Escamez JA, Carey J, Chung WH, Goebel JA, Magnusson M, Mandalà M, Newman-Toker DE, Strupp M, Suzuki M, Trabalzini F, Bisdorff A. Diagnostic criteria for Ménière's disease. Consensus document of the Bárány Society, the Japan Society for Equilibrium Research, the European Academy of Otolaryngology and Neurotology (EAONO), the American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery (AAO-HNS) and the Korean Balance Society. *Acta Otorrinolaringol Esp.* 2016 Jan-Feb;67(1):1-7.
2. McGarvie LA, Curthoys IS, MacDougall HG, Halmagyi GM. What does the head impulse test versus caloric dissociation reveal about vestibular dysfunction in Ménière's disease? *Ann N Y Acad Sci.* 2015 Apr;1343:58-62.
3. Pullens B, van Benthem PP. Intratympanic gentamicin for Ménière's disease or syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011 Mar 16;(3):
4. Young YH. Potential application of ocular and cervical vestibular-evoked myogenic potentials in Ménière's disease: a review. *Laryngoscope.* 2013 Feb;123(2):484-91.

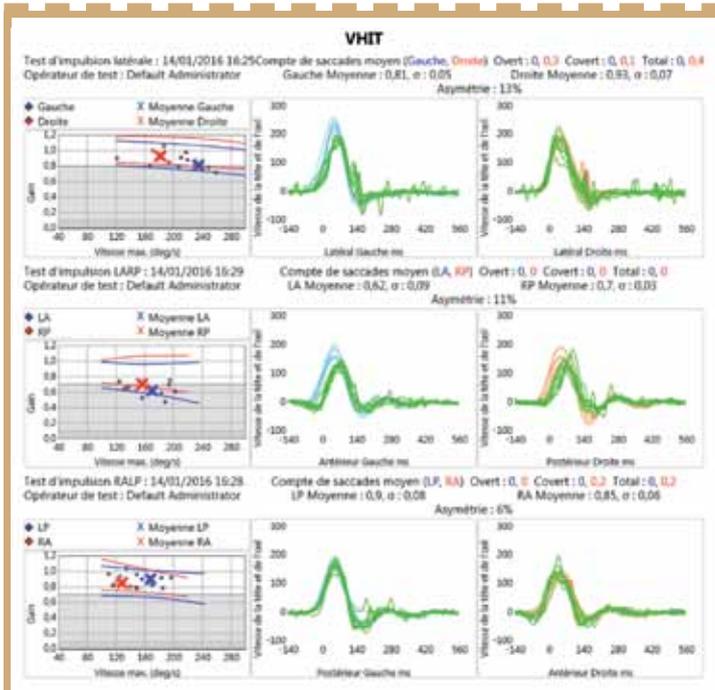


Figure 2 : Le Vidéo Head Impulse Test retrouve des gains normaux pour les 6 canaux, ce qui élimine un déficit canalaire aux tests impulsionnels à haute vitesse.



Figure 4 : IRM centrée sur les labyrinthes. Saccule gauche augmenté de volume et ballonisé chez une patiente ayant une maladie de Ménière Gauche. (Images/ J. Franc et J.P. Guichard. Service de Neuroradiologie, Hôpital Lariboisière, APHP)



Figure 5 : IRM centrée sur les labyrinthes. Aspect normal d'un saccule gauche. (Images/ J. Franc et J.P. Guichard. Service de Neuroradiologie, Hôpital Lariboisière, APHP)

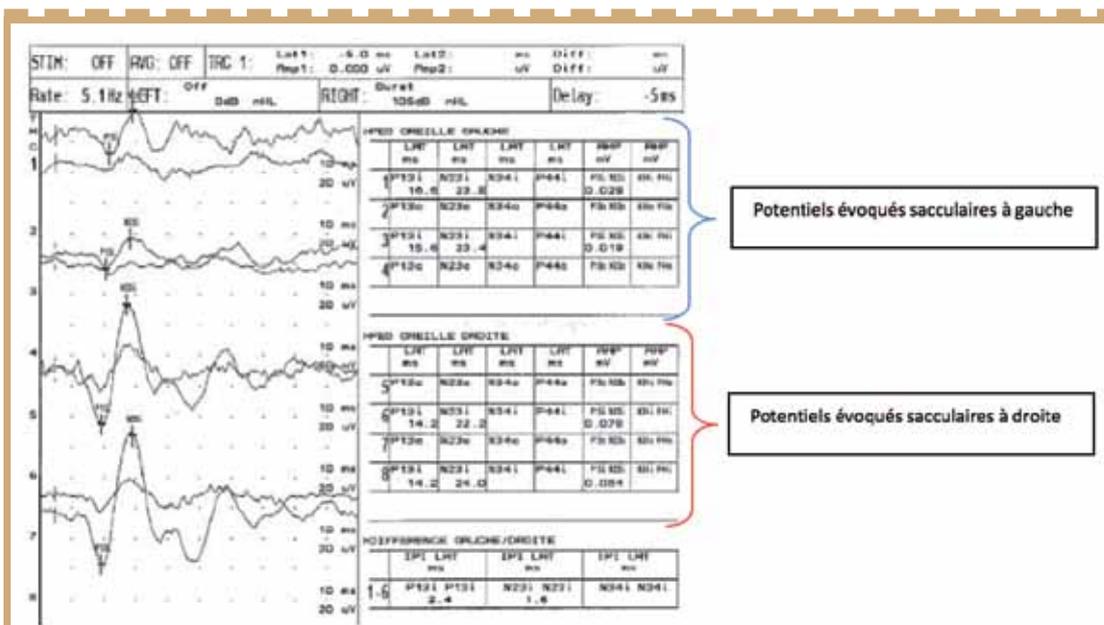


Figure 3 : L'amplitude des PEO sacculaires est significativement diminuée du côté gauche (côté atteint) par rapport au côté droit (côté sain).



# Dossier

## Cas clinique 2 : Les sons forts donnent des vertiges dans une oreille

**Charlotte HAUTEFORT** <sup>1,2</sup>  
**Hélène VITAUX** <sup>1</sup>  
**Jean Pierre GUICHARD** <sup>3</sup>

- 1. Service ORL, CHU Lariboisière, APHP, Paris, France
- 2. Institut de Recherche Oto-Neurologique (IRON), Paris, France
- 3. Service de Neuroradiologie, CHU Lariboisière, APHP, Paris, France

Mme S. âgée de 52 ans vient consulter pour une instabilité évoluant depuis plus de 20 ans. Elle est particulièrement gênée à l'extérieur de son domicile, dans les lieux publics et bruyants et ne tolère plus les sons forts qui la rendent nauséuse. Sur le plan auditif, Mme S. a l'impression de moins entendre de son oreille gauche depuis quelques années et préfère toujours téléphoner avec son oreille droite. Elle n'a pas vraiment d'acouphène, mais entend régulièrement les bruits des battements de son cœur dans son oreille gauche.

Cette symptomatologie doit faire évoquer une déhiscence d'un canal semi-circulaire à gauche. L'audiogramme et les potentiels évoqués permettent d'étayer ce diagnostic qui sera confirmé par le scanner des rochers.

L'audiogramme retrouve habituellement un faux rinne du côté atteint, secondaire à la perte d'énergie vibratoire liée à la présence d'une troisième fenêtre (Figure 1).

Typiquement les potentiels évoqués sacculaires sont anormalement amples du côté malade et présents à des seuils inférieurs à 70dB alors que la norme se situe à 90+/- 5 dB (Figures 2 et 3) ; les potentiels évoqués utriculaires sont aussi anormalement amples du côté malade à la fréquence de 500Hz et présents lors de stimulations à 4KHz, ce qui est inhabituel pour une oreille saine (Figures 4, 5).

Le scanner des rochers en coupes fines confirme la déhiscence du canal semi circulaire et l'absence d'autres pathologies (Figure 6). Le traitement chirurgical améliore les patients lorsque leur instabilité devient invalidante.

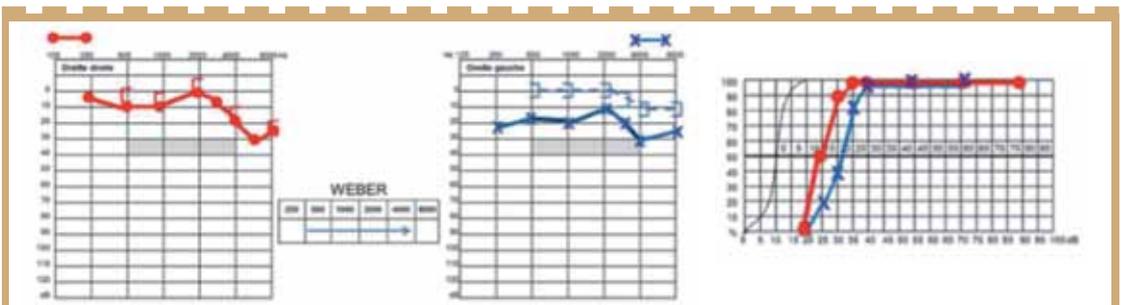


Figure 1 : le test auditif retrouve une surdité de transmission du côté gauche. Ce faux rinne est secondaire à la présence d'une troisième fenêtre et doit faire rechercher une déhiscence en l'absence d'otospongiose ou de pathologie d'oreille moyenne.

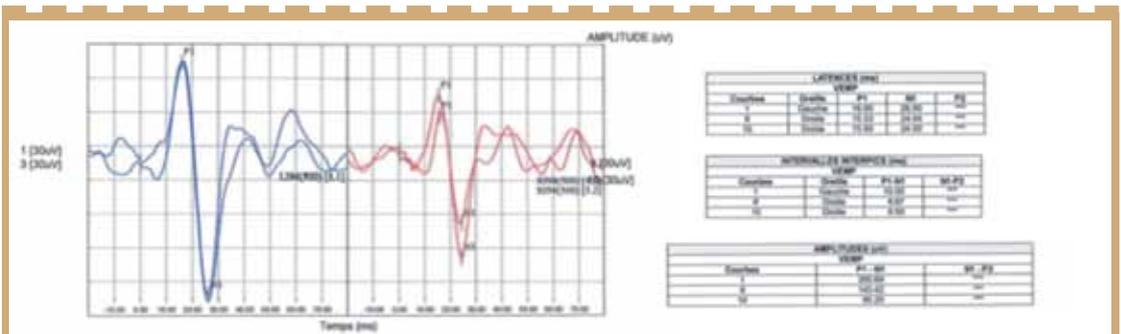


Figure 2 : Les potentiels évoqués sacculaires lors d'une stimulation de 500Hz à 94dB retrouvent une franche asymétrie d'amplitude entre les réponses droites et gauches.

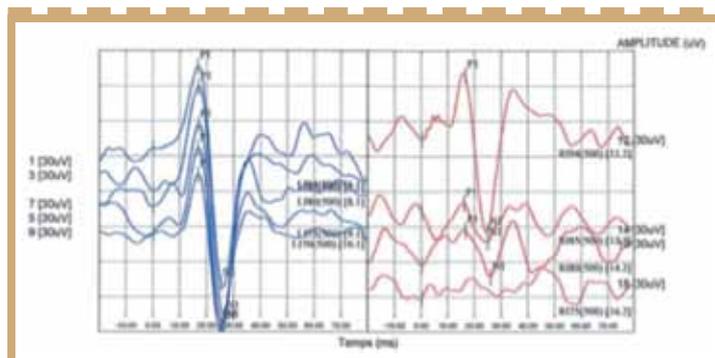


Figure 3 : La recherche de seuils permet de mettre en évidence une réponse anormale à gauche à des seuils très bas inférieurs à 70dB.

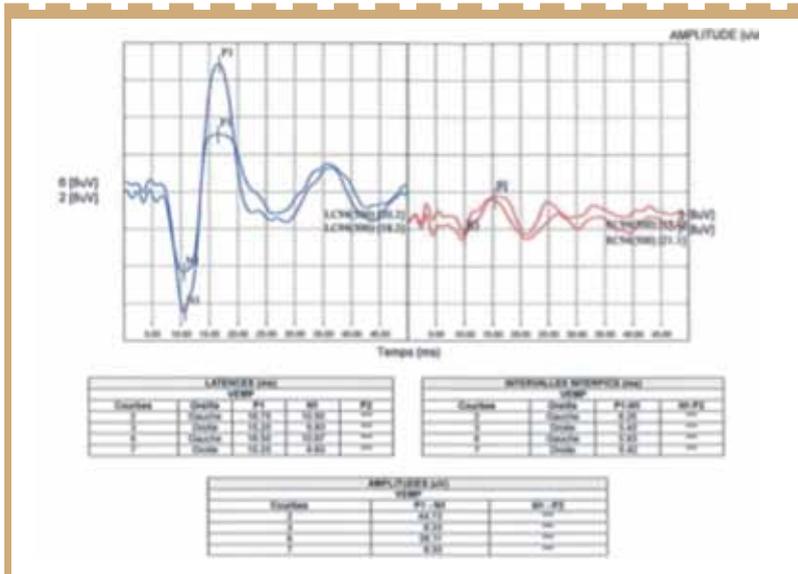


Figure 4 : L'asymétrie d'amplitude est aussi retrouvée lors de la recherche des potentiels évoqués utriculaires. Avec une amplitude du potentiel utriculaire gauche 5 fois plus grande qu'à droite.

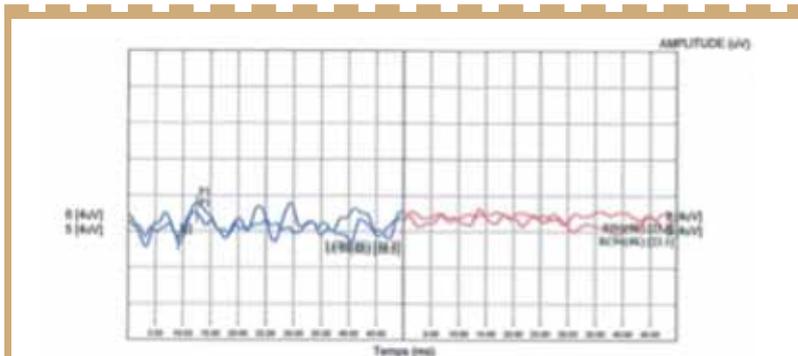


Figure 5 : La présence d'une réponse aux potentiels utriculaires à 4KHz (ici du côté gauche) est caractéristique de la déhiscence d'un canal semi circulaire qui pourra être confirmée par un scanner des rochers en coupes fines.

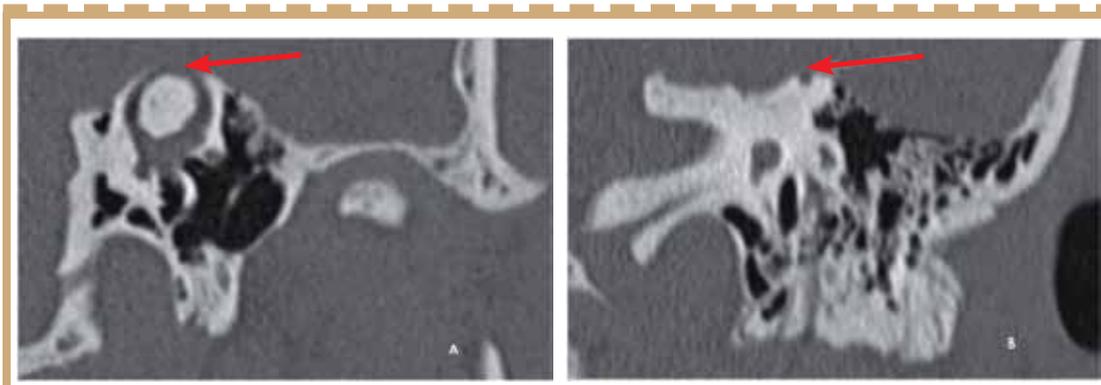


Figure 6 : Scanner des rochers en coupe fine. Déhiscence du canal semi circulaire supérieur gauche (flèche rouge) visibles en coupes coronales avec (A) et sans reconstruction (B) dans le plan du canal semi-circulaire supérieur gauche. (Images/ J.P. Guichard. et J. Franc Service de Neuroradiologie, Hôpital Lariboisière, APHP)



# Dossier

## Cas clinique 3 : Evolution asymétrique de la presbyacousie

**Didier BOUCCARA**  
Groupe Hospitalier Pitié Salpêtrière AP-HP, Paris

Une patiente âgée de 53 ans consulte pour une hypoacousie bilatérale évolutive avec une gêne essentiellement en situations bruyantes.

Son bilan audiométrique montre une hypoacousie de perception bilatérale évocatrice de presbyacousie, avec une atteinte un peu plus marquée du côté gauche, sans acouphène ni vertige (Figure 1). Il lui est proposé un appareillage audioprothétique bilatéral avec un suivi

régulier. Celui-ci est interrompu durant plusieurs années et elle consulte alors qu'elle est âgée de 61 ans pour des troubles de l'équilibre depuis plusieurs années, devenus quotidiens et associés à une majoration de son atteinte auditive gauche au cours des deux dernières années.

Le bilan audiométrique montre une majoration de l'atteinte auditive gauche, tant en tonale qu'en vocale (Figure 2).

Un complément d'investigations est réalisé avec d'une

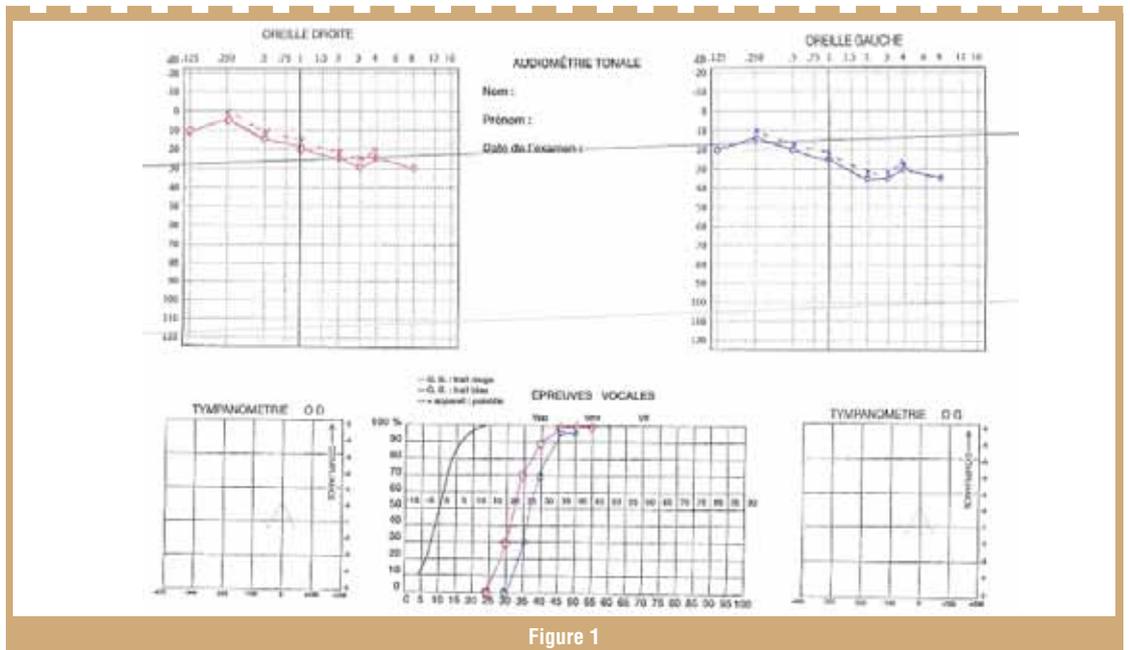


Figure 1

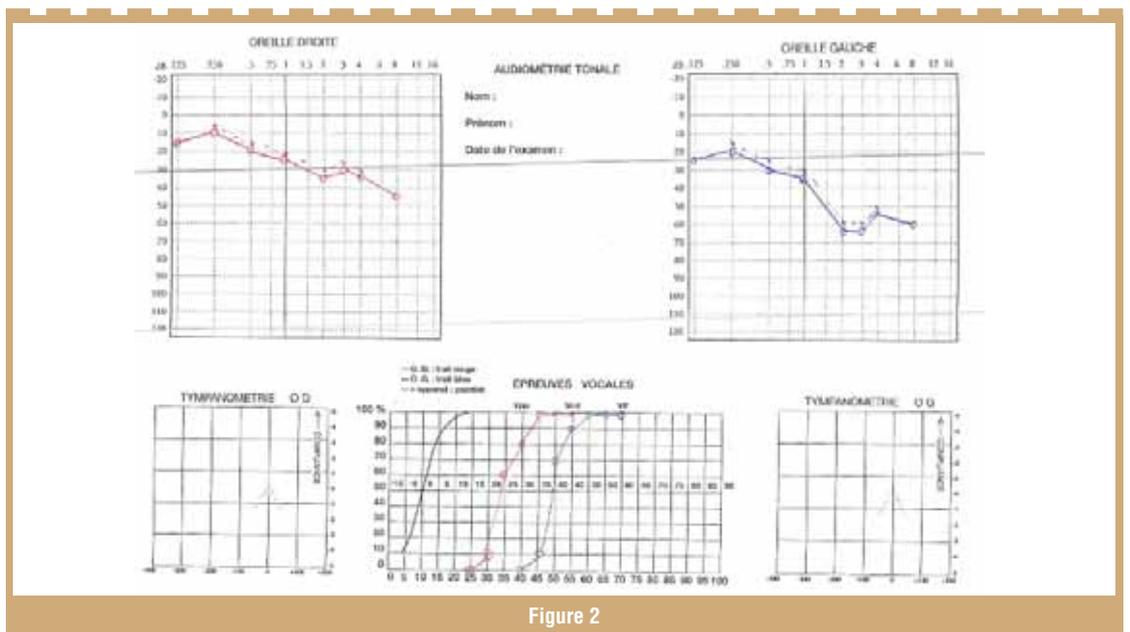


Figure 2



part des potentiels évoqués auditifs (PEA) qui sont désynchronisés à gauche (Figure 3), et des épreuves vestibulaires qui montrent un déficit labyrinthique gauche (Figure 4).

L'ensemble de ces éléments faisant suspecter une pathologie évolutive des voies audio-vestibulaires gauches, une IRM cérébrale et des rochers, avec injection, est effectué.

Cet examen objective une lésion de l'angle ponto-cérébelleux gauche, compatible avec le diagnostic de schwannome vestibulaire gauche (neurinome de l'acoustique) (Figure 5).

Cette observation illustre l'intérêt du suivi régulier des patients appareillés pour une presbycusie. L'apparition d'une asymétrie auditive, ou de symptômes otologiques associés, faisant proposer un complément d'examen, à la recherche en particulier d'une pathologie évolutive.

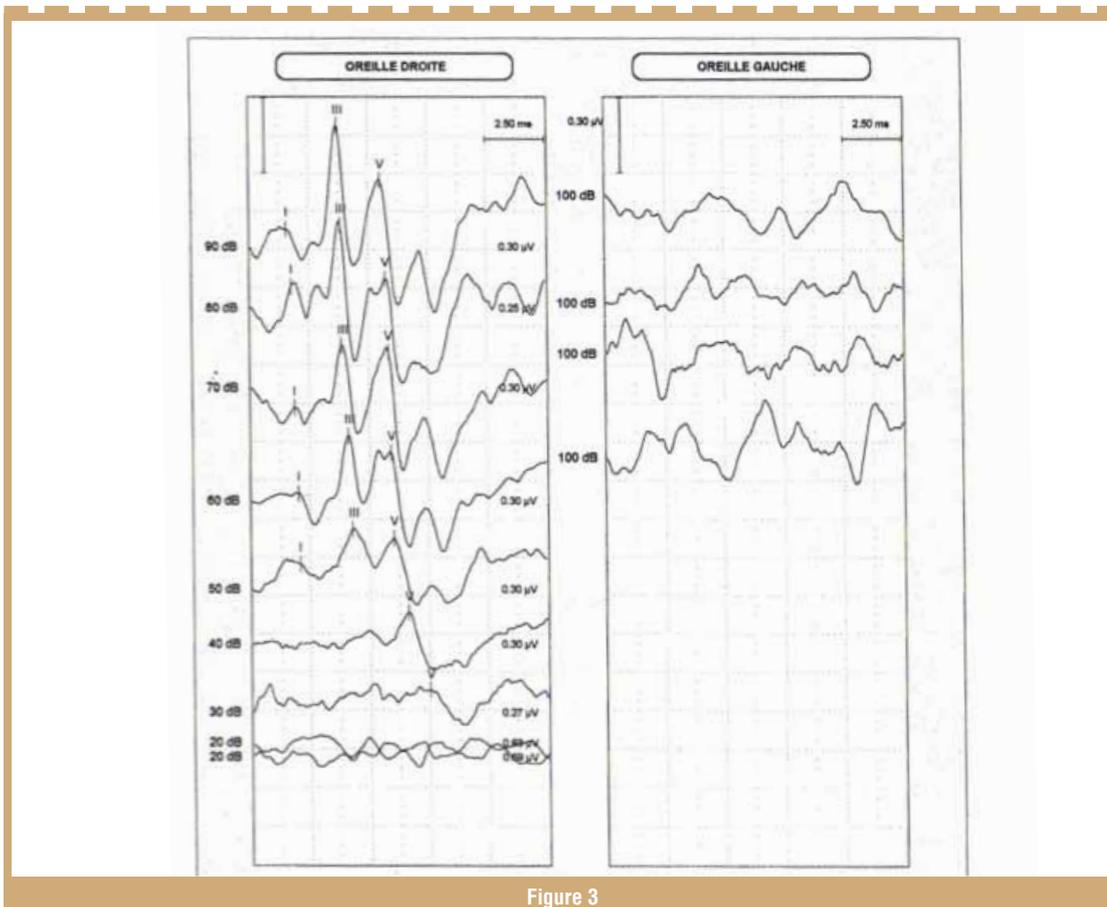


Figure 3

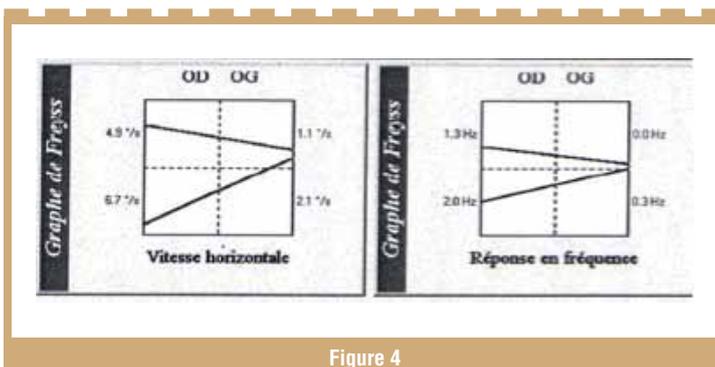


Figure 4

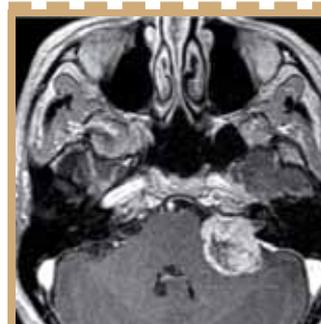


Figure 5



# Métier et Technique

## La bimodalité

### Frédéric REMBAUD

Audioprothésiste D.E.  
Membre du Collège National d'Audioprothèse  
Coordinateur Audioprothèse  
Ecole de Cahors  
frembaud@live.fr  
05 53 08 86 48



### Pr M. MARX

Service d'Otologie et Otoneurologie  
CHU Purpan  
Toulouse  
Directeur de l'enseignement  
Ecole d'audioprothèse de Cahors  
marx.m@chu-toulouse.fr  
05 61 77 77 04

### Introduction

La prise en charge des surdités bilatérales sévères à totales a connu de nombreux bouleversements ces trente dernières années, tant sur le plan des techniques de réhabilitation proposées que dans leurs possibilités d'association. La numérisation des audioprothèses, l'avènement de l'implant cochléaire multi-canal et le développement de stratégies de rééducation orthophonique spécifiques sont autant de progrès qui ont considérablement amélioré la qualité de vie de ces patients.

L'efficacité de l'implant cochléaire multi-canal dans la restauration des capacités de discrimination de la parole n'est plus à démontrer et il est classiquement admis que plus de 80% des patients implantés identifient correctement plus de 80% des mots d'une phrase quand elle est présentée dans le silence (Wilson & Dorman 2008). Cette efficacité est largement reconnue par les principales institutions nationales de santé publique et a justifié une extension progressive des indications vers des niveaux d'audition résiduelle de plus en plus importants. Le seuil de 50% de reconnaissance correcte des mots, retenu dans le rapport de la Haute Autorité de Santé de 2007 (HAS : traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral), ainsi que son actualisation en 2011, n'indique pas seulement que les performances obtenues après implantation cochléaire lui seront supérieures. Il implique également qu'une certaine proportion de patients devra utiliser leur audition résiduelle en complément de l'implant, ou leur implant en complément de leur audition résiduelle, selon le point de vue que l'on adopte.

La proportion de patients qui utilisent une audioprothèse controlatérale en complément de l'implant est réputée variable mais les rapports les plus récents font état de taux allant de

32% (Scherf & Arnold, 2014) à 64% (Devocht et al., 2015). On est donc loin du «tout électrique», prôné par certains aux débuts de l'implantation cochléaire, qui recommandaient aux patients récemment implantés d'abandonner leur audioprothèse pour faciliter la rééducation avec l'implant cochléaire seul. De plus en plus de patients utilisent aujourd'hui des informations acoustiques, naturelles ou amplifiées, transmises par une oreille, en complément d'informations électriques transmises par l'implant cochléaire controlatéral, au sein d'une stimulation dite bimodale. Le terme de stimulation électro-acoustique a également été employé, notamment dans les premiers travaux portant sur ce type d'association (Dooley, 1993). Il désigne actuellement le mode de stimulation des patients présentant une audition résiduelle préservée par une technique chirurgicale spécifique, du côté de l'implant cochléaire.

Les travaux d'Armstrong et al. (Armstrong et al. 1997) sont parmi les premiers à mettre en évidence un intérêt de l'association entre implant cochléaire unilatéral et audioprothèse controlatérale. La discrimination moyenne des mots se voyait ainsi améliorée de près de 10 points dans le silence, et de plus de 20 points dans le bruit lorsque l'audioprothèse controlatérale était utilisée en complément de l'implant.

Les intérêts de la stimulation bimodale ont fait ces 15 dernières années l'objet d'une attention croissante dans la littérature portant sur l'implant cochléaire. Cet article a pour objectif de proposer une synthèse, non exhaustive, des connaissances acquises dans le domaine et de dégager les perspectives de développement dans le futur proche.

### Intérêts de la stimulation bimodale

#### Restauration des indices binauraux

Le premier bénéfice qui peut être retiré de la stimulation combinée électrique et acoustique n'est pas spécifique à sa nature bimodale, mais à rapporter à son caractère bilatéral. Restaurer une stimulation bilatérale peut théoriquement permettre au système auditif d'avoir accès aux indices binauraux essentiels, que sont la différence inter-aurale de temps (Interaural Time Difference ou ITD) ou la différence inter-aurale d'intensité (Interaural Level Difference ou ILD).

Plusieurs travaux psycho-acoustiques de T. Francart se sont intéressés à l'audition binaurale des patients bénéficiant d'une stimulation bimodale. Certains parmi eux pourraient ainsi détecter des ILD de 1.5 à 2 dB pour des sons purs (Francart et al. Audiol Neurotol 2008), quand des ITD de l'ordre de la centaine de millisecondes peuvent être perçus (Francart et al. JARO 2009, Audiol Neurotol 2011). Bien que ces différences inter-aurales soient nettement dégradées par rapport aux sujets normo-entendant, elles sont compatibles avec une restauration partielle des capacités de localisation. Francart est parmi les premiers à souligner la nécessité de faire fonctionner ensemble les deux dispositifs (implant et audioprothèse controlatérale) pour que le patient ait un accès, même réduit, aux indices binauraux. Que ce soit en introduisant un délai supplémentaire dans la stimulation par l'implant (1,5 ms) ou en procédant à un équilibrage de l'augmentation de sonie entre l'implant et l'audioprothèse (Francart et al. Hear Res 2012), certains patients retrouvent une capacité de localisation spatiale de la source sonore, fonction essentielle assurée par l'audition binaurale.



De la même manière, Ching et al. (Ching et al. Ear & Hear 2004) retrouvent ainsi une amélioration de la localisation chez plus de 2/3 des patients utilisant une stimulation bimodale par rapport aux configurations monaurales où seul l'implant, où seule l'audioprothèse controlatérale sont utilisés. Cette amélioration dans une proportion significative de patients est retrouvée par d'autres équipes, que la localisation soit évaluée sur le pourcentage d'erreurs (Tyler et al. 2002) ou sur l'angle moyen d'erreur (Seeber et al. 2004).

Certains patients utilisant une stimulation bimodale peuvent bénéficier de ces capacités de localisation pour améliorer leur discrimination de la parole en environnement bruyant. Le paradigme utilisé repose le plus souvent sur la comparaison entre les performances obtenues en condition bimodale par rapport à celles obtenues avec l'implant cochléaire seul. Malheureusement, les choix du matériel vocal et du critère de jugement pour les tests de discrimination de la parole dans le bruit sont beaucoup plus hétérogènes, certains utilisant le pourcentage de mots correctement reconnus dans une phrase avec un rapport signal/bruit fixe quand d'autres se basent sur une procédure adaptative déterminant le rapport signal/bruit critique permettant la reconnaissance de 50% de mots. La proportion de patients améliorés en stimulation bimodale varie de 40% (Mok et al. 2006) à 100% (Kong et al. 2005) selon les travaux, les proportions les plus fréquemment rapportées étant situées entre 40 et 60% (Dunn et al. 2005, Morera et al. 2005). La revue de la littérature de Ching publiée en 2005 (Ching et al., 2005) souligne encore l'intérêt de l'équilibrage isosonique interaural afin d'optimiser les performances de cette stimulation.

La stimulation bimodale peut donc restaurer, dans une certaine mesure,

l'audition binaurale en restituant au système auditif central les ILD et ITD à la base de la localisation. Mais elle transmet également, et toujours dans une certaine mesure, des informations auditives potentiellement complémentaires.

## Indices spectraux apportés par l'audition résiduelle amplifiée

L'audition résiduelle amplifiée permet ainsi aux patients implantés d'avoir accès à la fréquence fondamentale F0, que l'implant ne peut coder efficacement (Pressnitzer et al. 2005; Geurts & Wouters 2001). Ainsi, l'audioprothèse transmet cette information presque intacte comparée au traitement de l'implant, qui délivre un signal appauvri sur le plan spatial avec 12 à 22 électrodes actives, et sur le plan temporel avec un défaut de codage de la structure temporelle fine.

La perception de F0 est pourtant essentielle à la perception d'informations paralinguistiques, telles que l'intonation dans la voix, ou d'informations extralinguistiques, comme la musique ou les bruits de l'environnement. Le bénéfice rapporté à l'audition résiduelle utilisée en complément de l'implant a été mis en évidence dans plusieurs travaux portant sur la perception de la prosodie affective (Straatman et al. 2010, Cullington & Zeng 2010), de la prosodie linguistique (Marx et al. 2015) ou de la musique instrumentale (Leal et al. 2003; El Fata et al. 2009).

La perception de F0 grâce à l'audition résiduelle pourrait également rendre compte en partie de l'amélioration de la discrimination dans le bruit chez les patients utilisant une stimulation bimodale. F0 intervient ainsi dans la reconnaissance de la voix du locuteur et peut permettre, avec l'aide des indices binauraux, de le cibler dans un environnement bruyant.

Li et Loizou (Li & Loizou 2008) ont proposé qu'au-delà de F0, l'audition résiduelle des patients implantés leur permettait d'avoir un «aperçu» (les auteurs parlent de «glimpse») de l'ensemble des informations acoustiques aux basses fréquences. Grâce à cet «aperçu» basses fréquences, les patients utilisant une stimulation bimodale peuvent détecter F0 et ses premières harmoniques, le premier voire le deuxième formant. Ces derniers contribuent à la perception du temps de voisement, et à la reconnaissance de certaines voyelles, et constitueraient des indices additionnels dans les environnements bruyants.

## Quel seuil d'audition résiduelle peut être considéré comme utile?

Dans un contexte où l'importance d'une stimulation auditive bilatérale est largement reconnue, cette question doit être posée afin de distinguer les patients à qui recommander l'utilisation d'une stimulation bimodale de ceux pouvant être candidats à une implantation bilatérale. La récente publication de Devocht et al. (Devocht et al. 2015) a non seulement permis de mettre à jour les informations concernant le pourcentage de patients implantés qui conservaient une audioprothèse controlatérale (>60%, voir ci-dessus) mais également de préciser les facteurs audiométriques qui sous-tendaient ce phénomène. Les patients implantés utilisant une stimulation bimodale présentaient une perte auditive moyenne (250 Hz à 2 kHz) moins importante que les patients qui abandonnent leur audioprothèse controlatérale (-92,3 dB +/-13 vs -102,1 dB +/-14), avec un seuil autour de 100 dB considéré comme prédictif de l'abandon.



L'importance des seuils auditifs tonaux sur les basses fréquences a été soulignée dans plusieurs travaux. El Fata et al. (El fata et al. *Audiol Neurootol* 2009) ont ainsi retrouvé de meilleures performances pour la reconnaissance de séquences musicales instrumentales populaires chez les patients présentant une audition résiduelle meilleure que 85 dB. La perception de la prosodie linguistique, évaluée au moyen d'une tâche de discrimination entre question et affirmation dans l'étude de Marx (Marx et al. 2015), était considérée comme normale ou presque pour les patients implantés avec des seuils d'audition résiduelle meilleurs que 60 dB sur l'oreille controlatérale.

Il est donc difficile de retenir une valeur seuil consensuelle au-delà de laquelle l'audioprothèse ne peut apporter d'information utile à l'implant controlatéral. La discussion doit avoir lieu au cas par cas, en évaluant l'ensemble des situations pour lesquelles son intérêt peut se manifester, depuis la localisation spatiale jusqu'à l'écoute de la musique, en passant par la discrimination de la parole dans le bruit ou la reconnaissance des voix.

## ■ Combinaison et optimisation des réglages de l'audioprothèse controlatérale

Il n'existe à ce jour que peu d'études s'intéressant aux spécificités de l'adaptation audioprothétique en présence d'un implant cochléaire controlatéral. La nécessité d'une équilibration inter-aurale en sonie a déjà été soulignée. La question d'une approche fréquentielle ciblée n'est quant à elle pas tout à fait résolue.

Zhang et al. (Zhang et al. *Ear Hear.* 2010) ont étudié la discrimination de la parole dans le bruit chez des patients bimodaux utilisant seulement leur implant puis en fonction du gain acoustique appliqué sur différentes bandes de fréquences pour une simulation d'audioprothèse controlatérale. L'amplification de F0 était retenue comme utile puisque les scores moyens de discrimination correcte des mots étaient améliorés de 30 points lorsque l'information entre 0 et 125 Hz était apportée en plus de la stimulation par l'implant. Le gain appliqué sur la bande fréquentielle entre 125 et 750 Hz permettait d'améliorer les performances de plus de 10 points supplémentaires.

La critique régulièrement apportée à cette étude réside dans la simulation d'audioprothèse utilisée, différente de la plupart des appareils qui amplifient peu en-deçà de 200-250 Hz, pas en-deçà de 100 Hz.

L'intérêt d'un gain appliqué sur les fréquences moyennes (1 kHz à 2 kHz) est plus discuté. Certains auteurs, à l'instar de Mok (Mok et al. 2006(21)), suggèrent qu'une amplification sur cette région peut être délétère, car interférant avec la stimulation par l'implant controlatéral. Pour d'autres, tels Neuman (Neuman & Svirsky *Ear Hear.* 2013) ou Potts (Potts LG et al. *J Am Acad Audiol* 2009), toute audition résiduelle est potentiellement utile et justifie un essai d'amplification.

Les valeurs cibles données par les méthodes de pré-réglage NAL (NAL-NL1, NAL-RP) (Byrne et al. 2001) semblent globalement appropriées, sous réserve du respect de l'équilibration inter-aurale de sonie. La limite qui peut lui être opposée est la sous-amplification aux fréquences inférieures à 500 Hz, dont nous avons discuté l'importance précédemment. Neuman & Svirsky (Neuman & Svirsky *Ear Hear.* 2013) insistent ainsi sur la transmission des premiers harmoniques et de la structure temporelle fine aidant à reconstruire l'information relative à F0.

## ■ Conclusion

L'extension progressive des indications d'implantation cochléaire aux surdités sévères, et dans un futur vraisemblablement proche aux surdités asymétriques, se traduit de facto par une augmentation de la proportion de patients implantés utilisant une audioprothèse controlatérale. Cette stimulation bimodale restaure un accès partiel aux indices binauraux et apporte des informations complémentaires au traitement essentiellement temporel réalisé par l'implant cochléaire. L'audition résiduelle éventuellement amplifiée restituée plus fidèlement la fréquence fondamentale et des premiers harmoniques, et améliore ainsi la perception de l'intonation ou de la musique. S'il n'existe actuellement pas de recommandation quant à l'adaptation de l'audioprothèse en présence d'un implant cochléaire controlatéral, cette synthèse souligne la nécessité d'une collaboration étroite et durable entre l'audioprothésiste référent et le centre d'implantation cochléaire dans lequel le patient est pris en charge.

## ■ Références

- Armstrong M, Pegg P, James C, Blamey P (1997). Speech perception in noise with implant and hearing aid. *Am J Otol.* 1997 Nov;18(6 Suppl):S140-1
- Byrne D, Dillon H (2001). NAL-NL1 procedure for fitting nonlinear hearing aids: characteristics and comparisons with other procedures. *J Am Acad Audiol.* 2001 Jan;12(1):37-51.
- Ching TY, Incerti P, Hill M. (2004) Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears. *Ear Hear.* 2004 Feb;25(1):9-21.
- Ching TY, van Wanrooy E, Hill M, Dillon H. (2005) Binaural redundancy and inter-aural time difference cues for patients wearing a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears. *Int J Audiol.* 2005 Sep;44(9):513-21.
- Cullington HE, Zeng FG (2010) Bimodal hearing benefit for speech recognition with competing voice in cochlear implant subject with normal hearing in contralateral ear. *Ear Hear.* 2010 Feb;31(1):70-3
- Devocht E, George E., Janssen A., Stokroos R. (2015) Bimodal hearing aid retention after unilateral cochlear implantation. *Audiol Neurootol.* 2015;20(6):383-93.
- Dooley GJ, Blamey PJ, Seligman PM, Alcantara JI, Clark GM, Shalloo JK, Arndt P, Heller JW, Menapace CM. (1993) Combined electrical and acoustical stimulation using a bimodal prosthesis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1993 Jan;119(1):55-60
- Dunn C, Tyler RS, Witt S (2005) Benefit of wearing a hearing aid on the unimplanted ear in adult users of a cochlear implant. *J Speech Lang Hear Res.* 2005 Jun;48(3):668-80
- El Fata F, James CJ, Laborde ML, Fraysse B. (2009) How much residual hearing is 'useful' for music perception with cochlear implants? *Audiol Neurootol.* 2009;14 Suppl 1:14-21
- Francart T, McDermott HJ. (2012) Development of a loudness normalisation strategy for combined cochlear implant and acoustic stimulation. *Hear Res.* 2012 Dec;294(1-2):114-24
- Francart T, Lenssen A, Wouters J. (2011) Enhancement of interaural level differences improves sound localization in bimodal hearing. *J Acoust Soc Am.* 2011 Nov;130(5):2817-26.
- Francart T, Lenssen A, Wouters J. (2010) Sensitivity of bimodal listeners to interaural time differences with modulated single- and multiple-channel stimuli. *Audiol Neurootol.* 2011;16(2):82-92.
- Francart T, Van den Bogaert T, Moonen M, Wouters J. (2009) Amplification of interaural level differences improves sound localization in acoustic simulations of bimodal hearing. *J Acoust Soc Am.* 2009 Dec;126(6):3209-13
- Geurts L, Wouters J. (2001) Coding of the fundamental frequency in continuous interleaved sampling processors for cochlear implants. *J Acoust Soc Am.* 2001 Feb;109(2):713-26.
- HAS (Haute Autorité de Santé) (2007) traitement de la surdité par pose d'implants cochléaires ou d'implants du tronc cérébral Classement CCAM : 03.04.02 - Codes : CCGA001, CDLA002, CDLA003, CDMP002 mai 2007
- HAS (Haute Autorité de Santé) (2011) bon usage des technologies médicales le traitement de la surdité par implants cochléaires ou du tronc



cérébral. Mise à jour du rapport de mai 2007

Kong YY, Stickney GS, Zeng FG (2005). Speech and melody recognition in binaurally combined acoustic and electric hearing. *J Acoust Soc Am*. 2005 Mar;117(3 Pt 1):1351-61.

Leal M, Shin Y, Laborde M, Calmels M, Verges S, Lugardon S, Andrieu S, Deguine O, Fraysse B (2003) Music perception in adult cochlear implant recipients. *Acta Otolaryngol*. 2003 Sep;123(7):826-35.

Li N, Loizou PC (2008) A glimpsing account for the benefit of simulated combined acoustic and electric hearing. *J Acoust Soc Am*. 2008 Apr;123(4):2287-94. doi: 10.1121/1.2839013.

Marx M, James C, Foxton J, Capber A, Fraysse B, Barone P, Deguine O. (2015) Speech prosody perception in cochlear implant users with and without residual hearing. *Ear Hear*. 2015 Mar-Apr;36(2):239-48

Mok M, Grayden D, Dowell RC, Lawrence D.(2006) Speech perception for adults who use hearing aids in conjunction with cochlear implants in opposite ears. *J Speech Lang Hear Res*. 2006 Apr;49(2):338-51

Morera C, Manrique M, Ramos A, Garcia-Ibanez L, Cavalle L, Huarte A, Castillo C, Estrada.(2005) Advantages of binaural hearing provided through

bimodal stimulation via a cochlear implant and a conventional hearing aid: a 6-month comparative study. *Acta Otolaryngol*. 2005 Jun;125(6):596-606.

Neuman AC, Svirsky MA (2013) Effect of hearing aid bandwidth on speech recognition performance of listeners using a cochlear implant and contralateral hearing aid (bimodal hearing). *Ear Hear*. 2013 Sep;34(5):553-61

Pressnitzer D, Bestel J, Fraysse B(2005) Music to electric ears: pitch and timbre perception by cochlear implant patients. *Ann NY Acad Sci*. 2005 Dec;1060:343-5.

Potts LG, Skinner MW, Litovsky RA, Strube MJ, Kuk F.(2009) Recognition and localization of speech by adult cochlear implant recipients wearing a digital hearing aid in the nonimplanted ear (bimodal hearing). *J Am Acad Audiol*. 2009 Jun;20(6):353-73.

Scherf FW, Arnold LP(2012); Exploring the clinical approach to the bimodal fitting of hearing aids and cochlear implants: results of an international survey. Poster presentation at the 12th International Conference on Cochlear Implants and Other Implantable Auditory Technologies, ESPO 2012, Amsterdam, the Netherlands, SFORL 2012, Paris, France. *Acta Otolaryngol*. 2014 Nov;134(11):1151-7.

Seeber BU, Baumann U, Fastl H.(2004) Localization ability with bimodal hearing aids and bilateral cochlear implants. *J Acoust Soc Am*. 2004 Sep;116(3):1698-709.

Straatman LV, Rietveld AC, Beijen J, Mylanus EA, Mens LH.(2010) Advantage of bimodal fitting in prosody perception for children using a cochlear implant and a hearing aid. *J Acoust Soc Am*. 2010 Oct;128(4):1884-95

Tyler R, Parkinson A, Wilson B, Witt S, Preece J, Noble W. Patients utilizing a hearing aid and a cochlear implant: speech perception and localization. *Ear Hear*. 2002 Apr;23(2):98-105.

Wilson B. and Dorman F. (2008) Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future; *Hear Res*. 2008 Aug; 242(0): 3-21

Zhang T, Dorman MF, Spahr AJ.(2010) Information from the voice fundamental frequency (F0) region accounts for the majority of the benefit when acoustic stimulation is added to electric stimulation. *Ear Hear*. 2010 Feb;31(1):63-9.

Zhang T, Spahr AJ, Dorman MF (2010) Frequency overlap between electric and acoustic stimulation and speech-perception benefit in patients with combined electric and acoustic stimulation. *Ear Hear*. 2010 Apr;31(2):195-201


Annuaire Français  
d'Audiophonologie



# auditionTV

News | Interviews | Reportages



La 1<sup>ère</sup> Web TV  
dédiée au monde  
de l'audition



accéder à  
auditionTV

www.annuaire-audition.com



# De nouvelles solutions Phonak

## Pour les enfants



## Roger Touchscreen Mic

La gamme Roger pour l'enseignement comprend de nouveaux produits conçus pour répondre aux besoins de tous les élèves, dans toutes les situations. Roger Touchscreen Mic est le nouveau microphone sans fil pour enseignant :

- Ecran tactile
- Interface intuitive
- Microphones adaptatifs

Et bien d'autres solutions Roger dans le domaine pédiatrique encore à découvrir!



## Phonak Sky™ V

Gamme la plus complète, Phonak Sky V a été conçue exclusivement pour les enfants et adolescents de tout âge.

Disponible en 5 modèles et 3 niveaux de performances (V90 à V50), elle introduit des fonctions et des technologies révolutionnaires, spécialement optimisées pour répondre aux besoins de communication des enfants et adolescents.



## Pour les adultes



### Phonak Naída™ V

Solution déjà éprouvée, découvrez désormais la toute nouvelle solution puissante Phonak Naída V !

Elle offre des performances auditives améliorées aux personnes ayant une perte auditive sévère à profonde. Forte des possibilités innovantes de la plateforme Venture, cette solution se décline en 3 modèles et 4 niveaux de performances (V90 à V30).



RIC

SP

UP

### Roger Table Mic

Roger Table Mic est un microphone sans fil conçu pour les réunions. Il permet aux adultes actifs ayant une perte auditive de se concentrer sur leur travail plutôt que sur leur audition. Simple d'utilisation, la parole est ainsi captée et transmise avec une réduction du bruit ambiant. Découvrez toutes nos solutions Roger pour les adultes et au travail !





# Cas clinique

## Appareillage bimodal

**Frédéric REMBAUD**

Audioprothésiste D.E.  
Membre du Collège National d'Audioprothèse  
Coordinateur Audioprothèse  
Ecole de Cahors  
frembaud@live.fr  
05 53 08 86 48



**Vincent ROUDERGUE**

Etudiant  
2<sup>ème</sup> année  
Ecole de Bordeaux

### Introduction

Le nombre d'implantations cochléaires en France ne cesse de croître chaque année, et nous sommes amenés à rencontrer de plus en plus de patients implantés cochléaires dans nos laboratoires. La question de l'appareillage de l'oreille controlatérale discutée lors des premières implantations dans les années 90 ne fait plus débat aujourd'hui. La règle est claire. Actuellement, les implants doivent être réglés en centre d'implantation uniquement et les prothèses controlatérales chez l'audioprothésiste. Quelles sont les conséquences d'un mauvais réglage de la prothèse auditive sur l'appareillage bimodal ?

### Anamnèse

Monsieur V. (65 ans) est à la retraite et vit en couple à la campagne. Il présente une surdité sévère mixte bilatérale non symétrique due à une otospongiose. De multiples interventions chirurgicales (ossiculoplasties (4 OG et 2 OD de 2004 à 2014) n'apportent aucun succès significatif (notamment à droite). L'audition oreille droite laisse très peu de dynamique résiduelle (seuil à 65 dB

HL et inconfort à 90 dB HL) pour un appareillage optimal. Un fort recrutement affecte la compréhension dans le calme oreille appareillée (20% de phonèmes reconnus). Il a été implanté en mai 2015 à droite et l'activation de son implant COCHLEAR a été réalisée en juin 2015. Il porte une prothèse auditive de marque REXTON en écouteur déporté sur l'oreille gauche.

### Contrôle d'efficacité prothétique : Résultats

Suite à un premier rendez-vous de réglage de l'appareil auditif controlatéral 6 mois après l'évolution des réglages de l'implant, nous recevons Mr V. dans le but d'effectuer un équilibrage.

Dans un premier temps, une audiométrie tonale en champ libre oreilles nues (courbe noire), oreille gauche appareillée (bleu) et oreille droite implantée (rouge) est réalisée (Figure 1). On observe une perte auditive sévère très bien compensée par l'implant sur l'ensemble des fréquences. Cependant l'appareil auditif controlatéral a plus de difficulté à

compenser les basses et les hautes fréquences. A noter que l'appareil auditif gauche avait été réglé selon la méthodologie NAL NL1.

### Equilibrage : Evolution du seuil tonal champ libre

Par la suite un réglage de l'appareil controlatéral est effectué selon la méthode DSL v5 avec équilibrage (Figure 2).

On s'aperçoit alors que la méthode DSL permet d'obtenir des résultats significatifs sur les fréquences 250 et 3000 Hz ainsi qu'une linéarisation du gain prothétique.

### Evolution du MCL

La recherche du seuil de confort MCL (Most Comfortable Level) nous permet d'observer une linéarisation des seuils sur la bande passante après équilibrage (Figure 3).

### Comparaison de la dynamique (Seuil-MCL) avant et après équilibrage

Le réglage a permis d'équilibrer la sensation de sonie de l'appareillage controlatéral.

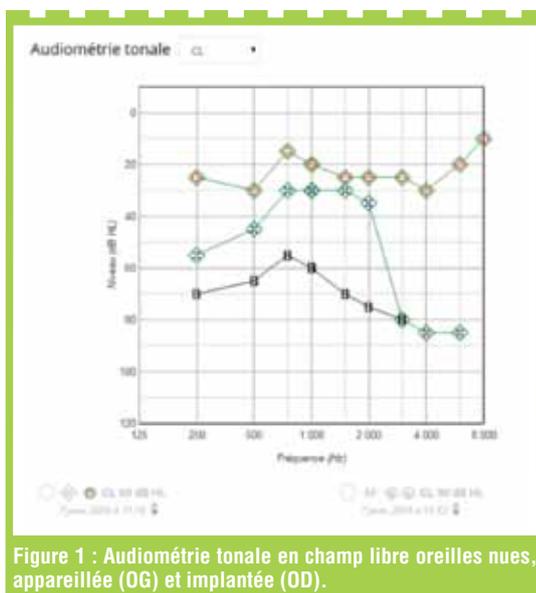


Figure 1 : Audiométrie tonale en champ libre oreilles nues, appareillée (OG) et implantée (OD).

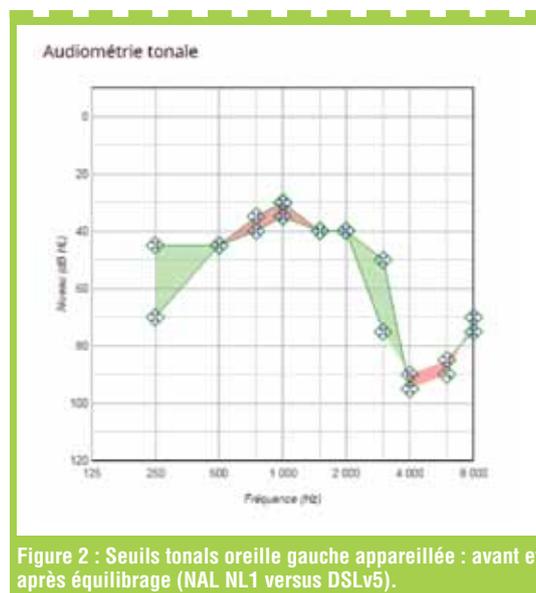


Figure 2 : Seuils tonals oreille gauche appareillée : avant et après équilibrage (NAL NL1 versus DSLv5).

# Cas clinique



## Evolution de l'appareillage bimodal (avant et après équilibrage)

Les seuils tonals en mode bimodal ne montrent pas de différences significatives avant et après équilibrage (figure 5a). Ces seuils correspondent à ceux de l'oreille implantée, ce qui semble peu étonnant au vu des performances des implants cochléaires.

Les seuils de confort MCL ont été linéarisés sur la bande passante par l'équilibrage (figure 5b).

## Evolution de la dynamique résiduelle

La dynamique résiduelle en mode bimodal est plus importante pour le réglage post-équilibrage (figure 6), cela est dû à la prise en compte de la cible BOLT (spécifique à la méthode DSLv5) qui ajuste les niveaux de la parole 13dB en dessous des seuils d'inconfort.

## Audiométrie Vocale en mode bimodal

Les résultats de l'audiométrie vocale dans le calme champ libre ne montrent aucune différence significative pour les listes de mots monosyllabiques et dissyllabiques de Fournier.

L'audiométrie vocale dans le bruit avec les listes dissyllabiques de Fournier avant et après équilibrage

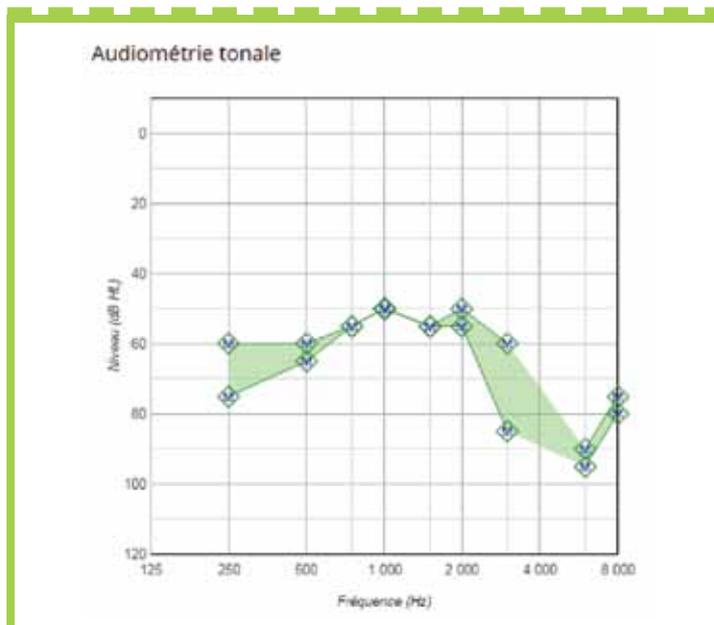


Figure 3 : Seuils de confort MCL appareil controlatéral avant et après équilibrage.

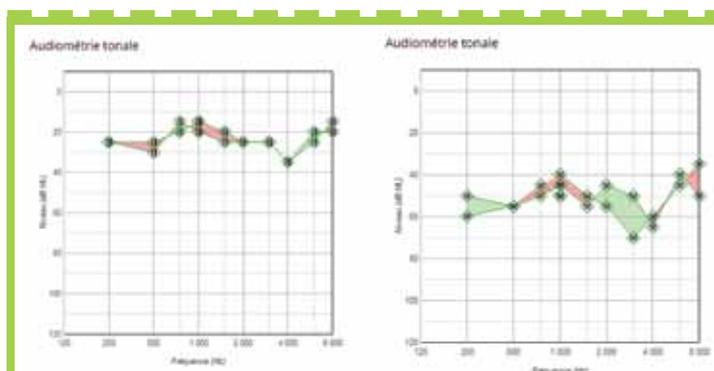


Figure 5 : Seuils tonals bimodaux avant et après équilibrage (a) seuils de confort MCL bimodaux avant et après équilibrage (b).

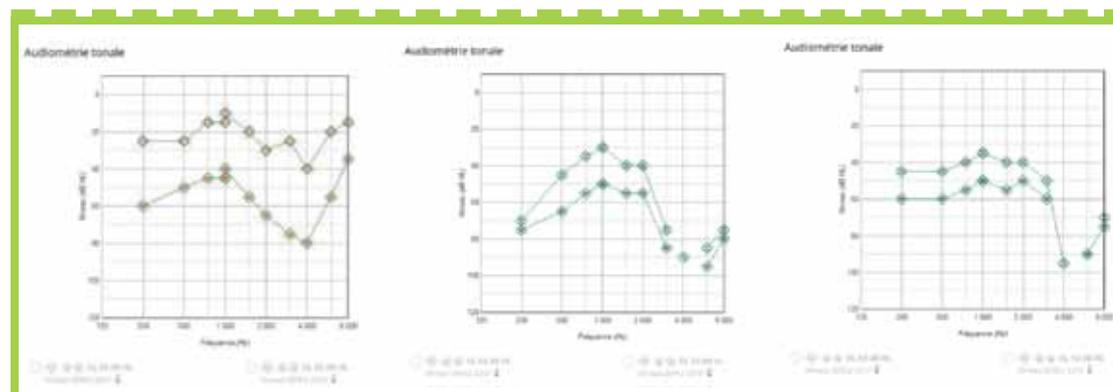


Figure 4 : Comparaison des dynamiques (Seuils-MCL) avant et après équilibrage (IC-ACA).



# > CAS CLINIQUE

présente une nette amélioration du RSB (de +7,8 à +4,5) (figure 7). Pour l'ensemble de ces tests le bruit utilisé fut l'Onde Vocale Globale (OVG).

## Test de localisation dans le bruit en mode bimodal

Ce test est une adaptation des épreuves stéréaudiométriques de localisation sonore spatiale de DECROIX et DEHAUSSY appliqué dans le bruit et sans tenir compte de la difficulté du temps de réponse.

Il consiste à localiser en mode bimodal un mot extrait d'une liste de mots dissyllabiques de Fournier dans un bruit (OVG) généré par 4 autres haut-parleurs. Le but n'étant pas de répéter le mot entendu mais uniquement de le localiser sur 5 azimuts (frontal, 45° droite et gauche, 90° droite et gauche) et pour un RSB=0. Les résultats sont présentés sous forme d'Indice de Gêne de Localisation Sonore (IGLS) .

Avant équilibrage la localisation est décalée vers la droite (oreille implantée), après -équilibrage la localisation est décalée vers l'appareil controlatéral (oreille gauche) de manière plus équilibrée (figure 8).

## Discussion

Le premier constat du contrôle d'efficacité prothétique montre un déséquilibre entre l'implant et l'appareil auditif aussi bien du point de vue de la bande passante que de la dynamique. Ce désagrément est exprimé par Mr V. et se traduit par une gêne dans le bruit (Niveau de sortie trop fort sur ACA) avec abandon de l'appareil, mais aussi un problème de reconnaissance des voix.

L'équilibrage a permis de restaurer les fréquences graves très importantes pour la discrimination de la voix (prosodie, définition du genre, timbre) ainsi que la fréquence de 3 KHz redonnant les indices spectraux importants de la parole.

L'implant cochléaire reste l'appareil de référence en terme de performance, cependant l'équilibrage a permis d'égaliser la sensation de sonie de Mr V. sur l'oreille controlatérale. La nouvelle sensation de sonie est plus cohérente avec celle de l'implant.

L'adaptation avec la méthode DSLv5 semble plus appropriée que la méthode NAL-NL1, en effet la cible BOLT a permis d'améliorer la dynamique de Mr V. le premier réglage représentait un frein à l'appareillage bimodal par son inconfort.

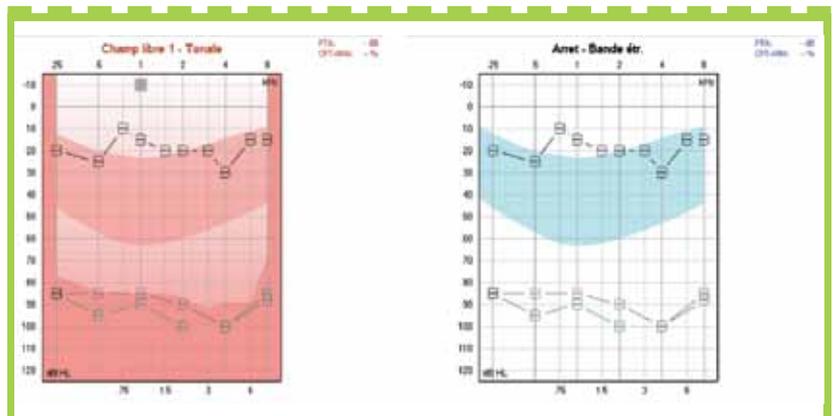


Figure 6 : Seuils d'inconfort et dynamique en mode bimodal avant et après équilibrage.

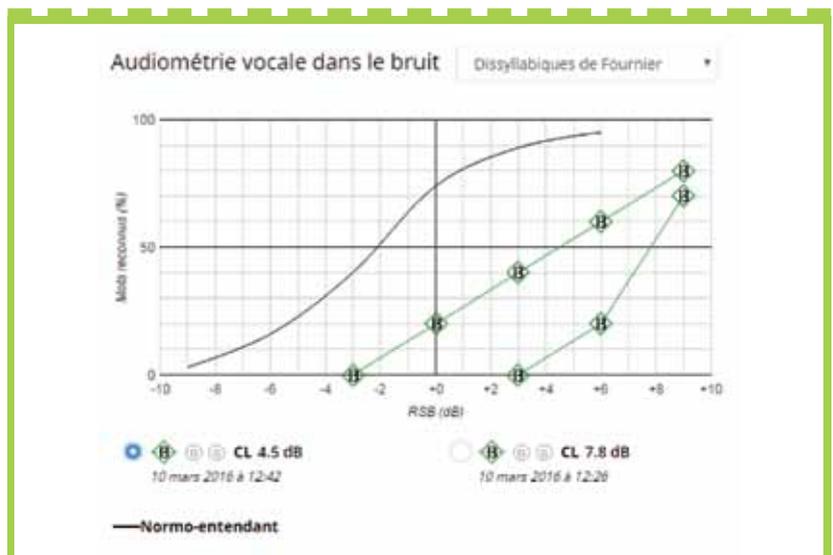


Figure 7 : Audiométrie vocale dans le bruit (OVG) en mode bimodal avant et après équilibrage (listes dissyllabiques de Fournier).

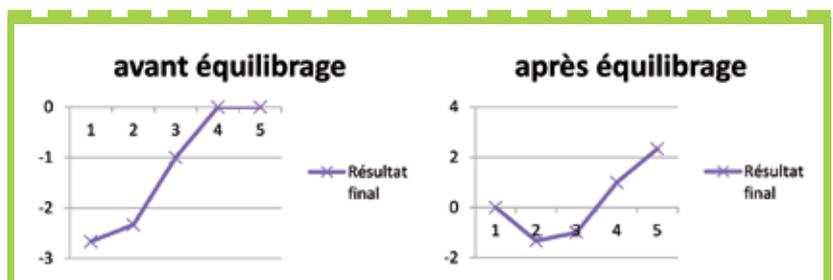


Figure 8 : IGLS en mode bimodale avant et après équilibrage.

La localisation spatiale reste compliquée et très perturbée, cela n'est cependant pas inquiétant et doit faire l'objet d'un entraînement. Les patients implantés localisent très mal et d'autant plus dans le bruit. Cependant, nous avons pu observer une influence de l'équilibrage sur la localisation. Une question se pose cependant quant à une surstimulation sur l'oreille controlatérale qui privilégierait un mode

d'intégration par rapport à un autre (électrique vs naturel). Ce point reste à élucider.

L'équilibrage a permis de restituer 3.3 dB de rapport signal bruit dans l'audiométrie vocale dans le bruit.

Mr V. se sent beaucoup mieux depuis l'équilibrage de son appareil controlatéral, qu'il porte en permanence dans les situations bruyantes.



### Conclusion

On peut être vite dérouté devant ce type d'appareillage, malgré tout les enjeux sont primordiaux. Un mauvais réglage peut être un frein à l'évolution de l'appareillage bimodal, il est donc important d'être actif pour se coordonner avec l'équipe d'implantation.

Les mesures pertinentes pour l'équilibrage sont : les seuils d'audition appareillés, les seuils MCL et les seuils UCL. Une audiométrie vocale dans le bruit peut confirmer l'amélioration apportée par le réglage.

Tout ceci dans le but d'améliorer le quotidien de nos patients.

Toutefois se pose la question du réglage de l'implant cochléaire qui n'est pas abordée dans ce cas. En effet le réglage des deux prothèses par la même personne assurerait une cohérence sur le mode bimodal, et permettrait au patient de se déplacer qu'à un seul endroit. Alors faudrait-il tout régler à l'hôpital ou bien autoriser les audioprothésistes à régler les implants dans leurs centres d'audition ? Aujourd'hui il faut privilégier les contacts avec les équipes pluridisciplinaires des centres d'implantations ce qui semble la solution la plus adaptée à la conjoncture.

## Les Cahiers de *l'Audition*

La Revue du Collège National d'Audioprothèse



### Déposez vos petites annonces

dans la revue incontournable **distribuée gratuitement à tous les audioprothésistes français** et aux étudiants de 2ème et 3ème année en faculté d'audioprothèse

**La mise en ligne est offerte sur [www.lescahiersdelaudition.fr](http://www.lescahiersdelaudition.fr)**  
**pour toute parution au sein de la revue**

Pour tout renseignement, contactez le Collège National d'Audioprothèse  
**01.42.96.87.77 ou [cna.paris@orange.fr](mailto:cna.paris@orange.fr)**



# Veille acouphènes

## L'hyperacousie (5<sup>ème</sup> partie)

### Faire face à l'hyperacousie dans un couple ou le « coping » dyadique

#### Philippe LURQUIN

Audioprothésiste  
Bruxelles-Charleroi

Chargé de cours,  
membre du  
Collège National  
d'Audioprothèse



#### H. VIOLETTE

Audioprothésiste



*Note des auteurs : Cette veille acouphène est dédiée à la compréhension du vécu du conjoint lorsque survient l'hyperacousie.*

*Aujourd'hui la connaissance des mécanismes générateurs ne permet plus de scinder acouphène et hyperacousie ni même dysesthésie faciale. Le patient doit être évalué globalement, c'est l'essence du questionnaire BAHIA. (Lurquin & al 2013).*

*Dans de nombreux modèles l'acouphène est considéré par analogie comme une douleur fantôme et l'hyperacousie comme l'équivalent de l'hyperesthésie rencontrée chez le patient amputé*

Nous limiterons notre propos à la douleur de l'hyperacousique, qui est induite par des sons modérés, parfaitement tolérés autrefois par le sujet ou bien tolérés par des individus normo-entendants, liée à une désafférentation (Lurquin & coll 2003). Cette douleur peut être qualifiée de neuropathique ou neurogène. Toutefois chez l'hyperacousique, le stress l'inadéquation du discours de certains soignants et l'incompréhension peuvent s'ajouter. Dans ce cas, la douleur psychogène s'ajoute à la douleur neurogène.

Nous allons essayer de concevoir la souffrance des patients qui ne peuvent en aucun cas être soulagés, par l'utilisation d'anti-inflammatoire et d'analgésiques périphériques mais aussi celle de leur conjoint et celle de leur couple.

#### Composantes neuropsychologiques et comportementales de douleur

Nous distinguerons quatre composantes différentes

**Composante sensori-discriminative** : Elle correspond aux mécanismes neurophysiologiques qui permettent de déterminer la durée,

la qualité, la localisation, et l'intensité de la stimulation des messages nociceptifs. (Grégoire, Muller & Marchand, 2010) Il s'agit donc de ce que le sujet sent. (Moullin et Boureau 2003)

Exemple : Le patient hyperacousique sent une douleur localisée au niveau de ses oreilles lorsqu'il est exposé à de sons qu'il supportait auparavant et que d'autres continuent à supporter (cri d'enfant par exemple)

**Composante affectivo-émotionnelle** : Elle désigne la perception de la douleur, qui peut être traduite comme un phénomène pénible, désagréable, voire insupportable. Il s'agit donc de ce que le sujet ressent. Cette composante peut déclencher des comportements émotionnels tels que l'anxiété et la dépression. (Besson, 1992) Elle est déclenchée par le stimulus, mais également par le contexte dans lequel le stimulus est perçu ou celui dans lequel le sujet évolue. (Moullin & Boureau, 2003)

Exemple : Le patient hyperacousique devient anxieux face à sa douleur, à l'incompréhension de ses proches

**Composante cognitive** : Elle regroupe l'ensemble des mécanismes mentaux qui peuvent être en mesure d'influencer la perception de la douleur et les comportements en réponse à celle-ci. Les expériences antérieures permettent donc à l'individu d'adopter de nouvelles stratégies face à la douleur (Le Saout, 2013). Il s'agit donc de ce que le sujet pense et ce que le sujet fait.

Exemple : Le patient hyperacousique s'interroge face à son incapacité à trouver une solution

**Composante comportementale** : elle rassemble l'ensemble des manifestations verbales ou non observables chez une personne qui souffre. (Besson, 1992) Il s'agit donc de ce que le sujet produit

comme les mimiques, plaintes ou cris. Ces réactions face à une stimulation constituent un moyen de communication avec l'entourage pour faire part de sa douleur. (Moullin & Boureau, 2003)

Exemple : Le patient hyperacousique fuit les milieux bruyants

#### L'implication du conjoint face à cette douleur

Une douleur touche en premier lieu celui qui en souffre, c'est à dire dans notre cas le patient hyperacousique. Néanmoins, nous nous interrogeons sur la place du conjoint et sur la répercussion plus ou moins importante de la douleur sur celui-ci, et donc sur la relation de couple. En effet, bien que la douleur ait pour objectif premier d'alerter un danger, elle assure également une fonction de communication avec l'entourage. Ainsi, les grimaces, les plaintes ou les positions antalgiques comme se boucher les oreilles permettent au conjoint d'objectiver la douleur de son partenaire, qui n'est pas ressentie en tant que tel, mais qui est vécu au quotidien.

Face à cette nouveauté imposée au sein de la relation de couple, les partenaires vont devoir s'adapter et faire face à cette épreuve. On parlera alors d'ajustement dyadique et de coping dyadique.

#### L'ajustement conjugal ou dyadique

Le concept d'ajustement marital a été introduit par Spanier en 1972. Celui-ci décrit des mariages exempts de conflits, où le mari et la femme sont en accord sur les problèmes majeurs, ont les mêmes intérêts, participent ensemble aux mêmes loisirs et montrent de l'affection l'un envers l'autre. De plus, toujours selon Spanier (1976), l'ajustement dyadique (qui est relatif à la dyade, et donc au couple) peut être défini



comme un processus dont le résultat est déterminé par le degré :

- des différences dyadiques gênantes
- des tensions interpersonnelles et de l'anxiété personnelle
- de satisfaction dyadique
- de cohésion dyadique
- de consensus sur les questions importantes du fonctionnement dyadique.

La relation dyadique est déséquilibrée, chaque fois qu'un des deux membres constate qu'il contribue plus à la relation qu'il en est récompensé (DeMaris, 2010). Un tel déséquilibre génère une détresse psychologique, qui tend à diminuer la qualité de la relation de couple (Hatfield, Rapson, et Aumer-Ryan, 2008 cités par DeMaris, 2010). En d'autres termes, un malaise est créé chez celui qui reçoit ou requiert plus que l'autre.

Néanmoins, selon Manne en 2004, le couple est considéré comme une entité et la maladie cancéreuse comme une affaire commune. Le patient doit donc être prêt à accepter le soutien de sa ou de son partenaire (cité dans *Troubles psychiques chez les proches et les partenaires de patients atteints du cancer*, Jenewein, 2013).

L'ajustement marital est généralement associé à une introspection familiale. Pour cela, des comportements d'adaptation sont mis en place tels qu'une rétroaction fréquente, des réflexions et des discussions au sein de la famille (Lewis, Woods, Hough & Bensley, 1989).

En 2009, Untas, Quintard, Koleck, Borteyroux et Azencot distinguent trois phases importantes dans le processus de gestion dyadique du stress.

La communication autour du stress, qui est le fait de parler à son partenaire de ses peurs, de ses difficultés et solliciter son soutien.

Le coping dyadique, qui est la réaction positive ou négative des partenaires suite à cette communication

Le feed-back qui est l'efficacité perçue et exprimée ainsi que la satisfaction associée à la gestion du stress à l'intérieur du couple.

Dans le cadre de l'hyperacousie, suite à l'apparition de la maladie, la relation maritale est inévitablement affectée. En effet, le patient aura besoin de son conjoint dans la réalisation des tâches ou des activités quotidiennes qui ne sont plus tolérables.

Par exemple, le patient éprouvera des difficultés à : utiliser un aspirateur, mettre la table, vider le lave-vaisselle, se promener dans la rue, prendre les transports en commun, aller au restaurant ou encore accompagner son enfant dans la cour de récréation. Le couple va donc devoir se réinventer en ajustant les rôles de chacun afin d'affronter ensemble la douleur.

## Le coping dyadique

Le concept de « coping dyadique » a été introduit par Bodenmann en 1997. Il correspondrait à « l'ensemble des efforts d'un ou des deux partenaires destinés à gérer les événements stressants, ainsi que les tensions éprouvées par l'un (stress individuel) ou par les deux partenaires (stress dyadique) » (cité dans *Du modèle transactionnel à une approche dyadique en psychologie de la santé*, 2012, p.105). En d'autres termes, le coping dyadique est la tentative de l'un des partenaires pour aider à réduire le stress externe perçu par son ou sa partenaire. Il peut également être défini comme l'effort commun visant à faire face au stress interne à la relation. (Lederermann et al., 2010)

Pour Bodenmann, en 2008, ce coping permet de maintenir ou de restaurer l'homéostasie individuelle et dyadique, le bien-être des deux

partenaires, et le fonctionnement du couple. (Cité dans *dyadic coping, quality of life, and psychological distress among chronic obstructive pulmonary disease patients and their partners*. Meier, Bodenmann, Mörgeli & Jenewein, 2011).

Toujours selon Bodenmann, le processus de coping fait suite à la succession de trois phases distinctes. Tout d'abord, la personne stressée exprime du stress. Ce stress est ensuite perçu par le partenaire. Enfin, ce dernier adopte une réaction, vis-à-vis du comportement de la personne stressée. (Cité dans *Psychometrics of the Dyadic Coping Inventory in Three Language Groups*, Ledermann et al., 2010).

Bodenmann (1995) distingue trois stratégies de coping dyadique positives :

**La gestion commune** : Elle correspond aux efforts fournis par les deux membres de la dyade pour faire face aux difficultés rencontrées. Elle peut être centrée sur le problème ou sur les émotions (Untas, Quintard, Koleck, Borteyroux & Azencot, 2009).

Exemple de gestion commune :

- Centrée sur le problème : rechercher ensemble des informations sur l'hyperacousie.
- Centrée sur les émotions : discuter de son ressenti face à la maladie, aux sons forts et à l'avenir.

**Le soutien dyadique** : il s'agit d'une aide apportée par l'un des deux partenaires à son conjoint qui n'a pas les capacités nécessaires pour faire face. (Bodenmann, 2008)

Exemple de soutien dyadique :

- Centrée sur le problème : éviter que son conjoint n'effectue les tâches ménagères qui créent beaucoup de bruits
- Centrée sur les émotions : comprendre avec empathie son conjoint hyperacousique.



**Le coping dyadique délégué** : Il se produit lorsque l'un des deux conjoints prend en charge certaines responsabilités de l'autre afin de réduire le stress du partenaire. (Meier, Bodenmann, Mörgeli & Jenewein, 2011).

Exemple de coping dyadique délégué :

- Centrée sur le problème : conduire son enfant chaque jour à l'école, car les cris des autres enfants sont devenus insupportables chez son conjoint.

En 1997, Bodenmann apporte de nouvelles stratégies de coping dyadique négatives.

**Le coping dyadique hostile** : Il apparaît lorsque le comportement de soutien du partenaire est accompagné de dénigrement, de moqueries ou de sarcasmes. (dans Lederman & al., 2010)

**Le coping ambivalent** : Il émerge lorsque l'un des deux membres du couple soutient l'autre involontairement, ou en étant convaincu que sa contribution ne devrait pas être nécessaire (Bodenmann, Pihet & Kayser, 2006).

**Le coping dyadique superficiel** : Il se manifeste lorsque l'un des membres de la dyade soutient son partenaire sans motivation (Untas, Quintard, Koleck, Borteyroux & Azencot, 2009).

## Conséquences chez le patient

Tout d'abord, un premier type de conséquence est observable chez le patient. Celui-ci est d'ordre physique et social.

En effet, le patient hyperacousique va développer des conduites d'évitements qui lui permettront de se « protéger », voire bien souvent de se « surprotéger » de tout type de son. Bien qu'il soit néfaste pour le cerveau auditif, ce type de comportement entrainera également un repli sur soi, ainsi qu'un isolement social (Guy-Coichard, Rostaing-Rigattieri, Doubrère & Boureau, 2005). Dans des situations extrêmes, le sujet évitera toute sortie jugée inutile, ce qui renforcera cet isolement.

Par conséquent, le sujet devra également être confronté à la « souffrance » de l'entourage et en particulier celle du conjoint, qui subit ces nouveaux comportements.

Enfin, face à la douleur récurrente, le patient peut devenir affaibli. Ceci s'explique par la fatigue et l'épuisement d'entendre des bruits vécus comme néfastes. Les conséquences psychologiques qu'entraîne cette maladie sont également source de

cette diminution physique et mentale.

Ensuite, comme nous venons de le souligner, la maladie peut engendrer des conséquences psychologiques, dont certains troubles psychiques comme l'anxiété ou la dépression.

Premièrement, **la peur et l'anxiété**, qui doivent être différenciées, bien que ces deux sentiments soient tous deux impliqués dans la douleur chronique :

La peur est un état émotionnel conscient qui se caractérise par l'activation du système nerveux autonome afin de préparer l'action de l'organisme. La peur est généralement présente de manière instantanée en réponse à une menace réelle ou perçue (Norton & Asmundson, 2003).

L'anxiété implique un traitement plus cognitif et moins autonome (Norton & Asmundson, 2003). De plus, selon Carleton, Abrams, Asmundson, Antony & McCabe (2009), l'anxiété est une variable importante, qui contribue à l'entretien et au développement des douleurs chroniques. Enfin, d'après Hadjistavropoulos, Owens, Hadjistavropoulos & Asmundson, l'anxiété se caractérise par une inquiétude extrême pour la santé ou une préoccupation excessive pour la maladie, alors qu'il n'y a pas de preuve médicale (cité dans La dépression et l'anxiété dans la douleur chronique : une revue de travaux, O'Reilly, 2011). Elle est donc inconsciente.

**La colère**, qui tout comme les émotions négatives, est directement impliquée dans l'intensité subjective de la douleur chronique (Elbeze Rimasson & Gay, 2012) se manifeste, sous forme de frustrations, vis-à-vis d'une situation persistante qui se détériore (Rivard, 2013).

L'étude de Trost, Vangronsveld, Linton, Quartana et Sullivan (2012), relève trois dimensions cognitives de douleur :

- La frustration face aux objectifs fixés qui deviennent compromis.

Exemple : « je ne deviendrai jamais musicienne /chanteuse professionnelle »

- L'attribution externe de résultats négatifs : De Good et Kiernan ont constaté que les patients qui blâment les autres rapportent plus de douleur et de détresse émotionnelle que ceux qui n'attribuent pas aux autres leurs fautes et leurs états de douleur (cité dans Cognitive dimensions of anger in chronic pain, Trost et al., 2012).

Exemple : « je suis devenu hyperacousique parce que mes amis/enfants ont joué avec des pétards trop près de moi »

- L'injustice perçue : D'après les travaux de Sullivan, Adam, Horan, Maher, Boland & Gross, les patients douloureux chroniques se perçoivent souvent comme des victimes d'injustices (Cité dans Trost et al., 2012).

Exemple : « Il m'a suffi d'un oubli de port de protection auditive lors concert pour que je devienne hyperacousique ».

Ainsi, la colère se manifeste sous plusieurs formes, et est l'extériorisation d'une grande détresse (Rivard, 2013). Le patient pourra, par exemple développer de la colère envers lui-même, pour ne pas avoir été suffisamment à l'écoute de son corps et des signaux transmis comme un acouphène ponctuel qui pourrait précéder l'apparition de l'hyperacousie.

Enfin, **la dépression**, d'après Allaz et Desmeules, celle-ci est le facteur psychologique le plus couramment rencontré dans les douleurs chroniques (cité dans Aspects psychologiques de la douleur chronique, Cedraschi et al, 2009). Cette idée est retrouvée dans les travaux de Von Korff, Dworkin, LeResche et Kurger. En effet, les douloureux chroniques sont d'avantages sujets à développer des symptômes dépressifs que les autres (Cité dans La dépression et l'anxiété dans la douleur chronique : une revue de travaux, O'Reilly, 2011). De même, selon Wong et al. (2011), la prévalence de la dépression chez les douloureux chroniques avoisine les 30 à 54 % alors qu'on la retrouve que dans 5 % de la population générale. Enfin, la dépression présente un lien de causalité avec la douleur : « la douleur chronique déprime le patient et la dépression favorise la douleur chronique » (Radat et Koleck, 2011, p. 174). En effet, 43,4 % des sujets souffrant de trouble dépressif majeur se plaignent également de douleurs chroniques (Ohayon, 2004).

Parallèlement d'autres conséquences psychologiques peuvent être décelées chez un patient souffrant d'une maladie chronique et donc par extension chez les hyperacousiques.

En effet le patient pourra développer des **troubles de l'attention** (Crombez, Eccleston, Van den Broeck, Van Houdenhove & Goubert, 2002), de l'**irritabilité** et des **sentiments d'impuissances** (dévalorisation, propos négatif...).

Enfin, le patient devra éventuellement faire face au deuil de ses capacités (Rivard, 2013), à l'altération de son image corporelle et à la perte de l'estime de soi (Harris, Morley & Barton, 2003).



## Conséquences chez le conjoint

Le conjoint est généralement la première personne de l'entourage du plaignant, qui va être touché par la douleur et ses conséquences. La relation de couple va donc être inévitablement affectée, puisque les préoccupations et les discussions du couple gravitent autour du même sujet de conversation : la douleur (Rivard, 2013). De plus, le conjoint va devenir plus vulnérable, car il devient la principale source de soutien du souffrant (Wagner, Bigatti, & Stornio, 2006).

D'autre part, suite à une douleur chronique, deux situations sont envisageables (Lomel, 2013) :

Soit, le patient va épargner son conjoint, car il pense qu'il ne peut rien changer. Dans ce cas, le conjoint risque de se sentir rejeté et aura le sentiment de ne pas être à la hauteur.

Soit, le patient partage tout avec son conjoint et attend beaucoup en retour : compréhension, soulagement... Le conjoint devra alors faire face à des périodes de colères, d'irritabilités et d'agressivités. Il peut donc être confronté à des sentiments d'impuissances et de peurs face à ce compagnon qui n'est plus le même.

Ensuite, la dynamique familiale va être bouleversée (Roy, 2006). D'autre part, selon Kemler et Furnee (2002), le conjoint d'un sujet douloureux chronique va investir davantage de temps dans les tâches ménagères. Par conséquent, il disposera de moins de temps pour ses loisirs et ses besoins personnels. (Harris et al., 2003)

Puis, le conjoint va subir l'isolement social causé par les comportements du plaignant. En outre, les proches vont parfois éviter la personne dépressive ce qui va intensifier l'isolement du conjoint (Treviño, Wooten & Scott, 2007).

Enfin, le conjoint peut lui aussi être amené à souffrir des troubles dépressifs de son partenaire. En effet, il est difficile de vivre avec quelqu'un qui se plaint d'être inutile, et qui manque d'énergie et d'efficacité pour les activités de la vie quotidienne. De plus, chez une personne vulnérable, la présence d'un membre dépressif dans la famille peut engendrer une source importante de stress et une perte de soutien social. (Coyne et al., 1987).

1- Indiquez, pour vous, l'importance de chaque problème											
	0 Pas de problème	1	2	3	4	5	Problème très important				
Acouphène											
Perte d'audition											
Sensibilité aux sons											
Gêne faciale											

2- Comment qualifieriez-vous la gêne provoquée par votre hyperacousie ?												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extrêmement gêné
Pas de gêne												

3- Quelle incidence a votre hyperacousie sur votre vie courante ?												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Invivable
Pas d'incidence												

4. Quel pourcentage du temps votre hyperacousie vous empêche de sortir de votre domicile?

5. Quel pourcentage du temps portez-vous des protections contre le bruit (casque anti-bruit, bouchon) ?

**Tableau 1 : Questionnaire Hyperacousie PATIENT**

D'autre part, le conjoint peut lui aussi développer des troubles dépressifs. Selon une étude d'Ey, Compas, Epping-Jordan, et Worsham (1998), plus un patient atteint d'un cancer, est diagnostiqué comme étant dépressif, plus son conjoint l'est également. De plus, selon Lewis, Fletcher, Cochrane et Fann (2008) l'incertitude liée à la maladie de son partenaire peut constituer une source de dépression.

Enfin, d'après Brown et Harris (1978), l'absence de confiance envers son conjoint indique une plus grande vulnérabilité à la dépression (cité dans Living with a depressed person, Coyne et al., 1987).

## Expérimentation

Afin de mieux appréhender la compréhension du symptôme par le conjoint du patient souffrant d'une intolérance sévère aux sons nous les avons soumis l'un et l'autre au questionnaire BAHIA (Lurquin & al 2013). Le patient et son conjoint ont répondu aux mêmes items en demandant au conjoint de se mettre à la place du patient évalué. Le conjoint n'était pas informé des réponses données par le patient. (Tableau 1).

**Résultats** : le test de Student permet d'affirmer que pour chaque problème, il n'y a **pas de différence significative** entre les réponses des patients et celles de leurs conjoints pour  $p < 0,05$  ou en d'autres termes qu'il y a 5 chance sur 100 de se tromper en affirmant que les patients hyperacousiques et leurs conjoints donnent des valeurs identiques au questionnaire BAHIA tant pour l'évaluation du problème global que pour la gêne induite ou l'impact sur la vie

Par ailleurs nous avons pu mettre en évidence un lien fort entre les modifications comportementales (retrait chez soi et port de protections auditives) et la gêne liée à l'hyperacousie (figure 1).

Il y a une **très bonne corrélation positive** ( $p < 0,05$ ) entre la gêne provoquée par l'hyperacousie chez le patient et le temps de port de protection auditive ou entre la gêne et le pourcentage du temps resté au domicile à cause de l'hyperacousie

En d'autres termes, plus l'hyperacousie est gênante, plus le patient porte des protections auditives et plus il évitera de sortir de son domicile

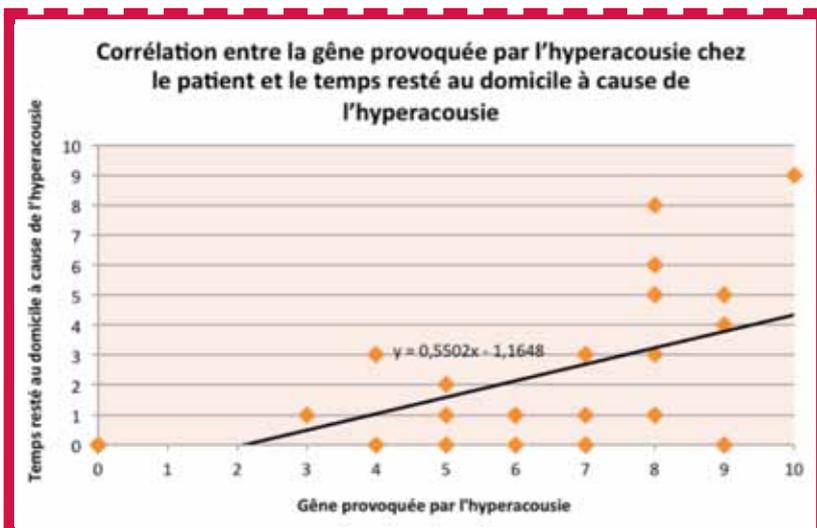


Figure 1 : Corrélation entre la gêne provoquée par l'hyperacousie chez le patient et le temps resté au domicile à cause de l'hyperacousie

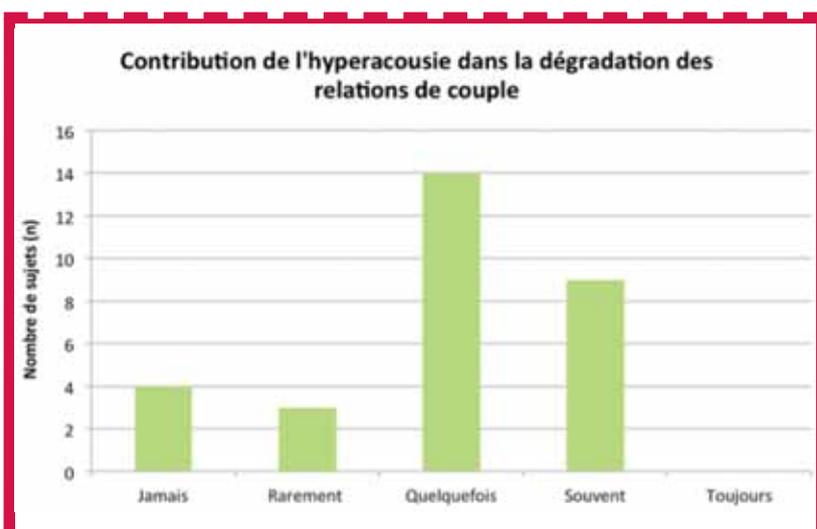


Figure 2 : Contribution de l'hyperacousie dans la dégradation des relations de couple

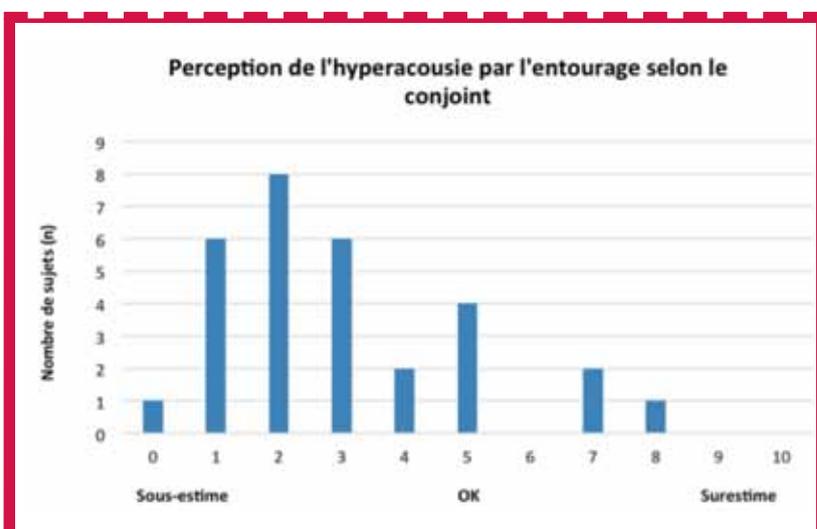


Figure 3 : Perception de l'hyperacousie par l'entourage (selon le conjoint)

## Retentissement de l'hyperacousie sur la relation de couple :

La question posée était la suivante : « Estimez-vous que l'hyperacousie a contribué à une dégradation de vos relations dans le couple ? ».

Le conjoint a dû effectuer un choix forcé entre cinq propositions (Jamais, Rarement, Quelquefois, Souvent ou Toujours).

86,7 % des conjoints ont répondu positivement et ont estimé que l'hyperacousie a contribué à la dégradation de leur relation de couple. (Figure 2)

Les résultats montrent clairement les difficultés rencontrées par un conjoint dans l'adaptation du couple face à une nouvelle réalité médicale.

## Vision de l'entourage sur la maladie

Il a ensuite été demandé au conjoint d'apprécier la perception du problème par l'entourage à l'aide d'une échelle visuelle analogique variant de 0 « pour sous-estime » à 10 « pour surestime ». La réponse 5 permettait au conjoint de nous indiquer que l'entourage percevait correctement le problème.

La question posée fut la suivante : « Avez-vous l'impression que l'entourage de votre conjoint sous-estime ou surestime le problème d'hyperacousie ? ».

L'étude révèle que seul 13,3 % des conjoints estiment que le problème est bien perçu par l'entourage. D'autre part, 10 % des conjoints ont considérés que l'entourage surestimait le problème.

A l'inverse, 76,7 % pensent que le problème est sous-estimé par l'entourage. (Figure 3)

Les résultats montrent que le conjoint du patient hyperacousique se retrouve seul face à des changements intervenus dans le comportement de la personne aimée et que son entourage ou ses proches ont tendance à minimiser la situation

## Influence de l'hyper-sensibilité auditive sur la qualité de vie du conjoint

Il a été demandé au conjoint de l'hyperacousique de noter entre 0 (Jamais) et 10 (Toujours) le retentissement de la maladie sur sa qualité de vie. La question posée était la suivante : « Estimez-vous que la



maladie dont souffre votre conjoint détériore votre qualité de vie ? »

L'étude révèle que 93,3 % des conjoints ont répondu entre 1 et 10. Ces derniers considèrent donc que l'hyperacousie a engendré une détérioration de leur qualité de vie.

Parmi cet échantillon, 20 % pense que la maladie a retenti faiblement sur leur qualité de vie, 40 % admettent qu'elle a interféré moyennement. Enfin, 30 % estiment que celle-ci a fortement donné lieu à cette détérioration. (Figure 4)

Les résultats montrent que la dégradation de la relation du couple associée à la minimisation du problème par l'entourage et un handicap à la fois mal connu y-compris du monde des soignants et sans lésion visible génère fréquemment une détérioration de la qualité de vie du conjoint

## Compréhension de la pathologie suite aux explications reçues

Les conjoints durent répondre à la question suivante au moyen d'une échelle visuelle analogique variant de 0 (Inchangé) à 10 (Meilleure compréhension): « Les explications reçues sur l'hyperacousie modifient-elles votre regard sur sa maladie ? » (Figure 5)

Les résultats montrent l'impact positif du counselling dans la T.R.T grâce aux explications et à la cohérence du discours.

## Conclusion

On pourrait décrire la situation du conjoint d'un patient hyperacousique comme celle de quelqu'un qui connaît très bien la situation et parvient parfaitement à imaginer la souffrance de l'autre. Toutefois il estime que sa relation de couple s'est dégradée (Où est l'homme ou la femme insouciant(e) des niveaux sonores, du monde, de la fréquentation qu'il (elle) avait choisi(e) ?). Il estime que cette dégradation du lien conjugal impacte évidemment sa qualité de vie

Les conjoints interrogés ne se sentent pas compris de leur entourage. Ceci paraît réaliste vu la méconnaissance de la pathologie tant dans le monde des soignants y compris des « spécialistes » que –à fortiori– dans le cercle des amis ou parents.

En revanche la note positive vient de la meilleure compréhension des symptômes grâce aux séances de counselling. Ceci



Figure 4 : Détérioration de la qualité de vie du conjoint lié à l'hyperacousie

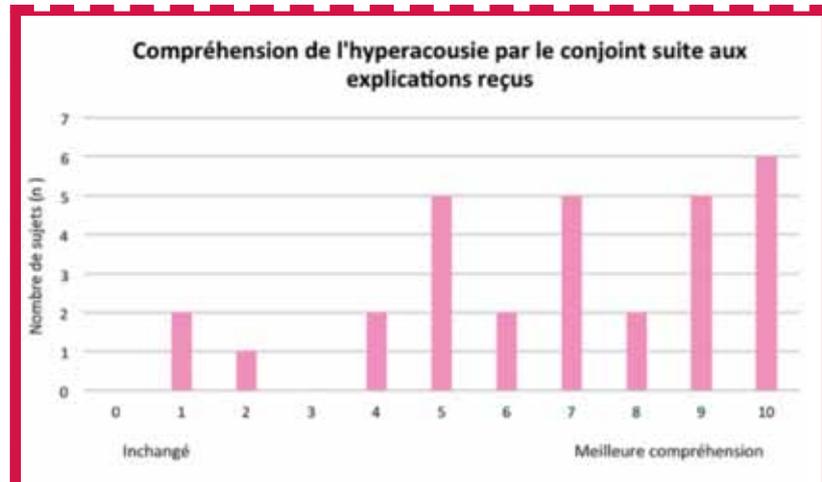


Figure 5 : Compréhension de l'hyperacousie par le conjoint suite aux explications reçues

montre une fois encore le rôle primordial de l'audioprothésiste dans la prise en charge. Celui-ci grâce aux temps investis pourra créer une relation de confiance, expliquer, dédramatiser, relativiser, offrir une solution et au final parfois remotiver le couple en souffrance

## Bibliographie

Asha'ari, Z.A., Zain, N.M., & Razali, A. (2010). Phonophobia and hyperacusis: practical points from a case report. *The Malaysian Journal of Medical Sciences*, 17(1), p.49-51.

Auerbach, B.D., Rodrigues, P.V., & Salvi, R.S. (2014). Central gain control in tinnitus and hyperacusis. *Frontiers in Neurology*, 206(5), p.1-21. doi: 10.3389/fneur.2014.00206

Besson, J.M., (1992). *La douleur*. Paris : Odile Jacob

Baguley, D.M., & Andersson, G. (2007). *Hyperacusis : mechanisms diagnosis and therapies*. San Diego : Plural publishing.

Bodenmann, G., Pihet, S., & Kayser, K. (2006).

*The Relationship Between Dyadic Coping and Marital Quality: A 2-Year Longitudinal Study*. *Journal of Family Psychology*, 20(3), p. 485-493. Doi: 10.1037/0893-3200.20.3.485

Bodenmann, G. (2008). Dyadic coping and the significance of this concept for prevention and therapy. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 16(3), p.108-111. Doi: 10.1026/0943-8149.16.3.108

Brown, T.M., & Fee, E. (2002). Walter Bradford Cannon : Pioneer Physiologist of Human Emotions. *American Public Health Association*, 92(10), p. 1594-1595.

Carleton, R.N., Abrams, M.P., Asmundson, G.J., Antony, M.M., & McCabe, R.E. (2009). Pain-related anxiety and anxiety sensitivity across anxiety and depressive disorders. *Journal of Anxiety Disorders*, 23(6), p.791-798

Cedraschi, C. (2011). Quels facteurs psychologiques faut-il identifier dans la prise en charge des patients souffrant de lombalgies ? Qu'en est-il de l'anxiété et de la dépression ? Quelles peurs et quelles représentations constituent-elles des écueils ? *Revue du rhumatisme*, 78(2), p. 70-74.



- Crombez, G., Eccleston, C., Van den Broeck, Van Houdenhove, A., & Goubert, L., (2002). The effects of catastrophic thinking about pain on attentional interference by pain : no mediation of negative affectivity in healthy volunteers and in patients with low back pain. *Pain research & management*, 7(1), p.31-39.
- DeMaris, A. (2010). The 20-year trajectory of marital quality in enduring marriages: Does equity matter? *Journal of Social and Personal Relationships*, 27(4), p. 449-471.
- Elbeze Rimasson D. & Gay, M.C. (2012). Le fonctionnement émotionnel lors de la douleur chronique : état de question. *Annales Médicales-Psychologiques*, 170, p.163-168.
- Ey, S., Compas, B.E., Epping-Jordan, J.E., & Worsham, N. (1998). Stress Responses and psychological adjustment in patients with cancer and their spouses. *Journal of Psycho-social Oncology*, 16(2), p.59 -77. Doi: 10.1300/J077V16N02\_04
- Guy-Coichard, C., Rostaing-Rigattieri, S., Doubrère, J.F. & Boureau, F. (2005). Conduite à tenir vis-à-vis d'une douleur chronique. *Anesthésie réanimation*, 2, p.1-22. doi:10.1016/j.emcar.2004.06.004
- Grégoire, S., Muller, E., & Marchand, F. (2010). Structures et mécanismes cérébraux impliqués dans les aspects émotionnels et cognitifs de la douleur. *Douleurs*, 11(4), p.182-193.
- Harris, S., Morley, S., and Barton, S.B. (2003) Role loss and emotional adjustment in pain. *Pain*, 105, p.363-370. Doi: 10.1016 / S0304-3959 (03) 00251-3
- Hazell, J.W.P. (1999). The TRT method in practice, Sixth International Tinnitus Seminar. pp. 92-98.
- Jenewein, J. (2013). Troubles psychiques chez les proches et les partenaires de patients atteints du cancer. En ligne [https://assets.krebsliga.ch/downloads/131011\\_pr\\_vortrag\\_jenewein\\_josef\\_uberregionale\\_plattform\\_25\\_10\\_13\\_f.pdf](https://assets.krebsliga.ch/downloads/131011_pr_vortrag_jenewein_josef_uberregionale_plattform_25_10_13_f.pdf)
- Kaltenbach JA, Zhang J. (2007). Intense sound-induced plasticity in the dorsal cochlear nucleus of rats: Evidence for cholinergic receptor upregulation, *Hearing Research*, 226, p. 232-243
- Kemler, M.A. and Furnee, C.A. (2002). The impact of chronic pain on life in the household. *Journal of Pain Symptom and Management*, 23(5) p.433-441. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0885-3924\(02\)00386-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0885-3924(02)00386-X)
- Knipper, M., Van Dijk, P., Nunes, I., Rüttiger, L., & Zimmermann, A. (2013). Advances in the neurobiology of hearing disorders: Recent developments regarding the basis of tinnitus and hyperacusis. *Progress in Neurobiology*, 111, p. 17-33. doi: 10.1016 / j.pneurobio.2013.08.002
- Kroener-Herwig, B., Biesinger, E., Gerhards, F., Goebel, G., Greimel, K.V., & Hiller, W. (2000). Retraining therapy for chronic tinnitus. *Scandinavian Audiology*, 29(2), p.67-78.
- Ledermann, T., Bodenmann, G., Gagliardi, S., Charvoz, L., Verardi, S., ..., & Lafrate, R. (2010). Psychometrics of the Dyadic Coping Inventory in Three Language Groups. *Swiss Journal of Psychology*. 69(4), p.201-212. doi: 10.1024/1421-0185/a000024
- Le Saout, K. (2013). La douleur chez le patient souffrant de handicap mental sévère. (Thèse de doctorat). Université Claude Bernard, Lyon.
- Lewis, F.M., Fletcher, K.A., Cochrane, B.B., Fann, J.R. (2008). Predictors of depressed mood in spouses of women with breast cancer. *Journal of Clinical Oncology*, 26(8), 1289-1295. Doi: 10.1200/JCO.2007.12.7159
- Lewis, F.M., Woods, N.F., Hough, E.E., Bensley, L.S. (1989). The family's functioning with chronic illness in the mother: the spouse's perspective. *Social Science and Medicine*, 29(11), p.1261-1269.
- Lomel, S. (2013). Aider un proche qui souffre. En ligne <http://www.reseaumain.fr/impression.php?rubrique=286>, consulté le 13 février 2015
- Lurquin, P., Wiener, V., Thill, M.P., Delacressonnière, C., Lambert, O., & Maillot, A. (2003). L'hyperacousie : un symptôme banal du patient désaffaibli ? *Les cahiers de l'Audition*, 16(4), p.22-31.
- Lurquin P, Real M., Leleu O. (2013) BAHIA : un nouveau questionnaire poly-paradigmatique. Le nouveau couteau suisse de l'audioprothésiste *Les Cahiers de l'audition* 26(3), p 48-50
- Lurquin P, Real M., Thill M.P. (2013). Le traitement acoustique de la « triade classique » : acouphène - surdité - hyperacousie avec ou sans dysesthésie faciale. *Les cahiers de l'Audition*, 26(5), p.42-45.
- Lurquin, P. (2013). Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'hyperacousie. *Les cahiers de l'Audition*, 26(6), p.23-26.
- Lurquin P, Fuks J., Real M, Deliens P. (2015) Evaluation de la TRT par questionnaire : 2) Le BAHIA *Les cahiers de l'Audition*, 28 (3), p.48-51.
- Meier, C., Bodenmann, G., Mörgeli, H., & Jenewein, J. (2011). Dyadic coping, quality of life, and psychological distress among chronic obstructive pulmonary disease patients and their partners. *International Journal of COPD*, 6, p 583-596.
- Meyer, B., & coll. (2001). Acouphène et hyperacousie. Paris, France : Société Française d'Otorhino-laryngologie et de Chirurgie de la face et du coup.
- Moller, A. (2000). *Hearing: Its Physiology and pathophysiology*. San Diego, CA: Academic Press. p. 474.
- Moulin, J.F. & Boureau, F. (2003). Syndromes douloureux chronique : complexité et pluridisciplinarité. In J.Wrobel (Ed), *Aspects psychologiques de la douleur chronique* (pp. 15-33). Paris : Upps
- Nouvian, R. (2013). Cellule cilié interne : physiologie. En ligne <http://www.cochlea.eu/cellules-cilieuses/cellules-cilieuses-internes-structure/physiologie>, consulté le 07 février 2015
- Norton, P.J., & Asmundson, G.J.G. (2003). Amending the fear avoidance model of chronic pain : what is the role of physiological arousal ? *Behavior therapy*, 34, p.17-30.
- Ohayon, M.M. (2004). Specific Characteristics of the Pain/Depression Association in the General Population. *Journal of Clinical Psychiatry*, 65(supp12), p.5-9.
- O'Reilly, A. (2011). La dépression et l'anxiété dans la douleur chronique : une revue de travaux. *Journal de thérapie comportementale et cognitive*, 21, p.126-131.
- Radat, F., & Koleck, M. (2011). Douleur et dépression : les médiateurs cognitifs et comportementaux d'une association très fréquente. *L'encéphale*, 37(3), p.172-179
- Rempp, C. (2012). Distorsions cognitives des sujets acouphéniques. *Les cahiers de l'Audition*, 25(4), p.28-34.
- Richard, M.S., (1995). La douleur. In M.L. Lamau (Ed), *Manuel de soins palliatifs* (pp.75). Paris: Privat
- Roy, R. (2006). *Chronic pain and family : a clinical perspective*. New York : Springer
- Schaette, R., & Kempster, R. (2006). Development of tinnitus-related neuronal hyperactivity through homeostatic plasticity after hearing loss: a computational model. *European Journal of Neuroscience*, 23(11), p.3124-3138. Doi: 10.1111/j.1460-9568.2006.04774.x
- Spanier, G.B. (1976). Measuring dyadic adjustment: New scales for assessing the quality of marriage and similar dyads. *Journal of Marriage and the Family*, 38(1), p.15-28.
- Spanier, G.B. (1972). Romanticism and marital adjustment. *Journal of Marriage and Family*, 34(3), p.481-487.
- Sriram, K., Rodriguez-Fernandez, M., Doyle, F.J.III. (2012). Modeling cortisol dynamics in the neuro-endocrine axis distinguishes normal, depression, and post-traumatic stress disorder (PTSD) in Humans. *Plos computational biology* 8(2): e1002379. doi:10.1371/journal.pcbi.1002379.
- Trost, Z., Vangronsveld, K., Linton, S.J., Quartana, P.J. & Sullivan, M.J.L. (2012). Cognitive dimensions of anger in chronic pain. *Pain*, 153, p.515-517. doi:10.1016/j.pain.2011.10.023
- Treviño, Y. A., Wooten, H. R., & Scott, R. E. (2007). A correlational study between depression and marital adjustment in hispanic couples. *The Family Journal*, 15(1), p.46-52. Doi :10.1177/1066480706294033
- Untas, A., Quintard, B., Koleck, M., Borteyrou, X. & Azencot, A. (2009). Impact de la gestion dyadique du stress sur l'ajustement à une reconstruction mammaire différée après cancer. *Annales Médico Psychologiques*, 167, p.134-141
- Untas, A., Koleck, M., Rasclé, N. & Bruchon-Schweitzer, M. (2012). Du modèle transactionnel à une approche dyadique en psychologie de la santé. *Psychologie française*. 57(2). p. 97-110.
- Van den Abbeele, T. (2003). Plasticité des voies auditives et surdité. *Archives de Pédiatrie*, 10 (1), p.156-158. doi: 10.1016 / S0929-693X (03) 90421-0
- Violon, A., (1992). La douleur rebelle. Paris : Desclée de brouwer.
- VLayen, J.W.S., & Crombez, G. (2009). La psychologie de la peur et de la douleur. *Revue du rhumatisme*, 76(6), p. 511-516.
- Wagner, C.D., Bigatti, S.M., & Stornio, A.M. (2006). Quality of life of husbands of women with breast cancer. *Psycho-Oncology*, 15, p.109-120. Doi:10.1002/pon.928
- Wong, W.S., Chen, P.P., Yap, J., Mak, K.H., Tam, B.K.H., & Fielding, R. (2011). Assessing depression in patients with chronic pain: A comparison of three rating scales. *Journal of Affective Disorders*, 133, p.179-187. doi:10.1016



## Des solutions d'implants auditifs pour tous les types de surdités



**SYNCHRONY CI**  
Système d'implant  
cochléaire



**SYNCHRONY EAS**  
Stimulation électrique  
acoustique combinée



**BONEBRIDGE®**  
Système d'implant  
à conduction osseuse



**VIBRANT SOUNDBRIDGE®**  
Implant d'oreille moyenne

hearLIFE



## Solutions auditives implantables

Les systèmes d'implants cochléaires SYNCHRONY sont fabriqués par MED-EL GmbH, Autriche. Il s'agit de dispositifs de classe DMIA en cours d'inscription à la LPP. Ils portent le marquage CE (Numéro de l'organisme notifié : 0123). Indications des implants cochléaires : décrites dans l'arrêté du 2 mars 2009 (JORF n°0055 du 6 mars 2009) et dans l'arrêté du 30 août 2012 (JORF n°0206 du 5 septembre 2012). Le dispositif d'implant d'oreille moyenne VIBRANT SOUNDBRIDGE® (VSB) est fabriqué par VIBRANT MED-EL GmbH, Autriche. Il s'agit d'un dispositif de classe DMIA non inscrit à la LPP. Il porte le marquage CE (Numéro de l'organisme notifié : 0123). Le VIBRANT SOUNDBRIDGE® (VSB) est destiné à traiter les patients souffrant de pertes auditives de perception légères à sévères et de pertes auditives mixtes et de transmission après échec ou inefficacité d'un appareillage conventionnel par voie aérienne ou osseuse. Le dispositif d'implant actif à conduction osseuse BONEBRIDGE est fabriqué par VIBRANT MED-EL GmbH, Autriche. Il s'agit d'un dispositif de classe DMIA non inscrit à la LPP. Il porte le marquage CE (Numéro de l'organisme notifié : 0123). Le BONEBRIDGE est destiné à traiter les patients souffrant de surdité de transmission ou mixte ou souffrant d'une surdité neurosensorielle unilatérale après échec ou inefficacité d'un appareillage conventionnel par voie aérienne ou osseuse. Lire attentivement la notice d'utilisation. Date de dernière modification : 04/2015. VIBRANT MED-EL Hearing Technology 400, avenue Roumanille, Bât. 6 - CS 70062, 06902 Sophia Antipolis Cedex, Tel : +33 (0)4 83 88 06 00 Fax : +33 (0)4 83 88 06 01



# Veille Technique

## Les innovations des industriels

### ■ Cochlear France SAS

#### La liberté sans fil True Wireless™ : une nouvelle génération de mini-microphones

La nouvelle génération de mini-microphones sans fil Cochlear™ Wireless™ Mini Microphone 2 et 2+, qui remplace désormais la génération précédente. Les sons sont captés par le mini-microphone et transmis directement au processeur Cochlear, aidant ainsi les patients à entendre plus clairement à distance ou dans les environnements bruyants.

La première génération de mini-microphone a fait ses preuves en termes de fiabilité et de qualité en aidant des milliers d'utilisateurs. Conçus à partir de ces premiers systèmes, les mini-microphones 2 et 2+ proposent de nouvelles caractéristiques en vue d'améliorer encore les bénéfices :

- Une nouvelle technologie de microphones directionnels qui captent les sons provenant de l'interlocuteur tout en réduisant le bruit de fond. Ceci permet au patient de suivre facilement et clairement des conversations à distance, dans des environnements bruyants ou dans des situations réputées difficiles.
- Une portée de 25 mètres offrant à l'utilisateur une grande flexibilité. Il peut alors s'asseoir à l'endroit où il le souhaite dans une grande salle de réunion sans crainte de ne plus percevoir lorsque l'intervenant se déplace dans la pièce.
- Un design amélioré avec une taille réduite rendant les mini-microphones 2 et 2+ plus discrets et plus faciles à utiliser.
- Une autonomie de 10 heures, suffisante pour que le système soit prêt à être utilisé lorsque cela est nécessaire.



A partir de questions simples, vous pouvez aider vos patients à choisir la meilleure solution répondant à leurs besoins personnels.

- Le mini-microphone 2 est le plus petit et le plus discret des microphones sans fil. Il est optimisé pour les communications à deux, en face à face.



C'est un accessoire idéal pour les situations d'écoute en groupe, au travail ou à l'école.



Les mini-microphones sans fil 2 et 2+ sont compatibles avec les processeurs Cochlear Nucleus® 6, Baha® 4 et Baha® 5.

- Le mini-microphone 2+ est le plus complet des microphones sans fil, idéal pour les personnes qui ont besoin de communiquer avec d'autres personnes ou en groupe. Il donne accès à une gamme complète de connectivité comme les systèmes FM (prise Europlug 3-pin), les boucles à induction (boucle magnétique intégré), et les systèmes audio (prise jack). Il peut également être utilisé comme un microphone de table permettant aux patients d'entendre les conversations en groupe plus clairement.

Eugénie Mariuzzo  
Chef produit - Implant Cochléaire  
Cochlear France SAS

Luc Perrenoud  
Chef produit - Baha & Implant Acoustique  
Cochlear France SAS



## ■ Oticon Audition et Cognition : Une histoire de famille chez Oticon !

Toutes les récentes publications scientifiques viennent corroborer l'importance de la prise en charge précoce de la perte auditive, et notamment en raison des conséquences de celle-ci sur le déclin cognitif des malentendants.

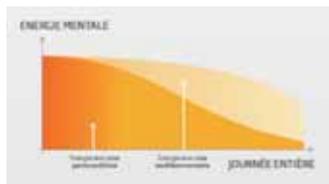


La société d'aujourd'hui redéfinit ce que vieillir veut dire. Aujourd'hui, les générations qui vieillissent refusent de ralentir, de vivre moins vite. Elles se préoccupent énormément de leur santé et de leur bien-être. Comparées aux générations précédentes, elles sont plus informées, plus éduquées. Elles veulent des solutions qui fonctionnent bien et tout de suite.

Concrètement, les consommateurs d'aujourd'hui vivent plus longtemps et sont plus exigeants : ils veulent être en mesure de tirer le meilleur parti de chaque jour, et ils cherchent à maintenir leur niveau de vitalité tout au long de la journée.

D'ailleurs, tous les magazines grand public qui s'adressent aux cibles seniors ne s'y trompent pas : le 'bien vieillir' est un sujet décliné sur tous les aspects de la santé. L'audition est au cœur de cette préoccupation, bien évidemment.

Avec une perte auditive, rester actif dans une conversation peut exiger une **concentration plus élevée**. Cela signifie que le cerveau doit travailler de façon encore plus prononcée qu'avec une audition normale. Cette augmentation de la charge cognitive pourrait expliquer pourquoi les malentendants évitent généralement ces situations difficiles et s'isolent de plus en plus. En conséquence, les personnes ayant une perte auditive doivent souvent faire des choix sur leurs activités pour conserver leur énergie toute la journée.



Et plus l'on vieillit, plus le cerveau doit travailler pour traiter les sons et combler les sons non perçus de la parole, et plus rapidement nos niveaux d'énergie sont épuisés. Cela paraît logique.

**Pourtant, toutes les aides auditives ne fonctionnent pas selon cette approche audiologique** qui consiste à apporter en priorité au cerveau ce dont il a exactement besoin pour mieux comprendre, et ainsi, réduire l'effort d'écoute du malentendant.

**Oticon est le seul fabricant à concevoir des appareils auditifs conçus spécialement pour apporter du sens au son : c'est l'approche BrainHearing™, unique et exclusive.**

**Cela fait désormais plus de 5 générations de plateforme audiologique qu'Oticon perfectionne jour après jour cette approche qui fait ses preuves en termes de satisfaction patient !**

Cette vision audiologique oriente la recherche et le développement de toutes les innovations d'Oticon lancées depuis Syncro, en 2004. Elle est au cœur de toute démarche audiologique, et son ambition est d'aider les professionnels à préserver l'énergie des utilisateurs, pour leur permettre de puiser à leur rythme dans leurs capacités et leurs ressources individuelles afin qu'ils soient en mesure d'être actifs dans n'importe quelle situation, tout au long de la journée. « L'énergie de vivre votre vie » résume d'ailleurs depuis 2012 la vision audiologique d'Oticon.

**Mais comment réduire la charge cognitive et préserver l'énergie des utilisateurs ?**

Oticon est parti du postulat que l'amplification « simple » des sons n'est pas suffisante pour interpréter et comprendre ces mêmes sons. C'est le cerveau





qui traite l'information, il faut donc lui apporter les informations nécessaires pour un décodage optimal et un effort de compréhension et de concentration minimisé.

En développant **des technologies selon l'approche BrainHearing**, Oticon place le cerveau au cœur de l'appareillage.

### BrainHearing : aider le cerveau à donner du sens aux sons

Pour comprendre comment le cerveau donne du sens aux sons, il est nécessaire d'étudier les divers processus parallèles qui ont lieu dans le cerveau. Tout d'abord, le cerveau organise les fragments sonores en objets qu'il peut interpréter<sup>1,2</sup>, par exemple lorsque plusieurs personnes parlent dans une même pièce tandis que de la musique joue en arrière-plan. Pour cela, le cerveau utilise les informations de perception de l'espace<sup>3,4</sup> que reçoivent les deux oreilles. En sachant d'où proviennent les sons, il peut concentrer son attention sur la source sonore qu'il veut entendre. Une fois l'attention focalisée sur une source précise, les sons provenant d'autres sources deviennent moins gênants.

Le cerveau a alors accès au signal le plus clair possible, ce qui lui donne du sens. Pour cela, il se sert de l'expérience qu'il a accumulée dans la mémoire à long terme pour interpréter les sons<sup>5,6</sup>.

Pour expliquer comment ces processus fonctionnent, envisageons la situation suivante. Imaginez que vous dînez chez des amis, et que 3 personnes soient face à vous (figure 1) tandis que d'autres sont en périphérie. Ce que le cerveau fait dans cette situation chez une personne normo-entendante est illustré à la figure 2.

Le cerveau utilise en permanence les deux oreilles pour s'**Orienter** et savoir ce qu'il se passe dans l'environnement sonore. Il va ensuite **Séparer** les sons qui sont au premier plan des sons situés en arrière plan. Ceci lui permet de **Choisir** la source sonore qu'il souhaite entendre, et de placer en arrière-plan les sources sonores concurrentes. Ces trois premiers processus aident le cerveau à obtenir un signal clair de la voix de la personne sur laquelle il se concentre, pour ensuite mieux Reconnaître le son et lui donner un sens en faisant le moins d'efforts.



Figure 1 : Lors d'un dîner.

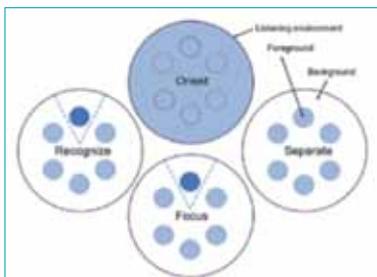


Figure 2 : Graphique de situation et analogie de la manière dont les processus du cerveau affectent la perception chez un normo-entendant.

Chez une personne atteinte d'une déficience auditive non traitée, la situation est très différente, comme l'indique la figure 3. La perte auditive limite la quantité d'informations que les oreilles reçoivent de l'environnement sonore, avec pour résultat un paysage sonore généralement plus confus provenant d'une zone de l'espace plus réduite. Les processus **orienter et séparer** sont par conséquent moins efficaces, car le cerveau manque alors de détails sonores pour différencier clairement les sources sonores. Le cerveau va alors avoir plus de difficultés à **choisir** clairement des sons en présence de sons concurrents. Ceux-ci vont interférer avec ceux sur lesquels la personne va vouloir se concentrer, et il va devoir faire plus d'efforts pour **reconnaître** les sons et leur donner du sens. Ce processus de reconnaissance des sons peut demander des efforts au cerveau car **il va devoir compenser le manque d'informations**. Par exemple, une personne non appareillée présentant une perte auditive dans les hautes fréquences va avoir plus de difficultés à entendre les consonnes, notamment lorsqu'il y a du bruit en arrière-plan. Dans ce cas, le cerveau va chercher à s'appuyer sur l'expérience. Le fait de connaître un sujet de conversation peut par exemple aider à deviner le sens.

Néanmoins, ceci va lui demander un traitement mental plus important : le traitement du signal sonore par le cerveau va être ralenti parce que celui-ci n'aura pas eu accès à tous les sons.

Compte tenu de l'effort supplémentaire exigé, l'auditeur peut également avoir du mal à réfléchir à ce qui se dit et à réagir aux conversations, car les processus du cerveau vont se concurrencer, par exemple pour accéder à la mémoire de travail<sup>6</sup>. Ceci explique pourquoi une perte auditive non traitée affecte si profondément le cerveau et peut aider à mieux comprendre pourquoi une rééducation auditive contribue à une vie sociale plus active et à une meilleure qualité de vie<sup>7</sup>.

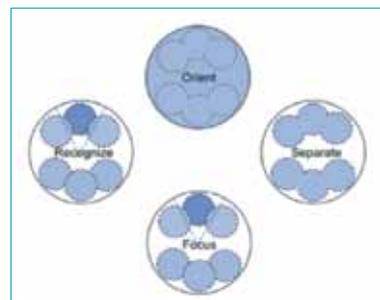


Figure 3 : Graphique de situation et analogie de la manière dont les processus du cerveau affectent la perception chez un malentendant par rapport à un normo-entendant.

Chaque fonctionnalité des aides auditives Oticon a donc été perfectionnée, pour travailler en intelligence les unes avec les autres, afin de contribuer à restituer un paysage sonore le plus clair et compréhensible possible.

En soutenant les 4 fonctions clés du processus cognitif effectué par le cerveau lorsqu'il reçoit des sons - **s'orienter, séparer, choisir et reconnaître** - l'approche BrainHearing permet d'apporter à l'utilisateur un confort d'écoute sans équivalent. En témoigne **le taux de satisfaction de 96%**, décerné par les utilisateurs eux-mêmes sur leurs appareils auditifs Oticon<sup>8</sup> !





Il en résulte un lien évident entre capacités cognitives et audition. D'ailleurs, une récente étude, menée sur le long terme par le Pr. Amieva, démontre clairement que le port d'aides auditives freine le sur-déclin cognitif constaté chez les malentendants non appareillés, et in fine, améliore la qualité de vie en général. Oticon a, depuis longtemps, conscience de ce lien.

**L'approche BrainHearing s'inscrit pleinement dans cette démarche : Oticon est le tout premier fabricant à s'être positionné avec une telle approche, et reste, encore aujourd'hui, le seul à proposer toute une gamme d'appareils conçus spécifiquement autour de cette notion de cognition et d'effort d'écoute.**

## Plus d'informations

[www.myoticon.fr](http://www.myoticon.fr)

[www.catalogueoticon.fr](http://www.catalogueoticon.fr)

et pour consulter une animation retraçant la genèse de cette approche BrainHearing : [www.chaineyoutubeoticonfrance](http://www.chaineyoutubeoticonfrance)

## Références

1. Shinn-Cunningham B.G (2008). Selective Attention in Normal and Impaired Hearing, *Trends Amplif*, 12, 283
2. Darwin, C. J. (2006). Contributions of binaural information to the separation of different sound sources. *International Journal of Audiology*, 45 (Suppl. 1)
3. Kidd, G., Jr., Arbogast, T. L., Mason, C. R., & Gallun, F. J. (2005). The advantage of knowing where to listen. *Journal of the Acoustical Society of America*, 118

4. Wightman, F.L., and Kistler, D.J. (1992). The dominant role of low frequency interaural time differences in sound localization. *J. Acoust.Soc. Am.* 91
5. Arlinger S., Lunner T., Lyxell B. & Pichora-Fuller M. K. (2009). The emergence of cognitive hearing science. *Scandinavian journal of psychology*, 50(5)
6. Rönnerberg, J., Lunner, T., Zekveld, A.A., Sörqvist, P., Danielsson, H., Lyxell, B., Dahlström, Ö., Signoret, C., Stenfelt, S., Pichora-Fuller, M.K. & Rudner, M. (2013). The Ease of Language Understanding (ELU) model : Theoretical, empirical, and clinical advances. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 31
7. Ear Foundation (2014). The Real Cost of Adult Hearing Loss: reducing its impact by increasing access to the latest hearing technology. [www.earfoundation.org.uk](http://www.earfoundation.org.uk)
8. Etude de satisfaction internationale Oticon Alta (2013)

**ASSURANCES**  
aides auditives

Cabinet  
**BAILLY**

Fondé en 1907 – 52600 HORTES

**Des garanties complètes :**

PERTE (toutes causes)  
VOL  
CASSE  
PANNE

**Des durées au choix :**  
1 an ou 4 ans  
Appareils assurés pendant le prêt

Audioprothésistes,  
économisez jusqu'à 40% sur  
votre multirisque professionnelle !

Tél : 03.25.87.57.22  
Fax : 03.25.84.93.34  
Courriel : [ab2a.bailly@orange.fr](mailto:ab2a.bailly@orange.fr)  
Site internet : [www.ab2a.fr](http://www.ab2a.fr)

**A partir de 25€/an  
CONTRAT  
PARTENAIRES\***

\* Pour vous : notre contrat multipro  
Pour vos clients : des garanties et tarifs revus  
**CONTACTEZ NOUS !!!**

SARL au capital de 1.000.000 € RCS Chantonnay 451 620 298  
N° ORIAS : 07013032 <http://www.orias.fr>



## Phonak Solutions auditives puissantes Saisir l'éventail des conversations



Le pouvoir de comprendre la parole et communiquer dans toutes les situations est ce que les patients atteints de perte auditive sévère à profonde recherchent. Les utilisateurs de puissance dépendent de solutions qui offrent une puissance et une performance suffisantes pour leur apporter une bonne audibilité - idéalement avec des aides auditives les plus discrètes possibles. Ils souhaitent également communiquer le plus efficacement possible dans le bruit et à distance, où qu'ils soient et quoi qu'ils fassent.

Les aides auditives Naída V associées à la technologie de microphone Roger sont la solution pour surmonter avec efficacité n'importe quel défi auditif.

### Naída V



Avec le lancement des premiers produits Naída, Phonak est devenu la référence pour les solutions auditives

innovantes, conçues pour répondre aux besoins des auditeurs souffrant d'une perte auditive sévère à profonde.

La technologie Venture a encore été améliorée pour cibler ces besoins avec le lancement de la puissante aide auditive Naída V.

Les aides auditives Phonak Naída V offrent plus de sortie et un meilleur accès au son grâce à des fonctions innovantes.

### Performances auditives améliorées

#### Plus d'audibilité des sons aigus

SoundRecover2 est le premier algorithme adaptatif de compression de fréquences au monde, décuplant les bénéfices apportés par SoundRecover. Même pour les pertes auditives difficiles à appareiller lorsqu'il ne reste que peu d'audition des aigus utilisable, le son peut être compressé de manière à devenir audible.

Le comportement adaptatif garantit l'abaissement des aigus uniquement lorsque cela est nécessaire. La qualité des sons graves et moyens est ainsi maintenue tandis que les sons aigus deviennent audibles.

SoundRecover2 offre aux patients souffrant de perte auditive sévère à profonde une véritable expérience auditive grâce à sa capacité à produire un équilibre optimal entre l'audibilité des aigus et la qualité sonore.

#### Plus d'audibilité avec jusqu'à 11 dB de sortie supplémentaire

Les patients souffrant de perte auditive sévère à profonde, en particulier ceux atteints de perte de perception accompagnée d'une perte auditive de transmission importante, nécessitent une puissance supplémentaire pour faire une différence notable en termes d'audibilité.

- Booster Large Bande : une nouvelle manière de numériser, échantillonner et filtrer les signaux, qui améliore le gain et la sortie des signaux d'entrée intenses à

large bande, comme la parole, jusqu'à 5 dB. Les signaux à large bande entrants, moyens et forts, sont plus audibles sans distorsion provenant de l'écrêtage.

- Nouveau design mécanique et acoustique : le nouveau récepteur xUP pour Naída V-RIC offre un gain supplémentaire et une sortie jusqu'à 6 dB dans les graves, sans consommer davantage d'énergie.

- Naída V-SP et sa pile de taille 13 offrent un MPO comparable au Naída Q-UP avec pile 675.

#### Davantage de confiance et de fiabilité

- 60% plus solide - Avec son nouveau matériau renforcé en fibre de verre, Naída V est désormais 60 % plus robuste que son prédécesseur, pour une confiance totale.

- L'aide auditive est également résistante à l'eau et à la poussière, avec un indice IP68.

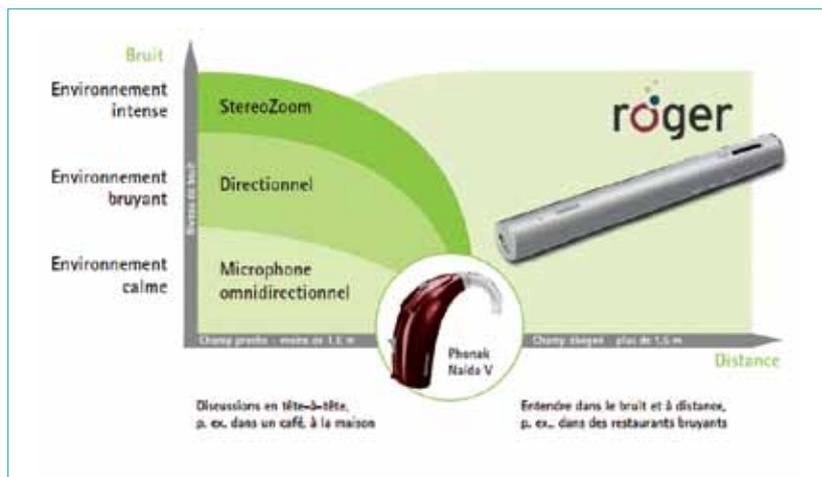
#### Aspect et sensation

- Des appareils plus petits pour tous - Plus de puissance permet aux utilisateurs de recevoir des appareils plus petits que jamais.

### Roger

#### Comblant le manque de compréhension

La capacité à communiquer efficacement est la première des exigences des



Tant que la distance est courte et le niveau de bruit peu élevé, les aides auditives fonctionnent très bien dans le champ proche. Dès que la distance entre l'orateur et l'auditeur ou le niveau de bruit augmente, les microphones comme Roger deviennent nécessaires pour maintenir un haut niveau de compréhension dans le champ éloigné.



patients. Au restaurant, au travail ou dans le confort de son foyer, la compréhension de la parole peut changer la vie. Même les aides auditives les plus perfectionnées sont limitées à distance et dans le bruit. Des microphones sans fil de pointe sont donc requis pour combler le manque de compréhension. C'est là qu'excelle la gamme de microphones Roger. Cette solution dédiée élargit l'éventail auditif pour les patients souffrant de perte auditive sévère à profonde. Tant que la distance est courte et le niveau de bruit peu élevé, les aides auditives fonctionnent très bien dans le champ proche. Dès que la distance entre l'orateur et l'auditeur ou le niveau de bruit augmente, les microphones comme Roger deviennent nécessaires pour maintenir un haut niveau de compréhension dans le champ éloigné.

### Roger au travail

#### Se concentrer sur son travail plutôt que sur son audition

Le nouveau Roger Table Mic est le dernier né de la gamme Roger et est spécifiquement conçu pour les patients actifs. Les réunions sont souvent un obstacle pour les personnes souffrant d'une perte auditive. Cela est dû à plusieurs raisons, telles que les conversations en aparté, le bruit ambiant ou la distance entre l'auditeur et l'orateur à l'autre bout de la table.



Il suffit de placer les Roger Table Mic sur la table pour distinguer les paroles des participants et réduire le bruit ambiant grâce aux algorithmes intelligents.

#### Roger Table Mic, un microphone dédié pour participer pleinement.

Le Roger Table Mic est un microphone pour les adultes en activité ayant une perte auditive et participant à de petites ou grandes réunions. Ce produit unique capte la parole en réunion d'une manière inégalée par les autres produits sur le marché. Pour les très grandes réunions, il est possible d'utiliser plusieurs Roger Table Mic. Sa durée de fonctionnement exceptionnelle et la télécommande incluse le rendent extrêmement pratique.

### Solutions pédiatriques Phonak

#### Parce qu'un enfant n'est pas un petit adulte



Les enfants ne sont pas de petits adultes et leur solution auditive ne peut pas être de type universel. Les besoins des enfants et leur façon d'interagir avec l'entourage, que ce soit avec la famille, les amis ou à l'école, évoluent avec le temps. En grandissant et en devenant plus autonomes, l'équipement auditif qui leur offrira le meilleur accès, et le plus pratique qui soit, à la parole, au langage et à la communication, changera également.

### Sky V Explorez le monde avec confiance



Phonak Sky V est la dernière nouveauté de la gamme pédiatrique de Phonak. Conçu à partir des performances éprouvées de notre plateforme exclusive Venture, Sky V introduit des fonctions et des technologies révolutionnaires, spécialement optimisées pour répondre aux différents besoins de communication des enfants et des adolescents.

### Témoin lumineux Un signal clair et visible

Le nouveau témoin lumineux facile à comprendre, disponible sur les quatre modèles Sky V contours d'oreille, donne aux parents et au personnel soignant une idée précise de l'état de l'appareil auditif de l'enfant. Le témoin lumineux apporte une confirmation visuelle que l'appareil auditif est en marche et que le programme Roger est actif. Il avertit également lorsque la pile est faible.

### AutoSense Sky OS

#### Une écoute facile

AutoSense Sky OS a été spécifiquement conçu pour offrir aux enfants et aux adolescents une expérience auditive optimale en classe, en récréation, lorsqu'ils écoutent de la musique ou en famille. En captant et en analysant en temps réel l'environnement auditif, AutoSense Sky OS sélectionne toujours les bons réglages. Le sélecteur automatique de fonction et de programme d'AutoSense Sky OS est jusqu'à 30 % plus précis pour les salles de classe bruyantes que le système pour adulte. Aucune interaction manuelle n'étant nécessaire, les enfants et les adolescents peuvent se concentrer davantage sur les grandes aventures de la vie et laisser leur aide auditive s'occuper du reste.

### Roger et le réglage directionnel

#### Clarté en champ proche et éloigné

Roger et son réglage directionnel permet aux enfants et aux adolescents d'entendre à la fois un enseignant se trouvant à une certaine distance et d'autres élèves situés à proximité. Exclusif à Phonak, Roger en mode directionnel permet un accès à la conversation avec les autres enfants amélioré par rapport à Roger en mode omnidirectionnel grâce à sa capacité à activer de manière adaptative les micros de l'aide auditive en fonction du niveau de bruit.

### SoundRecover2

#### Accès à davantage de sons

La génération suivante de SoundRecover améliore encore davantage l'audibilité de la parole et utilise un algorithme adaptatif de compression fréquentielle. La qualité des sons graves et medium est maintenue tandis que les sons aigus deviennent audibles.

### RogerReady

#### Prêt à l'emploi

L'ajout d'un récepteur Roger est plus facile que jamais. Aucune programmation des aides auditives supplémentaire n'est nécessaire. Les appareils Sky V avec entrée audio directe détectent automatiquement le signal provenant d'un microphone Roger et activent le programme Roger + Micro.



## Roger

### La confiance est essentielle

Dans certains cas, même les meilleures aides auditives ont besoin d'un coup de pouce. Avec Roger et la gamme de communication sans fil de Phonak, nous donnons aux enfants et aux adolescents l'assurance de bien entendre dans un monde en constante évolution, interactif et souvent bruyant.

### Nouveaux émetteurs Roger

#### Roger Touchscreen Mic

Roger Touchscreen Mic est doté d'une nouvelle interface intuitive pour l'utilisation en classe. Avec sa fonction de microphone automatique, il permet de passer facilement d'un mode d'interaction avec un orateur individuel à un petit groupe, en fonction de son positionnement.

#### Roger Pass-around



Le microphone à main Roger Pass-around est conçu pour améliorer les discussions en classe, afin que les enseignants, mais également tous les élèves, puissent être entendus clairement. Outre son design attrayant, sa taille est optimale pour une prise en main et un contrôle par des enfants et des adolescents.

#### Roger Multimédia Hub



Cet émetteur polyvalent utilisé dans un réseau Roger offre une fonction de mixage audio permettant à la voix d'un enseignant d'être entendue en même temps qu'un signal audio. Utilisé seul, il peut être connecté à un livre audio ou à une tablette pour une écoute individuelle.

Bien évidemment, les microphones Roger Pen, Roger Clip-on-Mic ainsi que tous les récepteurs Roger complètent la gamme afin qu'il existe une solution pour chaque enfant, quelle que soit la technologie qu'il utilise.



Le dévouement de Phonak a permis le développement de solutions innovantes qui soutiennent une approche holistique ayant pour but de répondre aux besoins de tous les enfants et adolescents souhaitant se connecter à la beauté du son. Convaincus qu'une bonne audition est primordiale, nous cherchons à travers nos produits à permettre aux plus jeunes auditeurs d'explorer le monde en toute liberté et en toute confiance.

Plus d'informations sur

[www.phonakpro.fr](http://www.phonakpro.fr) rubrique Produits:

-Brochure de Solutions pédiatriques Phonak (2016) : Parce qu'un enfant n'est pas un adulte miniature

-Brochure de Solutions auditives puissantes (2016) : Saisir l'éventail des conversations





## ■ Signia - Solutions Auditives Siemens primax

**Il est cliniquement prouvé que la nouvelle plateforme de Signia - Solutions Auditives Siemens réduit l'effort d'écoute.**

**Retrouvez le détail de l'étude indépendante menée par l'Université du Colorado (University of Northern Colorado) qui a étudié l'efficacité des nouvelles fonctionnalités de primax en recueillant et analysant l'activité électrique cérébrale (EEG) de personnes en situation d'écoute de parole.**

### Etude Clinique : effort d'écoute avec primax

Si l'on réfléchit à ce que l'utilisateur attend avant tout d'une aide auditive, l'un des premiers points qui vient à l'esprit est la compréhension de la parole et ce spécialement dans les environnements bruyants. Un autre paramètre qui lui ne reçoit pas toute l'attention qu'il devrait est l'effort nécessaire que doit fournir au quotidien ce même utilisateur pour bien entendre et comprendre. Ces efforts se manifestent principalement dans les environnements bruyants, mais pas uniquement. En effet, face à des voix faibles, des personnes qui articulent peu, au téléphone lorsque la connexion est mauvaise et dans bien d'autres situations encore, l'effort d'écoute est plus intense. Avec une perte auditive, le nombre de situations nécessitant cet effort ainsi que le niveau de difficulté augmentent drastiquement. Les études ont montré, comme attendu, que le port d'aides auditives équipées de la technologie primax permettait de réduire l'effort d'écoute nécessaire au malentendant.

### Méthode permettant d'évaluer l'effort d'écoute

Plusieurs approches ont été expérimentées afin d'évaluer cet effort d'écoute. On trouve parmi celles-ci des mesures physiologiques (dilatation de la pupille, rythme cardiaque, niveau de cortisol, conductivité de la peau...), des échelles

d'évaluation subjectives. Dans l'étude, nous avons utilisé une méthode objective innovante pour évaluer l'effort d'écoute en se basant sur la mesure EEG de l'activité cérébrale lors d'une tâche de reconnaissance de parole. Pour chacune des tâches demandées, l'enregistrement EEG est précisément extrait et isolé. Pour une interprétation significative de l'activité EEG mesurée, un test de Rayleigh permet d'obtenir une échelle de valeur objective reliant l'activité cérébrale mesurée à l'effort d'écoute allant de 0.0 (effort nul) à 1.0 (effort maximum).

En utilisant cette méthode d'évaluation nous avons cherché à évaluer l'efficacité de deux des nouvelles fonctionnalités des aides auditives primax de Signia - Solutions Auditives Siemens. Un groupe de patients équipés de ces nouvelles aides auditives a été testé dans une tâche de compréhension de parole dans le bruit avec et sans les nouvelles fonctionnalités proposées par la plateforme primax. L'activité EEG des patients a été mesurée avec et sans la fonctionnalité évaluée. Afin d'établir une relation entre la mesure objective obtenue et le ressenti subjectif du patient, le patient était invité à évaluer son effort d'écoute sur une échelle de 13 points.

### Méthode utilisée pour l'étude clinique

11 adultes malentendants expérimentés, présentant une baisse d'audition symétrique de type presbycusie, ont participé à cette étude.

Les deux nouvelles fonctionnalités de la plateforme primax testées ici sont : SpeechMaster et EchoShield. SpeechMaster est un algorithme permettant d'améliorer l'émergence de la parole en environnement bruyant. Pour cela il regroupe et coordonne le fonctionnement des algorithmes adaptatifs de l'appareil et de l'amplification. EchoShield est quant à lui un algorithme visant à réduire les réverbérations pouvant dégrader le signal et gêner le patient dans sa compréhension dans certains lieux.

Pour cette évaluation, des séquences de phrases sont présentées au patient (OLSA - Oldenburg Sentence Test), associées à un bruit de fond composé de bruits de paroles. Le signal de parole est présenté de face au patient (0 degré) et le bruit est généré par 7 haut-parleurs tout autour du patient. Afin d'évaluer précisément l'effort d'écoute, le RSB (rapport signal bruit) des signaux présentés au patient est individuellement calibré afin que sans les nouvelles fonctionnalités le patient soit juste en limite de compréhension. A ce RSB, l'activité EEG est alors mesurée avec et sans les nouvelles fonctionnalités. A la fin de chaque test, le patient devait évaluer subjectivement son effort d'écoute sur l'échelle fournie. L'activité EEG a été mesurée à l'aide de 8 électrodes positionnées suivant le système international 10-20. L'enregistrement EEG était synchronisé aux phrases de stimulus présentées au patient via un signal de Trigger afin d'isoler l'activité résultant de chaque stimulus pour une analyse précise.

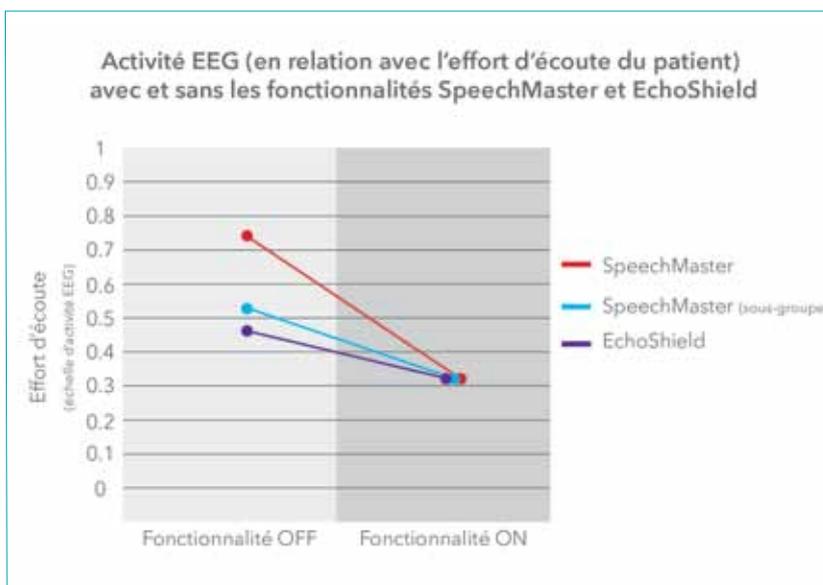


Figure 1

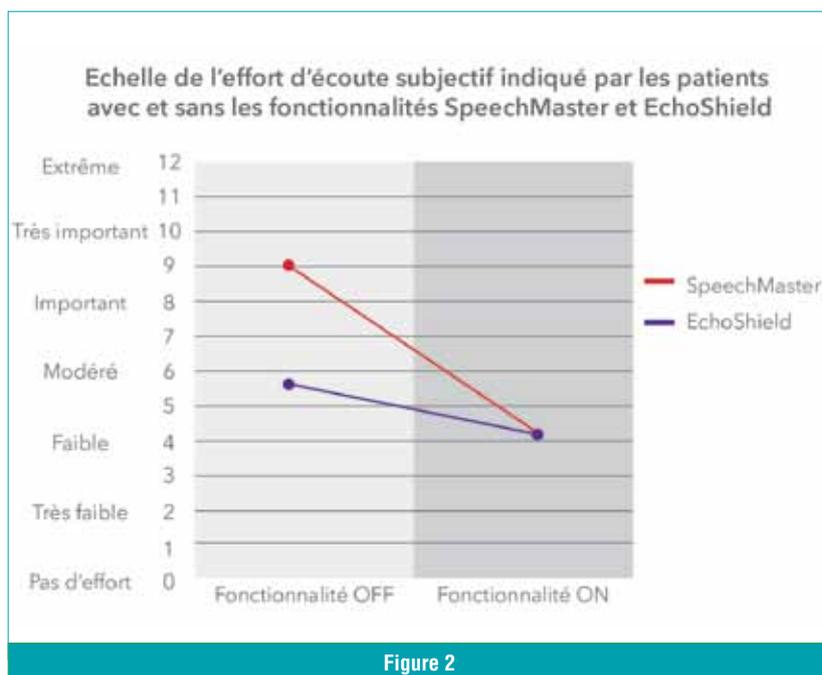


Figure 2

## Résultats

Afin d'évaluer l'efficacité des nouvelles fonctionnalités, les données EEG collectées ont été examinées et comparées avec et sans les fonctionnalités testées. Pour SpeechMaster et EchoShield, les valeurs objectives de l'activité cérébrale montrent une réduction significative de l'effort d'écoute lorsque la fonctionnalité est utilisée ( $p < .05$ ).

Les résultats des mesures de l'activité EEG sont illustrés pour chacune des fonctionnalités testées sur la figure n°1, montrant une réduction de l'effort pour l'utilisation des 2 fonctionnalités. Pour le test concernant SpeechMaster, 2 groupes se sont distingués dans l'analyse des résultats sans SpeechMaster. 45% des participants présentaient un effort d'écoute  $>$  à 0,6 sans SpeechMaster, alors que 55% présentaient un effort autour de 0,3 dans les mêmes conditions. Le sous-groupe présenté dans la figure 1 correspond à ces participants présentant un effort plus important pour lesquels le bénéfice de l'utilisation du SpeechMaster est maximum.

Corrélées aux résultats objectifs mesurés, les données des questionnaires sur l'effort d'écoute ressenti par les patients montrent une réduction de cet effort lorsque les fonctionnalités sont activées. Ces résultats sont regroupés dans la figure n°2.

Le résultat le plus important est obtenu avec la fonctionnalité SpeechMaster ou les participants ont noté en moyenne l'effort d'écoute comme « très important » sans la fonctionnalité et « faible » avec la fonctionnalité.

## Résumé

Pour une majorité d'utilisateurs d'aides auditives, se concentrer et faire des efforts d'écoute dans les environnements sonores difficiles est une nécessité. Ces efforts sont réalisés la plupart du temps sans s'en rendre compte mais ont un impact direct sur la fatigue, l'humeur et la concentration tout au long de la journée. Réduire cet effort est l'objectif principal de l'appareillage d'aujourd'hui.

Nous avons montré par cette étude que les nouvelles technologies proposées par Signia – Solutions Auditives Siemens avec sa nouvelle plateforme primax réduisent significativement cet effort pour le patient. Ce résultat objectivé par la mesure EEG et corrélé au questionnaire subjectif, montre que les patients utilisant ces technologies nécessitent moins de concentration et d'efforts pour comprendre une conversation dans le bruit. Au quotidien, cela se traduira par une meilleure capacité d'écoute dans le bruit, une fatigue moins importante après une journée de travail et un bénéfice et une satisfaction de leur appareillage plus importants.



## Signia - Solutions Auditives Siemens lance ses intra-auriculaires Inσιο et Inσιο iMini primax.



**Inσιο primax**  
(au coupleur 2cc)

**Inσιο primax, la facilité d'écoute sur mesure**

- Technologie primax : SpeechMaster, HD Music, EchoShield, CROS/BiCROS, CROSPhone
- Pertes auditives légères à sévères
- e2e wireless™ 3.0, Bluetooth® - technologie sans fil, compatible easyTek, easyPocket et applications easyTek, touchControl

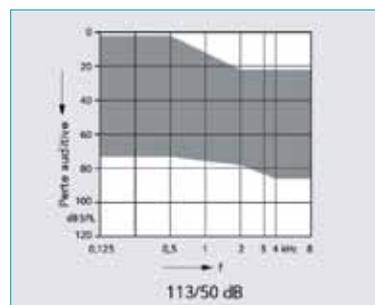
- Compatible avec l'unité micro CROS Pure
- Directivité binaurale OneMic avec un seul microphone
- Bobine téléphonique (sauf pour modèles CIC)
- Marche/arrêt au tiroir pile

### Inσιο iMini primax, discrétion et confort ultra miniaturisés



- Technologie primax : SpeechMaster, HD Music, EchoShield
- Insertion profonde après le deuxième coude
- Pertes auditives légères : Niveau de sortie : 113 dB - Gain : 50 dB

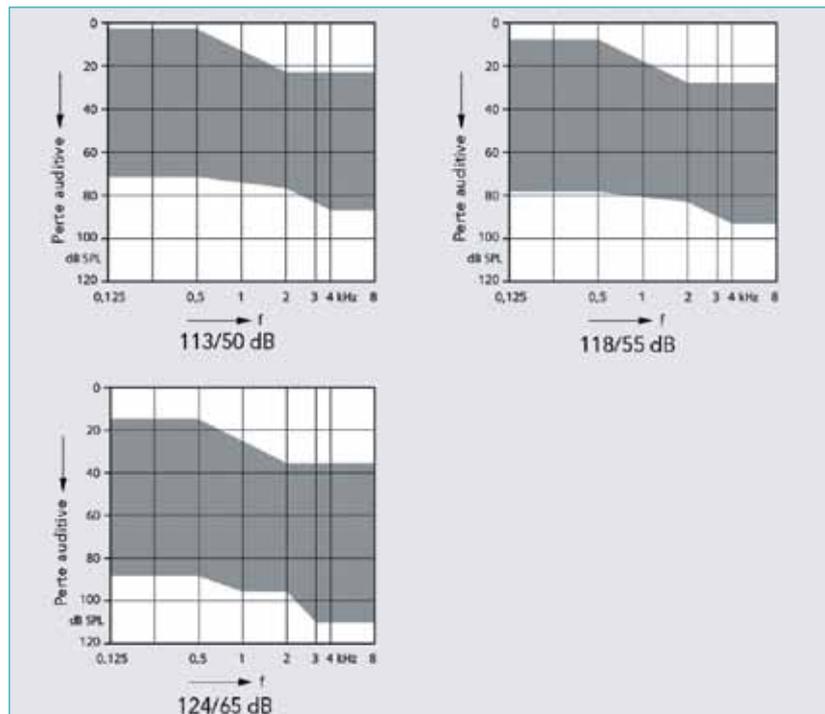
- Compatible application touchControl™, disponible sur smartphone iOS et Android
- Marche/arrêt au tiroir pile
- Option de découpe d'Inσιο CIC
- Coque blanche type céramique et 14 autres coloris au choix, dont un nouveau : rouge profond



**Plage d'application Inσιο iMini primax rajouter : (au coupleur 2cc)**



**Accessoires et applications compatibles avec Inσιο primax (au coupleur 2cc)**



**Plage d'application Inσιο primax (au coupleur 2cc)**

## primax une nouvelle définition de l'écoute

Dans les situations où réside un niveau sonore de bruit important ou lorsque le signal vocal est perturbé, tenir une conversation nécessite une concentration importante, et cela peut être très fatigant.

Grâce à **SpeechMaster**, qui gère automatiquement les algorithmes adaptatifs, primax cible la voix émergente tout en réduisant les bruits de fond et autres voix pouvant gêner la bonne compréhension, et améliore le contraste de la voix de l'interlocuteur par rapport aux autres sons.

primax présente également de nouvelles fonctionnalités pour assurer une écoute optimale dans toutes les situations :

- **HD Music** propose 3 programmes spécifiques pour une écoute optimale de la musique dans différentes situations.
- **EchoShield** est un programme dédié aux environnements réverbérants.
- **CrosPhone**, programme automatique permettant d'entendre dans les 2 oreilles simultanément une conversation téléphonique. Ce transfert s'opère par une liaison sans fil (e2e™ 3.0).
- **CROS/BiCROS** : pour les patients présentant une oreille cophotique, le CROS/BiCROS permet d'entendre dans l'oreille appareillée le son du côté cophotique seul (CROS) ou mixé avec l'amplification (BiCROS). s'effectue par une liaison sans fil (e2e 3.0).



## ■ Starkey

### Le déclin cognitif et le rôle des aides auditives

Dania Rishiq, Ph.D.

#### Brève histoire de la recherche cognitive et auditive

Les chercheurs étudient l'interaction entre audition et cognition depuis maintenant plus de trente ans (par exemple Duquesnoy, 1983 ; Bronkhors et Plomp, 1988). Des recherches innovantes sur la cognition et l'audition ont été réalisées dans les années 1950 par Broadbent, Cherry et d'autres scientifiques de Cambridge (Broadbent, 1958). Après la Deuxième Guerre mondiale, les scientifiques ont commencé à étudier le lien entre traitement cognitif et traitement auditif, mais il a fallu attendre les années 1990 pour que les études commencent à porter leurs fruits et que le nombre de publications associant audition et cognition augmente considérablement (Arlinger et al., 2009).

Parce qu'entendre et comprendre la parole est une tâche complexe qui implique un grand nombre de processus sensoriels et cognitifs différents, les chercheurs ont toujours tenté de comprendre comment le cerveau forme les descripteurs significatifs du monde auditif.

Les conséquences et l'impact des interactions cognition-audition sur le diagnostic et le traitement de la perte d'audition ont conduit les scientifiques à conjuguer leurs efforts dans l'étude des fonctions auditives et cognitives.

Comme rapporté par Arlinger et al. 2009, de nombreux facteurs ont contribué à la convergence de la recherche auditive et de la recherche cognitive, repris pour certains dans le tableau ci-contre :

#### Lien entre perte d'audition et déclin cognitif

Il existe une documentation de plus en plus fournie sur le lien entre perte d'audition et déclin cognitif. Les personnes âgées souffrant de perte auditive présentent un déclin cognitif plus important que les personnes âgées normoentendantes (par exemple Lin et al. 2013, Lin et al. 2004, Lindenberger et Baltes 1994, Uhlmann et al. 1989, Tay et al. 2006, Baltes et Lindenberger 1997). Ainsi, les seuils zaudiométriques

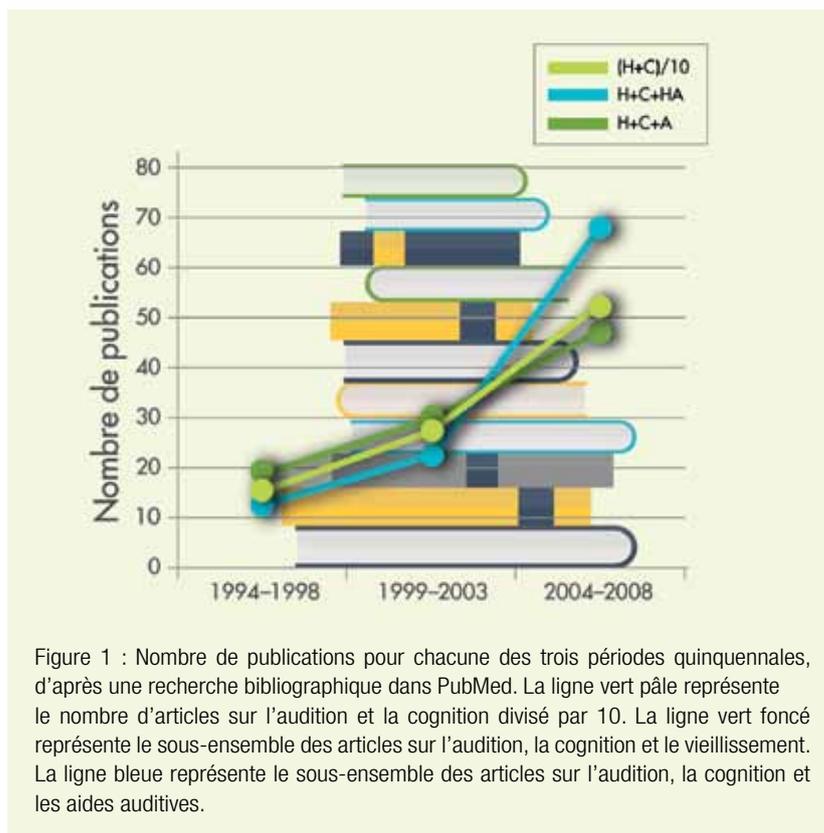


Figure 1 : Nombre de publications pour chacune des trois périodes quinquennales, d'après une recherche bibliographique dans PubMed. La ligne vert pâle représente le nombre d'articles sur l'audition et la cognition divisé par 10. La ligne vert foncé représente le sous-ensemble des articles sur l'audition, la cognition et le vieillissement. La ligne bleue représente le sous-ensemble des articles sur l'audition, la cognition et les aides auditives.

sont liés à la performance cognitive lors d'exercices spécifiques au test impliquant la mémoire et les fonctions exécutives et générales chez les personnes âgées (Lin et al. 2011a, b).

De manière plus spécifique, des études montrent une association entre perte d'audition et démence. Il a été constaté que la démence est plus répandue chez

les personnes âgées atteintes de perte d'audition que chez celles n'en souffrant pas (Uhlman et al., 1986, 1989). De même, les seuils tonaux (Lin et al. 2011a, b, 2013) et les scores aux tests de traitement auditif central (Gates et al., 2003, 2010, 2011) sont en corrélation avec la démence incidente. L'étude de Lin et al. (2011a) révèle que les personnes âgées atteintes de perte d'audition présentent



un risque de deux à cinq fois plus élevé de développer une démence par rapport à des sujets ayant une audition normale. Pour chaque augmentation de 10 dB de la perte d'audition, on constate un risque accru de 20 % de développer une démence (Lin et al., 2011 b). Qui plus est, Gurgel (2014) a signalé que la durée moyenne pour développer une démence est de 10,3 ans chez les malentendants, contre 11,9 ans chez les normo-entendants.

Ce lien entre déficience auditive et performance cognitive et démence incidente suggère que la perte d'audition peut être un facteur de risque de déclin cognitif (Lin 2011, Lin et al. 2011, Lin et al. 2013). Les résultats de ces études montrent en effet, qu'il existe un lien, mais qu'il est secondaire aux effets prédictifs de la perte d'audition. Rien ne prouve clairement que la perte d'audition soit la cause d'une fonction cognitive réduite, mais des preuves indirectes de plusieurs études soutiennent cette hypothèse.

Le tableau suivant recense certaines des études qui établissent un lien entre perte d'audition et déclin cognitif.

## Hypothèses explicatives

Deux grandes hypothèses ont été avancées pour expliquer les mécanismes qui sous-tendent l'association entre perte d'audition et déclin cognitif. La première hypothèse suggère que perte d'audition et déclin cognitif ont une origine neuropathologique commune, comme les variations neurodégénératives liées à l'âge causées par des maladies et une inflammation microvasculaires (Lindenberger et Baltes 1994, Baltes et Lindenberger 1997). En d'autres termes, ce modèle suggère que perte d'audition et déficience cognitive chez les personnes âgées peuvent avoir en commun la même pathologie sous-jacente.

La seconde hypothèse, dite de la « cascade », défend un lien de causalité entre perte d'audition et déclin cognitif et suggère que la perte d'audition existe conjointement ou interagit avec d'autres facteurs de risque pour accélérer la perte cognitive (Lin et al. 2013). Selon cette hypothèse, la perte d'audition peut avoir une incidence sur la cognition, essentiellement de trois façons :

1. Une privation auditive à long terme peut se traduire par une fonction cognitive réduite (Birren 1964 ; Wahl et Heyl 2003).
2. Entre autres possibilités, il se peut que le lien entre perte d'audition et déclin cognitif soit fonction de facteurs liés aux modes de vie. La perte d'audition peut donner lieu à une réduction de la participation aux activités de loisirs et à un retrait des interactions sociales. La perte d'audition est indépendamment associée à l'isolement social et à la dépression (par exemple Gates et Mills 2005). Il existe également un lien entre isolement social, dépression et déclin cognitif (Plassman et al. 2010, Steffens et al. 2006). L'hypothèse de la cascade suggère que l'isolement social peut déboucher sur une dépression et d'autres conséquences psychologiques susceptibles d'affecter la fonction cognitive.
3. La perte d'audition peut engendrer un effort cognitif compensatoire accru pour combler les lacunes causées par des informations vocales manquantes,

FACTEUR CONTRIBUTIF	RÉFÉRENCE
La nécessité de comprendre la performance de l'auditeur dans des environnements réels.	Bregman, 1990 ; McAdams & Bigand, 1993 ; Neuhoff, 2004
La nécessité de comprendre comment vieillissement et déficiences modifient la performance.	Schneider & Pichora-Fuller, 2000 ; Wahlin, MacDonald, de Frias, Nilsson & Dixon, 2006)
Comment concevoir de nouvelles technologies de communication en utilisant un traitement avancé du signal.	Edwards, 2007.
Comment concevoir des programmes éducatifs et de rééducation qui améliorent la performance.	Kraus, McGee, Carrell, King, Tremblay & Nicol, 1995 ; Tremblay 2007.
L'émergence de nouveaux outils de recherche, tels que les dispositifs de suivi du mouvement des yeux et les méthodes physiologiques poussées.	Durlach & Mavor, 1995; Allopenna <i>et al.</i> , 1998; Belin <i>et al.</i> , 1999; 2000
La proposition de nouveaux modèles pour l'interaction audition-cognition.	Holt & Lotto, 2008; Stenfelt & Ronnberg, 2009

Tableau 1 : Facteurs ayant contribué à la convergence de la recherche sur l'audition et de la recherche sur la cognition



Figure 2 : Hypothèses dites « de la cascade » et « de l'origine commune ». Schémas extraits de Dawes P (2014). Can Hearing Aids Prevent Cognitive Decline and Dementia ? Audacity, 4: 20-22.



ce qui entraîne une insuffisance des ressources cognitives dédiées à l'encodage de la parole dans la mémoire, dans une mémoire opérationnelle déjà réduite chez les personnes âgées (Schneider et al. 2010, Tun et al. 2012, Pichora-Fuller & Singh, 2006).

Une troisième hypothèse suggère que la réduction de la fonction cognitive constatée chez les personnes âgées peut être aggravée par la perte d'audition et que les malentendants sont désavantagés lorsque les tests cognitifs sont réalisés avec des stimuli auditifs (Gussekloo et al. 2005). Cette hypothèse semble peu probable car le lien entre perte d'audition et déclin cognitif reste similaire, que les tests cognitifs soient effectués par voie auditive ou visuelle (Tay et al. 2006).

Afin de tenir compte de la perte d'audition lors de la réalisation de tests cognitifs, le signal auditif doit être soumis à un niveau adéquat ou des stimuli visuels doivent être privilégiés.

## Aides auditives et cognition (passage en revue des publications)

Un petit nombre d'études a porté sur les effets de l'utilisation d'aides auditives sur la performance cognitive d'auditeurs âgés. Les résultats de ces études ont été peu concluants. Ils peuvent être attribués à des différences de méthodologie. Par exemple, certains des tests cognitifs utilisés dans ces études employaient des stimuli auditifs ; par conséquent, les améliorations de la fonction cognitive peuvent être dues à une meilleure audibilité avec les aides auditives. De même, il y a un manque d'information sur la qualité de l'amplification au moment des tests et de la compensation de la perte auditive.

Nous manquons à ce jour de preuves solides sur les effets protecteurs à long terme des aides auditives contre le déclin cognitif (Kalluri et Humes 2012). D'autres recherches s'imposent pour savoir si l'utilisation d'aides auditives pourrait prévenir, réduire, arrêter ou inverser le déclin cognitif chez les personnes âgées.

Le tableau suivant répertorie certaines des études qui ont examiné les effets de l'utilisation d'aides auditives sur la fonction cognitive chez les personnes âgées.

ÉTUDES DÉMONSTRANT LE LIEN ENTRE PERTE D'AUDITION ET DÉCLIN COGNITIF

ÉTUDE	N	MESURE COGNITIVE	CAPACITÉ COGNITIVE TESTÉE	RÉSULTATS	CONCLUSION
Lin 2011	605	Test DSST (Digital Symbol Substitution Test)	Fonction exécutive et traitement psychomoteur	Une plus grande perte d'audition est associée à de plus faibles scores au DSST ; la perte d'audition est positivement associée au fonctionnement cognitif.	La perte d'audition est indépendamment associée à de plus faibles scores au DSST.
Lin et al. 2013	N = 1984	3MS et test DSST	Fonctions générales et exécutives	Les taux de déclin cognitif et le risque de déficience cognitive incidente sont linéairement associés à la sévérité de la perte d'audition de base d'un individu.	La perte d'audition est indépendamment associée à un déclin cognitif accéléré et une déficience cognitive incidente chez les personnes âgées.
Lindenberger et Baltes 1994	N = 156	Test chiffres et lettres, analogies figurales, connaissance pratique, mémorisation d'activité et lettre S.	Vitesse, raisonnement, mémoire et fluidité.	L'acuité auditive explique 34,6 % de la variance totale faible dans le fonctionnement intellectuel.	Les fonctions sensorielles sont un bon indicateur de fin de vie des différences individuelles dans le fonctionnement intellectuel.
Liberman et al. 1989	100 sujets atteints de démence de type Alzheimer, groupe témoin apparié de 100 sujets	MMSE	Le score au MMSE a été utilisé comme un indicateur de la sévérité de la démence.	La prévalence d'une perte d'audition de 30 dB ou plus a été nettement plus élevée chez les cas d'étude que chez les témoins. Une plus grande perte d'audition a été associée à des probabilités relatives ajustées plus élevées d'être atteint de démence.	La perte d'audition est également significativement et indépendamment corrélée à la sévérité de la dysfonction cognitive.
Baltes et Lindenberger 1997	N = 516	Par ex. substitution chiffres et lettres ; analogies figurales ; paires associées ; connaissance pratique et lettre S.	Raisonnement, mémoire, rapidité de perception, connaissance et fluidité.	Les 5 compétences intellectuelles sont fortement corrélées aux fonctions sensorielles (y compris auditives) plutôt qu'au facteur sociobiographique.	Les résultats suggèrent que les facteurs biologiques induits par le vieillissement sont une source notable de différences individuelles en matière d'intelligence chez les personnes âgées et très âgées.

Tableau 7



## Implications sur la pratique clinique

Il est essentiel pour les praticiens de savoir si une meilleure prise en charge auditive, plus précoce, pourrait arrêter, inverser ou ralentir la progression du déclin cognitif chez les personnes âgées (Pichora-Fuller, 2010). Les personnes âgées atteintes de perte d'audition ont tendance à reporter le moment de l'appareillage. Par conséquent, il est important pour les professionnels de l'audition de savoir s'il faut recommander, de façon factuelle, l'appareillage plus tôt.

Une étude longitudinale soigneusement préparée est nécessaire pour examiner le lien de causalité entre l'utilisation à long terme d'aides auditives convenablement adaptées et l'évolution de la fonction cognitive.

## Références

Acar, B., Yurekli, M., Babademez, M., Karabulut, H., & Karase, R. (2011). Effects of hearing aids on cognitive functions and depressive signs in elderly people. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, vol. 52, no. 3, pp. 250–252.

Alloppenna, P. D., Magnuson, J. S., & Tanenhaus, M. K. (1998). Tracking the time course of spoken word recognition using eye movements: Evidence for continuous mapping models. *Journal of Memory and Language*, 38, 419–439.

Arlinger S., Lunner T., Bjorn L., & Pichora-Fuller K. (2009). *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 371–384.

Baltes, P. B. & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: "A new window to the study of cognitive aging?" *Psychology and Aging*, 12, 12–21.

Belin, P., Zatorre, R. J., Hoge, R., Evans, A. C., & Pike, B. (1999). Event-related fMRI of the auditory cortex. *NeuroImage*, 10, 417–429.

Belin, P., Zatorre, R. J., Lafaille, P., Ahad, P., & Pike, B. (2000). Voice-selective areas in human auditory cortex. *Nature*, 403, 309–312.

Birren, J. (1964). *The Psychology of Aging*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall

Bregman, A. (1990). *Auditory scene analysis: "The perceptual organization of sound."* Cambridge, Mass: MIT Press.

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Amsterdam: Elsevier Science

Bronkhorst, A. W. & Plomp, R. (1988). Binaural speech intelligibility in noise for hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*, 86, pp. 1374–1383.



Choi, A., Shim, H., Lee, S., Yoon, S., & Joo, E. (2011). Is cognitive function in adults with hearing impairment improved by the use of hearing aids? *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, vol. 4, no. 2, pp. 72–76.

Durlach, N. I. & Mavor, A. S. (1995). *Virtual reality: scientific and technological challenges*, National Research Council (US). Committee on Virtual Reality Research and Development. Washington, DC: National Academies Press.

Duquesnoy, A. J. (1983). The intelligibility of sentences in quiet and in noise in aged listeners. *J Acoust Soc Am*, 74, pp. 1136–1144.

Edwards, B. (2007). The future of hearing aid technology. *Trends in Amplification*, 11, 31–46.

Gates, G. A., Anderson, M. L., McCurry, S. M., Feeney, M. P., & Larson, E. B. (2011). Central auditory dysfunction is a harbinger of Alzheimer's dementia. *Archives of Otolaryngology — Head and Neck Surgery*, 137, 390-395. doi: 10.1001/archoto.2011.28

Gates, G. A., Gibbons, L. E., McCurry, S. M., Crane, P. K., Feeney, M. P., & Larson, E. B. (2010). Executive dysfunction and presbycusis in older persons with and without memory loss and dementia. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 23, 218-223. doi: 10.1097/WNN.0b013e3181d748d7

Gates, G. A. & Mills, J. H. (2005). Presbycusis. *Lancet*. 366(9491):1111–1120.

Gussekloot, J., de Craen, A. J. M., Oduber, C., van Bostel, M. P. J., & Westendorp, R. G. J. (2005). Sensory impairment and cognitive functioning in oldest-old subjects: the leiden 85+ study. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, vol. 13, no. 9, pp. 781–786.

Gurgel, R. K., Ward, P. D., Schwartz, S., Norton, M. C., Foster, N. L., & Tshanz, J. T. (2014).

Relationship of hearing loss and dementia: a prospective, population-based study. *Otology and Neurotology*, 35, 755-781. doi:10.1097/MAO.0000000000000313

Holt, L. L. & Lotto, A. J. (2008). Speech perception within an auditory cognitive science framework. *Current Directions in Psychological Science*, 17, 42–46.

Kalluri, S. & Humes, L. E. (2012). Hearing technology and cognition. *American Journal of Audiology*, vol. 21, no. 2, pp. 338–343.

Kraus, N., McGee, T., Carrell, T. D., King, C., Tremblay, K., & Nicol, T. (1995). Central auditory system plasticity associated with speech discrimination training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7, pp. 25–32.

Lin, F. R., Yaffe, K., Xia, J., Xue, Q. L., Harris, T. B., Purchase-Helzner, E., & Simonsick, E. M. (2013). Hearing loss and cognitive decline in older adults. *JAMA Internal Medicine*, 173, pp. 293–299. doi:10.1001/jamainternmed.2013.1868

Lin, M. Y., Gutierrez, P. R., Stone, K. L., Yaffe, K., Ensrud, K. E., Fink, H. A., . . . Study of Osteoporotic Fractures Research Group. (2004). Vision impairment and combined vision and hearing impairment predict cognitive and functional decline in older women. *Journal of the American Geriatric Society*, 52, pp. 1996–2002.

Lin, F. R., Yaffe, K., Xia, J., et. al. (2013). "Hearing loss and cognitive decline in older adults," *JAMA Internal Medicine*, vol. 173, no. 4, pp. 293–299.

Lin, F. R. (2011). "Hearing loss and cognition among older adults in the United States," *Journals of Gerontology A: Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 66, no. 10, pp. 1131–1136.

Lin, F. R., Ferrucci, L., Metter, E. J., An, Y., Zonderman, A. B., & Resnick, S. M. (2011).

"Hearing loss and cognition in the Baltimore longitudinal study of aging." *Neuropsychology*, vol. 25, no. 6, pp. 763–770.

Lindenberger, U. & Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age: A strong connection. *Psychology and Aging*, 9, pp. 339–355.

McAdams, S. & Bigand, E. (1993). *Thinking in Sound: The cognitive psychology of human audition*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Mulrow, C. D., Aguilar, C., Endicott, J. E., et al. (1990). "Quality-of-life changes and hearing impairment: a randomized trial," *Annals of Internal Medicine*, vol. 113, no. 3, pp. 188–194.

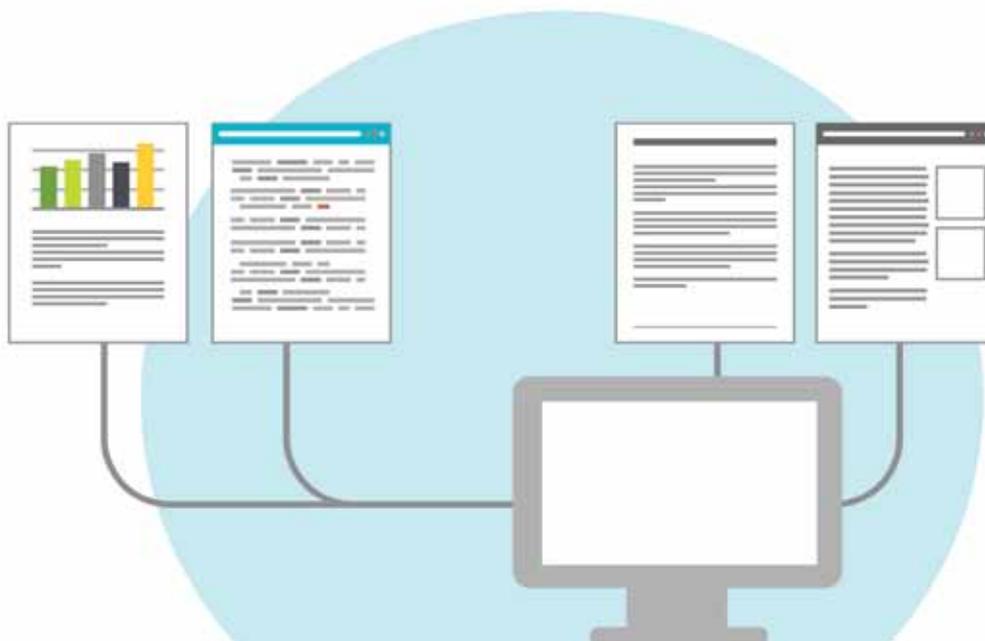
Neuhoff, J. G. (2004). *Ecological psychoacoustics*. New York: Academic Press.

Pichora-Fuller, M. K. & Singh, G. (2006). "Effects of age on auditory and cognitive processing: implications for hearing aid fitting and audiologic rehabilitation." *Trends in Amplification*, vol. 10, no. 1, pp. 29–59.

Pichora-Fuller, M. K. (2010). Using the brain when the ears are challenged helps healthy older listeners compensate and preserve communication function (pp. 53- 65). In L. Hickson (Ed.). *Hearing care for adults*. Phonak: Stäfa, Switzerland.

Plassman, B.L., Langa, K.M., Fisher, G.G. Heeringa, S.G., Weir, D.R., Ofstedal, M.B., Wallace, R.B. (2007). Prevalence of dementia in the United States: The aging, demographics, and memory study. *Neuro epidemiology*, 29, 125-132. http://dx.doi.org/10.1159/000109998

Schneider, B. & Pichora-Fuller, M. K. (2000). Implications of sensory deficits for cognitive aging. In F. I. M. Craik & T. Salthouse (Eds.). *The handbook of aging and cognition*, 2nd edn (pp. 155– 219). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.





## ■ Widex

### Une nouvelle technologie pour une écoute naturelle : Une perspective «Unique».

Novembre 2015 Hearing Review

Publié le 21 octobre 2015 par Francis Kuk, PhD ; Erik Schmidt, PhD ; Anders Holm Jessen, BSEE, et Marianne Sonne, MA

La nouvelle aide auditive UNIQUE de Widex a été conçue pour offrir une audition la plus naturelle possible en captant tous les sons et les traitant tous intégralement afin de restituer un maximum de nuances indispensables à l'intelligibilité maximale de la parole et ce, quel que soient les situations.

De nombreuses études réalisées au cours de ces dernières années démontrent une forte relation entre cognition et audition <sup>1</sup>. Fait remarquable, les types de sons amplifiés pourraient exiger différents niveaux de capacités cognitives pour les oreilles déficientes. <sup>2,3</sup> Par conséquent, la finalité principale d'une aide auditive serait de délivrer des sons amplifiés qui demandent le minimum d'effort de la part des patients pour entendre de façon satisfaisante dans tous les environnements, et ce, indépendamment de leur capacité cognitive. Nous nommerons cet objectif l'Écoute Naturelle. Son ambition : faire en sorte que les malentendants distinguent davantage ce qu'ils désirent entendre et moins ce qu'ils ne souhaitent pas.

Ayant ce dessein en tête, il est logique de développer des appareils auditifs en mesure de capter toutes les nuances possibles. Tous les sons n'étant pas forcément utiles (ex : bruit du réfrigérateur), les aides auditives doivent être à même de « purifier » et de traiter les sons entrants de façon à ne retenir que les signaux nécessaires.

Cet article résume comment les aides auditives UNIQUE captent, traitent et épurent automatiquement tous les sons.

### Étape 1 : capter tous les sons

Une audition naturelle exige que tous les sons entrants soient canalisés avec précision au niveau de leurs fréquences, leurs intensités (y compris les modifications d'intensité et les intensités relatives entre les oreilles) et leur rapport au temps. Dans une aide auditive numérique, la fréquence d'échantillonnage du Convertisseur Analogique-Numérique (CAN) détermine l'étendue fréquentielle des sons qui

peuvent être captés. Par exemple, une fréquence d'échantillonnage de 33 kHz (fréquence utilisée dans toutes les aides auditives numériques Widex) capture des sons jusqu'à 16,5 kHz, alors qu'une fréquence d'échantillonnage de 16 kHz capte uniquement des sons jusqu'à 8 kHz.

Le nombre de bits utilisés dans le CAN détermine également la gamme de sons et la puissance maximale qui peuvent être traitées par l'aide auditive. Pour conserver toutes les nuances naturelles des sons entrants, le CAN doit pouvoir capter des sons faibles - compris entre 0 et 10 dB SPL - et forts, entre 110 et 115 dB SPL.<sup>4</sup> La capacité de l'appareil à préserver la linéarité des données d'entrée à ces niveaux empêche le risque de déformation du signal à l'entrée qui dégraderait à coup sûr l'efficacité des algorithmes de traitement de signal qui suivent.<sup>5</sup>

Étant donné que le système auditif utilise les points d'entrée constitués par les deux oreilles pour permettre la perception spatiale et la localisation sonore <sup>6</sup>, un équipement binaural semble être un prérequis utile à une écoute naturelle. En outre, la conservation de la différence d'intensité interaurale (DII) et la différence interaurale de temps (DTI) des signaux sonores d'entrée provenant des deux oreilles est essentielle à la conservation des caractéristiques temporelles du signal, afin de pouvoir en effectuer le traitement ultérieur.

### Purification de tous les sons - Objectif : simplifier, améliorer et épurer

Tous les sons captés par les appareils ne sont pas systématiquement utiles pour les patients. Entendre seulement les sons entrants importants pourrait améliorer la facilité d'écoute et réduire l'utilisation des ressources cognitives pour que ces dernières économisées puissent être attribuées à d'autres tâches plus importantes. Deux types de signaux semblent particulièrement pertinents à épurer.

**Le bruit de souffle.** Le bruit de souffle d'une aide auditive provient de son étage d'entrée analogique et du CAN (Convertisseur Analogique-Numérique). Les personnes présentant une perte auditive légère ont plus de chances de percevoir le bruit de souffle de l'aide auditive tout en recevant l'amplification nécessaire. Un mécanisme pour supprimer le bruit de souffle tout en préservant l'audibilité de la parole à faible intensité est recommandé.

**Le bruit du vent.** La turbulence du vent dans les microphones des aides auditives se traduit par un bruit gênant. La quantité de bruit dépend de la vitesse du vent et de la position de l'ouverture du microphone. MarkeTrak VIII <sup>7</sup> montre que seulement 58 % des utilisateurs d'appareils auditifs sont satisfaits de la performance de leurs aides auditives dans les situations venteuses. Minimiser l'impact du vent (dérangement subjectif, compréhension de la parole) pourrait se traduire par une écoute plus naturelle dans ces cas précis.

### Traitement intelligent du signal pour obtenir une écoute en temps réel

L'objectif fondamental dans l'amplification de l'aide auditive est d'appliquer un gain approprié aux fréquences où l'audition est dégradée (ex : compensation de la perte auditive). En outre, ces modifications doivent également tenir compte des différences individuelles face aux changements d'environnement acoustique. Cela exige que l'aide auditive procure un gain adéquat et une marge de sécurité (MPO), de sorte que les sons traités puissent être délivrés sans distorsion spectrale et/ou temporelle. Kuk et al <sup>8</sup> ont indiqué qu'une MPO réduite dégrade le SNR de 2 dB par rapport à une aide auditive avec un réglage de la MPO optimal. D'autres considérations importantes comprennent :

**Les caractéristiques appropriées du compresseur.** Le compresseur est l'unité de traitement principale des aides auditives modernes et ses paramètres doivent être minutieusement sélectionnés <sup>9</sup>. Cela comprend la détermination du nombre optimal de canaux de compression <sup>10</sup>, le rapport de compression (RC) approprié pour chaque canal et les constantes de temps utilisées pour parfaire les modifications de gain.

Une compression rapide et constante assure une bonne audibilité, mais elle peut aussi déformer les contrastes spectraux des signaux d'entrée. Une constante de temps plus longue a l'avantage de maintenir la linéarité (ou nuances temporelles) du signal d'entrée. <sup>11</sup> Souza <sup>12</sup> a également indiqué que des constantes de temps plus longues présentent les avantages d'une meilleure intelligibilité de la parole et de la qualité sonore, particulièrement chez les personnes présentant des difficultés cognitives.



Malheureusement, une constante de temps longue et fixe ne peut pas toujours suivre les modifications d'intensité rapides ; une perte d'audibilité peut donc apparaître. Alors que des solutions comme le temps de relâche adaptatif (également appelé compression adaptative) sont adéquates pour un compresseur à vitesse constante dans la gestion des niveaux de pression sonore changeants, elles peuvent ne pas être aussi sensibles que les compresseurs à vitesse(s) variable(s).

**Les modifications automatiques du programme.** Des programmes d'écoute dédiés doivent être créés pour faciliter une écoute agréable des signaux sonores dans des environnements spécifiques. La sélection et l'utilisation manuelle de ces programmes même si elle est possible, n'en reste pas moins contraignante pour les patients, et ce pour deux raisons. En premier lieu, les patients devraient reconnaître la nature de leurs environnements d'écoute pour pouvoir sélectionner le programme approprié. Deuxièmement, les patients auraient à passer directement au bon programme. Il est donc préférable que les aides auditives analysent automatiquement les environnements acoustiques et ajustent intelligemment leurs paramètres sur les réglages les plus adéquats sans manipulation par le patient. Un système automatique intelligent adaptatif en temps réel pourrait garantir que les utilisateurs entendent davantage de ce qu'ils souhaitent entendre et moins de ce qui leur est indésirable.

**La suppression des bruits parasites.** Les bruits de fond parasitent la mise en évidence de la parole et la rendent plus difficile à identifier. Si les signaux utiles proviennent d'une direction différente par rapport aux bruits non désirés, un microphone directionnel apportera une séparation significative du signal de la parole pour améliorer le confort d'écoute et l'intelligibilité du propos.

Des bruits qui sont spectralement différents des sons de la parole (ex : bruit d'avion et de voiture) peuvent être gérés par des algorithmes de réduction du bruit. D'un autre côté, des bruits qui sont spectralement et spatialement similaires aux sons voulus sont plus difficiles à supprimer. Ces situations requièrent un traitement post-entrée séparé basé sur certaines hypothèses de caractéristiques de la « parole » et du « bruit » (analyse de signature). La fonction brevetée du « Speech Enhancer » inclus dans les aides auditives UNIQUE Widex permet une réduction du bruit tout

en prenant en considération la configuration de la perte auditive des utilisateurs<sup>14</sup>. En outre, lorsque l'augmentation du gain est souhaitable et permise, celle-ci sera effectuée pour optimiser l'indice d'intelligibilité de la parole individuelle (SI) pour l'environnement d'écoute spécifique. Cet algorithme a également démontré une amélioration de la capacité d'expression du malentendant de 2 dB dans un environnement sonore bruyant.<sup>15</sup>

**La conservation des indices interauraux.** Le système auditif central utilise les points d'entrée constitués par les deux oreilles pour définir la perception spatiale, la localisation, l'estimation de distance, etc. L'utilisation d'une compression à action rapide indépendante pour chaque oreille peut perturber la relation d'intensité et de synchronisation des sons entre les oreilles (indices DII et DTI). Cela peut altérer la relation spatiale des sons et conduire à une perception spatiale réduite. L'utilisation d'algorithmes, tel que le pavillon virtuel, est conçue pour conserver les indices de localisation avant/arrière.<sup>16</sup> L'utilisation d'une connectivité sans fil entre les deux aides auditives lors d'un équipement binaural permet de conserver ces capacités.<sup>17</sup>

**Le système d'amplification pour oreille «non appareillable».** L'amplification des pertes auditives caractérisées par une perte complète des cellules ciliées internes (des régions «mortes»)<sup>18</sup> peut se traduire par une perception déformée et une diminution de la compréhension de la parole. Dans ces cas, l'utilisation de l'abaissement de la fréquence en plus du traitement de base peut être envisageable.<sup>19, 20</sup>

### Capter, purifier et traiter automatiquement et intelligemment tous les sons

UNIQUE est la nouvelle aide auditive sans fil nouvelle génération de chez Widex. A l'aide d'améliorations des éléments matériels et logiciels, UNIQUE vise à fournir une Ecoute Naturelle comme avantage décisif pour le patient. Cet article présente seulement un aperçu des nouvelles fonctionnalités d'UNIQUE qui sont responsables de la captation, de la purification et du traitement des sons. Les patients porteurs d'appareils auditifs peuvent donc entendre davantage de ce qu'ils souhaitent entendre et moins de ce qu'ils ne veulent pas entendre.

### La phase de captation de tous les sons exige des composants performants de haute technologie

UNIQUE a été conçue en repensant l'approche globale de la philosophie Widex ; son circuit est 60 % plus complexe que la précédente puce DREAM. Les avancées technologiques permettent grâce à la densité de traitement accrue d'UNIQUE de capter plus de sons et d'adapter les signaux sonores aux besoins de l'utilisateur de façon plus sophistiquée. Nonobstant cela, la consommation d'énergie reste identique : 1 mA.

### Quatre convertisseurs analogiques-numériques (can)

UNIQUE intègre désormais 4 CAN indépendants : deux CAN pour les microphones avant et arrière, un pour l'entrée de la bobine téléphonique et un pour l'entrée audio directe. Cela signifie que les données de chacune parmi les quatre sources d'entrée peuvent être échantillonnées et traitées indépendamment, sans aucun compromis.

Par exemple, l'option MT (Microphone + Bobine Téléphonique) traditionnelle laisse le microphone en mode omnidirectionnel lorsque le patient utilise la bobine téléphonique. Dans la puce UNIQUE, l'option MT permet d'utiliser en même temps un microphone directionnel (qui requiert deux entrées de microphones) et la bobine téléphonique. Cela permet à l'appareil de capter une entrée acoustique plus nette dans le bruit pendant que l'utilisateur utilise une option MT.

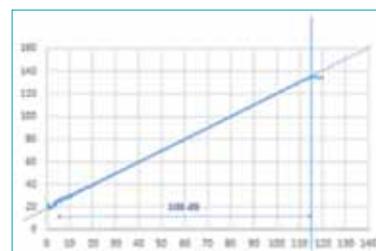


Figure 1 : Dynamique d'entrée linéaire 108 dB de l'aide auditive UNIQUE.

### Gamme dynamique d'entrée accrue

La nouvelle aide auditive utilise de nouveaux CAN de 18-bit. Cette capacité étendue signifie que la gamme dynamique d'entrée linéaire est portée à 108 dB



(DR = étendue dynamique en dB = # bits x 6). UNIQUE conserve son plafond d'entrée linéaire maximal à 113 dB SPL mais abaisse son plancher d'entrée linéaire minimal à 5 dB SPL afin d'utiliser au maximum de son potentiel la nouvelle gamme dynamique d'entrée de 108 dB linéaire. UNIQUE revendique la dynamique d'entrée la plus large du marché. Cela minimise la distorsion d'entrée et permet un traitement ô combien plus précis.

### Etape 2 : Purifier tous les sons

La nouvelle aide auditive UNIQUE intègre la technologie « True Input » pour minimiser les distorsions d'entrée. Deux nouveaux algorithmes ont été ajoutés afin d'affiner au mieux tous les signaux à traiter.

### Réduction des bruits de niveaux faibles

Une particularité du système de fonctionnement Widex réside, en outre, dans des seuils de compression de niveaux faibles. Leurs rôles sont de fournir davantage de gain pour les sons faibles que des aides auditives avec un seul et simple seuil de compression élevé. Alors qu'obtenir un gain supérieur des sons faibles est préférable pour une intelligibilité maximale de la parole<sup>21</sup> et pour des patients souffrant d'acouphènes<sup>22</sup>, elle peut ne pas être appréciée par des personnes qui ont une perte auditive plus légère ou par des nouveaux utilisateurs d'aides auditives. L'algorithme de réduction des bruits de faible intensité (SLNR) est conçu pour que les patients équipés avec UNIQUE puissent entendre moins les bruits faibles sans altération de la parole à voix basse.

La logique de conception derrière le SLNR se caractérise par des signaux (bruits) vocaux et non-vocaux aux différentes caractéristiques d'intensité et de modulation. En utili-

sant un nouveau détecteur vocal, les sons en dessous de 62 dB SPL sont différenciés entre signaux vocaux et non-vocaux. Le gain des signaux vocaux est maintenu, alors que le gain des signaux non-vocaux est réduit. Cela a pour effet de minimiser les bruits faibles continus dans des environnements calmes (comme des réfrigérateurs, ventilateurs, etc.) ainsi que le bruit de souffle, pour améliorer le confort d'écoute sans affecter l'audibilité des signaux vocaux faibles. Une étude menée à l'ORCA-USA a confirmé que la fonction conserve l'intelligibilité pour la parole à voix basse dans le calme (50 dB SPL), en présence d'un bruit de ventilateur, tout en minimisant la perception du bruit de ce dernier.

### Fonctionnement du réducteur de bruit de vent

UNIQUE utilise des fondamentaux propres, spécifiques à Widex, pour minimiser le bruit du vent. Elle propose une stratégie logicielle de réduction de bruit du vent brevetée, s'articulant autour de deux étapes majeures.

**Première étape, la détection** : en cas d'environnement venteux, l'appareil sélectionne le micro avec le meilleur rapport signal sur bruit. L'algorithme du bruit du vent UNIQUE va ensuite analyser le signal entrant de chacun des microphones et déterminer si le bruit du vent est dominant.

**Deuxième étape, la réduction** : si l'algorithme détermine que le bruit du vent est bien présent, le traitement de réduction est activé et est continuellement actualisé pour éliminer le bruit du vent tout en garantissant le meilleur rapport signal sur bruit de vent possible.

Pendant la partie de sélection des données d'entrée de l'étape de détection, le signal

du microphone avec un meilleur RSB est choisi en tant que source du signal utile. Le signal issu de l'autre microphone est utilisé dans le filtre adaptatif pour séparer le signal souhaité du bruit du vent. Une fois que le bruit du vent est identifié, il est atténué par rapport au signal du microphone avec le meilleur RSB.

L'efficacité de cet algorithme a été évaluée par l'organisme indépendant ORCA-USA en recréant du vent soufflant de face à une vitesse de 5 m/s accompagné d'un discours (syllabes incompréhensibles) envoyé sur le côté à des niveaux allant de 60 à 75 dB SPL par paliers de 5 dB. Des enregistrements ont été réalisés à partir d'un KEMAR dans une soufflerie et un total de 15 sujets ont été testés avec des écouteurs. La Figure 2 montre une amélioration de presque 50 % des scores de phonèmes, d'où une amélioration équivalente du RSB de 8,4 dB en utilisant le critère 50 %.

### Etape 3 : Analyser et traiter en temps réel

Les nouvelles fonctionnalités disponibles dans la puce UNIQUE permettent la mise en œuvre d'algorithmes de traitement plus sophistiqués de sorte que les sons utiles soient entendus de façon plus uniforme au travers d'une plus large variété d'environnements d'écoute. Les toutes nouvelles fonctions de traitement qui pourraient permettre à l'utilisateur d'entendre mieux les sons qu'ils souhaitent sont :

Dans un premier temps, le compresseur principal EDRC (Extended Dynamic Range Compression = compression dynamique de la gamme étendue) assure que le gain repris pour chaque bande suive la méthode de calcul Widex afin de distinguer le segment des sons faibles du segment de parole. Puis, le compresseur syllabique

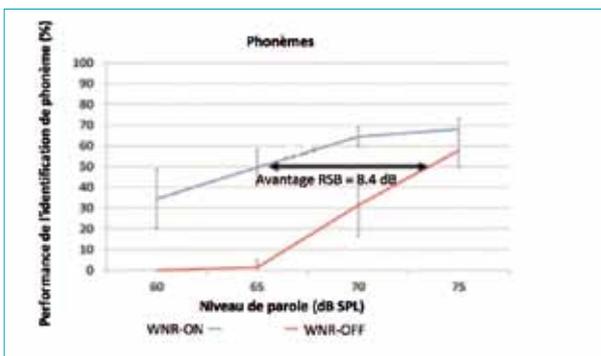


Figure 2 : Amélioration de l'identification de phonème et du Rapport Signal sur Bruit (RSB) fournie par l'algorithme du réducteur de bruit de vent utilisé dans la puce UNIQUE.

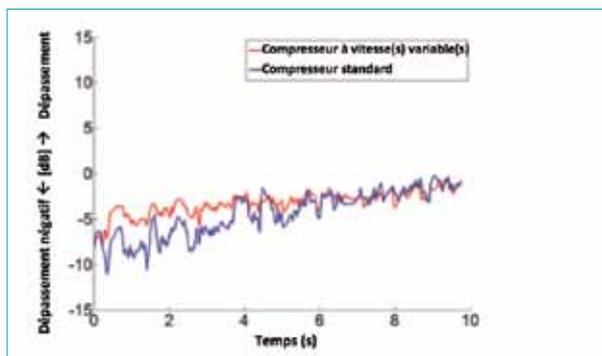


Figure 3 : Réactivité du compresseur à vitesse(s) variable(s) d'UNIQUE (rouge) face à une chute soudaine d'intensité sonore (de 80 dB SPL à 50 dB SPL) par rapport au compresseur standard (bleu).



fait varier en temps réel la dynamique de la structure fine de la parole en analysant distinctivement les sons composant les mots. Le système JUMP, compresseur à vitesse variable, est utilisé pour permettre des transitions rapides lors du passage d'un environnement bruyant à un environnement calme sans effet de pompage, permettant ainsi un changement de gain harmonieux. L'avantage de ce nouveau gestionnaire de transitions rapides est qu'il s'adapte à tous les besoins et à toutes les situations (particulièrement lors du passage d'un environnement bruyant à calme). Il permet d'obtenir une compréhension de la parole plus uniforme et un meilleur confort d'écoute grâce au rattrapage rapide de niveau.

La Figure 3 compare la réactivité d'un système de compresseur standard au système Jump du compresseur à vitesse variable d'UNIQUE. Les niveaux de gains relatifs des deux compresseurs à un niveau syllabique de 50 dB SPL suivent une phrase motrice prononcée à 80 dB SPL. Le niveau de gain récupéré (plus rapidement à partir du système Jump qu'à partir du système standard) garantit qu'un gain suffisant est disponible rapidement pour les sons les plus faibles. Cela permet une audibilité plus uniforme et exige un moindre effort d'écoute pour identifier le signal. (Figure 4)

Le contraire est vrai lorsque les compresseurs sont soumis à des signaux faibles (50 dB SPL) suivi d'un signal fort (80 dB SPL). Dans ce cas, le compresseur à vitesse(s) variable(s) (rouge) atteint également le gain stable plus rapidement que le compresseur standard (bleu). Cela apporte plus de confort au patient et une meilleure possibilité d'adaptation.

Une limite majeure avec la compression à action rapide est qu'elle minimise les fluctuations d'intensité du son d'entrée. Cela supprime les indices temporels disponibles et peut potentiellement dégrader la compréhension de la parole.<sup>12</sup> Cette limite potentielle est minimisée chez UNIQUE car utilisant deux commandes.

En premier lieu, il faut considérer que les signaux d'entrée qui présentent un degré élevé de modulation (ex : parole dans le calme) peuvent résister à un certain degré de déséquilibre temporel avant qu'une dégradation conséquente de leur identité ne se produise. Des signaux d'entrée montrant une faible modulation (ex : parole dans le bruit) n'ont pas la même résistance. Une constante de temps plus longue est donc utilisée dans

la plupart des situations, y compris dans les plus difficiles (comme le bruit), pour conserver autant que possible la structure temporelle du signal. Si une compression à action rapide est appliquée, elle est seulement appliquée dans les situations « calmes » où une forte modulation apparaît. (Figure 5)

Étant donné que les personnes présentant une perte auditive sévère sont plus dépendantes des indices temporels que celles présentant une perte légère, la compression à vitesse variable n'est pas utilisée pour celles présentant des pertes auditives supérieures à 75 dB HL avec des taux de compression élevés. En second lieu, le nouveau compresseur intègre l'action des bandes adjacentes (ex : une octave au lieu de 1/3 d'octave) dans son action de compression à action rapide. Cela minimise également toute rémanence poten-

tielle, et assure une bonne qualité sonore et une audibilité de la parole en rapport.

**Technologie Sound Class.** La Technologie Sound Class intégrée dans UNIQUE vise à réaliser un traitement sonore automatique intelligent s'adaptant à l'environnement d'écoute. La Technologie Sound Class comprend deux composantes : un classificateur et un contrôleur. Le classificateur permet d'analyser en temps réel les signaux en fonction de différents critères de sélection (fréquence de modulation, amplitude sonore, tonalité du signal etc.). A partir d'une base de données préenregistrée, l'ambiance est reconnue, répertoriée et insérée dans une classe sonore donnée tandis qu'un deuxième dispositif détecte la présence de voix dans l'ambiance en question. Le contrôleur interne

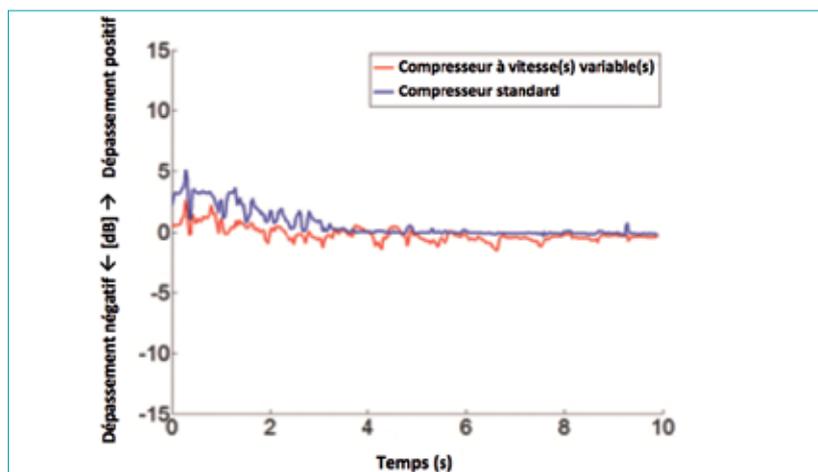


Figure 4 : Réactivité du compresseur à vitesse variable Jump de UNIQUE (rouge) à une augmentation soudaine d'intensité sonore (de 50 B SPL à 80 dB SPL) par rapport au compresseur standard (bleu).

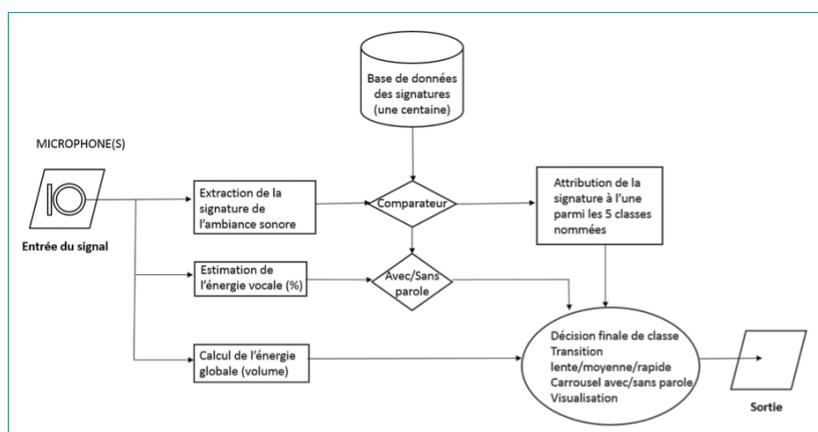


Figure 5 : Le processus de classement. Le signal d'entrée est analysé sur un nombre d'attributs et comparé à une base de données réalisée à partir d'un grand nombre d'enregistrements de la vie réelle. Une analyse séparée est également pratiquée pour déterminer si la parole est présente dans le signal. Une estimation de probabilité est utilisée pour déterminer la classe actuelle.



va, lui, assurer un passage en douceur entre les différentes classes sonores.

Les situations sonores sont regroupées pour former un total de 9 classes sonores différentes, dont 5 où la parole est absente et 4 où la parole est présente : 1) environnement calme ; 2) transport ; 3) fête ; 4) ville ; 5) musique ; et où la parole est présente : 6) environnement calme avec parole ; 7) transport avec parole ; 8) fête avec parole, et 9) ville avec parole.

Le classificateur analyse l'environnement sonore dans lequel les appareils évoluent. A la mise en marche des aides auditives, la classe de départ est la classe « calme ». Le classificateur requiert l'identification d'une classe durant au moins 3 secondes consécutives, afin de pouvoir changer de classe sonore.

Une fois la classe sonore sélectionnée, la gamme de réglages des paramètres sera automatiquement mise à jour pour optimiser le fonctionnement dans le nouvel environnement. Cette opération est réalisée par le contrôleur de la Technologie Sound Class. Son action sur plusieurs paramètres (ex : rapport, constantes de temps, gain, etc.) sur le système de compression, le lissage des bruits impulsionnels, la réduction des sons faibles, la vitesse du Speech Enhancer etc. La vitesse de ces changements peut être programmée pour une application rapide ou plus progressive. Les types de changements paramétriques sont illustrés sur la Figure 6.

Bien que la Technologie Sound Class puisse favoriser un traitement automatique des sons dans divers environnements sonores, certains de vos utilisateurs pourraient préférer plus d'audibilité dans

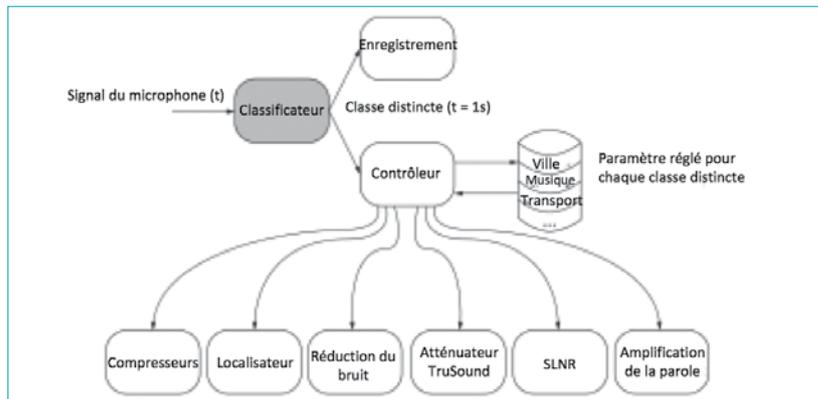


Figure 6 : Le contrôleur interne ajuste les paramètres des diverses fonctions de la puce UNIQUE pour optimiser les réglages fonction de l'environnement rencontré.

une situation de « bruit de fête », tandis que d'autres peuvent préférer plus de confort d'écoute dans le même environnement. Afin d'affiner les préférences individuelles, le logiciel Compass GPS permet une personnalisation de ces préférences pour l'ensemble des programmes et dans chaque classe sonore. Un Contrôle de Préférence (CP) accessible par un potentiomètre sur l'aide auditive, ou par la télécommande (RC-DEX), ou encore en utilisant une application smart-phone avec le COM-DEX est disponible pour que les utilisateurs puissent choisir entre plus d'audibilité ou plus de confort. Le CP ajuste chaque réglage de fonction individuelle (ex : microphone directionnel, réglages de la réduction du bruit) pour optimiser les réglages d'UNIQUE et la satisfaction du client. (Figure 7)

**Le système Speech Enhancer ou Real-Time Speech Enhancer (RTSE).** Widex a développé le Speech Enhancer en 2006 comme un nouveau moyen d'assurer une audibilité de la parole dans le bruit. 14 Le

système RTSE dans UNIQUE permet une détection de la parole beaucoup plus rapide et une mise en œuvre du gain sans artefacts (<5 s). L'amélioration de la réactivité est particulièrement appréciée au-delà des autres systèmes de réduction du bruit, dans des environnements où les caractéristiques du bruit changent de façon rapide et imprévisible. Lorsque le Speech Enhancer est utilisé dans le cadre du système de la Technologie Sound Class d'UNIQUE, il peut également modifier son objectif (maximiser l'intelligibilité de la parole dans le bruit lorsque la parole est dominante) pour maximiser le confort lorsque l'intensité du bruit dépasse de trop le signal de la parole.

**Système FAST : Compresseur syllabique.** La nouvelle aide auditive UNIQUE optimise la somme de deux compresseurs travaillant en parallèle pour placer les signaux de parole faibles au-dessus du seuil d'audition, en temps réel, et fonction de l'environnement.



Figure 7 : Comparaison des courbes entrée-sortie à 6 000 Hz entre la fonction boost des hautes fréquences de UNIQUE activée « On » (bleu) et désactivée « Off » (rouge).

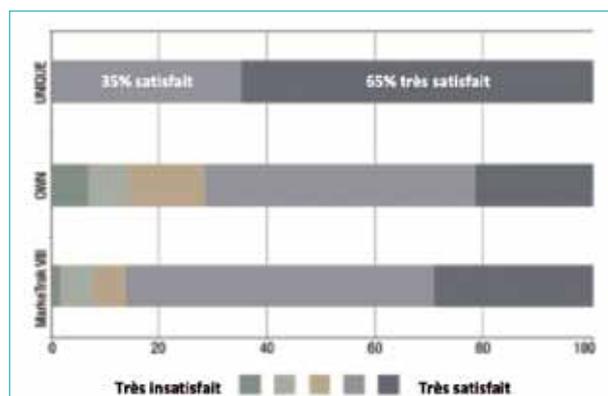


Figure 8 : Taux de satisfaction globale pour UNIQUE et pour les anciennes aides auditives sur une échelle de 5 points sur le questionnaire MarkeTrak VIII. Les moyennes du MarkeTrak VIII pour ceux qui possèdent des aides auditives de moins d'un an sont également incluses.



**Boost des Fréquences Hautes (High frequency boost - HFB).** Ce nouveau système intégré dans la nouvelle puce UNIQUE a été conçu pour permettre une meilleure audibilité et un meilleur confort d'écoute sur les hautes fréquences. La Figure 7 montre la courbe E-S (Entrée-Sortie) se situant à 6 000 Hz entre le Boost des Fréquences Hautes activé « On » (bleu) et désactivé « Off » (rouge) pour une perte auditive de 60 dB. Les niveaux de sortie au-dessus de la perte auditive (60 dB HL) sont audibles, et ceux en dessous sont inaudibles. Le niveau d'entrée où l'E-S intercepte la perte auditive est en fonction du gain prothétique calculé.

La Figure 7 montre également que l'E-S pour le Boost des Fréquences Hautes « On » fournit plus de sortie que le « Off » en-dessous d'un niveau d'entrée de 80 dB HL. Cela signifie que les sons en-dessous de ce niveau peuvent être audibles avec le Boost des Fréquences Hautes « On » mais pas le Boost des Fréquences Hautes « Off ». En effet, le seuil assisté prévu est de 25 dB HL pour le Boost des Fréquences Hautes « On » et de 45 dB HL pour le Boost des Fréquences Hautes « Off ». La sortie plus faible et relativement constante du Boost des Fréquences Hautes « On » comparé au Boost des Fréquences Hautes Off en dessous de 80 dB HL signifie que les sons haute fréquence plus forts restent confortablement forts même lorsque le son entrant augmente. Cela garantit moins de confusion phonétique S/F et une meilleure appréciation de la musique à un niveau confortable.

**La transposition fréquentielle.** La transposition fréquentielle a été développée en 2006 comme un moyen de fournir des informations aux malentendants non appareillables dans les hautes fréquences.<sup>23</sup> Le nouveau système de transposition fréquentielle repose sur les fondamentaux de la version précédente. Il permet une meilleure précision et individualisation des paramètres pour améliorer le taux d'adaptation et de satisfaction des patients.

Le nouveau système de détection de la parole est utilisé avant la transposition fréquentielle pour distinguer les signaux sonores voisés de ceux non voisés. Les sons de la parole voisée sont atténués avant la transposition, ils sont donc audibles mais pas gênants. Les sons de la parole non voisée, comme les fricatives hautes, sont transposés sans atténuation pour qu'ils émergent davantage.

En outre, un nouveau système de suivi harmonique est utilisé dans la transposition fréquentielle pour garantir l'alignement correct des harmoniques entre les signaux sources et cibles.

Un nouveau réglage présent dans le tableau de transposition fréquentielle permet de conserver ou pas une portion - variable à souhait - de l'étendue fréquentielle d'origine, qui s'ajoute acoustiquement à la transposition proprement dite. Cela permet d'adapter plus étroitement les caractéristiques d'amplification/transposition à l'étiologie de la perte auditive de la personne. Avec le programme d'acclimatation de la transposition fréquentielle, ces nouvelles fonctions assurent une meilleure acceptation et une utilisation plus satisfaisante.

### Qui tire profit d'UNIQUE ?

Figure 8. Taux de satisfaction globale pour UNIQUE et pour les anciennes aides auditives sur une échelle de 5 points sur le questionnaire MarkeTrak VIII. Les moyennes du MarkeTrak VIII pour ceux qui possèdent des aides auditives de moins d'un an sont également incluses. En réduisant tous les bruits de vent et en captant tous les sons faibles pour améliorer l'audibilité, le confort et le RSB, UNIQUE cherche à offrir autant d'informations que possible pour restituer à ses patients l'audition la plus naturelle possible.

Dans deux études pilotes à l'ORCA-USA incluant 25 patients d'aides auditives expérimentés, tous les sujets ont évalué la nouvelle puce UNIQUE comme étant satisfaisante (35%) ou très satisfaisante (65%) (Figure 8). Ces chiffres sont positifs si on les compare aux résultats MarkeTrak VIII<sup>7</sup>, où 86 % des utilisateurs étaient satisfaits ou très satisfaits de leurs anciennes aides auditives achetées dans l'année. Cela confirme que l'aide auditive UNIQUE, lorsqu'elle est correctement installée, est adaptée à la majorité des utilisateurs d'aides auditives et leur fournit une audition satisfaisante.

### Références

1. Lin F, Metter E, O'Brien R, Resnick S, Zonderman A, Ferrucci L. Hearing loss and incident dementia. *Arch Neurol.* 2011;68(2):214-220.
2. Lunner T. Cognitive function in relation to hearing aid use. *Int J Audiol.* 2003;42:S49-S58.
3. Sarampalis A, Kalluri S, Edwards B, Hafter E. Objective measures of listening effort: Effects of background noise and noise reduction. *J Speech Lang Hear Res.* 2009;52(5):1230-1240.
4. Chasin M. Music and hearing aids. *Hear Jour.* 2003;56(7):36-41.

5. Kuk F, Lau C, Korhonen P, Crose B. Speech intelligibility benefits of hearing aids at various input levels. *J Am Acad Audiol.* 2015;26(3):275-288.
6. Blauert J. *Spatial hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization.* Cambridge, Mass: MIT Press;1997.
7. Kochkin S. MarkeTrak VIII: Consumer satisfaction with hearing aids is slowly increasing. *Hear Jour.* 2010;63(1):19-32.
8. Kuk F, Peeters H, Korhonen P, Lau C. Effect of MPO and noise reduction on speech recognition in noise. *J Am Acad Audiol.* 2011;22(5):265-273.
9. Kuk F. Theoretical and practical considerations in compression hearing aids. *Trends Amplif.* 1996;1(1):1-39.
10. Bor S, Souza P, Wright R. Multichannel compression: effects of reduced spectral contrast on vowel identification. *J Speech Lang Hear Res.* 2008;51(5): 1315-1327.
11. Kuk F. Rationale and requirements for a slow acting compression hearing aid. *Hear Jour.* 1998;51(6):45-53,79.
12. Souza P. Effects of Compression on Speech Acoustics, Intelligibility, and Sound Quality. *Trends Amplif.* 2002;6(4):131-165.
13. Kuk F, Baekgaard L, Ludvigsen C. Design considerations in directional microphones. *Hearing Review.* 2000;7(9): 68-73.
14. Kuk F, Paludan-Muller. Noise management algorithm may improve speech intelligibility in noise. *Hear Jour.* 2006;59(4):62-65.
15. Peeters H, Kuk F, Lau C, Keenan D. Subjective and objective measures of noise management algorithms. *J Am Acad Audiol.* 2009;20(2):89-98.
16. Kuk F, Korhonen P, Lau C, Keenan D, Norgaard M. Evaluation of a pinna compensation algorithm for sound localization and speech perception in noise. *Am J Audiology.* 2013;22(6):84-93.
17. Korhonen P, Lau C, Kuk F, Keenan D, Schumacher J. Effects of coordinated compression and pinna compensation features on horizontal localization performance in hearing-aid users. *J Am Acad Audiol.* 2015;26:80-92.
18. Moore B, Malicka A. Cochlear dead regions in adults and children: Diagnosis and clinical implications. *Sem Hear.* 2-13;34(1):37-50.
19. Auriemma J, Kuk F, Lau C, Marshall S, Thiele N, Pikora M, Quick D, Stenger P. Effect of linear frequency transposition on speech recognition and production in school-age children. *J Am Acad Audiol.* 2009;20(5):289-305.
20. Kuk F, Keenan D, Korhonen P, Lau C. Efficacy of linear frequency transposition on consonant identification in quiet and in noise. *J Am Acad Audiol.* 2009;20(8):465-479.
21. Kuk F. Optimizing compression: The advantages of a low compression threshold. In: Kochkin S, Strom KE, eds. *High Performance Hearing Solutions, Vol 3.* Hearing Review. 1999;[suppl]6(1):44-47.
22. Sweetow R, Jeppesen AM. A new integrated program for tinnitus patient management: Widex Zen therapy. *Hearing Review.* 2012;19(7):20-27.
23. Kuk F, Korhonen P, Peeters H, Keenan D, Jessen A, Andersen H. Linear frequency transposition: Extending the audibility of high frequency information. *Hearing Review.* 2006;13(10): 42-48.

Février 2016. Dispositif médical de classe IIa, remboursé par les organismes d'assurance maladie. Nous vous invitons à lire attentivement le manuel d'utilisation. Fabricant : WIDEX SAS. RCS Evry 967201146. FR 61967201146. WMUNRDV032016



# Actualités

## du monde de l'audiologie

### ■ Diplôme universitaire audiologie audioprothèse et prothèses implantables

#### Université clude bernard lyon 1 et institut des sciences et techniques de la réadaptation

Cette formation organisée à Lyon a pour objectif d'enseigner les connaissances pratiques les plus récentes en audiologie, traitement de l'acouphène, audioprothèses et prothèses implantables avec la participation active d'intervenants reconnus dans chacun des domaines. Cette formation a lieu sous la forme de sept modules de deux jours consécutifs (15 heures d'enseignement par module).

Cette formation est ouverte aux audioprothésistes diplômés désireux d'approfondir leurs connaissances dans le domaine de l'audiologie, de l'audioprothèse et des réglages des différents systèmes d'implants par des cours théoriques et pratiques.

Ce DU ne comporte pas de mémoire, seulement 7x2 jours de cours. Vous serez évalués sur 4 modules parmi 7 choisis au préalable. Afin d'équilibrer le nombre d'étudiants par module, nous vous demandons de classer par ordre de préférences les modules auxquels vous aimeriez assister (de 1 à 7). Des propositions vous seront ensuite faites. Vous pouvez assister à tous les modules mais devez être présent aux 4 pour lesquels vous serez évalués par écrit.

#### **Module 1.** **Lundi 17 octobre et** **mardi 18 octobre 2016**

L'implant cochléaire et électroacoustique : principe, indication de l'adulte et de l'enfant, bilan pré-implantation, chirurgie, réglage, rééducation, évaluation, résultats.

Pr Eric Truy, Pr Hung Thai-Van, Dr Geneviève Lina-Granade, Dr Fabien

Seldran, Tiphaine Bigeard, Jean-François Vesson, Brigitte Flamens.

Fabriquant : Advanced Bionics, Cochlear, Medel, Oticon Médical

#### **Module 2.** **Lundi 21 novembre et** **mardi 22 novembre 2016**

2.1 - L'implant d'oreille moyenne : principe, indications, chirurgie, réglages, résultats.

Pr Stéphane Tringali, Dr Fabien Seldran, Paul Berger.

Fabriquant : Cochlear, Medel

2.2 - Les systèmes à abaissement fréquentiel : principes, indications, méthodes de réglages, intelligibilité, audibilité, résultats.

Dr Christophe Micheyl, Dr Fabien Seldran, David Colin.

Fabriquant : Bernafon, Phonak, Sivantos, Starkey, Widex.

#### **Module 3.** **Lundi 12 décembre et** **mardi 13 décembre 2016**

Evaluation : mesure in-vivo, chaîne de mesure, tonale, vocale, psychoacoustique.

Pr Stéphane Gallégo, Dr Christophe Micheyl, Léon Dodelé, Jean-Baptiste Lemasson.

Fabriquant : Gn Otometrics, Intera-coustics, Audyx

#### **Module 4.** **Lundi 9 janvier et mardi 10** **janvier 2017**

Le patient acouphénique et/ou hyperacousique : définition, prévalence, caractérisation, évaluation, pluridisciplinarité de la prise en charge, thérapie sonore, méthodes de réglages, résultats.

Pr Stéphane Gallégo, Dr Christophe Micheyl, Dr Arnaud Norena, Dr Geneviève Lina-Granade, Philippe Lurquin.

Fabriquant : Oticon, Phonak, Sivantos, Starkey, Widex

#### **Module 5.** **Lundi 13 février et** **mardi 14 février 2017**

Surdité de l'enfant : prévalence, évaluation en fonction de l'âge, méthodes de réglage, résultats.

Dr Geneviève Lina-Granade, Eric Bizaguet, Jean-François Vesson, François Dejean, Sophie Delbort.

#### **Module 6.** **Lundi 13 mars et** **mardi 14 mars 2017**

Déficit multi-sensoriel : audition, vue, équilibre, langage, motricité, vieillissement, plasticité.

Pr Hung Thai-Van, Pr Agnès Bo, Dr Xavier Perrot, Dr Eugène Ionescu, Mathieu Ferschneider.

#### **Module 7.** **Lundi 10 avril et** **mardi 11 avril 2017**

Conduction osseuse et cartilagineuse : principe, évaluation, indications, de la lunette à l'ancrage osseux, résultat.

Pr Eric Truy, Pr Stéphane Gallégo, Dr Fabien Seldran, Guy Servettaz.

Fabriquant : Biotone, Cochlear, GN Otometrics, Medel, Oticon Médical.

Cette formation peut être prise en charge par le FONGECIF ou l'employeur. Pour toute information complémentaire (dates, coût...), merci de contacter le secrétariat d'audioprothèse. Inscription jusqu'au 3 septembre 2015

#### **Informations**

Institut des sciences et techniques de la réadaptation

8 avenue ROCKEFELLER  
69008 LYON

Téléphone : 04 78 77 75 40

Télécopie : 04 78 77 70 94

E.mail :

veronique.villalon@univ-lyon1.fr



## Unitron décroche son troisième Red Dot Design Award consécutif

L'esthétique, le confort et le contrôle intuitif du Stride P lui valent une reconnaissance internationale

12 avril 2016 - Kitchener, Canada. Unitron, pionnier international en matière d'aides auditives sophistiquées, a annoncé aujourd'hui que Stride P, le dernier-né de sa gamme d'aides auditives pensées pour le patient, a été récompensé par le prestigieux Red Dot Award: Product Design 2016. Il s'agit du troisième Red Dot award consécutif pour Unitron, et du premier pour la gamme Stride.

Composé d'experts indépendants du design, d'enseignants et de journalistes spécialisés, le jury international du Red Dot award se réunit tous les ans afin de désigner les meilleurs produits de l'année. À cette occasion, il a ainsi eu à départager plus de 5 200 produits proposés par des fabricants et des designers issus de 57 pays. Ceux-ci sont évalués sur plusieurs critères, notamment les fonctionnalités, le degré d'innovation, le niveau de qualité formelle et l'aspect écologique. Le design des produits récompensés doit par ailleurs faire partie intégrante du caractère innovant de la solution proposée.

Toute dernière nouveauté de la gamme d'aides auditives Unitron, Stride P vient s'ajouter aux produits Unitron déjà lauréats du Red Dot award. Doté d'une forme organique et développé pour les patients présentant une perte auditive importante, le contour d'oreille (BTE) Stride P allie avec perfection une esthétique fluide, un confort optimal et un contrôle intuitif. Les pertes auditives importantes imposent l'utilisation d'aides auditives de plus grande dimension afin de loger une batterie plus puissante. Stride P



répond à cet impératif de conception avec style et élégance, grâce à sa forme naturelle qui épouse discrètement et confortablement l'arrière de l'oreille. Ses courbures G2 lui confèrent une surface douce et lisse, tandis que la tonalité plus sombre du boîtier central crée, dans la main, l'illusion d'une aide auditive plus petite. Les commandes utilisateur se caractérisent par leur conception intuitive, avec des boutons tactiles clairement identifiés pour les réglages de programme et de volume, une grande facilité d'utilisation, même pour les patients rencontrant des problèmes de dextérité, et un couvercle de compartiment à pile qui garantit une insertion correcte de celle-ci. L'attention toute particulière apportée au confort physique et psychologique, c'est-à-dire à l'ergonomie de Stride P et au ressenti de son utilisateur, ainsi que les fonctionnalités intuitives favorisent une meilleure acceptation par le patient.

« Stride P marque une nouvelle étape dans notre philosophie de conception pensée pour le patient, qui a vu le jour avec notre gamme primée Moxi. Avec ce modèle, notre approche conceptuelle unique s'applique à présent à nos contours d'oreille », fait remarquer André de Goeij, Directeur du Management Produits et du Marketing Produits d'Unitron. « Même si Stride affiche des dimensions supérieures, son design fluide et son esthétique irréprochable parviennent à donner, dans la main, l'illusion d'une aide auditive beaucoup plus petite. »

### À propos d'Unitron

Unitron est une entreprise internationale pour qui le métier de la santé auditive repose sur des relations humaines fortes. Nous travaillons en étroite collaboration avec les professionnels de l'audition pour améliorer la vie des personnes concernées par une perte auditive. En tant que membre du groupe Sonova, Unitron bénéficie d'une grande expérience dans l'innovation de solutions auditives permettant une qualité de son naturelle et une intelligibilité de la parole exceptionnelle. Basée au Canada, Unitron distribue l'intégralité de ses gammes d'aides auditives dans plus de 60 pays. Pour plus d'informations, rendez-vous sur le site Internet d'Unitron à l'adresse [unitron.com/fr](http://unitron.com/fr).

Contact :  
Pauline Croizat  
Unitron France, Marketing  
04 26 23 22 07  
[pauline.croizat@unitron.com](mailto:pauline.croizat@unitron.com)



## ■ Phonak dévoile sa gamme d'aides auditives Naída V

**Bron, France – 13 avril 2016 – Phonak, fournisseur mondial d'appareils auditifs et de solutions de communication sans fil, lance une nouvelle génération d'aides auditives Naída destinée aux utilisateurs présentant une perte auditive sévère à profonde, le but étant d'améliorer chaque facette de leur existence grâce à des avantages inégalés en termes de performances, de manipulation, de taille et de conception.**

L'avantage le plus notable des aides auditives Naída V réside dans SoundRecover2, la version améliorée de l'algorithme de compression de fréquences Phonak. Chez les personnes les plus touchées par la perte auditive, les sons aigus sont très difficiles à entendre. SoundRecover2 rend ces sons (dont le chant des oiseaux ou le rire des enfants) plus audibles.



**Naída V : une meilleure audibilité des sons aigus.**

« Depuis des décennies, Phonak se passionne pour l'innovation, notamment en faveur des personnes les plus touchées par la perte auditive, explique Martin Grieder, vice-président du groupe Phonak. Je suis convaincu que la discrétion, la fiabilité et les performances auditives inégalées des aides auditives Naída V, basées sur la plateforme Venture, vont dépasser les attentes des utilisateurs et des audioprothésistes ».

L'association de Naída V avec la gamme Phonak Roger donne un résultat encore meilleur : les utilisateurs bénéficient d'une compréhension vocale dans le bruit et à distance supérieure de 62% à celle des normo-entendants<sup>2</sup>.

L'autre avancée des produits Naída V tient dans leur côté pratique. Ils se connectent à la technologie sans fil Roger sans programmation supplémentaire. Malgré leur puissance accrue, ces appareils sont également plus compacts que leurs prédécesseurs, avec leur épaisseur réduite d'un quart. Enfin, le boîtier est parfaitement

adapté aux besoins des utilisateurs grâce à son armature en fibre de verre et à son étanchéité à l'eau et à la poussière.

Les produits Phonak Naída V sont disponibles dès maintenant, avec quatre niveaux de performance et trois modèles (RIC, SP et UP) au choix.

1. Julia Rehmman, Siddhartha Jha, Silvia Allegro Baumann (2016) Phonak Insight: SoundRecover2 – the first adaptive frequency compression algorithm.
2. Professor Thibodeau, Linda, PhD. (2014). Comparison of speech recognition with adaptive digital and FM remote microphone hearing assistance technology by listeners who use hearing aids, University of Texas, Dallas, USA, The American Journal of Audiology. DOI: 10.1044/2014\_AJA-13-0065

## ■ Phonak s'impose comme la nouvelle référence avec sa gamme Roger pour la scolarité

**Bron, France – 13 avril 2016 – Phonak, fournisseur mondial avec l'offre d'appareils auditifs et de solutions de communication sans fil la plus exhaustive, s'impose comme la nouvelle référence en matière de performances auditives, de convivialité et de conception grâce à ses quatre nouveaux produits Roger pour la scolarité, qui favorisent grandement l'apprentissage et la participation en classe.**



**Le Roger Touchscreen Mic, qui a été primé au Red Hot Design**

Il a été prouvé que cette nouvelle gamme, basée sur la technologie Roger de Phonak, est celle qui offre la meilleure compréhension vocale en classe<sup>1</sup>, l'une des principales difficultés rencontrées par les enfants malentendants.

Les élèves entendent mieux leurs enseignants, mais comprennent aussi mieux leurs camarades de classe grâce à une fonction automatique pour petits groupes du Roger Touchscreen Mic, préférée par 100% des enfants en situation d'écoute de leurs camarades<sup>2</sup>.

Mais Phonak ne s'arrête pas là : le pack spécial salle de classe Roger, basé sur la plateforme Venture, offre également une manipulation, une flexibilité et une compatibilité meilleures. Le micro à main, le hub multimédia, le chargeur et le Roger Touchscreen Mic sont très faciles à utiliser par les élèves ou leurs enseignants. De plus, Roger est compatible avec quasiment toutes les marques d'appareils, tous les implants cochléaires et toutes les solutions auditives à ancrage osseux.

« La nouvelle gamme Roger pour la scolarité crée un environnement d'apprentissage dynamique, où les élèves et leurs enseignants peuvent interagir entre eux de manière optimale grâce à des solutions faciles à utiliser, explique Martin Grieder, vice-président du groupe Phonak. Nous sommes convaincus que les solutions Roger spéciales salle de classe, qui sont à la fois performantes, conviviales et esthétiques, séduiront les enfants comme les enseignants ».

La qualité de conception du Roger Touchscreen Mic a été saluée par Red Dot, l'un des concours de design les plus réputés au monde, ce qui témoigne de l'importance croissante accordée à l'esthétique des produits par les utilisateurs Phonak.

L'intégralité de la gamme est disponible dès maintenant.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur [www.phonakpro.com/pediatric](http://www.phonakpro.com/pediatric)

1. Professor Thibodeau, Linda, PhD (2013), Comparison of speech recognition with adaptive digital and FM wireless technology by listeners who use hearing aids, University of Texas, Dallas, USA, International Journal of Audiology.
2. Small Group mode, Phonak Insight, 2016

## ■ Phonak dévoile le Roger Table Mic, pour une meilleure communication au travail

**Le Roger Table Mic de Phonak utilise la nouvelle technologie micro sans fil pour améliorer l'audition et les performances au travail.**

**Bron, France – 13 avril 2016 – Les employés malentendants sont souvent soumis au stress et à la fatigue au travail à cause des efforts qu'ils doivent faire pour interagir avec leurs collègues, ce qui nuit à leur productivité. Grâce Roger Table Mic, dernier né de la gamme d'appareils sans fil Phonak**



### qui utilise la norme sans fil numérique Roger, ils peuvent à nouveau se consacrer pleinement à leur travail.

Selon un rapport du Better Hearing Institute, toute perte auditive supplémentaire de 10% chez un individu entraîne une perte de revenus de 1 000 \$<sup>1</sup> par mois. La technologie sans fil Roger de Phonak est spécialement conçue pour favoriser l'intégration des employés malentendants au travail.

Elle extrait la parole du bruit de fond si efficacement que les utilisateurs bénéficient d'un niveau d'audition et de compréhension vocale supérieur de 62% aux normo-entendants<sup>2</sup>.



**Le Roger Table Mic est discret, puisqu'il ne mesure que 78 x 78 x 16 mm**

Parce que les aides auditives même les plus puissantes ont leurs limites, il est nécessaire d'envisager des solutions complémentaires dans les situations professionnelles courantes, comme les réunions en très grand comité ou les vidéoconférences. Le Roger Table Mic est un appareil discret avec un micro intégré. Avec les meilleures performances du marché en matière de compréhension vocale dans le bruit, il capte le son et comble les lacunes dues au bruit et à la distance dans ces situations difficiles.

« Nous voulons aider les employés de bureau à se concentrer sur leur travail plutôt que sur leur perte auditive. Le Roger Table Mic permet aux malentendants de mener une vie professionnelle épanouie, un élément clé d'intégration sociale », explique Martin Grieder, vice-président du groupe Phonak.

Le Roger Table Mic offre les avantages suivants :

- Les utilisateurs sont plus performants au travail car ils peuvent participer activement aux réunions et discussions du conseil d'administration ;
- L'appareil est facile à installer et à utiliser et dispose d'une autonomie d'utilisation pouvant aller jusqu'à 20 heures, grâce à une batterie rechargeable ;
- Il est possible de connecter plusieurs

Roger Table Mic entre eux pour les réunions en très grand comité et de les télécommander pour plus de discrétion ;

- Compatible avec la plupart des aides auditives et implants cochléaires, le Roger Table Mic peut être utilisé par n'importe qui au bureau et avec n'importe quelle marque d'aides auditives ;
- Son design discret et contemporain se fond parfaitement dans un environnement de travail moderne.

Le Roger Table Mic est disponible dès maintenant. Pour en savoir plus, rendez-vous sur [www.phonakpro.com/roger-tablemic](http://www.phonakpro.com/roger-tablemic).

1. Kochkin, S. (2005). The Impact of Untreated Hearing Loss on Household Income. Better Hearing Institute. [http://www.hearing.org/uploadedFiles/Content/impact\\_of\\_untreated\\_hearing\\_loss\\_on\\_income.pdf](http://www.hearing.org/uploadedFiles/Content/impact_of_untreated_hearing_loss_on_income.pdf)
2. Professor Thibodeau, Linda, PhD. (2014). Comparison of speech recognition with adaptive digital and FM wireless technology by listeners who use hearing aids, University of Texas, Dallas, USA, The American Journal of Audiology. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24699929>

## Phonak lance Sky V et s'impose comme la référence en matière de performances auditives

**Bron, France – 13 avril 2016 – Phonak, fournisseur mondial avec l'offre d'appareils auditifs et de solutions de communication sans fil la plus exhaustive, lance sa gamme Sky V qui offre des performances auditives et une convivialité inégalées pour favoriser le développement de la parole et du langage pendant toute la croissance de l'enfant.**

Les appareils Sky V sont dotés d'un nouveau programme automatique dédié, optimisé pour les enfants : AutoSense Sky OS. Sa précision d'identification des cris (comme dans une cour de récréation remplie d'enfants) est supérieure de 39% au système des adultes. Les enfants ont aussi plus de facilité à se concentrer et à apprendre dans une classe bruyante car AutoSense Sky OS est 30% plus précis<sup>1</sup>.

« Chez Phonak, nous savons que les enfants ne sont pas des mini-adultes. Nous nous efforçons de développer des produits de qualité, spécialement conçus pour les différents environnements auditifs qu'ils côtoient, de la cour de récréation à l'internat, explique Martin Grieder, vice-président du groupe Phonak. Sky V suit le développement de l'enfant et l'aide à explorer le monde avec assurance et facilité. »



**Sky V se décline en 16 couleurs de boîtier et 7 couleurs de coudé**

Basés sur la plateforme Venture, ces appareils intègrent une version améliorée de Phonak SoundRecover afin que les enfants puissent accéder à une palette de sons plus variée et développer leur élocution et leur langage<sup>2</sup>.

Que ce soit pour les enfants, les parents ou les audioprothésistes, Sky V s'impose comme la référence en matière de durabilité et de convivialité. Son boîtier léger est inviolable, et étanche à l'eau et à la poussière.

En combinant Sky V avec la gamme de produits Roger, on gagne en puissance puisque la nouvelle technologie Roger avec réglage directionnel améliore de 26% la compréhension vocale des enfants dans un environnement bruyant<sup>3</sup>.

Clairement axés sur la convivialité, les appareils Sky V sont « RogerReady » : ils activent automatiquement le programme Roger lorsqu'ils détectent le signal du micro et un nouveau voyant permet aux parents de savoir instantanément si l'aide auditive de leur enfant est allumée<sup>4</sup>.

Les appareils Sky V sont disponibles dès maintenant et se déclinent en cinq modèles différents. Pour en savoir plus, rendez-vous sur : [www.phonakpro.com/pediatric](http://www.phonakpro.com/pediatric)

1. Phonak Insight Automatic and Directional for Kids (2016).
2. SoundRecover2 for Pediatrics: Improving audibility where it matters most. Phonak Field Study News (2016).
3. A powerful noise-fighting duo: Roger and Phonak directionality. Phonak Field Study News (2016).
4. Bohnert, A (2015). Internal validation, LED usability study. Mainz University

Pour plus d'informations, rendez-vous sur [www.phonakpro.com](http://www.phonakpro.com) ou contactez : Maud GARREL - Relations Publiques Phonak France - Tél : +33 4 72 14 50 00 E-mail : [maud.garrel@phonak.com](mailto:maud.garrel@phonak.com)



## ■ Colloque de la Société Française d'Audiologie 2016

**Les surdités de transmission : évaluation et orientations thérapeutiques**

**Lundi 10 octobre 2016**

**Sur le site du Congrès de la SFORL**

**Palais des Congrès de Paris**

### **14h 00 - 14 h 15**

Introduction : Christophe Vincent

### **14h 15 - 14h 45**

Principales causes de surdité de transmission chez l'enfant et l'adulte (Benoit Godey Thierry Mom)

### **14 h 45 - 15 h 05**

Dépistage et évaluation des surdités de transmission chez l'enfant (Natalie Loundon)

### **15 h 05 - 15h 25**

Pratique et pièges de l'audiométrie au cours des surdités de transmission (Françoise Sterkers Christophe Vincent)

### **15h 25 - 15h 45**

Exploration des surdités de transmission par imagerie : quoi de neuf ? (Françoise Cyna Gorse)

### **15h 45 - 16h00**

Protection auditive et surdités de transmission (Christian Meyer Bisch)

### **16h 00 - 16h 15**

Otite séreuse chez l'enfant : place des traitements chirurgicaux et de la rééducation orthophonique (Mylène Eliot)

### **16 h 15 - 16 h 30**

Appareillage des surdités de transmission et mixtes : bénéfiques et contraintes (Cathy-Anne Guyon)

### **16 h 30 - 16 h 50**

Place des différents implants pour la réhabilitation des surdités mixtes et de transmission (Sébastien Schmerber)

### **16h 50 - 17h 30**

Table ronde : discussion de situations cliniques : Pascale Henrion, Isabelle Mosnier, Mathieu Marx, Eric Bizaguet, François Dejean, Bernard Meyer.

### **17h 30 -18h 00**

Assemblée Générale de la SFA

## **Inscriptions**

Sur le site de la sforsl : [www.sforsl.org](http://www.sforsl.org)

**PORTE OUVERTE**

Université Claude Bernard  Lyon 1



## **La faculté et les étudiants de Lyon organisent une journée porte ouverte le 25 mai 2016**

« L'objectif de cette manifestation est de mettre en relation les futurs audioprothésistes avec des indépendants et/ou des enseignants afin de favoriser leur recherche d'emploi, détaille Stéphane Gallégo, directeur de l'école lyonnaise. Une présentation de quelques minutes des différentes offres ainsi que des entretiens individuels avec des DRH pourront être organisés à cette occasion. »

**Pour toute information : Association ageal - [ageal.lyon@gmail.com](mailto:ageal.lyon@gmail.com) - 06 75 51 37 45**



## La Mutualité Française Normandie recherche des audioprothésistes pour ses Centres Audition Mutualiste basés sur l'ensemble de la Normandie

- Poste à temps complet ou à temps partiel
- Débutant ou expérimenté
- Contrat de travail à durée indéterminée
- Prise de fonction dès que possible

Merci d'adresser CV + lettre de motivation au  
Siège administratif de la MFN-SSAM  
16 avenue du 6 Juin - 14 000 CAEN  
[erika.delsahut@mfn-ssam.fr](mailto:erika.delsahut@mfn-ssam.fr)



## La Mutualité Française Aude recherche pour ses centres AUDITION MUTUALISTE

**un(e) audioprothésiste  
(Diplôme d'Etat d'Audioprothésiste)  
en CDI.**

- Temps plein
- Poste à pourvoir immédiatement à Narbonne (11) et Carcassonne (11)
- Avantages sociaux (mutuelle, chèques déjeuners, CE...)
- Rémunération fixe + variable

### Adresser votre candidature :

MUTUALITE FRANCAISE AUDE  
63, rue Antoine Marty  
11000 CARCASSONNE  
[contact@mutualite11.com](mailto:contact@mutualite11.com)



## La Mutualité Française Normandie recherche un audioprothésiste pour son Centre Audition Mutualiste de

**BERNAY (27)**

- Poste à temps complet ou à temps partiel
- Débutant ou expérimenté
- Contrat de travail à durée déterminée de 6 mois
- Prise de fonction dès que possible.

Merci d'adresser CV + lettre de motivation au  
Siège administratif de la MFN-SSAM  
16 avenue du 6 Juin - 14 000 CAEN  
[erika.delsahut@mfn-ssam.fr](mailto:erika.delsahut@mfn-ssam.fr)



## La Mutualité Française Normandie recherche un Assistant Audioprothésiste pour son Centre Audition Mutualiste de

**CAEN (14)**

- Poste à temps partiel (3j/semaine)
- Débutant ou expérimenté
- Contrat de travail à durée déterminée de 6 mois
- Prise de fonction dès que possible.

Merci d'adresser CV + lettre de motivation au  
Siège administratif de la MFN-SSAM  
16 avenue du 6 Juin - 14 000 CAEN  
[erika.delsahut@mfn-ssam.fr](mailto:erika.delsahut@mfn-ssam.fr)



# > ANNONCES

**Entreprise mutualiste (550 salariés).**  
 Nous développons des services de soins et d'accompagnement sur le département de l'Aveyron (Hospitalisation à Domicile, centres de santé, services à la personne, centres optique, centres audioprothèse, EHPAD...).

Nos 3 centres d'audition nous permettent d'offrir un service de proximité à nos adhérents.

## **Audioprothésiste (H/F)** **Basé à Espalion (12)**

Nous vous proposons le soutien et le professionnalisme reconnu de notre structure pour vous accompagner dans le développement de votre carrière professionnelle et la bonne gestion de ce centre, ainsi que l'exercice de votre métier au quotidien à temps plein ou à temps partiel.

Nous vous proposons notamment :

- l'appui d'une assistante,
- du matériel haut de gamme et récent,
- des fournisseurs reconnus, leaders mondiaux (phonak, siemens) et la possibilité de travailler éventuellement avec d'autres fournisseurs,
- des formations continues (EPU...) et une concertation régulière avec les autres audioprothésistes du Groupe,
- de travailler sur le logiciel métier COSIUM.

Votre expertise technique, votre esprit d'équipe et de coopération, ainsi que le soin que vous apportez à la relation client sont des atouts tout particulièrement appréciés pour ce poste.

Vous bénéficierez d'un statut de cadre salarié, d'une rémunération attractive (fixe et variable), ainsi que d'une mutuelle d'entreprise et de tickets restaurant.

Ce poste est également ouvert aux débutants ainsi qu'aux futurs diplômés.

Merci d'adresser votre dossier de candidature **sous réf cahier audition 189B** à notre Conseil APPORTS, par mail : [apports@apports.net](mailto:apports@apports.net), ou par courrier : APPORTS - 55 avenue Louis Bréguet - Bât. Hermès - 31400 TOULOUSE.

## Audition Conseil RECRUTE



Nouveau spot TV Audition Conseil

## **Audioprothésistes D.E.** postes à pourvoir toutes régions

Merci de nous faire parvenir votre candidature en précisant la région souhaitée :  
[o.delatour@auditionconseil.fr](mailto:o.delatour@auditionconseil.fr)

335 centres indépendants en France

[www.auditionconseil.fr](http://www.auditionconseil.fr)

## AUDITION BALET

[www.auditionbalet.fr](http://www.auditionbalet.fr)

### Laboratoire d'audioprothèse indépendant recherche Audioprothésiste Diplômé(e) d'Etat

- Responsable de deux centres en Dordogne (limites Gironde)
- Poste en C.D.I. 35H sur 4 jours (39H possible)
- Formation interne assurée, techniciens sur place



Contact : Charlotte BALET - 06.32.84.17.56

## Les Cahiers de l'Audition

LA REVUE  
 DU COLLEGE  
 NATIONAL  
 D'AUDIOPROTHESE

### Offres d'emplois Ventes et achats de matériel Cessions et recherches de fonds de commerce

**Déposez vos petites annonces !**

Pour tout renseignement :

Collège National d'Audioprothèse  
[cna.paris@orange.fr](mailto:cna.paris@orange.fr)  
 03.21.77.91.24

# Insio primax : Une nouvelle définition de l'écoute.



Cliniquement prouvé\*, Insio primax réduit l'effort d'écoute tout au long de la journée.

Conçus pour une adaptation parfaite : invisibles mais remarquablement puissants, les nouveaux intra-auriculaires Insio Primax™ sont fabriqués sur mesure pour les personnes désirant l'excellence en toute discrétion.

Développée à partir des technologies ayant amplement fait leurs preuves, la fonction SpeechMaster orchestre toutes les caractéristiques, y compris la binauralité, en fonction des changements environnementaux pour faire émerger la voix de l'interlocuteur et réduire l'effort d'écoute au quotidien. Il a été cliniquement prouvé que la technologie primax réduit l'effort d'écoute redéfinissant ainsi le confort de l'audition\*

[signia-pro.fr](http://signia-pro.fr)



Nouvelle  
technologie  
primax

Solutions  
Auditives

**SIEMENS**

# Fait pour

# la vie

## Muse™



Muse offre 2 nouveaux modèles RIC et BTE avec un design nouvelle génération, revisité pour les rendre plus petits, plus ergonomiques et dans l'air du temps.

## SoundLens<sup>®</sup>

[Synergy<sup>®</sup>]



Notre solution 100 % invisible est désormais disponible en version sans-fil.



Halo 2 est disponible en RIC 13 avec notre nouvelle génération de design.

Toutes nos nouveautés sont disponibles depuis le 5 avril 2016.

Nos nouvelles gammes de solutions auditives, **Muse**, **SoundLens Synergy** et **Halo 2** sont toutes dotées de la plateforme Synergy<sup>®</sup> qui bénéficie d'une puissance de calcul du processeur multipliée par 5. Le lancement de ces gammes s'inscrit dans la continuité de notre positionnement «**Mieux entendre. Mieux vivre.**» plaçant le bien-être et la satisfaction des malentendants au cœur de nos préoccupations, qui vont permettre à vos patients de profiter encore mieux de tous les instants de leur vie.

Fonctions	Premium i2400 /2400	Avancé i2000/2000	Standard i1600/1600
<i>Versions</i>	<i>Sans-fil/ Filaire en Intras</i>	<i>Sans-fil/ Filaire en Intras</i>	<i>Sans-fil/ Filaire en Intras</i>
<b>Précision des réglages</b> Canaux/Bandes	24	20	16
<b>Largeur de bande</b> Elargie 10 kHz	●	●	●
<b>Système d'exploitation</b> Acuity OS	●	●	●
<b>Technologie sans-fil</b> 900 MHz Accessoires SurfLink ou 2.4 GHz Application TruLink	●	●	●
<b>Streaming sans-fil*</b> Streaming Spatial	●	●	●
<b>Compression</b> Acuity Speech Optimization	●	▶	▶
<b>Annulateur de larsen</b> WhistleFree Feedback Cancellation	●	●	●
<b>Abaissement fréquentiel</b> Speech Shift	●	●	●
<b>Technologie anti-acouphènes</b> Technologie Tinnitus Multiflex	●	●	●
<b>Compression</b> Acuity Speech Optimization	●	▶	▶
<b>Optimisation de la musique</b> Music Enhancement	●	●	●
<i>Programme Musique et Adaptation de la musique</i>	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
<i>Adaptation de la musique E2E</i>	●	▶	▶
<b>Technologie Ear-to-Ear</b> Acuity Binaural Imaging	●	▶	▶
<i>Gestion des bruits de vent E2E</i>	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
<i>Adaptation bruits mécaniques E2E</i>	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
<i>Directionnalité E2E</i>	●	●	●
<i>Streaming téléphone E2E*</i>	●	●	●
<b>Environnements sonores</b> Acuity Lifescape Analyzer	●	●	●
<i>Musique/Paroles/Paroles dans le bruit/ Bruit mécanique/Vent/Bruit/Calmé</i>	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
<b>Directionnalité</b> Acuity Directionality	●	▶	▶
<i>Canaux</i>	24	20	16
<i>Dynamique/Directionnel/Adaptatif</i>	●	▶	▶
<b>Réduction du bruit</b> Acuity Voice	●	▶	▶
<i>Niveau de réduction du bruit</i>	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

\*Disponibles uniquement en version sans-fil

Pour en savoir plus rendez-vous sur  
[www.starkeyfrancepro.com](http://www.starkeyfrancepro.com) - [www.starkey.fr](http://www.starkey.fr) ou  
 renseignez-vous dès maintenant auprès  
 de votre Responsable Régional.



[www.starkey.fr](http://www.starkey.fr)  
[www.starkeyfrancepro.com](http://www.starkeyfrancepro.com)



L'audition est notre mission™