

Les Cahiers de *l'Audition*

La revue du Collège National d'Audioprothèse

Volume 24 - Mars-Avril 2011 - Numéro 2



Notes de lecture



Veille technique



Actualités



Métier et technique

Du bon usage de l'audiométrie
vocale Thomas ROY



Cas clinique

Perte dissymétrique, appareillage
en deux temps Stéphane LAURENT



Interview

François DEGOVE

Technologie Zoom



StereoZoom. auto ZoomControl. UltraZoom.



Meilleure compréhension de la parole dans les environnements les plus difficiles

La Génération Spice de Phonak propose en exclusivité la Technologie Zoom, trois innovations révolutionnaires qui vous raviront, ainsi que vos patients:

- **StereoZoom** – focalisation binaurale sur une seule voix dans une foule
- **auto ZoomControl** – traitement binaural d'avant-garde se focalisant automatiquement sur la parole, d'où qu'elle vienne
- **UltraZoom** – la technologie du microphone directionnel réinventée

Découvrez les avantages que seule la Génération Spice de Phonak peut offrir!

www.phonakpro.com/zoom-fr

PHONAK

life is on

EDITORIAL



3 Editorial

Paul AVAN

MOT DU PRÉSIDENT



4 Le mot du Président

Eric BIZAGUET

DOSSIER



7 Dossier scientifique

7 Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central
Xavier PERROT

18 Trouble du traitement de l'audition et neuropathie auditive /
Désynchronisation auditive diagnostic différentiel
Thierry MORLET

24 Evaluation des processus auditifs centraux
et syndrome de King Kopetzky
Laurent DEMANEZ, Jean-Pierre DEMANEZ

28 Conscience phonologique et troubles centraux de l'audition
Annie DUMONT

30 Les troubles centraux de l'audition
Patrick VERSTICHEL

METIER ET TECHNIQUE



38 Métier et technique

Du bon usage de l'audiométrie vocale
Thomas ROY

CAS CLINIQUE



44 Cas clinique

Perte dissymétrique, appareillage en deux temps
Stéphane LAURENT

INTERVIEW



48 Interview

François DEGOVE

NOTES DE LECTURE



54 Notes de lecture

François DEGOVE

VEILLE TECHNIQUE



58 Veille technique

Oticon - Siemens - Unitron

ACTUALITES



62 Actualités

ANNONCES



71 Annonces

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

Editeur

Collège National d'Audioprothèse
Président Eric BIZAGUET
LCA - 20 rue Thérèse
75001 Paris
Tél. 01 42 96 87 70
eric.bizaguet@lcab.fr

Directeur de la publication

Christian RENARD
50, rue Nationale
59 000 Lille
Tél. 03 20 57 85 21
contact@laborenard.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

Rédacteur et responsable scientifique

Arnaud COEZ
LCA - 20 rue Thérèse
75001 Paris
Tél. 01 42 96 87 70
arnaud.coez@lcab.fr

Conception et réalisation

MBQ
Stéphanie BERTET
32, rue du Temple
75004 Paris
Tél. 01 42 78 68 21
stephanie.bertet@mbq.fr

Abonnements, publicités et annonces

Collège National d'Audioprothèse
Secrétariat
10, rue Molière - 62 220 Carvin
Tél. 03 21 77 91 24
College.Nat.Audio@orange.fr

Dépot Légal à date de parution

Mars/Avril 2010 Vol. 24 N°2
Imprimé par Néo-typo - Besançon

Le Collège National d'Audioprothèse

Président



Eric
BIZAGUET

1^{er} Vice Président



Frank
LEFEVRE

2^e Vice Président



Christian
RENARD

Présidents d'honneur



Jacques
DEHAUSSY



Xavier
RENARD

Membres du Collège National d'Audioprothèse



Kamel
ADJOUT



Patrick
ARTHAUD



Jean-Claude
AUDRY



Bernard
AZEMA



Jean
BANCONS



Jean-Paul
BERAHA



Hervé
BISCHOFF



Geneviève
BIZAGUET



Jean-Jacques
BLANCHET



Daniel
CHEVILLARD



Arnaud
COEZ



Christine
DAGAIN



Ronald
DE BOCK



Xavier
DEBRUILLE



François
DEGÈVE



Jean-Baptiste
DELANDE



Charles
ELCABACHE



Robert
FAGGIANO



Stéphane
GARNIER



Thierry
GARNIER



Grégory
GERBAUD



Eric
HANS



Bernard
HUGON



Jérôme
JILLIOT



Yves
LASRY



Stéphane
LAURENT



François
LE HER



Maryvonne
NICOT-MASSIAS



Benoit
ROY



Claude
SANGUY



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

Membres Correspondants étrangers du Collège National d'Audioprothèse



Roberto
CARLE



Léon
DODELE



Philippe
ESTOPPEY



André
GRAFF



Bruno
LUCARELLI



Leonardo
MAGNELLI



Carlos MARTINEZ
OSORIO



Thierry
RENGLET



Juan Martinez
SAN JOSE



Christoph
SCHWOB



Elie EL ZIR
Membre Correspondant étranger associé



Chers Lecteurs,

Un mot tout d'abord pour saluer la nouvelle structure qui préside désormais à la vie des Cahiers de l'Audition, et qui leur permet une beaucoup plus large diffusion, autour d'un contenu plus varié. Cette formule reste ancrée sur un socle scientifique que nous voulons plus que jamais au cœur de l'actualité, et elle s'efforce désormais de la prolonger en direction de la pratique quotidienne, nécessaire action pédagogique. Cette modernisation de notre formule s'accompagne d'une plongée dans les concepts de la relativité et de la physique contemporaine : dilatation du temps... hum, notre numéro de mars sort en juillet... mais pas de contraction des longueurs : plus de 60 pages et 7 articles de fond ; inversion spatio-temporelle... hum, l'excellent article de Xavier PERROT précédemment publié, par erreur de notre part, sous une forme malencontreusement préliminaire, revient cette fois sous sa forme authentique : ouf, et enfin, conservation de l'énergie (des rédacteurs) sans augmentation d'entropie (des lecteurs, nous l'espérons)...

Un autre mot s'impose pour saluer l'âme des Cahiers, François DEGOVE, dont l'interview dans ce numéro met en lumière de nombreux épisodes méconnus de sa carrière de rédacteur. Ce n'est pas exagéré de dire que sans François et son enthousiasme thermonucléaire, les Cahiers n'existeraient plus depuis longtemps ! Malgré son choix personnel de prendre un peu de recul (un peu seulement), nous savons que les produits des réacteurs nucléaires ont une très longue durée de vie, qui dans ce cas d'espèce a une implication extrêmement rassurante.

Quant au dossier scientifique de ce numéro, il constitue le tome suivant du travail rassemblé et coordonné par Jean-Louis COLLETTE, qui a réussi le tour de force de rassembler pour nous les meilleurs spécialistes francophones des troubles centraux de l'audition. Cette fois-ci, Xavier PERROT, Thierry MORLET, Laurent et Jean-Paul DEMANEZ, Annie DUMONT et Patrick VERSTICHEL, chacun pour nous présenter leurs éclairages les plus pointus, avec comme résultat une approche très pluridisciplinaire. Complément pratique logique, le bon usage de l'audiométrie vocale présenté par Thomas ROY, pré-requis si important quand on veut établir un bilan du traitement central. Naguère parent pauvre des livres d'audiologie et de l'enseignement en France, cet important sujet trouve la place qu'il mérite grâce aux efforts de nos auteurs. Lorsque sortiront les résultats de méthodes d'étude nouvelles de l'audition centrale, en train de mûrir lentement dans les laboratoires (méthodes révolutionnaires d'imagerie, manipulation de gènes et de molécules), les pratiques que nos lecteurs pourront alors mettre en œuvre auront pu être anticipées de plusieurs années, nous voulons le croire, grâce à cette série de dossiers.

Paul AVAN
Rédacteur en chef

Les Cahiers de l'Audition
Mars/Avril 2011 - Vol 24 - N°2



Le mot du Président

Eric BIZAGUET

Notre profession est une profession jeune, mais qui évolue de façon constante et rapide dans tous ses aspects. Elle doit s'adapter simultanément dans plusieurs directions : évolution des approches prothétiques, innovations technologiques, apport de nouvelles connaissances neuro-psycho-physiologiques. Ayant la volonté d'être les acteurs de demain en ce qui concerne l'information globale sur la surdité, sur le dépistage et sur l'intérêt de l'appareillage précoce, etc. Ceci requiert une adaptation constante des programmes de formations initiale et continue. Le bouleversement de la pyramide des âges de la population française et l'arrivée massive de seniors imposent une obligation de résultats et non de moyens. Le statut de patient évolue vers celui de consommateur de santé imposant des changements profonds des circuits d'information et de distribution. L'un des sujets où notre maturité professionnelle doit s'exprimer concerne l'évaluation du service audioprothétique rendu. C'est l'élément clé pour les pouvoirs publics pour une modification du remboursement et de la prise en charge par les organismes sociaux des aides auditives avec la notion logique d'investir au profit du déficient auditif.

L'un des rôles du Collège et de l'UNSAF dans les prochaines années doit être de leur fournir des études sur de grandes cohortes concernant l'efficacité de nos services et de notre savoir-faire. La démarche AFNOR-CEN va d'ailleurs dans ce sens puisqu'elle inclut la notion de satisfaction du patient relevée de façon indépendante par un organisme certificateur. L'indépendance du recueil des données sur l'usage réel des aides auditives en milieu social et non dans des tests en cabine peu représentatifs du ressenti réel des patients. Cette démarche est un gage d'authenticité qui pourrait être accepté comme indice d'efficacité.

Si une analyse statistique sur un grand nombre est possible sur la satisfaction en fonction de certaines caractéristiques de l'aide auditive, il sera sans doute plus difficile de procéder à une analyse du service rendu pour des petites cohortes. Des biais peuvent en effet se produire et créer des contre-vérités : par exemple, l'absence d'amélioration retrouvée par une équipe étrangère concernant l'apport de la technologie numérique. La méthode utilisée, l'utilisation de la méthodologie NAL avec des appareils analogiques et des appareils numériques, était tout à fait discutable. Le résultat fut de conclure à l'absence de différence aux tests vocaux à niveau de voix moyenne en milieu silencieux et aux tests de localisation spatiale. Cette conclusion nie la réalité sur le confort d'écoute, sur l'amélioration de la perception de sa propre voix, sur la vitesse d'acceptation de l'amplification, sur le traitement des bruits de l'environnement, sur l'efficacité des anti-larsen, sur l'adéquation de la technologie aux besoins immédiats et futurs, sur l'existence d'éventuelles distorsions supraliminaire car la méthodologie NAL est une méthodologie liminaire, etc.

On voit ici la complexité de l'analyse statistique de cas individuels car le bon appareillage c'est le bon choix, la bonne

adaptation, le bon suivi pour le bon patient au bon moment en répondant à des besoins spécifiques.

Notre profession ne pouvant être que l'adaptation d'appareils au cas par cas, il semble illusoire de vouloir définir des indications précises et des conditions de prescription et d'utilisation pour chaque description de prothèse auditive conventionnelle, afin de préciser la place dans la stratégie thérapeutique de chacune d'entre elles. Il me paraîtrait difficile de dire à un patient âgé que seul un appareil entrée de gamme peut lui être affecté. C'est pourtant le souhait de certains organismes qui détermineraient l'appareil « idéal » à partir de l'âge du patient.

Les appareils auditifs sont des dispositifs opérateurs dépendants. Il n'y a pas de bon réglage absolu ou de prothèse idéale : il n'y a que des réglages pour les capacités d'un patient donné selon l'étiologie de sa surdité, l'ancienneté de sa perte d'audition, son âge, les pathologies associées, son environnement social, etc. La prothèse idéale est celle que le patient porte toute la journée et qui est adaptée à sa perte d'audition et à ses besoins. Et à mon sens la prise en charge y participe pour beaucoup ! Et elle est très difficile à quantifier.

Question de la rédaction : De plus en plus, on entend parler de service médical rendu. La Haute Autorité de Santé (HAS) demande une évaluation scientifique d'une prothèse auditive telle que le Baha® pour en autoriser le renouvellement du remboursement. De quoi s'agit-il ?

Cette question renvoie à la notion de l'évaluation des dispositifs médicaux. La démarche concernant la prothèse Baha®, qui est traitée dans la rubrique « Actualités » de ce numéro des Cahiers de l'Audition est un des exemples pouvant servir de point de réflexion pour notre profession sur la mise en place de méthodes d'évaluations du service rendu. Effectivement, cette démarche touche à l'évaluation du dispositif médical en tant que tel, mais aussi indirectement au service audioprothétique rendu par notre profession. Effectivement, le service audioprothétique rendu dépend de l'efficacité du dispositif médical pour traiter une surdité.

Ici, l'évaluation a pour objectif de s'assurer du bien fondé du renouvellement du remboursement de la prothèse Baha®. La méthode adoptée par la Haute Autorité de Santé pour évaluer le service rendu de cet appareil auditif particulier (puisque une partie est implantée) est fondée sur l'analyse critique des données scientifiques. Une recherche documentaire a été effectuée par interrogation des principales bases de données bibliographiques médicales (Medline, Pascal, The Cochrane Library, National guideline clearinghouse et HTA Database). La recherche a été limitée aux publications en langue anglaise ou française.

Les données analysées sont très hétérogènes, ce qui est assez logique car ces études sont réalisées par des chercheurs dont les objectifs de recherche peuvent être très

différents. En outre, il faudrait que les recherches menées ne soient pas financées par le fabricant de la prothèse étudiée afin d'en garantir l'objectivité. De plus, les échantillons de patients sont souvent petits et le niveau de preuve demeure alors faible. Les méta-analyses peuvent être difficiles à réaliser tant les méthodologies utilisées sont différentes d'une étude à l'autre, avec des standards différents. De plus, les caractéristiques des patients inclus (âge, degré de surdité, modalités d'appareillage, antériorité de l'appareillage) peuvent être une source importante de biais. Idéalement, un essai clinique doit être randomisé, en double insu, multicentrique pour gagner en « grade de preuve ». Essayer de montrer l'intérêt de la stéréo-acousie par rapport à la mono-acousie est dès lors une gageure ! Comment assurer un double-insu ? Ni le patient ni l'audioprothésiste ne doivent connaître le traitement appliqué ! Aussi, leurs conclusions doivent être accueillies avec la plus grande prudence. Pourtant, il nous paraît « évident » de devoir appareiller les deux oreilles !

À l'heure actuelle, aucune preuve de l'existence d'un traitement audioprothétique « supérieur » à un autre ne peut être donnée, le rythme rapide de renouvellement du marché des audioprothèses constituant une entrave supplémentaire à la mise en oeuvre de leur évaluation clinique systématique.

Question de la rédaction : Le service médical rendu fondé sur la preuve est un concept typiquement anglo-saxon. Existe-t-il des recueils de recommandations issus de la revue de la littérature ?

L'American Academy Task Force a publié des recommandations relatives à l'appareillage auditif de l'adulte. Ces recommandations sont basées sur une revue de la littérature lorsqu'elle est possible ou sur l'avis des professionnels. C'est une démarche qui me semble très cartésienne pour établir des référentiels d'appareillage. Effectivement, il est possible d'évaluer l'apport d'un traitement spécifique du signal par rapport à son absence. Ce peut être la base de futurs guides de bonnes pratiques en matière d'appareillage auditif. Mais tout n'est pas mesurable car les outils qui permettraient d'évaluer le traitement d'un signal particulier n'existent pas encore nécessairement ! Mais à force de chercher, cela permet de trouver des pistes pour tester l'efficacité du système. Par exemple, pour évaluer les traitements réducteurs de bruit, nous savons grâce à une étude récente qu'il faut développer des tests qui permettent d'évaluer « un confort d'écoute » plutôt que l'amélioration de l'intelligibilité dans le bruit ! Il faut garder à l'esprit que ce n'est pas parce que je ne peux pas prouver quelque chose, que ce phénomène n'existe pas ! C'est un peu la limite de la médecine fondée sur la preuve. Selon le Professeur LABORIT, certaines classes thérapeutiques de médicaments n'auraient pas vu le jour si ces méthodes avaient été les seules utilisées. Evitons donc cet écueil. Par contre, c'est en tentant d'étudier un traitement du signal que l'on se donne les moyens de le comprendre et de l'utiliser à bon escient, etc. et de découvrir les tests que nous devrions utiliser pour les évaluer. De plus, ces données demandent à être régulièrement actualisées tant la recherche avance vite. Il faut donc que les audioprothésistes se convertissent petit à petit à cette culture de recherche bibliographique et de recherche clinique pour être capables de justifier ce qu'ils font et pourquoi ils le font ! A cet égard, l'étude lancée par la

société Cochlear® peut être une excellente opportunité pour le faire. Mais surtout en oubliant jamais que le bénéfice de la prothèse est lié à son adéquation aux besoins du patient, en tenant compte de ses caractéristiques audiométriques, de sa gêne et de son mode de vie, ce qui apparaît rarement dans les études anglo-saxonnes.

Question de la rédaction : Quelle originalité émane de ce groupe de travail ?

L'évaluation subjective utilisant un questionnaire de satisfaction ou de qualité de vie semble un outil incontournable pour étudier l'effet audioprothétique. Il doit être croisé avec les données audiométriques. Par ailleurs, le développement d'outils informatiques en ligne pour recueillir les données cliniques multicentriques et multidisciplinaires est tout à fait novateur en France. Enfin, le renforcement du travail en équipes multidisciplinaires semble essentiel pour permettre la mise en place d'études cliniques associant des données pré-appareillages et post-appareillages pour permettre à l'industriel de justifier le renouvellement de son produit Baha® sur la liste des produits remboursables. Par contre, je suis étonné qu'il n'y ait pas d'audioprothésiste associé à l'élaboration du projet de recherche.

La recherche clinique a un coût. Elle se justifie dans le cadre de systèmes qui demandent la mise en oeuvre de moyens très onéreux pour la société ou de dispositifs très innovants : interventions chirurgicales, journées d'hospitalisation, complications post-opératoires, suivi hospitalier, risques de matério-vigilance et de complications, besoin d'une évaluation thérapeutique avant la commercialisation en ville, coût des matériels, etc. Un moyen de diminuer les coûts est de déléguer certaines tâches au secteur de ville comme le prévoit l'étude Cochlear®, puisque le plus grand nombre de tests sera réalisé hors de l'hôpital et fera partie visiblement du coût de l'adaptation audio-prothétique.

Je pense que c'est le rôle des Cahiers de l'Audition de diffuser cette information, qui sur le fond modifiera l'exercice de l'audioprothèse et d'inciter les professionnels de l'audition à s'inscrire dans une démarche de service médical rendu fondé sur le niveau de preuve. Aussi, je souhaite que dans les Cahiers de l'Audition soit faite une place importante à la diffusion d'études cliniques portant sur le traitement du signal des prothèses auditives et qui permettent de mieux comprendre un traitement nouveau du signal et de pouvoir proposer des tests qui permettent d'en évaluer son efficacité en routine clinique.

Cette interview a été préparée à partir du document de l'HAS intitulé APPAREILS ELECTRONIQUES CORRECTEURS DE SURDITE - RÉVISION DES DESCRIPTIONS GÉNÉRIQUES DE LA LISTE DES PRODUITS ET PRESTATIONS REMBOURSABLES. J Am Acad Audiol. 2007 Feb;18(2):151-83.

A systematic review of health-related quality of life and hearing aids: final report of the American Academy of Audiology Task Force On the Health-Related Quality of Life Benefits of Amplification in Adults.

Chisolm TH, Johnson CE, Danhauer JL, Portz LJ, Abrams HB, Lesner S, McCarthy PA, Newman CW.

Source : Department of Communication Sciences and Disorders, University of South Florida, Tampa, USA.

> Dossier

Neurologie et neuropsychologie

7 Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central

Xavier PERROT

18 Trouble du traitement de l'audition et neuropathie auditive / désynchronisation auditive diagnostic différentiel

Thierry MORLET

24 Evaluation des processus auditifs centraux et syndrome de King Kopetzky

Laurent DEMANEZ, Jean-Pierre DEMANEZ

28 Conscience phonologique et troubles centraux de l'audition

Annie DUMONT

30 Les troubles centraux de l'audition

Patrick VERSTICHEL

Anatomie et physiologie du système nerveux auditif central



Résumé

Le système auditif central se répartit de manière étagée au niveau du tronc cérébral et du cerveau : jonction bulbo-protubérantielle pour les noyaux cochléaires et les complexes olivaires supérieurs, protubérance pour les noyaux du lemniscus latéral, mésencéphale pour les corps geniculés médiaux et télencéphale pour les aires corticales auditives. Les voies auditives ascendantes, qui relient entre elles ces différents relais centraux, se projettent bilatéralement, mais avec une prédominance controlatérale. Ainsi, même si l'information auditive provenant de l'oreille droite est majoritairement représentée dans l'hémisphère gauche (et vice versa), chaque relais au-delà du noyau cochléaire reçoit des informations binaurales (en provenance des deux oreilles). Il existe également un système auditif corticofuge descendant, qui se projette en miroir des voies ascendantes et dont la partie distale est représentée par le système éfférent olivocochléaire.

Sur ces bases neuroanatomiques, le système auditif central réalise un traitement complexe des stimulations acoustiques, à la fois en série et en parallèle. Des phénomènes de divergence puis de convergence, au niveau des voies ascendantes, permettent l'analyse des caractéristiques temporelles, spectrales et spatiales des informations auditives, tout en respectant l'organisation tonotopique des différents relais centraux.

Enfin, par un rétrocontrôle descendant, le cortex auditif serait susceptible de moduler le fonctionnement cochléaire, afin d'affiner le message auditif afférent. Ce mécanisme pourrait être le substratum anatomofonctionnel de processus cognitifs tels que l'attention sélective auditive.

1

Introduction

Comme pour toute fonction sensorielle, la perception auditive fait intervenir une « chaîne de mesure » à trois niveaux. À la périphérie auditive, oreille et organe de Corti captent et transforment le signal acoustique en des trains de potentiels d'action. L'information auditive ainsi codée chemine ensuite par les voies auditives ascendantes jusqu'aux centres corticaux auditifs (aires auditives réceptrices et associatives), où elle est enfin intégrée et interprétée. De plus, à l'instar d'autres modalités perceptives, l'audition bénéficie de voies corticofuges descendantes permettant –par un rétrocontrôle éfférent– de moduler le message neurosensoriel afférent.

Notre article porte sur l'anatomie et la physiologie du système auditif central. Ce sujet étant extrêmement vaste –plusieurs ouvrages y ont déjà été consacrés, en partie ou entièrement (Ehret et Romand, 1997 ; Musiek et Baran, 2006 ; Romand, 1992 ; Vergnon et coll., 2008)–, nous axerons plus particulièrement notre présentation sur les voies auditives ascendantes.

Xavier PERROT ^{1,2}

¹ Hospices Civils de Lyon
Centre Hospitalier Lyon-Sud
Service d'Audiologie et Explorations Orofaciales
Bâtiment Chirurgical 3A
165, chemin du Grand Revoyet
69495 PIERRE-BÉNITE cedex
E-mail : xavier.perrot@chu-lyon.fr

² Groupe Parole Audiologie
Communication et Santé (PACS)
INSERM - CNRS
Université Lyon 1
Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon

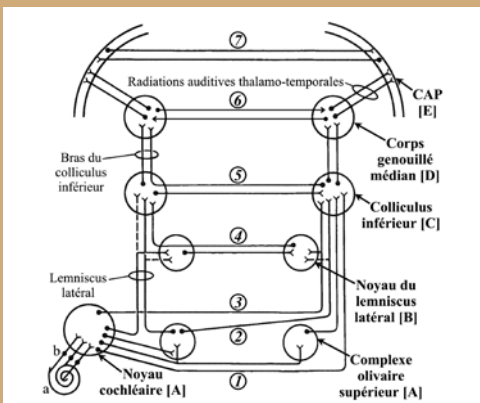


Figure 1. Organisations anatomiques des voies auditives ascendantes.

Les voies auditives ascendantes se projettent bilatéralement, avec une prédominance controlatérale (ne sont représentées ici que les voies ayant pour point de départ la cochlée gauche). Les relais auditifs sont répartis de manière étagée, à tous les niveaux de l'encéphale [A : jonction bulbo-protubérantielle, B : protubérance, C : mésencéphale, D : diencéphale, E : télencéphale]. À chaque étage, des commissures permettent le croisement des voies auditives ascendantes (décussation) et la liaison entre les structures auditives homologues (fibres commissurales) [1 : corps trapézoïde (commissure inter-nucléocochléaire ou strie acoustique ventrale), 2 : strie acoustique intermédiaire (ou strie de Held), 3 : strie acoustique dorsale (ou strie de von Monakow), 4 : commissure de Probst, 5 : commissure inter-colliculaire inférieure, 6 : commissure de von Gudden (ou décussation supraoptique inférieure), 7 : corps calleux (ou commissure interhémisphérique / néopalliale)]. a : cochlée, b : fibres auditives afférentes du nerf cochléaire, CAP : cortex auditif primaire (gyrus temporal transverse ou gyrus de Heschl). (D'après Ehret, 1997 ; Musiek et Baran, 1986 ; Winer et Schreiner, 2005)

1.1 Schéma général du système nerveux auditif central

Le système nerveux auditif central débute stricto sensu au point d'entrée du nerf cochléo-vestibulaire dans le tronc cérébral. Il présente une organisation complexe, aussi bien au niveau de ses voies que de ses centres nerveux¹. Schématiquement, les voies auditives ascendantes cheminent dans le tronc cérébral par des relais successifs (noyau

¹ L'organisation neuro-anatomique et fonctionnelle que nous allons décrire est en partie issue de travaux réalisés chez l'humain, notamment d'études neuropsychologiques analysant les corrélations entre lésions anatomo-radiologiques et symptomatologie clinique. Par contre, la quasi-totalité des données neurophysiologiques que nous présenterons est basée sur des modèles animaux, notamment le chat et le singe, qui sont « plus facilement accessibles » à une exploration électrophysiologique invasive.

Niveau anatomique	Structures auditives	Origine de l'information auditive	Organisation tonotopique		Rôle fonctionnel		
			BF	HF			
SA périphérique	Organe sensoriel de l'audition (cochlée)	Organe de Corti	Oreille externe et moyenne ipsilatérales	A	B	Transduction auditive (encodage neuronal du stimulus acoustique)	
	VA afférentes périphériques (VA rétro-cochléaires)	Nerf cochléaire	Cochlée ipsilatérale	C	P	Transmission de l'influx nerveux auditif au système auditif central	
SA central	VA afférentes centrales (VA ascendantes) et relais auditifs centraux	Noyau cochléaire	Monaurale (nerf cochléaire ipsilatéral)	V	D	Décodage des sons simples (intensité, fréquence, durée) ; transmission d'informations spectrales et des modulations	
		Complexe olivaire supérieur	Binaurale (OSL-OSM : bilatérale, CT : contro> ipsi, NPO : ipsi>contro)	DL	VM	Localisation spatiale auditive (interactions binaurales) : OSM : DIT (+ réflexe olivocochléaire), OSL : DII (+ réflexe acoustico-facial)	
		Noyaux du lemnicus latéral	Binaurale (NDLL : bilatérale, NVLL : contro)	D	V	Localisation spatiale auditive (DIP)	
		Colliculus inférieur	Binaurale (noyaux sous-colliculaires ipsi et contro)	DL	VM	CIC : traitement des sons complexes et localisation spatiale auditive ; CIE : intégration multimodale et réflexe acoustico-moteur	
		Thalamus auditif	Binaurale (CI ipsilatéral)	L	M	CGM : traitement des sons complexes et localisation spatiale auditive ; NRT : intégration multimodale et modulation attentionnelle	
		Cortex auditif sensoriel	Cortex auditif primaire	Binaurale (CGM ipsi et CAP contro)	L	M	Intégration du message auditif (première sensation sonore consciente)
		Cortex auditif associatif	Cortex auditif secondaire et tertiaire	Binaurale			Identification et interprétation du message auditif (processus cognitifs modulateurs)

Tableau 1. Correspondance anatomo-fonctionnelle pour les différentes structures auditives.

Sur le plan anatomique, on distingue le système auditif (SA) périphérique [cochlée et nerf cochléaire] et le SA central [voies, relais et centres auditifs du tronc cérébral et du cerveau]. Sur le plan fonctionnel, les cinq dimensions psychophysiques permettant de caractériser un stimulus acoustique [durée (en ms ou secondes), hauteur ou fréquence fondamentale (en Hz), intensité ou amplitude (en dB), spectre sonore (composition fréquentielle) et localisation spatiale], ainsi que leurs évolutions au cours du temps, sont transformées et combinées au niveau des différents relais auditifs centraux. Outre un rôle de transmission de l'influx nerveux afférent cheminant le long des voies auditives (VA) ascendantes, chaque relais auditif central présente donc une fonction plus ou moins spécifique dans le traitement de l'information auditive. A : apicales, B : basales, BF : basses fréquences, C : centrales, CAP : cortex auditif primaire, CGM : corps géniculé médial, CI : colliculus inférieur, CIC : noyau central du colliculus inférieur, CIE : noyau externe du colliculus inférieur, contro : controlatéral(e), CT : corps trapézoïde, D : dorsales, DII : différence interaurale d'intensité, DIP : différence interaurale de phase, DIT : différence interaurale de temps, DL : dorso-latérales, HF : hautes fréquences, ipsi : ipsilatéral(e), L : latérales, M : médiales, NDLL : noyau dorsal du lemnicus latéral, NPO : noyaux péri-olivaires, NRT : noyau réticulé du thalamus auditif, NVLL : noyau ventral du lemnicus latéral, OSL : olive supérieure latérale, OSM : olive supérieure médiale, P : périphériques, V : ventrales, VM : ventro-médiales.

cochléaire, complexe olivaire supérieur, lemnicus latéral et colliculus inférieur), passent par le thalamus (corps géniculé médial), puis se projettent dans la région supérolatérale du lobe temporal (cortex auditif primaire) (**Figure 1**), pour diffuser ensuite aux cortex auditifs secondaire et associatif (pour plus de détails, voir l'article de Lazard et collaborateurs, dans ce numéro). En miroir du système auditif ascendant se développe un système auditif corticofuge descendant, avec des connexions réciproques dont la « voie finale commune » est représentée par le système efférent olivocochléaire, qui se projette sur les cellules ciliées de la cochlée. Le cortex auditif peut ainsi moduler le fonctionnement cochléaire, dès l'étape de la transduction auditive.

Sur le plan fonctionnel, il est important de noter que l'ensemble des structures auditives centrales présente une organisation tonotopique (ou cochléotopique). Chacune d'entre elles comporte une (ou plusieurs) carte(s) de représentation fréquentielle, dont l'organisation est semblable à celle de la cochlée. Ainsi, il existe une correspondance anatomo-fonctionnelle entre la localisation topographique des neurones auditifs au sein de la structure considérée et leur fréquence caractéristique, avec une organisation précise selon un gradient croissant ou décroissant, reproduisant la répartition des fréquences le long de la cloison cochléaire (**Tableau 1**). Sur le plan perceptivo-cognitif, le traitement de l'information auditive s'organise de manière séquentielle et fait intervenir trois niveaux successifs de complexité croissante (Griffiths et coll., 1999).

(i) Un traitement simple de transduction périphérique, consistant en l'encodage neuronal de l'information acoustique spectrale et temporelle, est d'abord réalisé au niveau de la cochlée et transmis au nerf cochléaire.

(ii) Ensuite, un traitement complexe intermédiaire, aboutissant à une représentation stable de profils temporeux, spectraux et spatiaux (binauralité), est réalisé au niveau des différents relais des voies auditives ascendantes et au niveau du cortex auditif primaire.

(iii) Enfin, le cortex auditif secondaire et les aires corticales associatives sont le siège d'un traitement cognitif de haut niveau, permettant l'utilisation symbolique d'« images auditives », en fonction des représentations et connaissances activées. À ce niveau, se développent également des processus cognitifs modulateurs, à l'origine des mécanismes de rétroaction intracorticale ou corticofuge. Ainsi, à une voie ascendante de « traitement sensoriel », répond une voie descendante de « traitement cognitif ».

2

Voies auditives afférentes / ascendantes

Dans ce chapitre, nous allons décrire l'organisation anatomo-fonctionnelle des voies auditives afférentes –ou ascendantes– centrales (voir pour revue : Biacabe et coll., 1999 ; Musiek et Baran, 1986 ; Rouiller, 1992, 1997 ; Winer et Schreiner, 2005).

2.1. Organisation anatomique

Les voies auditives ascendantes possèdent des caractéristiques propres à la modalité auditive :

(i) Elles se projettent bilatéralement, avec une prédominance quantitative des voies croisées (70 à 80 % des afférences vers l'hémisphère cérébral controlatéral) par rapport aux voies directes (20 à 30 % des afférences vers l'hémisphère cérébral ipsilatéral).



(ii) Des relais étagés –composés de noyaux de substance grise– sont présents à chaque niveau de l'encéphale.

(iii) À chaque étage, des commissures permettent le croisement des voies auditives ascendantes (par décussation) et la liaison entre les structures auditives homologues droites et gauches (par les fibres commissurales).

La voie sensorielle auditive

La voie sensorielle auditive peut être schématisée par un circuit ascendant comportant de trois à cinq relais successifs (**Figure 1 et Tableau 1**). Les neurones auditifs primaires, issus du ganglion spiral –situé dans l'axe de la cochlée osseuse–, pénètrent dans le tronc cérébral au niveau du sillon bulbo-pontique². Ils se divisent alors en deux branches qui se projettent exclusivement sur les noyaux cochléaires ipsilatéraux³ –situés à la partie latérale du plancher du quatrième ventricule– : la branche ascendante antérieure se termine dans le noyau cochléaire ventral antérieur (NCVa) alors que la branche descendante postérieure se termine dans le noyau cochléaire ventral postérieur (NCVp) et le noyau cochléaire dorsal (NCD). Les neurones auditifs secondaires naissent des noyaux cochléaires. Leurs projections sont au nombre de trois.

(i) D'abord, du NCVa, part un tractus appelé la strie acoustique ventrale, qui innerve les complexes olivaires supérieurs (COS) ipsilatéral et controlatéral - situés dans la région inférodorsale de la protubérance.

(ii) Ensuite, du NCVp, part la strie acoustique intermédiaire, qui innerve les noyaux péri-olivaires du COS, puis les noyaux des lemnisci latéraux et des colliculi inférieurs ipsilatéraux et controlatéraux.

(iii) Enfin, du NCD, part la strie acoustique dorsale qui, après avoir décussé au niveau du plancher du quatrième ventricule –sans faire relais par le COS– se projette directement sur le lemniscus latéral controlatéral.

Le lemniscus latéral controlatéral, composé des axones des neurones issus du NCD ipsilatéral et des deux COS (via les NCVp), se termine au niveau du colliculus inférieur (CI) controlatéral –situé à la partie inférieure du tectum mésencéphalique. Un certain nombre de fibres font aussi relais avec des neurones tertiaires, au niveau de condensations cellulaires formant les noyaux dorsal et latéral du lemniscus latéral. Les neurones issus du CI controlatéral rejoignent le thalamus controlatéral au niveau du corps géniculé médial (CGM), via le bras conjonctival inférieur –ou bras du CI. Les radiations auditives –ou faisceau thalamotemporal–, issues du CGM, empruntent un trajet infralenticulaire à la partie postéro-inférieure de la capsule interne pour se terminer au niveau du gyrus temporal supérieur controlatéral, dans l'aire auditive primaire de Heschl.

Les voies commissurales

Au cours de leur trajet ascendant, les neurones auditifs présentent des voies transverses –dites commissurales– permettant de relier les structures auditives homologues droites et gauches (**Figure 1**). Ces voies ont un rôle important dans le traitement binaural de l'infor-

mation auditive : d'une part, comme voie de transmission controlatérale du message auditif ; d'autre part, comme voie de modulation de l'activité de la structure homologue.

2.2. Organisation fonctionnelle

Caractérisation des cellules nerveuses auditives

Différents paramètres électrophysiologiques permettent de caractériser fonctionnellement les neurones auditifs.

L'histogramme PST (peri- ou post-stimulus time histogram) représente l'évolution au cours du temps des réponses à un stimulus acoustique transitoire. Il caractérise le type de réponse cellulaire des neurones auditifs, lui-même en relation avec leur aspect cytotologique (**Figure 2**).

La courbe d'accord (tuning curve) représente l'intensité liminaire de réponse (en dB SPL) en fonction de la fréquence du stimulus acoustique. La fréquence caractéristique (FC) correspond à la fréquence du stimulus pour laquelle l'intensité liminaire est minimale. Ces deux paramètres caractérisent la sélectivité tonale – avec une courbe en V d'autant plus étroite que la réponse est sélective en fréquence (**Figure 2**).

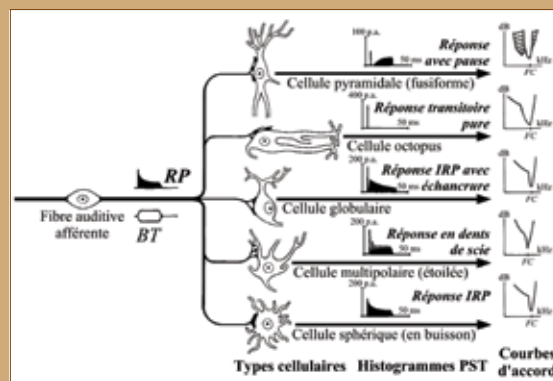


Figure 2. Correspondance morpho-fonctionnelle entre les différents types cellulaires du noyau cochléaire et les profils de réponse neuronale.

Au niveau du noyau cochléaire, les différentes populations de neurones secondaires possèdent chacune un profil de réponse distinct - illustré par leur histogramme temporel de décharges péristimulus (histogrammes PST) et leur sélectivité fréquentielle (courbes d'accord) -, en relation avec leur aspect cytotologique (types cellulaires). Dans cette étude électrophysiologique chez le chat, on a représenté les réponses neuronales unitaires à une bouffée tonale (tone-burst) de 30 ms, de fréquence aiguë correspondant à la fréquence caractéristique des neurones étudiés (moyennage de 600 présentations). On décrit cinq principaux types de réponse : identique à la réponse primaire (primary-like), identique à la réponse primaire avec échancrure (primary-like with notch), transitoire pure (onset), en dents de scie (chopper) et avec pause (pauser). Pour les cellules fusiformes, il existe également des réponses croissantes (build up). La réponse primaire (issue de la transduction auditive) correspond à la réponse neuronale des fibres auditives afférentes du nerf cochléaire. Pour les courbes d'accord, les parties hachurées indiquent les zones d'inhibition et les parties intérieures blanches, les aires d'excitation. BT : bouffée tonale, dB : décibels, FC : fréquence caractéristique, IRP : identique à la réponse primaire, ms : millisecondes, kHz : kilohertz, p.a. : nombre de potentiels d'action, PST : peri-stimulus time, RP : réponse primaire. (D'après Musiek et Baran, 1986 ; Rouiller, 1992, 1997)

² Pour une présentation résumée de l'organisation anatomique et physiologique du nerf cochléaire, nous renvoyons le lecteur à Nouvian et coll., 2006 et Simon et coll., 2009.

³ Tout au long du texte, le caractère « ipsilatéral » (du même côté) ou « controlatéral » (du côté opposé) fera référence à la structure d'origine d'où est issue le message nerveux auditif : l'oreille pour les voies ascendantes et le cortex auditif pour les voies descendantes.

La fonction « entrée-sortie » (rate versus level) représente le taux de décharge (en potentiels d'action par seconde) en fonction de l'intensité du stimulus. Elle définit la dynamique neuronale, qui s'étend de l'intensité liminaire de réponse à l'intensité maximale de saturation.

■ Rôle des relais auditifs centraux

L'organisation anatomo-fonctionnelle des différentes structures auditives centrales est résumée dans le Tableau 1.

* Noyau cochléaire

Le noyau cochléaire (NC) est le premier relais central des voies auditives ascendantes. Ses afférences sont strictement unilatérales. Il intervient dans le décodage de l'intensité, de la fréquence et de la durée des sons simples et transmet des informations d'ordre spectral aux structures auditives sus-jacentes. Certaines de ces cellules répondent plus particulièrement à des modulations de fréquence ou d'intensité. Il existe également des mécanismes d'inhibition (surtout au niveau du NCD), permettant d'améliorer le rapport signal/bruit. Ainsi, grâce à ses nombreux types cellulaires différents, le NC peut transformer l'information stéréotypée reçue du nerf auditif en une information plus spécifique et aux caractéristiques accentuées (Figure 2).

Enfin, le NC (par l'intermédiaire du NCV) participe à la boucle réflexe cochléo-olivocochléaire (cf. Infra).

* Complexe olivaire supérieur

Le complexe olivaire supérieur (COS) est le premier relais où convergent et où sont intégrées des informations bilatérales issues des deux noyaux cochléaires. À son niveau, des réponses cellulaires variables en fonction de la provenance ipsilatérale ou controlatérale de l'influx nerveux –inhibition, excitation ou absence de réponse– permettent des interactions binaurales. Le COS joue également un rôle important dans la localisation spatiale des sources sonores et le démasquage binaural. Pour ce faire, il s'appuie sur des indices de localisation représentés par la différence interaurale d'intensité (pour l'olive supérieure latérale) –prédominant pour les hautes fréquences– et la différence interaurale de temps (pour l'olive supérieure médiale) –prédominant pour les basses fréquences– (Pollak et coll., 2003). Le COS, par l'intermédiaire du noyau du corps trapézoïde, est intégré dans le système acoustico-moteur (Huffman et Henson, 1990). Avec ces afférences polymodales, il joue un rôle dans l'intégration multimodale et dans les réponses acoustico-motrices. Les noyaux péri-olivaires enfin sont à l'origine des faisceaux olivocochléaires médians et latéraux (cf. Infra).

* Lemniscus latéral

Le lemniscus latéral est la voie auditive ascendante principale du tronc cérébral. Ses noyaux, grâce à des afférences bilatérales (principalement controlatérales) et à la présence de neurones sensibles aux différences de phase, sont impliqués dans la localisation spatiale auditive.

* Colliculus inférieur

Le colliculus inférieur (CI) est le principal relais auditif du mésencéphale : d'une part, il reçoit la quasi-totalité des afférences en provenance du noyau cochléaire, du complexe olivaire supérieur et du lemniscus latéral ; d'autre part, il est la principale source afférente du thalamus auditif. Par ses propriétés fonctionnelles particu-

lières et sa position au carrefour des voies auditives ascendantes et descendantes, il s'agit du premier centre sous-cortical d'intégration des informations auditives complexes. Le CI a une fonction de triple relais, grâce à trois noyaux fonctionnellement distincts.

(i) Le noyau central du colliculus inférieur (CIC) comporte des neurones qui répondent aux sons complexes et aux modulations de fréquence, avec une bonne sélectivité fréquentielle et une bonne résolution temporelle. Une deuxième variété de neurones présente des courbes d'accord en forme de bande critique étroite, ce qui les rend moins vulnérables aux sons bruités. Par des mécanismes combinés d'activation et d'inhibition –impliquant des neurotransmetteurs tels que la glycine et le GABA–, le CIC peut également encoder de manière précise les différences interaurales de délai et d'intensité et joue donc un rôle important dans la localisation spatiale et dans la perception des sources sonores en mouvement. Enfin, son organisation lamellaire est le support de cartes topographiques multiples, représentant les différents paramètres sonores –fréquence, périodicité, spectre, spatialité.

(ii) Le noyau dorsal (CID) comporte des neurones ayant une moindre sélectivité fréquentielle et une habituation rapide.

(iii) Le noyau externe (CIE) comporte des neurones répondant essentiellement à des stimuli acoustiques complexes et/ou à des stimulations extra-auditives, notamment tactiles et somesthésiques. Avec ces afférences polymodales, il joue un rôle dans l'intégration multimodale et dans les réponses acoustico-motrices⁴ (Huffman et Henson, 1990). Enfin, le CI, en lien avec le colliculus supérieur, intervient dans la représentation visuo-auditive de l'espace.

* Thalamus auditif

Le thalamus auditif est le dernier relais des voies auditives ascendantes avant le cortex. Il est composé de trois régions anatomiquement et fonctionnellement distinctes.

(i) Le corps géniculé médial (CGM) est le noyau principal du thalamus auditif. Il est divisé en trois zones architectoniques : une zone ventrale (CGMv), qui reçoit ses afférences du CIC et se projette sur les aires auditives corticales tonotopiques ; une zone dorsale (CGMd), incluse dans le système auditif non tonotopique ; et une zone médiane (CGMm), qui a des afférences polymodales et est impliquée dans l'intégration multisensorielle (Huffman et Henson, 1990). Environ 90 % des neurones du CGM ont un mode de fonctionnement binaural, avec des interactions interaurales complexes telles que sommation, inhibition et occlusion. Un tiers de ces neurones codent les différences de délai et d'intensité interaurales ; d'autres répondent plus particulièrement à une fréquence précise ou à des variations de fréquence ou d'intensité. Ces différentes propriétés illustrent le rôle prépondérant du CGM dans le traitement des sons complexes et dans la latéralisation auditive (Galaburda, 1986).

(ii) La partie latérale du groupe postérieur du thalamus (GPoT) s'apparente fonctionnellement au CGMv.

(iii) Le noyau réticulé du thalamus auditif (NRT) fait partie du « système thalamique diffus », de nature polysensorielle. Il comporte une zone auditive non tonotopique et des zones visuelles et somesthésiques. Par ses afférences collatérales multiples –ascendantes et descendantes– et le rétrocontrôle inhibiteur qu'il exerce sur le CGM –via des interneurones GABAergiques–, le NRT a un rôle de filtre adaptatif des afférences thalamocorticales et pourrait être impliqué

⁴ Les connexions acoustico-motrices du COS et du CI sont impliquées dans le réflexe de sursaut et d'orientation, entraînant une rotation oculocéphalique brusque et orientée vers la source sonore, à l'écoute d'un bruit inattendu.



dans les phénomènes de modulation attentionnelle corticothalamique (Winer, 2006).

2.3. Ségrégation anatomo-fonctionnelle

Grâce à la multiplicité de ses voies et de ses relais, ainsi qu'à ses nombreux types de neurones, le système auditif central présente une ségrégation anatomo-fonctionnelle qui s'organise de deux manières différentes : d'une part, en série –avec un traitement étagé de l'information auditive– ; d'autre part, en parallèle –avec un traitement simultané de l'information auditive– (Rouiller, 1992, 1997 ; Winer et Schreiner, 2005). Par analogie avec d'autres modalités sensorielles, on distingue des voies primaires –totalement dédiées à la modalité auditive– et des voies non primaires –où cheminent des informations polysensorielles.

Organisation en série

Cette organisation hiérarchique est à la base du traitement séquentiel, progressif et étagé de l'information auditive.

Dans ce cadre, chaque structure auditive centrale présente trois « fonctions » –décodage de l'information afférente, codage de l'information efférente et relais vers les structures sus-jacentes–, avec un niveau d'intégration qui est de plus en plus complexe (Tableau 1).

Ainsi, les projections ascendantes étagées –à la fois directes et indirectes, divergentes et convergentes– sur les différents relais auditifs permettent une complexification progressive de l'information auditive afférente, tout en respectant l'organisation tonotopique du système (Figure 3).

Sur le plan anatomique, cette organisation correspond globalement à la description que nous avons donnée des voies auditives ascendantes.

Organisation en parallèle

À côté de l'organisation étagée –propre au fonctionnement en série des voies auditives primaires–, il existe une organisation en plusieurs « canaux » parallèles, permettant la représentation et le traitement des différents paramètres du stimulus acoustique. Cette ségrégation anatomique –particulièrement marquée pour les structures les plus centrales, colliculo-thalamo-corticales– s'appuie sur les propriétés fonctionnelles respectives des différents relais et neurones constituant chaque « canal ».

* Les trois systèmes auditifs parallèles :

Les études expérimentales chez l'animal ont mis en évidence trois systèmes : un système auditif tonotopique (ou spécifique) –impliquant des structures tonotopiquement bien organisées–, qui se projette sur les aires auditives primaires ; un système auditif non tonotopique (ou diffus) –impliquant des structures dont l'organisation tonotopique est moins systématisée–, qui se projette sur les aires auditives secondaires ; et un système polymodal –impliquant des structures ayant une organisation polymodale–, qui se projette sur les aires associatives et polysensorielles.

Chez l'humain, l'organisation en parallèle des voies auditives afférentes n'est pas aussi ségrégée. Schématiquement, on oppose les voies auditives primaires et les voies auditives secondaires⁵.

⁵ On peut cependant faire une analogie entre les systèmes auditifs tonotopiques et non tonotopiques décrits chez l'animal et les voies auditives primaires « essentielle » et « de contrôle » décrites chez l'humain.

* Voies auditives primaires

(« spécifiques » ou lemniscales) :

Elles sont composées de deux voies distinctes.

(i) La voie « essentielle » –composée de gros neurones myélinisés– est une voie rapide⁶ qui se projette sur le cortex auditif primaire –via le NCV, le CIC et le CGMv. Son rôle est de transporter l'information auditive discriminative.

(ii) La voie « de contrôle » –composée de neurones de petit diamètre, myélinisés ou amyéliniques– est une voie plus lente, qui se projette sur le cortex auditif secondaire –via le NCD, le CID et le CGMd. L'information transportée est dépourvue de sélectivité fréquentielle.

* Voies auditives non primaires / secondaires

(« non spécifiques » ou extralemniscales) :

Les voies auditives non primaires sont composées de neurones intermédiaires qui se projettent sur le noyau cochléaire dorsal. Elles font ensuite relais dans la formation réticulée ascendante activatrice et dans le système thalamique diffus (NRT), avant de se projeter sur le cortex associatif et polysensoriel, où est intégré l'ensemble des messages sensoriels polymodaux.

Les voies auditives non primaires interviendraient dans les phénomènes comportementaux impliquant des stimuli auditifs, tels que la réaction d'éveil –via le locus coeruleus et le système réticulé ascendant activateur–, les réactions émotionnelles –via le cortex limbique– et les réactions végétatives –via l'hypothalamus.

⁶ La durée du trajet entre le nerf auditif et le cortex auditif primaire est inférieure à 20 millisecondes. Cette valeur est à comparer à la durée du trajet entre la base et l'apex de la cochlée, qui est d'environ 4 millisecondes.

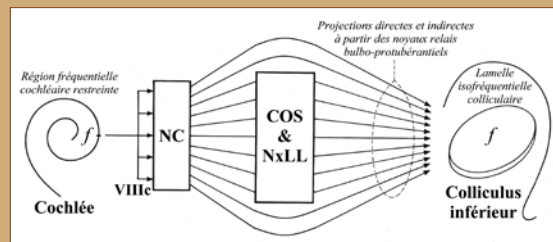


Figure 3. Organisation divergente et convergente des voies auditives ascendantes du tronc cérébral.

Chaque cellule ciliée interne fait synapse avec une dizaine de fibres auditives afférentes de type I, au niveau d'une région limitée de la partition cochléaire, correspondant à une fréquence précise (cochléotopie). Les axones de ces fibres sont connectés aux différents neurones du noyau cochléaire, qui se projettent soit directement, soit via d'autres noyaux relais auditifs sur le colliculus inférieur, au niveau d'une lamelle isofréquentielle du noyau central, codant pour la même fréquence. Au total, ces projections directes et indirectes se développent à partir d'une dizaine de noyaux relais bulbo-protubérantiels et impliquent une vingtaine de types cellulaires différents. Cette organisation bimodale permet une transformation et un enrichissement de l'information nerveuse auditive cheminant par les voies ascendantes (projections multiples et divergentes), tout en respectant la tonotopie (projections convergeant sur une lamelle colliculaire unique). COS : complexe olivaire supérieur ; f : fréquence du stimulus acoustique ; NC : noyau cochléaire ; NxLL : noyaux du lemniscus latéral ; VIlle : nerf cochléaire. (D'après Irvine, 1992)

Nous allons présenter dans ce chapitre les aires auditives cérébrales, qui sont le point d'arrivée des voies auditives ascendantes. À ce niveau, est réalisée l'intégration cognitive initiale de la stimulation acoustique, qui aboutit à la perception consciente de la sensation sonore.

L'utilisation de techniques d'électrophysiologie auditive et d'imagerie fonctionnelle cérébrale in vivo, couplée à des études cytoarchitectoniques et histochimiques réalisées sur des pièces autopsiques, a permis de préciser l'organisation microarchitecturale, macroarchitecturale et fonctionnelle du cortex auditif humain. Malgré les variations inter-espèces, ces résultats expérimentaux suggèrent une organisation similaire à celle décrite pour le singe (**Figure 4A**).

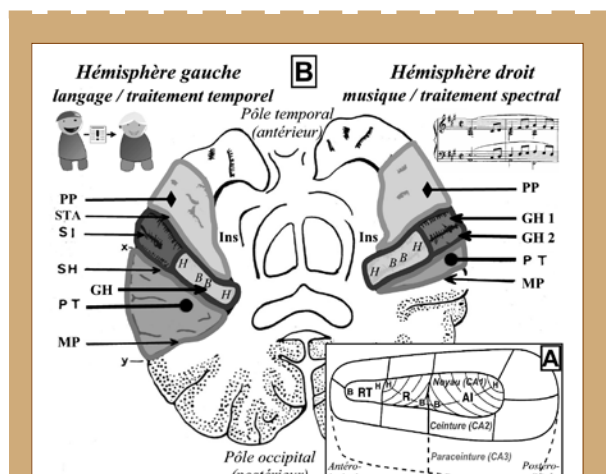


Figure 4. Organisation anatomo-fonctionnelle du cortex temporal auditif.

4A : Chez le primate non humain. Le cortex auditif du singe est organisé en trois zones : une zone centrale ("noyau" ou "core") –située au niveau du plan supratemporal–, qui correspond au cortex auditif primaire ; une zone adjacente ("ceinture" ou "belt") –entourant le "noyau" en une bande concentrique–, qui correspond au cortex auditif secondaire ; une zone périphérique ("paraceinture" ou "parabelt") –située latéralement, en périphérie des deux autres zones–, qui correspond au cortex auditif associatif. Le "noyau" présente une organisation tonotopique triple, avec trois cartes cochléotopiques réparties en miroir (les lignes courbes représentent les lignes d'isofréquence). (D'après Kaas et Hackett, 2000)

4B : Chez l'humain. Sur ce schéma d'une vue supérieure des lobes temporaux (après résection de la région supra-sylvienne), on peut voir que le cortex auditif primaire (partie postéro-médiale du gyrus de Heschl) présente au moins deux cartes tonotopiques en miroir. Par ailleurs, on remarque que le gyrus de Heschl est incomplètement dupliqué à gauche, alors qu'il est complètement dédoublé à droite. Concernant les aires auditives secondaires, le planum temporal est plus étendu à gauche qu'à droite. Cette asymétrie interhémisphérique anatomique des aires temporelles auditives est en rapport avec une spécialisation fonctionnelle de l'hémisphère gauche pour le traitement du langage. B : basses fréquences, GH : gyrus de Heschl, GH1 : gyrus transverse antérieur (ou hémigyris antérieur de Heschl), GH2 : gyrus transverse postérieur (ou hémigyris postérieur de Heschl), H : hautes fréquences, Ins : cortex insulaire, MP : marge postérieure du planum temporal, PP : planum polaire, PT : planum temporal, SH : sillon de Heschl, SI : sillon intermédiaire de Beck, STA : sillon transverse antérieur, x : bord antérieur du planum temporal, y : segment postérieur de la scissure de Sylvius. (D'après Geschwind et Levitsky, 1968 ; Upadhyay et coll., 2007 ; Einar Faanes, Wikimedia Commons 2006)

3.1. Organisation anatomique

Les aires corticales auditives sont situées au niveau du gyrus temporal supérieur –ou première circonvolution temporelle T1–, à la face supérieure du lobe temporal⁷ (voir pour revue : Kaas et Hackett, 2000 ; Musiek, 1986a, 1986b).

Organisation tripartite

Comme chez le singe, les aires auditives chez l'humain peuvent être schématiquement divisées en trois zones distinctes.

* Cortex auditif primaire (CA1)

L'aire auditive primaire de réception est localisée au niveau du (des) gyrus (gyri) temporal (temporaux) transverse(s) de Heschl –aire de Brodmann BA 41. Elle présente une importante variabilité interindividuelle, aussi bien pour son volume que pour sa position. Même s'il n'existe pas de repères macroanatomiques précis, le CA1 correspond dans la très grande majorité des cas à la jonction entre le premier tiers médial et le second tiers intermédiaire du gyrus de Heschl –ou du gyrus le plus antérieur, dans le cas d'un dédoublement– (**Figure 4B**). Comme les relais auditifs centraux, le CA1 présente une organisation tonotopique, qui justifie son surnom de « cochlée corticale » (**cf. Infra**).

* Cortex auditif secondaire (CA2)

Les aires auditives secondaires correspondent à l'aire BA 52 –située en avant du cortex auditif primaire, au niveau du planum polaire–, à l'aire BA 42 –située en arrière du CA1, au niveau du planum temporal– et à l'aire temporelle supérieure postéro-latérale.

* Cortex auditif associatif (CA3) et cortex temporal polymodal

Les aires auditives tertiaires correspondent à l'aire BA22 –partie du gyrus temporal supérieur entourant le cortex auditif primaire– et à l'insula antérieure. Les aires polymodales sont situées au niveau des régions antérieure et inféro-latérale du lobe temporal⁸ et comprennent le pôle temporal et les gyri temporaux moyen et inférieur.

* Connexions interhémisphériques

Deux principaux faisceaux commissuraux assurent les connexions interhémisphériques entre les aires auditives droites et gauches⁹ (Bamiou et coll., 2007). D'une part, la commissure blanche antérieure relie les deux régions temporelles antérieures. D'autre part, les voies auditives transcalleuses –via la partie moyenne et postérieure du corps calleux– relient les cortex auditifs droit et gauche.

Ces connexions seraient impliquées dans l'établissement des asymétries interhémisphériques (**cf. Infra**).

⁷ Le lobe temporal constitue probablement la structure corticale la plus complexe de l'encéphale. En effet, par sa situation au carrefour des autres lobes cérébraux, il est impliqué dans des processus sensoriels polymodaux –auditifs, olfactifs et visuels–, auxquels viennent s'ajouter des relations anatomo-fonctionnelles étroites avec l'insula et le système limbique –support de la mémoire et des émotions–, ainsi qu'un rôle essentiel dans la fonction du langage.

⁸ Le pôle temporal présente des connexions réciproques avec l'amygdale, l'hippocampe, le thalamus, l'insula et le néocortex du gyrus temporal supérieur. Sur le plan fonctionnel, il appartient au système limbique.

⁹ Ces connexions sont dites « homotypiques », par opposition aux connexions « hétérotypiques », qui assurent des liaisons interhémisphériques entre des aires différentes.



■ 3.2. Organisation fonctionnelle

L'organisation fonctionnelle du cortex auditif se développe en prolongement de celle des voies auditives ascendantes (voir pour revue : Hall et coll., 2003 ; Read et coll., 2002 ; Schreiner et Winer, 2007).

■ Architecture fonctionnelle du cortex auditif

* Organisation tonotopique

Le cortex auditif primaire présente une organisation tonotopique (ou cochléotopique), avec une représentation bilatérale –à prédominance controlatérale– des stimulations acoustiques. Classiquement, on décrit au niveau du gyrus de Heschl un gradient fréquentiel rostro-caudal croissant –basses fréquences représentées latéralement et hautes fréquences médialement. En fait, des études récentes ont montré qu'il existait à ce niveau au moins deux cartes tonotopiques, placées en miroir l'une de l'autre (Figure 4B).

Par ailleurs, pour une fréquence –ou une bande fréquentielle donnée–, l'amplitude des réponses est plus importante dans l'hémisphère controlatéral à l'oreille stimulée, ce qui illustre la prépondérance des voies auditives ascendantes croisées.

* Organisation modulaire multidimensionnelle

Au-delà de la représentation fréquentielle, il existe une organisation modulaire multidimensionnelle du cortex auditif. Cette organisation se développe à partir de colonnes radiales –disposées sur l'ensemble des six couches du koniocortex¹⁰. Au sein du cortex auditif, il existe plusieurs types de colonnes fonctionnelles (ou modules), répondant chacun à une dimension acoustique particulière du stimulus auditif : la fréquence¹¹, l'intensité, la modulation de fréquence, la binauralité. Pour les sons complexes, l'intégration spectrale se fait au niveau de régions répondant spécifiquement à des stimuli à large bande ou à des stimuli à bande étroite. Enfin, des phénomènes de convergence et d'inhibition latérale entre colonnes voisines permettent d'extraire l'information pertinente du bruit de fond.

■ Voies de traitement de l'information auditive

Comme pour les voies auditives ascendantes, on décrit deux types de traitement.

* Traitement hiérarchique et connectivité intracorticale

L'organisation architecturale du cortex auditif (cf. Supra) est en faveur d'un traitement séquentiel et hiérarchisé de l'information auditive¹². En effet, il existe une correspondance entre les caractéristiques cytoarchitectoniques des différentes aires auditives et leur niveau hiérarchique respectif pour la perception auditive. D'un côté, le cortex auditif primaire est dévolu au traitement analytique élémentaire du stimulus auditif –avec une activation préférentielle par les sons purs et les variations temporelles du stimulus.

De l'autre, les aires secondaires unimodales –qui répondent plutôt aux sons complexes et aux variations spectrales– et les aires tertiaires multimodales sont les supports de fonctions plus complexes

et plus synthétiques, telles que le langage¹³, l'attention sélective et la mémoire auditive. Par ailleurs, la présence d'une connectivité bidirectionnelle¹⁴ –antérograde et rétrograde– suggère qu'il existe au sein même du cortex auditif des mécanismes de rétroaction susceptibles de moduler le traitement initial du stimulus auditif. Enfin, il faut remarquer que cette organisation hiérarchique en trois niveaux de traitement se retrouve également dans les connexions interhémisphériques transcalleuses, chaque niveau cortical étant en relation avec son homologue controlatéral.

* Traitement parallèle et projections corticales extratemporelles

La division du système cortical auditif en deux « courants » distincts de traitement, empruntant deux voies parallèles, a clairement été identifiée chez l'animal. Plus récemment, cette organisation a pu être objectivée chez l'humain grâce à l'imagerie cérébrale fonctionnelle (Alain et coll., 2001). Il a ainsi été montré une dichotomie entre :

- (i) un « courant ventral », pour l'identification de la hauteur tonale (voie du « what »), impliquant le cortex auditif primaire et le gyrus frontal inférieur ;
- (ii) un « courant dorsal », pour la localisation spatiale (voie du « where »), impliquant le cortex temporal postérieur, le lobule pariétal supérieur et le gyrus frontal supérieur.

■ 3.3. Asymétries interhémisphériques

Comme pour le fonctionnement cognitif général¹⁵, il existe une spécialisation hémisphérique pour la perception auditive. Cette asymétrie interhémisphérique fonctionnelle est en rapport avec des asymétries interhémisphériques anatomiques constatées au niveau des aires auditives¹⁶ (cf. Figure 4B).

■ Asymétrie anatomique

Indépendamment de la latéralisation manuelle, une asymétrie interhémisphérique entre les cortex auditifs droit et gauche a été décrite. Pour le gyrus de Heschl, la duplication en deux gyri temporaux transverses –antérieur et postérieur– est plus fréquente du côté droit. Pour le planum temporale, il est habituellement plus étendu du côté gauche. Globalement, cela correspond à un cortex auditif gauche plus volumineux. De même, il existe une asymétrie pour la substance blanche à destination du cortex auditif, avec un volume plus important à gauche qu'à droite.

■ Spécialisation fonctionnelle

Ces asymétries morphologiques pourraient être le substratum anatomique des différences interhémisphériques de spécialisation fonctionnelle. En effet, il a été montré :

¹⁰ Il s'agit de l'isocortex granulaire, qui correspond au cortex auditif primaire et secondaire (BA 41 et 42) (cf. Galaburda et Sanides, 1980).

¹¹ Pour la fréquence, il s'agit de colonnes d'isofréquence.

¹² La répartition spatio-temporelle des réponses évoquées auditives corticales montre que les aires auditives sont organisées hiérarchiquement le long du gyrus de Heschl et au niveau du plan supratemporal, selon un gradient médio-latéral et postéro-antérieur : cortex auditifs primaire (BA 41), secondaire (BA 42 et BA 52) et tertiaire (BA 22).

¹³ Le traitement des sons verbaux implique notamment le planum temporale et la partie postérieure de l'aire BA 22 gauches, qui correspondent à l'aire postérieure réceptrice du langage –ou aire de Wernicke.

¹⁴ Les connexions intracorticales du cortex auditif représentent plus de 80 % de ses afférences.

¹⁵ Sur le plan cognitif, l'hémisphère droit est le support d'un traitement plutôt holistique (ou synthétique), alors que l'hémisphère gauche est le support d'un traitement plutôt analytique.

¹⁶ Nous renvoyons le lecteur à l'article de Lazard et collaborateurs (dans ce numéro) pour une présentation plus détaillée des asymétries interhémisphériques auditives.

- (i) une spécialisation hémisphérique droite pour le traitement spectral des stimuli auditifs et pour la discrimination de hauteur tonale, à la base du traitement mélodique et de la perception de la musique ;
- (ii) une spécialisation hémisphérique gauche pour le traitement temporel des stimuli auditifs et pour la discrimination phonétique, à la base du traitement de la parole et de la perception du langage.

Plus récemment, une dichotomie fonctionnelle pour la perception de la parole a également été rapportée, avec :

- (i) une dominance du cortex auditif droit pour le traitement des variations acoustiques lentes, telles que les contours d'intonation et la prosodie ;
- (ii) une dominance du cortex auditif gauche pour le traitement des variations acoustiques rapides, telles que les transitions formantiques (Boemio et coll., 2005).

4

Voies auditives efférentes / descendantes

Le système auditif corticofuge descendant et les voies auditives efférentes se présentent globalement comme une image en miroir des voies auditives ascendantes.

4.1. Organisation anatomo-fonctionnelle des voies cortico-mésencéphaloprotubérantielles

Les voies auditives descendantes sont composées de trois projections principales : (i) du cortex auditif sur le corps géniculé médial et sur le colliculus inférieur ; (ii) du colliculus inférieur sur le complexe olivaire supérieur et sur le noyau cochléaire ; et (iii) du complexe olivaire supérieur sur la cochlée (cf. Figure 5) (voir pour revue : Huffman et Henson, 1990 ; Musiek, 1986b ; Winer, 2006). D'une manière générale, ces voies descendantes respectent la ségrégation anatomo-fonctionnelle en canaux parallèles, décrites pour les voies ascendantes (Rouiller, 1997) (cf. Supra).

Voies cortico-thalamo-colliculaires

Les projections cortico-thalamiques –plutôt lemniscales– et cortico-colliculaires –plutôt non lemniscales– sont essentiellement ipsilatérales. Elles sont parmi les plus importantes projections corticofuges du système nerveux central, au même titre que les projections cortico-spinales. Des projections thalamo-colliculaires ont également été décrites.

Sur le plan fonctionnel, les voies corticofuges s'intègrent dans des boucles de rétroaction cortico-thalamique et cortico-colliculaire pouvant moduler le fonctionnement du CGM et du CI. Elles auraient notamment un rôle de filtre adaptatif, fonction du niveau d'activation corticale.

Voies colliculo-olivaires et colliculo-nucléocochléaires

Les projections colliculo-olivaires sont essentiellement ipsilatérales. Elles font notamment synapse avec les neurones du système efférent olivocochléaire médian. Les projections colliculo-nucléocochléaires –du colliculus inférieur sur le noyau cochléaire– sont quant à elles bilatérales, mais impliquent des populations neuronales distinctes.

Sur le plan fonctionnel, les voies colliculofuges ont donc non seulement une action directe sur les premiers relais auditifs du tronc cérébral, mais contribuent aussi à la modulation du message auditif périphérique par l'intermédiaire du système efférent olivocochléaire médian (cf. **Infra**).

À noter qu'il existe également des projections directes cortico-olivaires et cortico-nucléocochléaires, suggérant un rétrocontrôle rapide et précoce de l'influx auditif afférent par le cortex auditif.

4.2. Organisation anatomo-fonctionnelle du système efférent olivocochléaire

Le système efférent olivocochléaire (SEOC) relie le complexe olivaire supérieur (COS) à la cochlée et l'organe de Corti. Il est le principal relais-effecteur final des voies auditives descendantes (voir pour une revue récente : Guinan, 2006).

Organisation anatomique

On distingue deux sous-systèmes :

* SEOC médian

Les fibres efférentes médianes –ou faisceau olivocochléaire (FOC) de Rasmussen–, représentent 50 à 65 % des projections efférentes chez l'humain. Elles ont pour origine la région périolivaire médiane et le noyau médian du corps trapézoïde, et cheminent dans le nerf vestibulaire. Elles sont connectées directement aux cellules ciliées externes de l'organe de Corti, par des synapses dont le neuromédiateur est l'acétylcholine. Environ 70 % des projections sont contralatérales –FOC croisé–, 25 % restent ipsilatérales –FOC direct– et 5 % sont bilatérales (cf. **Figure 5, partie encadrée**).

* SEOC latéral

Les fibres efférentes latérales représentent de 35 à 50 % des projections efférentes chez l'homme. Elles ont pour origine l'olive supérieure latérale. Elles sont connectées indirectement aux cellules ciliées internes de l'organe de Corti, par l'intermédiaire de synapses avec les fibres afférentes de type I. Les neurotransmetteurs sont multiples : acétylcholine, GABA, dopamine, enképhaline, sérotonine. Ces projections ont une distribution majoritairement ipsilatérale – pour 90 % des fibres.

Propriétés physiologiques

* Propriétés communes

Une des principales caractéristiques des fibres efférentes olivocochléaires est qu'elles sont activées par des stimulations acoustiques aussi diverses que bruits, clics, bouffées tonales ou sons purs modulés en amplitude. Il existe deux classes fonctionnelles de fibres olivocochléaires : (i) les fibres monaurales, répondant à des stimulations présentées d'un seul côté ; et (ii) les fibres binaurales, répondant à des stimulations présentées des deux côtés. Globalement, deux-tiers des fibres efférentes répondent à des stimulations acoustiques ipsilatérales et un tiers répond à des stimulations contralatérales. Par ailleurs, les projections efférentes respectent une organisation tonotopique le long de la partition cochléaire¹⁷, mais avec des courbes d'accord plus larges que sur le versant afférent.

¹⁷ La projection des fibres croisées sur la cochlée prédomine au niveau basal pour le SEOC médian et au niveau apical pour le SEOC latéral.



* SEOC médian

Les effets de l'activation du SEOC médian sur la périphérie auditive sont essentiellement de type inhibiteur, par une action sur la motilité des cellules ciliées externes. En modulant les mécanismes cochléaires actifs, cette action se répercute sur la transduction auditive –avec une diminution du gain cochléaire– et sur le message afférent.

Ainsi, le SEOC médian s'intègre dans des boucles de rétrocontrôle et d'interaction binaurale¹⁸, permettant à chaque cochlée de moduler l'activité de l'autre cochlée (cf. Figure 5, partie encadrée).

Un point intéressant est que cette activité modulatrice peut être explorée de manière non-invasive chez l'humain, grâce à une procédure « acoustico-physiologique » de suppression des otoémissions acoustiques¹⁹ (voir pour revue : Moulin et Collet, 1996) :

(i) la suppression controlatérale –utilisant un son supprimeur controlatéral– induit une diminution d'amplitude des otoémissions acoustiques enregistrées dans l'oreille opposée, par action du FOC médian direct (Collet et coll., 1990) ;

(ii) la suppression ipsilatérale –utilisant un son supprimeur ipsilatéral– induit une diminution d'amplitude des otoémissions acoustiques enregistrées dans la même oreille, par action du FOC médian croisé.

En comparant l'effet de stimuli acoustiques bilatéraux, ipsilatéraux ou controlatéraux sur les otoémissions acoustiques, Philibert et collaborateurs (1998) ont montré qu'il existait une asymétrie fonctionnelle du SEOC médian, avec un effet inhibiteur plus marqué dans l'oreille droite pour la voie directe et dans l'oreille gauche pour la voie croisée²⁰.

* SEOC latéral

Ses modalités de fonctionnement sont moins bien connues, notamment chez l'humain où son exploration est impossible. Il semblerait que le SEOC latéral exerce une activité tonique modulatrice –activateur ou inhibitrice– sur le fonctionnement des fibres auditives afférentes.

Rôle fonctionnel du système efférent olivocochléaire

* SEOC médian

Divers résultats expérimentaux –obtenus aussi bien chez l'animal que chez l'humain– suggèrent une implication du SEOC médian dans les fonctions suivantes :

(i) la protection de l'oreille interne contre les surstimulations auditives, avec une réduction de l'élévation temporaire des seuils auditifs –lors de stimulations prolongées– et une moindre fatigabilité auditive ;

(ii) l'audition en milieu bruyé (notamment pour l'intelligibilité de la parole dans le bruit), grâce à un mécanisme de démasquage et de décompression de la dynamique, permettant d'améliorer le rapport signal / bruit et de restaurer une fonction « entrée-sortie » normale ;

(iii) l'attention sélective auditive, en tant que substrat anatomofonctionnel de mécanismes périphériques de filtrage attentionnel des informations auditives.

¹⁸ Également nommée interaction réciproque cochléaire.

¹⁹ Les otoémissions acoustiques sont un reflet de l'activité électromotile des cellules ciliées externes et des mécanismes cochléaires actifs.

²⁰ Globalement, cette asymétrie périphérique auditive suggère une plus grande efficacité du COS médian droit, potentiellement en lien avec l'asymétrie auditive centrale (Khalifa et Collet, 1996).

* SEOC latéral

Ses capacités de régulation bivalente de l'activité des fibres auditives afférentes seraient impliquées à la fois dans un mécanisme de facilitation –en condition normale– et de protection de l'oreille interne contre l'excitotoxicité glutamatergique –en cas de surstimulation auditive. Par ailleurs, une étude récente réalisée chez la souris suggère une implication du SEOC latéral dans la localisation spatiale sonore, grâce à un ajustement binaural du gain auditif (Darrow et coll., 2006).

4.3. Rôle du système auditif descendant dans la perception auditive

L'organisation anatomo-fonctionnelle décrite précédemment suggère que les voies auditives descendantes présentent un double rôle : d'une part, dans la modulation du message auditif ascendant ; d'autre part, dans les mécanismes de plasticité auditive (voir pour revue : Guinan, 2006 ; Suga, 2008 ; Winer, 2006).

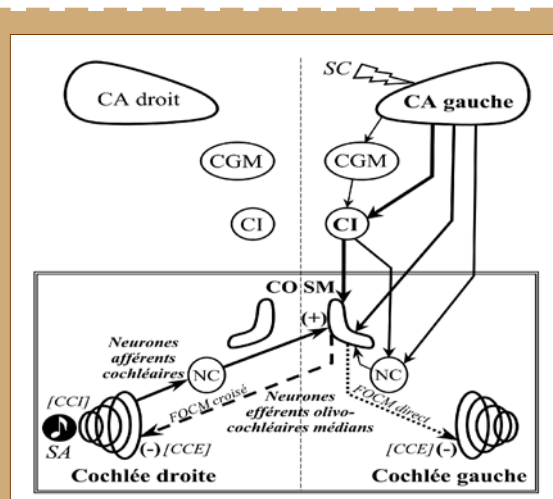


Figure 5. Organisation anatomique des voies auditives cortico-fuges descendantes et du système efférent olivocochléaire médian.

Les voies auditives cortico-fuges descendantes s'organisent en miroir des voies auditives ascendantes (par souci de clarté, seules les projections ipsilatérales ont été représentées). Ce système descendant peut être activé par une « stimulation corticale » (SC, schématisée par un éclair), que ce soit une stimulation cognitive (attention sélective auditive, par exemple), une stimulation électrique intracérébrale (comme chez les patients épileptiques au cours de la stéréo-électroencéphalographie) ou une stimulation magnétique transcrânienne (chez les sujets sains). L'épaisseur des traits correspond à l'importance fonctionnelle relative de chaque voie. La partie distale, représentée par le système efférent olivocochléaire médian, est en relation avec la périphérie auditive (partie encadrée du schéma). Ce système peut être activé par une stimulation auditive (SA, schématisée par une note de musique), permettant à chaque cochlée de moduler le fonctionnement de la cochlée controlatérale (interaction réciproque cochléaire). Les flèches en pointillées illustrent cette action inhibitrice des voies olivocochléaires médianes sur les CCE et les mécanismes cochléaires actifs. CA : cortex auditif, CCE : cellules ciliées externes, CCI : cellules ciliées internes, CGM : corps géniculé médial, CI : colliculus inférieur, COSM : complexe olivaire supérieur médian, FOCM : faisceau olivocochléaire médian, NC : noyau cochléaire. (D'après Perrot, 2003)

■ Modulation du message auditif ascendant

La modulation du message afférent fait intervenir deux voies d'action distinctes.

* **Des « voies courtes »** –basées sur les connexions réciproques– permettent une interaction directe entre un relais donné et la structure sous-jacente qui l'afférente.

* **Des « voies longues »** –représentées par les projections cortico-olivocochléaires et cortico-nucléocochléaires– permettent un rétrocontrôle rapide des aires corticales auditives sur la périphérie auditive :

(i) d'une part, sur le fonctionnement cochléaire, via l'activité suppressive du SEOC médian sur les mécanismes cochléaires actifs (Perrot et coll., 2006 ; Xiao et Suga, 2002).

(ii) d'autre part, sur l'origine du message auditif afférent –via l'activité modulatrice du SEOC latéral– ou sur le tout premier relais central (Huffman et Henson, 1990).

Un point important est que ce rétrocontrôle corticofuge serait réalisé en fonction des représentations cognitivo-perceptives activées au niveau cérébral –notamment, pour la modulation des phénomènes d'orientation attentionnelle²¹.

■ Implication dans la plasticité auditive

L'action du système auditif descendant est susceptible de modifier l'organisation des champs récepteurs auditifs. Là encore, on peut schématiquement décrire deux types de plasticité.

* **Une plasticité directe** –impliquant les voies courtes– modifierait des propriétés fonctionnelles, telles que la fréquence caractéristique ou le gain neuronal, au niveau des structures auditives²².

* **Une plasticité indirecte** –impliquant les voies longues– agirait par le biais d'une modification du message auditif afférent, se répercutant ensuite sur les relais sus-jacents.

Par son action bimodale, le système auditif descendant permettrait non seulement, un ajustement « en temps réel » du message auditif ascendant, mais également, une amélioration des capacités de traitement et de perception des stimuli auditifs²³.

5

Conclusion

Le système auditif central présente une organisation complexe, s'articulant autour d'une double relation : d'une part, entre structure anatomique et fonction perceptive ; d'autre part, entre cognition et perception.

Sur le versant ascendant, la redondance des voies auditives ascendantes –alternant divergence et convergence– est complétée par une ségrégation anatomo-fonctionnelle du message nerveux afférent. Ces caractéristiques permettent un traitement à la fois en série et en parallèle des stimulations acoustiques.

Sur le versant descendant, le système auditif corticofuge descendant –dont la fonctionnalité a récemment été objectivée chez l'hu-

²¹ Chez l'humain, l'influence corticofuge modulatrice serait à l'origine de l'asymétrie fonctionnelle du SEOCM (cf. Supra).

²² Cela a notamment été montré chez la chauve-souris, au niveau des cartes tonotopiques du cortex, du thalamus et du colliculus inférieur (Suga, 2008).

²³ Chez l'humain, ce phénomène de plasticité auditive « corticofuge-dépendante » a notamment été évoqué chez les musiciens professionnels, pour expliquer leur plus grande activité éfférente suppressive (Perrot et coll., 1999).

main– exerce un rétrocontrôle modulateur qui va jusqu'à la cochlée. Cette capacité permettrait au cerveau d'ajuster le fonctionnement du système auditif ascendant en fonction du contexte, afin d'améliorer la perception du message auditif afférent.

Même s'il reste encore beaucoup de données à préciser –par exemple, concernant les conséquences perceptives de l'activité corticofuge modulatrice–, le développement des techniques d'exploration fonctionnelle audiolinguistique et otoneurologique a permis d'étendre nos connaissances sur l'audition humaine. Ces connaissances, même incomplètes, sont la base indispensable à la compréhension des troubles centraux de l'audition.

6

Bibliographie

1. Alain C, Arnott SR, Hevenor S, Graham S, Grady CL. "What" and "where" in the human auditory system. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2001, 98 : 12301-12306. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.pnas.org/content/98/21/12301.long>
2. Bamio DE, Sisodiya S, Musiek FE, Luxon LM. The role of the interhemispheric pathway in hearing. *Brain Res Rev* 2007, 56(1): 170-182.
3. Biacabe B, Mom T, Avan P et Bonfils P. Anatomie fonctionnelle des voies auditives. *Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Oto-rhinolaryngologie*, 20-022-A-10, 1999, 7 p.
4. Boemio A, Fromm S, Braun A, Poeppel D. Hierarchical and asymmetric temporal sensitivity in human auditory cortices. *Nat Neurosci* 2005, 8(3) : 389-395.
5. Collet L, Kemp DT, Veuille E, Duclaux R, Moulin A, Morgon A. Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micro-mechanical properties in human subjects. *Hear Res* 1990, 43(2-3) : 251-261.
6. Darrow KN, Maison SF, Liberman MC. Cochlear efferent feedback balances interaural sensitivity. *Nat Neurosci* 2006, 9(12) : 1474- 1476.
7. Ehret G, Romand R. *The Central Auditory System*. New York : Oxford University Press, 1997, 416 pages.
8. Ehret G. The auditory midbrain, a "shunting yard" of acoustical information processing. In : Ehret G, Romand R (Eds.), *The Central Auditory System*. New York : Oxford University Press, 1997 : 259-316.
9. Galaburda A, Sanides F. Cytoarchitectonic organisation of the human auditory cortex. *J Comp Neurol* 1980, 190 : 597-610.
10. Galaburda AM. Le rôle du thalamus dans la latéralisation auditive: études anatomiques. *Rev Neurol (Paris)* 1986, 142 : 441-444.
11. Geschwind N, Levitsky W. Human brain: Left-right asymmetries in temporal speech region. *Science* 1968, 161 : 186-187.
12. Griffiths TD, Rees A, Green GGR. Disorders of human complex sound processing. *Neurocase* 1999, 5 : 365-378.
13. Guinan JJ Jr. Olivocochlear efferents: anatomy, physiology, function, and the measurement of efferent effects in humans. *Ear Hear* 2006, 27(6) : 589-607.
14. Hall DA, Hart HC, Johnsrude IS. Relationships between human auditory cortical structure and function. *Audiol Neurootol* 2003, 8(1) : 1-18.
15. Huffman RF, Henson OW. The descending auditory pathway and acousticmotor systems: connections with the inferior colliculus. *Brain Res Rev* 1990, 15 : 295-323.
16. Irvine DRF. Physiology of the auditory brainstem. In : Popper AN, Fay RR (Eds.), *The Mammalian Auditory Pathway : Neurophysiology*, Springer Handbook of Auditory Research, Vol. 2. New York : Springer-Verlag, 1992 : 153-231.
17. Kaas J, Hackett TA. Subdivisions of auditory cortex and processing streams in primates. *Proc Natl Acad Sci USA* 2000, 97 : 11793-11799. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.pnas.org/content/97/22/11793.long>



18. Khalfa S, Collet L. Functional asymmetry of medial olivocochlear system in humans. Towards a peripheral auditory lateralization. *Neuroreport* 1996, 7(5) : 993-996.
19. Lazard DS, Collette JL, Sterkers O, Perrot X. Conséquence et implications de l'asymétrie périphérique et hémisphérique du système auditif dans le traitement du langage. *Les Cahiers de l'Audition* 2010, 6 : 18-21.
20. Moulin A, Collet L. Les otoémissions acoustiques en exploration fonctionnelle. Collection "Explorations fonctionnelles humaines". Cachan : Technique et Documentation / Éditions Médicales Internationales, 1996, 157 pages.
21. Musiek FE, Baran JA. Neuroanatomy, neurophysiology, and central auditory assessment. Part I: Brain stem. *Ear Hear* 1986, 7(4) : 207-219.
22. Musiek FE, Baran JA. *The Auditory System: Anatomy, Physiology, and Clinical Correlates*. Boston, MA : Allyn & Bacon, 2006, 368 pages.
23. Musiek FE. Neuroanatomy, neurophysiology, and central auditory assessment. Part II: The cerebrum. *Ear Hear* 1986a, 7(5) : 283-294. Erratum in: *Ear Hear* 1986, 7(6) : 358.
24. Musiek FE. Neuroanatomy, neurophysiology, and central auditory assessment. Part III: Corpus callosum and efferent pathways. *Ear Hear* 1986b, 7(6) : 349-358.
25. Nouvian R, Malinvaud D, Van den Abbeele T, Puel J-L, Bonfils P, Avan P. Physiologie de l'audition. *Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Otorhinolaryngologie*, 20-030-A-10, 2006, 14 p.
26. Perrot X, Micheyl C, Khalfa S, Collet L. Stronger bilateral efferent influences on cochlear biomechanical activity in musicians than in non-musicians. *Neurosci Lett* 1999, 262 : 167-170.
27. Perrot X, Ryvlin P, Isnard J, Guénot M, Catenoix H, Fischer C, Mauguière F, Collet L. Evidence for corticofugal modulation of peripheral auditory activity in humans. *Cereb Cortex* 2006, 16(7) : 941-948.
28. Perrot X. *Cortex auditif et système éfférent olivocochléaire médian : influence d'une stimulation électrique corticale sur les otoémissions acoustiques et leur atténuation controlatérale*. [Thèse de Doctorat en Médecine, Directeur : L. Collet]. Lyon : Université Claude Bernard-Lyon 1, N° 206-2003, 275 f.
29. Philibert B, Veuillet E, Collet L. Functional asymmetries of crossed and uncrossed medial olivocochlear efferent pathways in humans. *Neurosci Lett* 1998, 253(2) : 99-102.
30. Pollak GD, Burger RM, Klug A. Dissecting the circuitry of the auditory system. *Trends Neurosci* 2003, 26 : 33-39.
31. Read HL, Winer JA, Schreiner CE. Functional architecture of auditory cortex. *Curr Opin Neurobiol* 2002, 12 : 433-440.
32. Romand R. *Le système auditif central - Anatomie et physiologie*. Série audition. Paris : Inserm/SFA éditions, 1992, 246 pages.
33. Rouiller EM. Functional organization of the auditory pathways. In : Ehret G., Romand R., eds. *The central auditory system*. New York : Oxford University Press, 1997 : 3-96.
34. Rouiller EM. Revue des propriétés de réponse des neurones des voies auditives chez le chat, du nerf cochléaire au cortex cérébral : Évidences anatomiques et fonctionnelles en faveur d'un traitement de l'information acoustique parallèle et hiérarchique. *J Phys IV France* 1992, 2(C1) : C1-189-C1-196. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/25/12/09/PDF/ajp-jp4199202C138.pdf>
35. Schreiner CE, Winer JA. Auditory cortex mapping: principles, projections, and plasticity. *Neuron* 2007, 56(2) : 356-365. Disponible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2412907/>
36. Simon E, Perrot X, Mertens P. Anatomie fonctionnelle du nerf cochléaire et du système auditif central. *Neurochirurgie* 2009, 55(2) : 120-126.
37. Suga N. Role of corticofugal feedback in hearing. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol* 2008, 194(2) : 169-183.
38. Upadhyay J, Ducros M, Knaus TA, Lindgren KA, Silver A, Tager-Flusberg H, Kim DS. Function and connectivity in human primary auditory cortex: a combined fMRI and DTI study at 3 Tesla. *Cereb Cortex* 2007, 17(10) : 2420-2432.
39. Vergnon L, Aubel D, Lacombe-Scozzaro MC, Langumier JF. L'audition dans le chaos. Paris : Masson, 2008, 464 pages. 40. Winer JA, Schreiner CE. *The central auditory system: a functional analysis – Chapter 1*. In: Winer JA, Schreiner CE (Eds.), *The inferior colliculus*. New York : Springer, 2005 : 1-68.
41. Winer JA. Decoding the auditory corticofugal systems. *Hear Res* 2006, 212(1-2) : 1-8.
42. Xiao Z, Suga N. Modulation of cochlear hair cells by the auditory cortex in the mustached bat. *Nat Neurosci* 2002, 5(1) : 57-63.



Trouble du traitement de l'audition et neuropathie auditive / Désynchronisation auditive diagnostic différentiel

Thierry MORLET

Center for Pediatric
Audiology and Speech
Sciences

A.I. DuPont Hospital
for Children
Wilmington,
DE – USA

Bien que représentant deux dysfonctionnements auditifs cliniquement distincts, certaines manifestations de la Neuropathie Auditive / Désynchronisation Auditive (NA/DA) et du Trouble du Traitement de l'Audition (TTA) peuvent être similaires chez l'enfant.

Ce chapitre présente les principales caractéristiques cliniques et manifestations comportementales de ces deux entités ainsi que deux mécanismes actuellement à l'étude dans la recherche sur les TTA, l'anormalité des asymétries hémisphériques et des voies auditives efférentes.

1

Les troubles du traitement de l'audition

Définition

Il est estimé qu'environ 5% des enfants en âge scolaire sont atteints d'un Trouble du Traitement de l'Audition (TTA) (Musiek et coll., 1990). Un TTA se définit, de manière générale, comme un trouble du traitement de l'information spécifique à la modalité auditive, et ce malgré un audiogramme tonal normal résultant en une incapacité à analyser correctement et à traiter les sons entendus (Jerger and Musiek, 2000). Les traitements auditifs correspondent aux mécanismes neurologiques responsables des fonctions suivantes : les différentes formes d'interaction binaurale telles que la localisation, la latéralisation et la fusion binaurale ; la discrimination phonémique ; la reconnaissance des formes temporelles de l'audition comme la détection des variations de fréquence, d'amplitude et de durée ; la détection des intervalles de temps séparant deux stimulations ; l'effet de masquage temporel ; l'intégration temporelle ; les performances auditives en présence de signaux acoustiques présentés en compétition ou de manière dégradée (ASHA, 1996). Un TTA est un déficit d'une ou plusieurs de ces fonctions, considérées comme spécifiques de l'audition. Des symptômes comparables peuvent néanmoins se manifester à l'occasion de troubles non spécifiques qui sont susceptibles d'affecter la globalité des performances. C'est pourquoi il est important, lors de l'évaluation des TTA, de prendre en compte les facultés intellectuelles, les processus cognitifs supérieurs, le degré d'immersion linguistique, les facultés de mnésiques, attentionnelles et la motivation. Les TTA peuvent aussi être associés à d'autres troubles d'apprentissage tels que des troubles spécifiques du langage oral ou écrit, la dyslexie ainsi qu'à la présence d'atteintes neurologiques dans certains cas (comme des tumeurs cérébrales), un retard du développement des voies auditives centrales et des désordres développementaux (Bamiou et coll., 2001).

Les TTA provoquent fréquemment des troubles de développement du langage et de la parole chez l'enfant, ainsi que des troubles d'apprentissage.

Leur étiologie est le plus souvent inconnue, leur diagnostic est complexe et n'est souvent réalisé que lorsque les difficultés d'apprentissage sont déjà bien établies et que le développement de l'enfant est déjà perturbé depuis plusieurs années. La réhabilitation des TTA reste délicate en l'absence de données concrètes quant à leurs origines. Il a été longtemps supposé que l'origine principale des TTA se situe au niveau du système auditif central. Ainsi qu'il est détaillé ci-après, de récents travaux suggèrent néanmoins qu'un trouble éventuel du traitement de l'information auditive au niveau du système auditif périphérique ne peut être totalement exclu. C'est pour cette raison que les TTA précédemment nommés « troubles centraux du traitement de l'audition » ont été renommés TTA, de manière à ne pas exclure de cette définition un potentiel problème périphérique (Jerger et Musiek, 2000).

Présentation clinique

La majorité des enfants atteints de TTA sont considérés normo-entendants, sur la base de tests audiométriques standards qui incluent la détection de sons purs de longue durée (comparée aux sons du langage) émis les uns après les autres dans un environnement dénué de bruit de fond (une chambre sourde). Cette méthode de test de l'audition est toutefois très différente de ce que doit accomplir un enfant lorsqu'il doit traiter très rapidement des sons complexes, comme les sons de langage perçus dans un environnement qui est bruyant la majeure partie du temps. Dans la pratique, l'évaluation instrumentale de l'audition se limite aux fonctions de transmission et de perception assurées par la périphérie auditive dans des conditions définies qui ne représentent pas nécessairement les conditions d'écoute dans un environnement naturel.

C'est ainsi que la réponse des enfants atteints de TTA aux tests audiométriques standards ne révèle pas obligatoirement d'anomalies spécifiques. Des anomalies apparaissent toutefois dès que l'environnement dans lequel les enfants sont testés devient plus complexe.

Ainsi, la caractéristique commune à la plupart des enfants atteints de TTA est leur incapacité à percevoir et traiter l'information auditive pertinente en présence d'autres interlocuteurs et/ou de bruit de fond (Bamiou et coll., 2001; Bellis, 1996 ; Chermak et coll., 1999; Chermak, 2002; Muchnik et coll., 2004).

2

Neuropathie Auditive

Présentation clinique

La neuropathie auditive/désynchronisation auditive (NA/DA) se caractérise par une fonction normale des cellules ciliées externes (CCE) objectivée par la présence d'otoémissions



acoustiques (OEA) et/ou mieux du potentiel microphonique cochléaire (PMC), accompagnée de réponses anormales du nerf auditif et du tronc cérébral objectivées par l'absence ou la perturbation des potentiels évoqués auditifs précoces (PEAP ; Berlin et coll., 1998).

Malgré la grande similarité des réponses physiologiques obtenues par les tests habituellement utilisés en clinique, les conséquences au niveau des capacités de communication sont très variables (e.g., Berlin et coll., 2010 ; Starr et coll., 2000).

Présentation clinique

La présentation clinique de la NA/DA inclut dans la plupart des cas des difficultés d'écoute dans le bruit. Elle peut inclure une fluctuation de l'audition au cours du temps

Dans le cas des enfants, elle s'accompagne très souvent de retard ou de perturbation du développement du langage et de la parole. La NA/DA peut ou non être associée à des problèmes d'autres systèmes nerveux que le système auditif. De manière typique, les patients atteints de NA/DA présentent des problèmes de traitement temporel de l'information (Zeng et coll., 1999), ce qui suggère une synchronisation neuronale perturbée.

Les critères cliniques qui définissent le mieux les patients atteints de NA/DA sont les mesures physiologiques qui testent les cellules ciliées de la cochlée et la fonction nerveuse périphérique.

La normalité du fonctionnement des cellules ciliées externes est attestée par la présence des OEA et du PMC. Les tests cliniques qui sont en faveur d'un dysfonctionnement du nerf cochléaire sont le réflexe stapédien, les PEAP, la différence du niveau de masquage, la fonction du système efférent olivocochleaire médian (mesurée par la suppression des OEA) et dans une moindre mesure, la reconnaissance verbale de mots en présence d'un son ou d'un message délivré par un stimulus ipsilatéral.

De toutes ces mesures, la combinaison OEA-PEAP permet d'obtenir des informations précieuses sur les fonctions pré-neurales et neurales du système auditif et constitue sans doute la combinaison de tests la plus spécifique.

Les seuils sur l'audiogramme tonal des patients atteints de NA/DA varient de normaux à surdité profonde (e.g., Berlin et coll., 1993, 1994; Gorga et coll., 1995; Kaga et coll., 1996; Starr et coll., 1991, 1996, 2000).

Les performances de reconnaissance de la parole sont très variables et souvent plus mauvaises qu'attendues, particulièrement dans le bruit (Hood et coll., 2004; Starr et coll., 1996). La différence de niveau de masquage est souvent absente, ce qui corrobore les difficultés au niveau du traitement temporel et de la phase de l'information acoustique.

3

Similarités de présentation entre NA/DA et TTA

Symptômes comportementaux

Il est actuellement estimé qu'environ 5% des enfants diagnostiqués avec une NA/DA sont capables de développer leur langage de manière normale et commencent à parler entre 12 et 18 mois (Berlin et coll., 2010) et ce, malgré l'absence ou la perturbation marquée des PEAP. Nombre de ces enfants présentent une audition normale dans le silence, mais ont d'extrêmes difficultés à comprendre le langage dans un environnement bruyant ce qui explique que certains d'entre eux puissent être diagnostiqués par erreur comme atteints de TTA.

En effet, ce groupe d'enfants atteints de NA/DA mais capables de développer langage et parole sans intervention particulière, peut montrer des signes typiques d'une déficience auditive tout comme pour les enfants atteints de TTA, ce qui se manifeste souvent lorsque leur environnement sonore devient plus complexe (entrée à l'école par exemple) (cf. chapitre VI, Evelyne Veuillet).

Présentation clinique

Puisque certains enfants atteints de NA/DA présentent les mêmes symptômes que des enfants atteints de TTA, en ce sens qu'ils présentent un développement quasi-normal et une compréhension correcte du langage dans un environnement silencieux (alors que des difficultés à comprendre le langage se révèlent dans le bruit), il semble donc logique d'observer des réponses similaires pour les deux groupes à certains tests cliniques. Ainsi l'audiogramme tonal, les OEA et les tests de discrimination dans le silence seront-ils normaux dans les deux groupes, la discrimination dans le bruit (généralement très mauvaise) pouvant également être similaire dans les deux groupes.

Puisque certains enfants atteints de TTA présentent des troubles liés à un déficit temporel du traitement de l'information, il est normal d'envisager des scores anormalement bas mais similaires aux enfants atteints de NA/DA pour des tests de résolution temporelle, de masquage temporel, d'intégration temporelle, de détection de silence, de même que pour les tâches de performance auditive en présence de signaux présentés en compétition ainsi que pour la détection de signaux acoustiques de qualité dégradée.

L'enregistrement des potentiels évoqués auditifs centraux peut aussi donner parfois des résultats similaires entre les deux groupes. En effet, bien que les PEAP soient absents dans le cas de la NA/DA, il est possible d'enregistrer les potentiels évoqués auditifs de longues latences (PEALL) chez certains patients (Kumar and Jayaram, 2005; Michalewski et coll., 2005; Narne and Vanaja, 2008 ; Rance et coll., 2002).

4

Différences entre NA/DA et TTA

Les PEAP des enfants atteints de NA/DA sont absents ou fortement perturbés. Leur réflexe stapédien est le plus souvent absent et, lorsqu'il est présent, les seuils sont anormalement élevés (Berlin et coll., 2005). A l'opposé, les réflexes stapédiens des enfants qui présentent un TTA sont normaux, de même que leurs PEAP aux clics. La suppression des OEA à l'aide d'un bruit ipsilatéral, contrôlatéral ou binaural est absente en cas de NA/DA (Hood et coll., 2003) mais présente (quoique parfois anormale en terme d'asymétrie entre oreille droite et oreille gauche comme nous le détaillons ci-après) chez le patient atteint de TTA.

La différence du niveau de masquage repose sur une entrée d'information acoustique adéquate au niveau de la partie inférieure du tronc cérébral et est sensible à toute anomalie neuronale du nerf auditif et de cette partie inférieure du tronc cérébral. Cette différence du niveau de masquage est basée sur le principe qu'un signal présenté dans le bruit est plus facilement détectable quand le signal où le bruit sont en opposition de phase dans une oreille alors que le même signal est simultanément introduit dans l'autre oreille (Hirsh, 1948; Licklider, 1948). Cet effet d'annulation neuronale n'est pas observé lorsque l'information délivrée aux voies neuronales de la partie inférieure du tronc cérébral n'est pas transmis de manière correcte. Contrairement aux enfants atteints de TTA, les patients atteints de NA/DA ne démontrent pas cet effet de différence du niveau de masquage, c'est-à-dire que la détection de stimuli en opposition de phase n'est pas améliorée (Berlin et al, 1994; Kraus, 2000).

La présence de PEALL est variable selon les patients présentant une NA/DA et quand ils sont présents permettent d'expliquer que le patient perçoive le langage en dépit de l'absence de PEAP.

5

Diagnostic différentiel

Compte tenu des similarités cliniques évoquées précédemment entre ces deux entités, il est primordial de ne pas limiter l'évaluation audiolinguistique de l'enfant à la tympanométrie, à l'audiogramme tonal, l'intelligibilité dans le silence et l'enregistrement des OEA. Les tests de diagnostic différentiel devront obligatoirement inclure soit le réflexe stapédien, soit les PEAP. Il est en fait recommandé de réaliser un dépistage audiométrique avec tympanométrie, réflexe stapédien et OEA chez tout nouveau patient. En l'absence du réflexe stapédien, les PEAP réalisés avec des clics en raréfaction comparés à ceux obtenus en réponse à des clics de condensation (mise en évidence du PMC) confirmeront ou non la présence de NA/DA (Berlin et coll., 2003).

Le diagnostic des TTA est basé sur une batterie de tests (ASHA, 1996) et doit débuter par une anamnèse, une évaluation audiolinguistique complète de manière à exclure toute perte auditive périphérique ainsi que la présence de NA/DA, puis se poursuivre par l'emploi de tests de la fonction auditive centrale utilisant à la fois des tests verbaux et non-verbaux afin d'examiner les différents niveaux du traitement auditif.

Les épreuves des fonctions auditives centrales peuvent se classer de plusieurs manières : tests monotiques, diotiques, dichotiques, tests verbaux ou non-verbaux.

Puisque les résultats de tests verbaux avec signification peuvent dépendre de processus non spécifiques à la fonction auditive centrale stricte, des épreuves constituées de stimulations tonales, de bruits et de phonèmes devraient être préférées.

Une batterie d'évaluation de la fonction auditive centrale devrait être constituée au minimum :

- de tests de discrimination d'intensité, de fréquence et de phonèmes ;
- de tests de résolution temporelle ;
- de tests vocaux à faible redondance (épreuve vocale dans le bruit, voix filtrée, comprimée, ralentie, interrompue ou en réverbération) ;
- de tests dichotiques ;
- de tests de reconnaissance de formes ou de configuration temporelles ;
- de tests d'interaction binaurale.

Du fait de l'interaction possible entre dysfonctions spécifiques et non spécifiques des processus auditifs centraux, il est recommandé de procéder à l'évaluation du quotient intellectuel, des niveaux de développement cognitif, de la parole et du langage, des facultés de mémoire et d'attention, d'un bilan psychologique. Une approche multidisciplinaire est donc indispensable.

6

Deux mécanismes supposés à l'origine des TTA

Dysfonctionnement de l'appareil auditif périphérique et du système efférent olivocochléaire médian (SEOCM)

Si les premières études du fonctionnement des voies auditives afférentes à l'aide des PEAP enregistrés en réponse à des clics n'ont pas montré de déficit chez les enfants atteints de TTA (Marosi et coll., 1990 ; Mason et Mellor, 1984), plusieurs études récentes ont mis en évidence des problèmes temporels lorsque les PEAP sont générés par des sons de parole (Speech ABR) (Cunningham et coll., 2001; King et coll., 2002; Wible et coll., 2004). Ces études suggèrent ainsi que certaines des difficultés éprouvées par ces enfants dans le traitement du langage peuvent avoir leur source dans la représentation basique des sons au niveau du tronc cérébral.

Les processus périphériques de traitement de l'information auditive que l'on peut rapporter à la mécanique active cochléaire et à sa régulation par les voies auditives efférentes (Brownell et coll., 1985 ; Davis, 1983), sont supposés jouer un rôle important dans la détection des sons pertinents en présence de bruit (Kawase et Liberman, 1993 ; Kawase et coll., 1993; Winslow et Sachs, 1987 ; 1988;). Ces données suggèrent que la mécanique active cochléaire et/ou sa régulation par les voies auditives efférentes pourraient aussi jouer un rôle dans certains cas de TTA.

Les CCE dont les contractions sont à la base de la mécanique active cochléaire sont la cible d'une régulation centrale via les fibres du système efférent olivocochléaire médian (SEOCM). Ainsi le cortex peut contrôler le traitement de l'information auditive au niveau de la périphérie du système auditif. La fonction inhibitrice du SEOCM semble permettre un meilleur codage des sons présents dans le bruit (Kawase et Liberman, 1993 ; Kawase et coll., 1993; Winslow et Sachs, 1987 ; 1988), ce qui suggère que le SEOCM joue un rôle positif dans la perception dans le bruit. L'exploration du SEOCM est possible par l'enregistrement des OEA (Berlin et coll., 1995; Collet



et coll., 1990; Hood et coll., 1996). Il a été observé que l'activation du SEOCM chez l'humain augmente les capacités de détection de sons en présence de bruit ainsi que des liens significatifs entre la réussite dans la détection des signaux présentés dans le bruit et la fonctionnalité du SEOCM. L'activation du SEOCM par un son controlatéral augmente également la perception de la parole dans le bruit, que ce soit chez l'adulte (Giraud et coll., 1997) ou chez l'enfant (Kumar et Vanaja, 2004).

Des études récentes menées chez l'enfant révèlent qu'un dysfonctionnement du SEOCM semble exister chez des enfants atteints de TTA ou de troubles du langage avec une diminution de l'amplitude de suppression controlatérale des OEA, malgré des seuils auditifs normaux en réponse à des sons purs (Muchnik et coll., 2004 ; Veuillet et coll., 1999). Ce type d'anomalie a également été montré chez des enfants autistes (Collet et coll., 1993 ; Khalfa et coll., 2001) et des enfants atteints de mutisme sélectif (Bar-Haim et coll., 2004). Puisque l'un des critères communs à la plupart des enfants atteints de TTA est leur plus grande difficulté que des enfants contrôles à percevoir l'information auditive en situation compétitive d'écoute, il n'est pas illogique de suggérer qu'un dysfonctionnement de ce système responsable de la détection de sons dans le bruit, le SEOCM, puisse être présent (Muchnik et coll., 2004 ; Veuillet et coll., 1999).

La situation est différente chez le patient atteint de NA/DA où l'absence de suppression des OEA ne semble pas due à une atteinte du SEOCM, mais plutôt à un problème d'accès de l'information au SEOCM via le système afférent. En effet, l'étude de sujets atteints unilatéralement de NA/DA a permis de montrer que l'absence d'effet supprimeur d'un bruit sur les OEA était due au dysfonctionnement des fibres auditives afférentes. Il est en effet possible chez ces patients d'enregistrer l'effet supprimeur dans l'oreille atteinte lorsque l'oreille normale est stimulée (Hood et coll., 2003).

Absence d'avantage de l'oreille droite

Chez l'individu normo-entendant, les observations anatomiques et fonctionnelles de la cochlée jusqu'au cortex auditif montrent qu'il existe un avantage de l'oreille droite sur l'oreille gauche (Chi et coll., 1977 ; Geschwind and Levitsky, 1968; Wada et coll., 1975). Cet aspect est, de manière hypothétique, lié au fait que chez la majorité des droitiers et la plupart des gauchers, le langage est traité de manière prédominante par l'hémisphère cérébral gauche (Chi et coll., 1977 ; Kimura, 1961). Puisque les voies auditives afférentes (Eichele et coll., 2005 ; Eldredge and Salamy, 1996; Levine and Mc Gaffigan, 1982; Slinger et coll., 1998) et efférentes (Khalifa and Collet, 1996; Khalifa et coll., 1997; Gkoritsa et coll., 2006 ; Morlet et coll., 1999) présentent une asymétrie de fonctionnement, il est suggéré que les signaux en compétition en provenance des deux oreilles sont traités préférentiellement par l'oreille droite. Cela permettrait à l'hémisphère gauche d'analyser le langage de manière correcte en situation d'écoute difficile, i.e en présence de bruit et/ou de langage en compétition. L'hémisphère gauche est spécialisé depuis la naissance pour le traitement de l'information acoustique spécifique au langage chez la majorité des droitiers et la plupart des gauchers (Geschwind, 1965; Kimura, 1961; Peña et coll., 2003) et les enfants présentent un avantage pour l'oreille droite dès les premières années (Bertoncini et coll., 1989; Hugdahl et Davidson, 2003).

Chez l'enfant atteint de TTA, il a été montré que des anomalies du développement des aires corticales auditives peuvent être présentes (Cohen et coll., 1989). Les études d'imagerie cérébrale révèlent

notamment la présence d'asymétries anormales dans la région péri-sylvienne du lobe temporal, avec une absence d'avantage hémisphérique pour cette région (Jernigan et coll., 1991 ; Plante et coll., 1991). L'étude de la représentation neurophysiologique des stimuli acoustiques à l'aide des PEALL en réponse à des sons de langage chez le sujet contrôlé a montré que les stimuli complexes qui incluent des changements spectro-temporels rapides comme les sons de langage provoquent des réponses plus importantes au niveau du cortex auditif gauche (Belin et coll., 1998; Elmo, 1987; King et coll., 1999 ; Zatorre et coll., 1992) quelle que soit l'oreille (ou les oreilles) stimulée(s). Chez l'enfant atteint de TTA, des anomalies de spécialisation auditive hémisphérique sont trouvées (Cunningham et coll., 2001 ; Liasis et coll., 2003). Par exemple, les PEALL sont plus amples dans l'hémisphère droit chez les enfants atteints de TTA par rapport aux sujets contrôlés. Ceci semble indiquer que la spécialisation hémisphérique des enfants atteints de TTA est plus en faveur de l'hémisphère droit lorsqu'ils traitent le langage, ce qui serait un mécanisme de compensation suite à un dysfonctionnement des aires du langage dans l'hémisphère gauche (Coltheart, 2000).

Plusieurs études ont également mis en évidence un motif asymétrique inverse du SEOCM chez certains enfants atteints de troubles spécifiques du langage (Morlet et coll., 2003) et de mutisme sélectif (Bar-Haim, 2004) comparés des enfants contrôlés. Il a de plus été observé que l'utilisation intensive de programmes de réhabilitation chez l'enfant atteint de TTA et d'enfants présentant des troubles de lecture permet d'inverser l'asymétrie fonctionnelle anormale du SEOCM (Morlet et coll., 2003 ; Veuillet et coll., 2007).

La détermination de l'oreille dominante (ou de l'absence d'avantage d'oreille) à l'aide de tests dichotiques peut être en faveur soit d'un dysfonctionnement des aires corticales de l'hémisphère gauche en charge de la réception auditive, soit de l'incapacité de l'hémisphère gauche à développer une dominance pour le langage. Des résultats anormaux aux tests dichotiques en réponse à des mots ont été montrés dans de nombreux troubles comme les TTA, certains troubles du langage, des troubles d'apprentissage et aussi de lecture.

7

Conclusion

D'une manière générale, les tests psycho-acoustiques montrent que chez certains enfants atteints de NA/DA, le cortex auditif semble capable de s'adapter au codage déficient des stimulations auditives, ce qui peut imiter un TTA dans certaines circonstances. Les TTA et la NA/DA sont toutefois deux entités très distinctes qui peuvent être diagnostiquées par l'utilisation de tests cliniques appropriés. Il reste en fait beaucoup d'inconnues concernant ces deux types de troubles de l'audition. Si les modalités cliniques permettant le diagnostic de la NA/DA sont maintenant bien connues, le diagnostic des TTA est toujours plus complexe à réaliser. Nous ne disposons pas encore de tous les éléments nécessaires permettant de choisir la meilleure prise en charge possible. De manière intéressante, l'un des axes de recherche actuellement privilégié concerne les réponses corticales, qui semblent présenter un intérêt certain dans la compréhension des capacités de traitement du langage chez l'enfant atteint de NA/DA mais également chez l'enfant atteint de TTA.

1. American Speech and Language Hearing Association. Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice. *Am. J. Audiol.* 1996; 5: 41-54.
2. Bamiau DE, Musiek FE, Luxon LM. Aetiology and clinical presentations of auditory processing disorders – a review. *Arch. Dis. Child.* 2001; 85:361-365.
3. Bar-Haim Y., Henkin Y., Ari-Even-Roth D., Tetin-Schneider S., Hildesheimer M., Muchnik C. Reduced auditory efferent activity in childhood selective autism. *Biol. Psychiatry.* 2004; 55: 1061-1068.
4. Belin P., Zilbovicius M., Crozier S., Thivard L., Fontaine A., Masure M.C. Samson Y. Lateralization of speech and auditory temporal processing. *J. Cognit. Neurosci.* 1998; 10: 536-540.
5. Bellis TR. Assessment and management of central auditory processing disorders in the educational settings. San Diego, Singular Publishing Group. 1996.
6. Berlin C.I., Hood L.J., Cecola R.P., Jackson D.F., Szabo P. Does Type I afferent neuron dysfunction reveal itself through lack of efferent suppression? *Hear. Res.* 1993; 65: 40-50.
7. Berlin C.I., Hood L.J., Hurley A., Wen H. Contralateral suppression of otoacoustic emissions: An index of the function of the medial olivocochlear system. *Otolaryngology-Head Neck Surgery.* 1994; 100: 3-21.
8. Berlin, C.I., Hood, L.J., Hurley, A., Wen, H., Kemp, D.T. Bilateral noise suppresses click-evoked otoacoustic emissions more than ipsilateral or contralateral noise. *Hear. Res.* 1995; 87: 96-103.
9. Berlin, C. I., Bordelon, J., St. John, P., Wilensky, D., Hurley, A., Kluka, E., Hood, L.J. Reversing click polarity may uncover auditory neuropathy in infants. *Ear Hear.* 1998; 19: 37-47.
10. Berlin, C.I., Hood, L.J., Morlet, T., Wilensky, D., St. John, P., Montgomery, E., Thibodeaux, M. Absent or elevated middle ear muscle reflexes in the presence of normal otoacoustic emissions: A universal finding in 136 cases of auditory neuropathy/dys-synchrony. *J. Amer. Acad. Audiol.* 2005; 16: 546-553.
11. Berlin, C.I., Hood, L.J., Morlet, T., Wilensky, D., Li, L., Rose-Mattingly, K., Taylor-Jeanfreau, J., Keats, B.J.B, St. John, P., Montgomery, E., Shallop, J.K., Russell, B.A., Frisch, S.A. Multi-site diagnosis and management of 260 patients with Auditory Neuropathy/ Dys-synchrony (Auditory Neuropathy Spectrum Disorder). *Int. J. Audiol.* 2010; 49: 30-43.
12. Bertoncini J., Morais J., Bijeljac-Babic R., McAdams S., Peretz I., Mehler J. Dichotic perception and laterality in neonates. *Brain Lang.* 1989; 37: 591-605.
13. Brownell WE, Bader CR, Bertrand D., de Ribaupierre Y. Evoked mechanical responses of isolated cochlear hair cells. *Science.* 1985; 227:194-196.
14. Chermak GD, Hall JW, Musiek FE. Differential diagnosis and management of central auditory processing disorder and attention deficit hyperactivity disorder. *J. Am. Acad. Audiol.* 1999; 10:289-303.
15. Chermak GD. Deciphering auditory processing disorders in children. *Otolaryngol. Clin. N. Am.* 2002; 35:733-749.
16. Chi JG., Dooling EC. and Gilles FH. Left-right asymmetries of the temporal speech areas of the human fetus. *Arch. Neurol.* 1977; 34: 346-348.
17. Cohen M., Campbell R., Yaghai F. Neuropathological abnormalities in developmental dysphasia. *Ann. Neurol.* 1989; 25: 567-570.
18. Collet, L., Kemp, D.T., Veuille, E., Duclaux, R., Moulin, A., & Morgon, A. Effect of contralateral auditory stimuli on active cochlear micro-mechanical properties in human subjects. *Hear. Res.* 1990; 43: 251-262.
19. Collet L., Roge B., Descouens D., Moron P., Duverdy F., Urgell H. Objective auditory dysfunction in infantile autism. *Lancet.* 1993; 342: 923-924
20. Coltheart M. Deep dyslexia is right-hemisphere reading. *Brain Lang.* 2000; 71: 299-309.
21. Cunningham J, Nicol T, Zecker S, Kraus N. Neurobiologic responses to speech-in-noise in children with learning problems: Deficits and strategies for improvement. *Clin. Neurophysiol.* 2001; 112:758-767.
22. Davis H. An active process in cochlear mechanics. *Hear. Res.* 1983; 9:79-90.
23. Eichele T., Nordby H., Rimol L.M., Hugdahl K. Asymmetry of evoked potential latency to speech sounds predicts the ear advantage in dichotic listening. *Cogn. Brain Res.* 2005; 24: 405-412.
24. Eldredge L. and Salamy A. Functional auditory development in preterm and fullterm infants. *Early Human Development.* 1996; 45: 215-228.
25. Elmo T. Hemispheric asymmetry of auditory evoked potentials to comparisons within and across phonetic categories. *Scand. J. Psychol.* 1987; 28: 251-266.
26. Geschwind N. Disconnection syndromes in animals and man, part I. *Brain.* 1965; 88: 237.
27. Geschwind N. and Levitsky W. Human brain: left-right asymmetries in temporal speech regions. *Science.* 1968; 161: 186-187.
28. Giraud AL., Garnier S., Micheyl C., Lina G., Chays A., Chery-Croze S. Auditory efferents involved in speech-in-noise intelligibility. *Neuroreport.* 1997; 8:1779-1783.
29. Gkoritsa E., Tsakanikos M., Korres S., Dellagrammaticas H., Apostolopoulos N., Ferekidis E. Transient otoacoustic emissions in the detection of olivocochlear bundle maturation. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 2006; 70: 671-676.
30. Gorga, M. P., Stelmachowicz, P. G., Barlow, S. M., Brookhouser, P. E. Case of recurrent, reversible, sudden sensorineural hearing loss in a child. *J. Amer. Acad. Audiol.* 1995; 6: 163-172.
31. Hirsh, I.J. The influence of interaural phase on interaural summation and inhibition. *J. Acous. Soc. Amer.* 1948; 20: 536-544.
32. Hood, L.J., Berlin, C.I., Hurley, A., Cecola, R.P., Bell, B. Contralateral suppression of click-evoked otoacoustic emissions: Intensity effects. *Hear. Res.* 1996; 101: 113-118.
33. Hood, L.J., Berlin, C.I., Bordelon, J., Rose, K. Patients with auditory neuropathy/dys-synchrony lack efferent suppression of transient evoked otoacoustic emissions. *J. Amer. Acad. Audiol.* 2003; 14: 302-313.
34. Hood, L.J., Wilensky, D., Li, L., Berlin, C.I. (2004). The role of FM technology in the management of patients with auditory neuropathy/ dys-synchrony. *Proceedings of the International Conference on FM Technology, Chicago, Illinois, November, 2003.*
35. Hugdahl K., Davidson R.J. (eds). *The asymmetrical brain.* MIT Press. 2003.
36. Jerger J, Musiek F. Report of the consensus conference on the diagnosis of auditory processing disorders in schoolaged children. *J. Am. Acad. Audiol.* 2000; 11:467-474.
37. Jernigan T., Hesselink J.R., Sowell E., Tallal P. Cerebral structure on magnetic resonance imaging in language- and learning-impaired children. *Arch. Neurol.* 1991; 48: 539-545.
38. Kaga, K., Nakamura, M., Shinogami, M., Tsuzuku, T., Yamada, K., Shindo, M. Auditory nerve disease of both ears revealed by auditory brainstem responses, electrocochleography and otoacoustic emissions. 1996; 233-238.
39. Kawase T, Liberman MC. Antimasking effects of the olivocochlear reflex. I. Enhancement of compound action potentials to masked tones. *J. Neurophysiol.* 1993; 70: 2519-2532.
40. Kawase T, Delgutte B, Liberman MC. Antimasking effects of the olivocochlear reflex. II. Enhancement of auditory-nerve response to masked tones. *J. Neurophysiol.* 1993; 70: 2533-2549.
41. Khalfa S. and Collet L. Functional asymmetry of medial olivocochlear system in humans. Towards a peripheral auditory lateralization. *NeuroReport.* 1996; 7: 993-996.



42. Khalifa S., Morlet T., Michey C., Morgon A. and Collet L. Evidence for peripheral hearing asymmetry in humans: clinical implications. *Acta Otolaryngol. (Stockh)*. 1997; 117: 192-196.
43. Khalifa S., Bruneau N., Roge B., Georgieff N., Veuillet E., Adrien J.L., Barthelemy C, Collet L. Peripheral auditory asymmetry in infantile autism. *Eur. J. Neurosci*. 2001; 13: 628-632.
44. Kimura D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Can. J. Psychol*. 1961; 15: 166-171.
45. King C, Warrier CM, Hayes E, Kraus N. Deficits in auditory brainstem oathway encoding of speech sounds in children with learning problems. *Neurosci. Lett*. 2002; 319:111-115.
46. King C., Nicol T., McGess T., Kraus N. Thalamic asymmetry is related to acoustic signal complexity. *Neurosci. Lett*. 1999; 267: 89-92.
47. Kraus, N., Bradlow, A. R., Cheatham, M. A., Cunningham, J., King, C. D., Koch, D. B., Nicol, T. G., McGee, T. J., Stein, L. K., Wright, B. A. Consequences of neural asynchrony: A case of auditory neuropathy. *J. Assoc. Res. Otolaryngol*. 2000; 1: 33-45.
48. Kumar A.U., Vanaja C.S. Functioning of olivocochlear bundle and speech perception in noise. *Ear Hearing*. 2004; 25: 142-146.
49. Kumar, A. U., Jayaram, M. Auditory processing in individuals with auditory neuropathy. *Behav. Brain Function*. 2005; 1: 1-21.
50. Levine R.A. and Mc Gaffigan P.M. Right-left asymmetries in the human brainstem: auditory evoked potentials. *Electroenc. Clin. Neurophys*. 1982; 55: 532-537.
51. Liasis A., Bamiou D.E., Campbell P., Sirimanna T., Boyd S., Towell A. Auditory event-related potentials in the assessment of auditory processing disorders: a pilot study. *Neuropediatrics*. 2003; 34: 23-29.
52. Licklider, J.C.R. The influence of interaural phase relations upon the masking of speech by white noise. *J. Acoust. Soc. Amer*. 1948; 20: 150-159.
53. Marosi E, Harmony T, Becker E. Brainstem evoked potentials in learning disabled children. *Intern. J. Neurosc*. 1990; 50:233-242.
54. Mason SM, Mellor DH. Brain-stem, middle latency and late cortical evoked potentials in children with speech and language disorders. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol*. 1984; 59:297-309.
55. Michalewski, H.J., Starr, A., Nguyen, T.T., Kong, Y.Y., Zeng, F.G. Auditory temporal processes in normal-hearing individuals and in patients with auditory neuropathy. *Clin. Neurophysiol*. 2005; 116: 669-680.
56. Morlet T., Goforth L., Hood L.J., Ferber C., Duclaux R., Berlin C.I. Development of human cochlear active mechanisms asymmetry: involvement of the medial olivocochlear system? *Hear. Res*. 1999; 134: 153-162.
57. Morlet T, Berlin CI, Norman M, Ray B. Fast ForWord™: Its scientific basis and treatment effects on the human efferent auditory system. In: *The Brain and Sensory Plasticity: Language Acquisition and Hearing*. C.I. Berlin, T.G. Weyand (eds). Delmar Learning, NY. 2003; pp 129-148.
58. Muchnik C, Ari-Even Roth D, Othman-Jebara R, Putter-Katz H, Shabtai E, Hildesheimer M. Reduced medial olivocochlear bundle system function in children with auditory processing disorders. *Audiol. Neuro-Otol*. 2004; 9:107-114.
59. Musiek FE, Gollegly KM, Lamb LE, Lamb P. Select issues in screening for central auditory processing dysfunction. *Semin. Hear*. 1990; 11:372-383.
60. Narne, V.K., Vanaja, C.S. Speech identification and cortical potentials in individuals with auditory neuropathy. *Behav. Brain Funct*. 2008; 31: 4-15.
61. Peña M., Maki A., Kovacic D., Dehaene-Lambertz G., Koizumi H., Bouquet F., Mehler J. Sounds and silence: An optical topography study of language recognition at birth. *PNAS*. 2003; 100: 11702-11705.
62. Plante E., Swisher L., Vance R., Rapcsak S. MRI findings in boys with specific language impairment. *Brain Lang*. 1991; 41: 52-66.
63. Rance, G., Cone-Wesson, B., Wunderlich, J., Dowell, R. Speech perception and cortical event related potentials in children with auditory neuropathy. *Ear Hear*. 2002; 23: 239-253.
64. Sininger Y.S., Cone-Wesson B., Abdala C. Gender distinctions and lateral asymmetry in the low-level auditory brainstem response of the human neonate. *Hear. Res*. 1998; 126:58-66.
65. Starr, A., McPherson, D., Patterson, J., Don, M., Luxford, W., Shannon, R., Sininger, Y., Tonokawa, L., Waring, M. Absence of both auditory evoked potentials and auditory percepts depending on timing cues. *Brain*. 1991; 114: 1157-1180.
66. Starr, A., Picton, T.W., Sininger, Y., Hood, L.J., Berlin, C.I. Auditory neuropathy. *Brain*. 1996; 119: 741-753.
67. Starr, A., Sininger, Y.S., Pratt, H. The varieties of auditory neuropathy. *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol*. 2000; 11: 215-230.
68. Veuillet E, Collet L, Bazin F. Objective evidence of peripheral auditory processing disorders in learning-impaired children. *J. Audiol. Med*. 1999; 8:18-29.
69. Veuillet E., Magnan A., Ecalle J., Thai-Van H., Collet L. Auditory processing disorder in children with reading disabilities : effect of audiovisual training. *Brain*. 2007; 130: 2915-2928.
70. Wada J.A., Clarke R., Hamm A. Cerebral hemispheric asymmetry in humans. Cortical speech zones in 100 adults and 100 infant brains. *Arch. Neurol*. 1975; 32: 245-329.
71. Wible B, Nicol T, Kraus N. Atypical brainstem representation of onset and formant structure of speech sounds in children with language based learning problems. *Biol. Psychol*. 2004; 67:299-317.
72. Winslow RL, Sachs MB. Effect of electrical stimulation of the crossed olivocochlear bundle on auditory nerve response to tones in noise. *J. Neurophysiol*. 1987; 57:1002-21.
73. Winslow RL, Sachs MB. Single tone intensity discrimination based on auditory nerve rate responses in backgrounds of quiet, noise and with stimulation of the crossed olivocochlear bundle. *Hear. Res*. 1988; 35:165-190.
74. Zatorre R.J., Evans A.C., Meyer E., Gjedde A. Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing. *Science*. 1992; 256: 846-849.
75. Zeng, F.G., Oba, S., Garde, S., Sininger, Y., Starr, A. Temporal and speech processing deficits in auditory neuropathy. *Neuroreport*. 1999; 10: 3429-3435.



Evaluation des processus auditifs centraux et syndrome de King Kopetzky

**Laurent DEMANEZ,
Jean-Pierre DEMANEZ**

CHU de Liège, Belgique
laurentchp.demanez@
chu.ulg.ac.be

1 Introduction

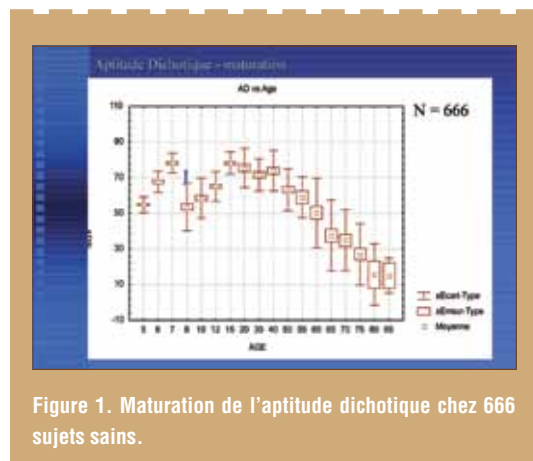
Les troubles des Processus Auditifs Centraux (PAC) sont définis comme un déficit pour au moins un des PAC responsable des aptitudes suivantes : la localisation et la latéralisation des sons ; la discrimination auditive ; la reconnaissance de profils auditifs ; les aptitudes incluant les aspects temporels de l'audition comme le masquage, l'intégration et le décodage temporel ; les performances auditives en présence de signaux compétitifs ou de signaux altérés (ASHA-1996-2000- 2004, Chermak Musiek 1997) (1,2).

Les PAC impliquent également la mobilisation de processus neurocognitifs plus globaux tels que l'attention et la mémoire. Dès lors, leurs troubles peuvent coexister avec d'autres dysfonctions comme les retards de langage, la dyslexie, les troubles d'apprentissage et attentionnels. Ils ont également été observés dans plusieurs populations cliniques présentant des lésions avérées du système nerveux (par exemple, traumatisme, thrombose/infarctus, Alzheimer...) ou seulement suspectées (3).

Si le diagnostic des troubles auditifs périphériques dispose d'épreuves parfaitement bien codifiées, celui des troubles des PAC manquait d'outils disponibles et normalisés adaptés à une population francophone (4).

Le bilan auditif central (BAC) élaboré au CHU de Liège, disponible sur support numérique (CD audio) et normalisé sur une population répartie par tranches d'âge comprises entre 5 et 80 ans, permet la mesure des aptitudes suivantes :

- 1- le décodage phonétique ou closure de stimuli acoustiques à redondance réduite par superposition d'un bruit blanc : Lafon 60,
- 2- l'aptitude dichotique (AD) et la prévalence d'oreille (PO) à l'égard de signaux acoustiques en compétition (**Figure 1**),
- 3- la reconnaissance de configurations auditives variables



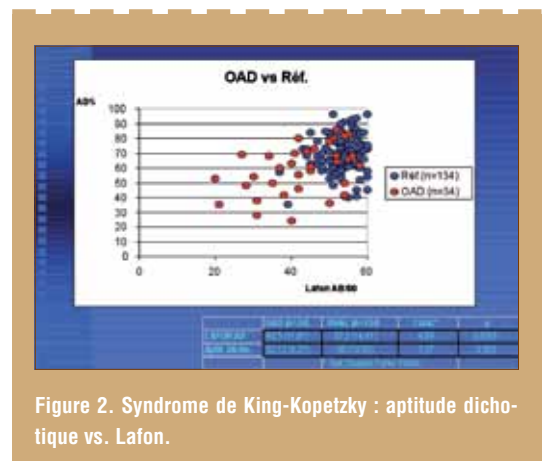
en hauteur ou en durée : Pitch Patterns Test (PPT) et Duration Patterns Test (DPT),

4- l'interaction binaurale évaluée par le test du « Masking Level Difference » (MLD).

Les épreuves du BAC sont administrées soit en cabine audiométrique soit dans un local calme (< 50 dB SPL), à partir d'un CD audio à une intensité de 70 dB SPL au casque. Chez les sujets adultes porteurs d'appareils auditifs, cette intensité a été portée à 80 dB SPL lorsque les 50 % d'intelligibilité de spondée n'étaient obtenus qu'à des intensités supérieures à 35 dB SPL. Les sujets dont le seuil d'intelligibilité pour les spondées était supérieur à 75 dB SPL n'ont pas été inclus. Les instructions, le déroulement des épreuves et les modalités de cotation sont conformes à la méthodologie décrite par ailleurs (5).

2 Le syndrome de King Kopetzky

Le syndrome de King Kopetzky (King Kopetzky syndrome, KKS) est caractérisé par un trouble auditif malgré une audiométrie tonale et vocale normales. La plainte spécifique rapportée par ces patients est en fait constituée par une difficulté d'intelligibilité éprouvée en présence d'un bruit de fond, au cours de conversations multiples ou lorsque la redondance du message verbal est réduite suite à un défaut d'articulation du locuteur. Hinchliffe, en 1992, décrit cette plainte comme une « auditory stress disorder » (6). Ce syndrome a également été appelé « Obscure Auditory Dysfunction – OAD » (Saunders, 1989) (7), ou « Auditory Disability with Normal hearing –ADN » (Stephens 1988) (8). On estime que cette définition concerne 5 % des patients qui consultent pour plainte auditive. Le handicap auditif ressenti par ces patients serait équivalent à une perte auditive de 35 dB.





3

Méthode et résultats

Nous avons collecté un échantillon de 34 patients ayant consulté le service pour hypoacousie subjective et chez lesquels une audiométrie tonale et vocale strictement normale a été constatée. Cet échantillon est constitué de 15 hommes et 19 femmes dont les âges se répartissent entre 16 et 70 ans.

Ces patients ont été soumis aux deux premières épreuves du BAC : le Lafon 60 et le test dichotique. Les modalités de passation et l'évaluation des scores ont été strictement conformes à la méthodologie décrite par ailleurs. Les scores de ces patients ont été comparés à ceux d'un échantillon de 208 sujets appariés par l'âge, sans plainte particulière ni antécédent en relation (9). Aucun écart significatif des scores obtenus au test de Lafon 60 sans bruit n'a été observé. En revanche, lorsque ce même test est présenté avec bruit, les scores de ces patients se révèlent très significativement inférieurs à ceux des sujets témoins.

Inversement, les scores d'aptitude dichotique ne sont que légèrement inférieurs aux normes (**Figure 2**).

Cette étude confirme d'autres données de la littérature qui considèrent le syndrome de King Kopetzky comme un trouble auditif spécifique. Le déficit manifestement prédominant au test de Lafon avec bruit, épreuve de discrimination d'un matériel vocal à redondance réduite, semble impliquer de manière sélective le processus de closure auditive (10,11,12). Ceci n'exclut pas l'implication d'autres facteurs : l'attention sélective, les éventuelles réactions psychologiques de stress et d'anxiété, justifiant le qualificatif de « auditory stress disorder ». Ce déficit portant spécifiquement sur le processus de closure à l'exclusion de l'aptitude dichotique, tâche pourtant plus difficile, implique que ces patients ne soient pas considérés comme simplement névrotiques.

Ce diagnostic a bien entendu des implications dans la prise en charge des patients. Dans la mesure où il n'y a pas de perte auditive, l'appareil de correction auditive (ACA) ne se justifie pas. Si le rapport signal/bruit n'est pas modifié, un ACA pourrait même accentuer les difficultés ! Les ACA de dernière génération ou encore en développement incluant la reconnaissance vocale dans le bruit seront peut-être utiles.

La motivation, l'attention, la mémoire auditive du patient méritent d'être entraînées afin d'atténuer l'effet du KKS. Il est fondamental d'exhorter le patient à ne pas « baisser les bras » et s'isoler socialement.

4

Conclusion

Le BAC constitue un outil disponible sur CD audio et donc parfaitement stable, normalisé sur une large population et

dont l'administration ne requiert aucun matériel sophistiqué. L'otoneurologie constitue son premier champ d'application.

Chez l'enfant, en cas de retard de langage ou de troubles d'apprentissage, il peut révéler des défaillances des PAC et, dès lors, orienter sa remédiation.

Chez le sujet âgé, au temps de l'involution des structures neurologiques, il peut assister l'indication d'appareillage ou témoigner d'une éventuelle démence débutante. Chez l'adulte, non exceptionnellement, il peut apporter une explication à ses difficultés d'intelligibilité malgré une fonction auditive périphérique normale.

5

Bibliographie

1. American Speech-Language-Hearing Association Task Force on Central Auditory Processing Consensus Development. Central auditory processing: current status of research and implications for clinical practice. *Am.J.Audiol.* 5 : 41-54, 1996.
2. CHERMAK G.D., MUSIEK F.E. Central auditory processing disorders. New perspectives. Singular Publishing Group, 1997.
3. GRIFFITHS T.D. Central auditory pathologies. *Br.Med.Bull.* 63 : 107-120, 2002.
4. DEMANEZ L., DEMANEZ J.P. Central auditory processing assessment. *Acta Otorhinolaryngol.Belg.* 57 : 243-252, 2003.
5. DEMANEZ L., DONY-CLOSON B., LHONNEUX-LEDOUX E., DEMANEZ J.P. Central auditory processing assessment: a French-speaking battery. *Acta Otorhinolaryngol.Belg.* 57 : 275-290, 2003.
6. HINCHCLIFFE R. King-Kopetzky syndrom : an auditory stress disorder ? *J.Audiol.Med.* 89-98, 1992.
7. SAUNDERS G.H., HAGGARD M.P. The clinical assessment of obscure auditory dysfunction--1. Auditory and psychological factors. *Ear Hear.* 10 : 200-208, 1989.
8. STEPHENS D., RENDELL R.J. Auditory disability with normal hearing. *Quaderni di Audiologia* 4 : 233-238, 1988.
9. DEMANEZ L., BONIVER V., DONY-CLOSON B., LHONNEUX-LEDOUX F., DEMANEZ J.P. Central auditory processing disorders: some cohorts studies. *Acta Otorhinolaryngol.Belg.* 57 : 291-299, 2003.
10. HIGSON J.M., HAGGARD M.P., FIELD D.L. Validation of parameters for assessing Obscure Auditory Dysfunction--robustness of determinants of OAD status across samples and test methods. *Br.J.Audiol.* 28 : 27-39, 1994.
11. ZHAO F., STEPHENS D. Subcategories of patients with King-Kopetzky syndrome. *Br.J.Audiol.* 34 : 241-256, 2000.
12. ZHAO F., STEPHENS D. Determinants of speech-hearing disability in King-Kopetzky syndrome. *Scand.Audiol.* 25 : 91-96, 1996.



Conscience phonologique et troubles centraux de l'audition

Annie DUMONT

Orthophoniste
Chargée

d'enseignement

Paris VI

anniedumont@orange.fr

1

La conscience phonologique : un concept à clarifier

La conscience phonologique concerne le traitement de l'information verbale. Elle est définie comme « la capacité d'analyse de la structure segmentale de la parole, aboutissant à la prise de conscience de l'existence des phonèmes et de leur enchaînement dans la chaîne parlée » (Dictionnaire d'orthophonie - 2004). Fondamentale pour comprendre le langage oral, la conscience phonologique l'est également pour accéder à la lecture. En effet, lire, dans les langues alphabétiques, impose d'établir les correspondances phonème-graphème. Un bon lecteur manifeste une conscience phonologique dont le fondement se trouve dans le codage correct de l'information phonologique. Elle est également impliquée dans les difficultés d'acquisition d'une langue étrangère car l'apprenant active les représentations phonologiques de sa langue maternelle lorsqu'il entend ou lit une langue seconde.

Tout au long de la vie des représentations phonologiques de bonne qualité sont nécessaires dans le traitement du langage tout autant oral qu'écrit. Ces représentations nécessitent du temps pour se développer dans l'enfance et, à tous les âges, peuvent être entravées quand apparaissent des troubles auditifs périphériques et/ou centraux. Et l'on peut penser qu'une meilleure compréhension des processus de conscience phonologique permette d'adapter les programmes de prise en charge des troubles centraux de l'audition.

2

Un passage obligé dans les liens entre « entendre et comprendre »

Sur le versant de la réception, un codage phonologique correct garantit un accès aux unités lexicales et une compréhension adaptée au contexte.

Quand nous entendons le mot « table », malgré la variété de production des locuteurs, nous accédons à une représentation lexicale du mot. Surgit alors dans notre imagerie mentale une représentation concrète qui, suivant nos références stockées en mémoire épisodique et sémantique, est celle d'un meuble (rond ou carré, haut ou bas, de cuisine, de ping pong, de casino...). Lorsqu'on l'entend cette même succession de phonèmes coarticulés /t/a/b/l/ dans un contexte syntaxique spécifique « à table ! » nous savons qu'il s'agit d'une proposition de partager un repas dont l'urgence est marquée par l'intonation exprimée dans le message.

Nous pouvons détecter des erreurs si -en contexte- le mot est prononcé « sable » ou « cable » car nous disposons

d'une représentation phonologique pour « table » qui permet d'identifier ce mot sur la base d'indices auditifs. Ces indices auditifs peuvent être associés à des indices visuels (via la lecture labiale) et moteurs (car nous savons comment prononcer le mot). Cette dernière information gestuelle est rarement prise en compte dans les études sur la conscience phonologique alors que la pratique clinique révèle son importance dans les phases de développement de la conscience phonologique et parfois dans les processus de dégradation dans les maladies dégénératives. Les amorçages kinesthésiques -fréquents en pratique orthophonique- montrent que l'accès aux représentations phonologiques peut être sollicité par le programme moteur de réalisation articulaire. Ainsi dans la lecture, l'amorce de l'articulation du geste de réalisation motrice du /f/ permet la fusion syllabique dans « F... ille » ou « F... leur ». Dans des situations de manque du mot (dysphasie, aphasie...), l'ébauche articulaire facilite l'accès lexical et peut aider le patient à retrouver le mot qu'il avait sur le bout de la langue.

La conscience phonologique semble se situer dans une interface entre perception et production avec de nombreux avantages dans le traitement du langage oral et écrit. Une fois acquise, elle constitue un savoir procédural d'accès implicite qui peut avoir des effets inattendus. Ainsi dans l'apprentissage d'une langue seconde, le lecteur étranger fait appel aux sonorités de sa langue maternelle. Il convoque les unités sonores de sa langue première ce qui altère le codage des liens grapho-phonologiques dans l'activité de lecture. Le terme de surdité phonologique est alors évoqué jusqu'à ce que l'apprenant réussisse à construire les représentations phonologiques de la langue seconde.

3

Un processus qui se développe dans l'enfance et se précise dans l'acquisition de la lecture

Depuis les années 70, on sait que les nourrissons reconnaissent les voix familières, identifient leurs prénoms et présentent diverses prédispositions pour percevoir les traits acoustiques de la parole. La perception catégorielle qui existe chez le bébé, permet à ce dernier de discriminer les phonèmes de toutes les langues. Progressivement sous l'effet des stimulations de l'environnement, un repérage des frontières propres à la langue utilisée par l'entourage entraîne des réaménagements perceptifs. Après l'âge de 6 mois, le traitement des voyelles se focalise sur l'espace vocalique de la langue parlée par l'entourage. Et vers 12 mois, ce sont les consonnes qui se spécialisent dans le répertoire de la langue maternelle. C'est alors que les petits japonais perdent la distinction entre le /r/ et /l/ tandis que les enfants polonais acceptent de traiter des successions de trois consonnes comme /p/ /r/ /ch/.



Les représentations phonologiques se mettent en place progressivement. Elles se structurent en fonction de l'expérience de perception et de production du langage sur plusieurs types d'indices auditivo-moteurs et sans doute visuels. Si la catégorisation est une capacité très précoce et fondamentale, l'organisation temporelle du rythme verbal constitue également un indice utilisé aux premières étapes de développement par les enfants.

Vers la fin de la première année, le babillage canonique permet aux bébés de découvrir à la fois sur le versant perceptif et productif, la syllabe, unité fondamentale de la parole. Le babillage puis les jeux vocaux témoignent d'une capacité des jeunes enfants à jouer avec les unités de la langue notamment les rimes souvent accentuées par la prosodie. Ces capacités sont renforcées par les activités verbales réalisées d'abord dans les interactions mère-enfant puis dans des situations scolaires en petite et moyenne section de maternelle. Ce qui conduit à proposer en grande section des exercices de conscience phonologique.

D'après Plaza (1999) la compétence phonologique comporte deux dimensions qui émergent progressivement. La première est de l'ordre de la sensibilité phonologique et apparaît chez les enfants avant qu'ils n'apprennent à lire. Cette sensibilité phonologique s'appuie essentiellement sur des indices perceptifs, et permet par exemple des jugements de rimes, de manipulation de syllabes, d'identification de phonèmes cibles. Elle semble être un élément qui facilite l'apprentissage de la lecture, dans la mesure où elle témoigne d'une attention et d'une intégration des formes et structures plus sonores que sémantiques de la langue.

La seconde compétence dont l'on rend compte le plus souvent par la notion de « conscience phonologique », apparaît essentiellement avec la maîtrise du code alphabétique et de la procédure d'assemblage en lecture.

Elle constitue un savoir explicite qui permet d'accéder à un traitement abstrait, et de manipuler des unités discrètes comme les phonèmes à travers des opérations de segmentation, d'inversion, d'élimination, de fusion. La conscience phonologique et l'apprentissage de la lecture se développent en interaction et se renforcent mutuellement.

Calendrier des étapes de développement de la conscience phonologique

Des travaux anciens ont révélé que 20% des enfants de 3 ans avaient une conscience de la rime de mots isolés sans toutefois que leurs connaissances phonémiques ne leur permettent de réussir des tâches d'analyse plus sophistiquées.

Cependant certains auteurs ont montré que les enfants âgés de 3 ans ½ à 5 ans ½ présentent une sensibilité à l'étage phonétique de la langue puisqu'ils peuvent déformer

volontairement certains mots ou s'amuser des fautes de prononciation des autres.

Liberman a précisé les étapes chronologiques du développement de la conscience phonologique en proposant à des enfants âgés de 4 ans à 6 ans, des épreuves de comptage syllabique et phonémique. Il en ressort qu'à 4 ans, 46 % des enfants réussissent la tâche de segmentation syllabique alors qu'aucun d'entre eux ne segmente au phonème. A 5 ans, 17% segmentent au phonème. Il faut attendre l'âge de 6 ans pour que la grande majorité des enfants réussisse les deux tâches : 90% en segmentation syllabique et 70% en segmentation phonémique. Face à la réussite précoce de la segmentation syllabique, Liberman a formulé une hypothèse motrice. Les syllabes sont isolables d'un point de vue articulatoire, ce qui n'est pas le cas du phonème.

Lors de l'élaboration de la batterie BELEC (batterie de tests très utilisés pour l'analyse de la conscience phonologique dans les activités de lecture) on note que les tâches d'inversion syllabiques et phonémiques, les soustractions syllabiques et phonémiques, les acronymes auditifs sont réussis par 70% des enfants de 7 ans ½.

Pour résumer force est de constater, qu'il existe quatre niveaux de conscience phonologique apparaissant progressivement :

- Une attention particulière aux chaînes phonologiques dans le flux acoustique de parole. Elle permet une prise d'indices qui se manifeste très tôt et est fortement liée aux facteurs prosodiques.
- Le repérage des rimes dans les mots parlés indépendamment du traitement sémantique.
- Le codage syllabique qui apparaît dans les premiers stades d'acquisition de la langue orale.
- La conscience phonémique caractérisée par le fait que l'enfant est capable dans un premier temps de discriminer deux sons de la chaîne parlée en indiquant s'ils sont pareils ou différents, puis dans un deuxième temps de nommer explicitement les sons entendus.

Au total la conscience phonémique n'est pas une compétence innée mais une habileté métaphonologique de haut niveau. Elle se développe et se précise par un enseignement explicite du système alphabétique qui permet d'analyser et de découper les mots en phonèmes. « L'enfant découvre que la parole est composée d'atomes, les phonèmes, et que l'on peut les recombinaison à volonté pour former des mots nouveaux, véritables molécules verbales » Dehaene 2007.

Cette conscience phonémique manque à l'adulte illettré qui entend que /p/ et /b/ constituent des sons différents mais ne repère pas qu'il existe un phonème commun dans les mots « bas », « barbe » et « table ».

Conscience phonologique et fonctions cognitives

Les tâches phonémiques sont complexes sur le plan cognitif. Elles requièrent de la part de l'enfant, attention, concentration et activation des ressources de la mémoire de travail, notamment dans la compréhension des consignes portant sur la forme de la langue. Il semble logique de s'attendre à ce que la manipulation explicite des unités discrètes du langage soit favorisée par la maturité intellectuelle, linguistique et cognitive de l'enfant.

Ainsi la capacité à utiliser la conscience phonologique de façon intentionnelle n'apparaît chez l'enfant que vers 6 ans au moment où il doit appréhender l'écrit. Cette habileté phonologique ne se manifesterait complètement qu'à la condition que l'enfant soit confronté à un problème pour lequel elle est indispensable, c'est-à-dire l'accès au code écrit. Pour Alegria & Morais (1979), la confrontation avec l'écrit revêt un caractère causal exclusif dans l'émergence de la conscience de cette structure segmentale, il n'existe pas d'autre habileté exigeant une telle prise de conscience. Comme l'énonce Dehaene (2007) « une véritable révolution mentale doit se faire jour dans le cerveau de l'enfant ».

Et l'on peut se demander s'il existe une mobilisation de compétences spécifiques suivant la dimension des unités du langage (syllabe, phonème...), la nature des opérations et leur gradient de difficulté.

Même si la séquence de développement syllabe avant phonème semble se retrouver de façon constante dans le schéma développemental, la nature des opérations suit également une progression. A chaque niveau la catégorisation et la segmentation sont indispensables, cependant certaines opérations sont plus complexes. L'identification (on entend « on » dans « papillon ») et la comparaison (est ce qu'on entend pareil à la fin de « papillon » et de « pantalon » ?) semblent précéder la soustraction et la fusion. La suppression de la syllabe finale est réussie d'après Lecocq (1992) par 80% des enfants de 6 ans. Cette tâche semble facilitée par le fait que sur le plan moteur, elle correspond à une répétition interrompue. La segmentation est rendue plus aisée par le ralentissement de la production « ba-teau » et/ou par un geste manuel soutenant le rythme syllabique. La suppression de la syllabe médiane reste en français problématique jusqu'à 12 ans.

Ces stratégies de segmentation se développent en fonction des caractéristiques phonologiques spécifiques de la langue maternelle. La structure de la syllabe est plus accessible dans les langues transparentes comme l'espagnol ou l'italien et plus complexe pour le français ou l'anglais avec de plus une variable de durée de la syllabe. La structure syllabique et la longueur des mots jouent un grand rôle dans le repérage et le découpage qui sont en lien avec les fonctions cognitives.

La mémoire de travail

Si la mémoire de travail est sollicitée pour la compréhension, le raisonnement, l'apprentissage il paraît légitime de se pencher sur son rôle dans le développement des ressources nécessaires à l'acquisition de la conscience phonologique. L'impact de la mémoire phonologique à court terme est connu depuis le XIX^{ème} siècle. En 1887 Jacobs un instituteur anglais observait déjà que les enfants qui répétaient la plus longue séquence de chiffres étaient ceux qui obtenaient les meilleurs résultats scolaires. De nombreux auteurs

ont précisé depuis l'importance de la boucle phonologique dans la cognition verbale et notamment la compréhension du langage, l'acquisition du vocabulaire et de la lecture.

Pour Baddeley (1993), la mémoire de travail est conçue comme un système organisé autour de l'administrateur central (AC) responsable de la répartition des ressources cognitives entre le stockage et le traitement de l'information. Il est assisté de deux systèmes périphériques auxiliaires : la Boucle Phonologique (BP) spécialisée dans le maintien temporaire d'un matériel verbal et le Calepin visuo-spatial (CVS) affecté au traitement de l'information visuelle et spatiale.

La Boucle phonologique est elle-même dotée de deux composantes :

- Une unité de stockage phonologique qui reçoit directement les informations verbales présentées auditivement et les stocke passivement sous forme de représentations phonologiques, pendant une durée de 1,5 à 2 secondes.
- Un processus d'auto-répétition subvocale actif (le plus souvent implicite), qui en réactivant ces traces mnésiques, va permettre de les réintroduire dans l'unité de stockage phonologique, différant ainsi leur déclin. Le processus d'auto-répétition subvocale intervient également pour convertir une information verbalisable présentée visuellement (image, mot écrit) en un code phonologique lui donnant accès à l'unité de stockage phonologique.

Les capacités de la mémoire de travail évoluent entre 3 et 7 ans, ce qui est en lien avec le développement de la conscience phonologique. Comme l'indique Billière en 2004 « la boucle phonologique en mémoire de travail peut traiter des blocs de 3 à 4 syllabes. Ceci correspond au nombre limité d'éléments dont elle peut assurer la rétention et l'activation pendant 1,5 seconde. Et ceci est conforme aux productions de l'oral spontané du français où dominent des unités rythmiques très courtes dont la grande majorité est formée autour de trois syllabes ».

Conscience phonologique et co-modalités perceptives

Dans l'accès aux mots, le traitement perceptif auditif n'est pas isolé ni unique. On peut s'interroger sur d'autres candidats à la conscience phonologique et notamment sur la voie motrice et kinesthésique donnant accès à une conscience motrice de la parole. Pour Segui & Ferrand (2000) « percevoir les sons en tant que sons de parole implique de les envisager comme l'expression de gestes articulatoires ». La théorie motrice de perception de la parole postule que l'auditeur s'appuie sur les traces des gestes articulatoires pour traiter le signal. Et de nombreux exemples cliniques étayent cette approche avec notamment l'aide apportée à la perception et la production par l'ébauche orale. Par ailleurs les facteurs articulatoires dans les retards de parole impactent de façon négative la conscience phonologique impliquant un traitement rééducatif sur les deux niveaux avec le recours parfois à un travail sur le rythme syllabique par des approches comme la verbo tonale avant d'arriver au travail sur les phonèmes.

La voie visuelle c'est-à-dire la lecture labiale est également activée dans le traitement du langage oral. « La trajectoires des lèvres visualise précisément les groupes de consonnes : /p,b,m/, /f,v/, /ch,j/ et quelques phonèmes vocaliques /a/, /o/, /i/. La bouche entrouverte laisse voir, le groupe /t,d,n/ et /l/. Et la vision en perception bimodale audiovisuelle complète significativement l'audition » (Dumont & Calbour, 2002).



6

Conscience phonologique et trouble spécifique du langage

Problématique de la lecture

Pour lire un mot, l'apprenant doit établir la correspondance entre les graphèmes du mot et les phonèmes puis utiliser ces constituants phonologiques pour assembler un programme moteur et finalement énoncer le mot à haute voix. Un des problèmes auquel va être confronté l'enfant qui apprend à lire est lié au fait que le phonème n'est pas une unité facilement perceptible à l'oral en raison de la coarticulation. Par exemple le mot « toile » est prononcé en un seul geste articulatoire. En revanche, à l'écrit ce mot est représenté par quatre graphèmes /t oi l e/ qui correspondent aux trois phonèmes. Pour pouvoir associer les graphèmes aux phonèmes, l'enfant doit donc prendre conscience de la structure phonémique de l'oral en le segmentant. Si ses représentations phonologiques ne sont pas correctement spécifiées, la procédure phonologique de lecture se met en place difficilement. Pour Sprenger-Charolle et al. (2003), la majorité des enfants dyslexiques souffre de troubles du traitement des phonèmes et de la conscience phonémique. Leybaert et al. ont montré que « les enfants dysphasiques présentent des représentations phonologiques moins précises et plus globales » que les enfants au développement normal.

La conscience phonologique des enfants dyslexiques ne suit pas le même développement. Ainsi en 86, Lecoq montrait que les dyslexiques présentaient un retard d'environ 4 ans sur leurs homologues de même âge chronologique et de 2 ans sur ceux de même âge lexique dans une tâche de soustraction syllabique ou phonétique dans des mots significatifs ou des logatomes suivi de tâche de fusion et de prononciation des éléments restants. Ce n'est pas seulement la discrimination des segments phonétiques ou phonémiques qui pose problème à ces enfants mais également la maîtrise d'unités plus globales et saillantes comme les syllabes.

La capacité d'isoler les sons de la langue est maintenant très surveillée. La conscience phonologique fait l'objet de mesure de dépistage de ses éventuels troubles en maternelle par les médecins scolaires depuis que l'on a montré les liens entre la conscience phonologique et la lecture dans le cadre des dyslexies.

7

Perspectives dans les troubles centraux de l'audition

Les enfants qui présentent des troubles centraux de l'audition rencontrent des difficultés à traiter l'information auditive verbale alors que leur perception de sons purs se situe dans les limites de la normale. En 1996, l'ASHA (American Speech and Hearing Association) a déterminé que ces troubles touchent les habiletés de l'audition centrale et se manifestent par des difficultés de discrimination, de décodage, d'organisation, d'interprétation et de mémorisation des messages verbaux ainsi que des difficultés d'attention et d'écoute en situation de bruit. On dispose de peu de chiffres sur la prévalence, cependant en 1997, Musiek et Chermak ont estimé que 3 à 5 % des enfants d'âge scolaire présentent des troubles centraux de l'audition en association avec des troubles spécifiques d'apprentissage comme la dysphasie ou la dyslexie. La problématique semble donc clairement centrée sur les processus de conscience phonologique.

La prise en charge des TCA est complexe car les réhabilitations auditives n'ont pas fait preuve d'efficacité, on s'oriente généralement vers des approches de remédiation dans lesquelles une rééducation de la conscience phonologique est au premier plan. La question de l'association des modalités visuelles et motrices est largement posée. Des rééducations de la conscience phonologique dans des cas de dyslexie et de dysphasie ont montré l'importance de diversifier les approches sensorielles et d'envisager l'utilisation complémentaire de plusieurs canaux : le canal visuel, tactile ou encore somesthésique.

A la lumière des cas pris en charge, il nous semble que l'action remédiatrice portant sur des entraînements au repérage de l'organisation rythmique syllabique sur des mots fréquents et réguliers puis sur les phrases courtes permet d'arriver à un travail spécifique d'identification des voyelles et des consonnes. Un travail sur la prononciation permet de préciser les patrons phonologiques de la langue et de lever les ambiguïtés. Cet entraînement se réalise avec un soutien de la lecture labiale. Quant à la mémoire de travail, elle permet de développer la composante attentionnelle et le maintien du matériel verbal pour permettre l'accès aux représentations afin de saisir le sens de l'énoncé. Les questions de durée et d'intensité de ces entraînements sont posées à la lumière des études en plasticité cérébrale qui montrent que cette dernière est largement favorisée par des entraînements intenses entrecoupés de phase de repos, avec bien évidemment une dimension de plaisir à trouver.

8

Bibliographie

1. Alegria J., Morais J., (1979) Le développement de l'habileté d'analyse phonétique consciente de la parole et l'apprentissage de la lecture. *Archives de psychologie*, 47, 251-270.
2. Baddeley A., (1993) La mémoire humaine, théorie et pratique. Grenoble, Presse Universitaire de Grenoble, 547p.
3. Billières M., (2003) Des activités de classe aux activités cognitives en phonétique corrective. *Cahier du CISL*, 2003, 71-87.
4. Dehaene S. (2007) Les neurones de la lecture. Ed Odile Jacob, 475p.
5. Dumont A, Calbour C. (2002) Voir la parole, Ed Masson, 231p.
6. Lecoq P. (1992) Lecture, apprentissage, troubles, Lille, Presse Universitaire de Lille
7. Leybaert J., (2004) Dysphasie et développement de la sensibilité à la rime et au phonème. *Enfance* 2004/1, vol 56, 63-79.
8. Liberman LY., et al (1882) Children's memory for recurring linguistic and non linguistic material in relation to reading ability. *Cortex*, 18, 367-375.
9. Plaza M., (1999) Sensibilité phonologique et traitement métaphonologique : compétences et défaillances. *Rééducation Orthophonique*, 197, 13-24.
10. Segui J., Ferrand L., (2000) Leçons de parole, Ed Odile Jacob, 248p.
11. Sprenger-Charolle L., Colé P., (2003) Lecture et Dyslexie : approche cognitive, Ed Dunod.



Les troubles centraux de l'audition

**Patrick
VERSTICHEL**

Neurologue
Centre Hospitalier
Intercommunal,
40 Avenue de Verdun
94000 Créteil.

Ce chapitre aborde les troubles de l'audition résultant de destructions des voies et centres nerveux dévolus à la perception à l'intégration des sons au niveau télencéphalique et diencéphalique. Seront donc exclus les troubles centraux de l'audition par atteinte des circuits nerveux du tronc cérébral. Dans une première partie, les différents syndromes seront décrits, sans préjuger de leur origine, au demeurant le plus souvent vasculaire. La seconde partie abordera les perturbations centrales de l'audition au cours de certaines affections neurologiques. Ce volet est relativement réduit, dans la mesure où l'étude audiolinguistique systématique est très rarement effectuée dans les maladies neurologiques, soulignant par là l'insuffisance des interactions entre neurologues et experts de l'audition.

1

Description syndromique des troubles centraux de l'audition

A. L'hémianacousie

Description

Elle peut être définie comme la surdité d'un hémisphère, consécutivement à la destruction du cortex auditif au niveau de la première circonvolution temporale (aire A1 ou gyrus de Heschl et aire A2). Suspectée depuis le début du 19^{ème} siècle (Meyer, 1908), l'hémianacousie a été clairement individualisée par Michel et al. dans les années 1980. En raison de la bilatéralité des projections auditives et des transferts calleux, une lésion corticale unilatérale n'a que peu d'incidence clinique et passe volontiers inaperçue si elle n'est pas spécifiquement recherchée. Selon Michel et al. (1982), seulement 5 % des patients se plaignent de moins bien entendre de l'oreille controlatérale, à la lésion, surtout quand plusieurs personnes parlent à la fois. Ailleurs elle sera mise en évidence grâce à l'utilisation conjointe de l'écoute dichotique et des potentiels évoqués auditifs (PEA). En revanche les autres tests audiolinguistiques (audiométrie tonale, perception et production du rythme, localisation des sons, évaluation de leur hauteur, perception du timbre) sont normaux.

Diagnostic

L'hémianacousie est définie par l'association d'une extinction de l'oreille controlatérale à la lésion au test d'écoute dichotique et d'une altération des potentiels évoqués auditifs (PEA) tardifs du côté de la lésion.

Dans le test d'écoute dichotique, on présente simultanément à chaque oreille des items verbaux différents (phonèmes, mots ou courtes phrases). Cette compétition, neutralisant les afférences directes à partir du tronc cérébral, permet d'étudier plus spécifiquement les projections auditives croisées. Le sujet doit répéter les sons entendus. Les stimuli adressés à l'oreille droite sont perçus et répétés grâce aux

aires auditives et du langage de l'hémisphère gauche. Ceux adressés à l'oreille gauche sont perçus par l'hémisphère droit, et l'information doit ensuite être adressée aux aires du langage gauches pour être répétées. Normalement, les deux stimuli sont perçus et répétés par le sujet, avec toutefois une légère supériorité de l'oreille droite en raison de la spécificité hémisphérique gauche pour le langage. Dans l'hémianacousie, le patient ne perçoit et ne répète que les items présentés à l'oreille controlatérale à la lésion.

L'étude des PEA montre une volée précoce normale, reflétant l'intégrité des voies auditives du tronc cérébral. Les pics N1 et P2 (cf. article Benoît Jutras – tome I) sont directement liés à l'intégrité du cortex auditif primaire. Dans l'hémianacousie, il existe une très nette réduction de l'amplitude de ces pics par rapport au côté sain. En pratique, une diminution d'amplitude de 50 % par rapport au côté sain est considérée comme significative. Pour différentes raisons, on n'observe pas une abolition complète des réponses du côté lésé (activités contingentes via le corps calleux à partir de zones non acoustiques voisines ; diffusion de l'activité de l'hémisphère controlatéral). L'appréciation des latences des pics n'est pas utilisée en routine.

Causes

L'hémianacousie est le plus souvent due à des accidents vasculaires cérébraux (AVC) ischémiques. Comme il est exceptionnel qu'ils ne se limitent qu'au gyrus de Heschl, l'hémianacousie s'intègre à des présentations cliniques plus complexes comportant notamment, pour les lésions gauches, des troubles du langage. Dans ces conditions, l'évaluation du déficit de répétition au test d'écoute dichotique peut être difficile si le patient présente spontanément des perturbations de la répétition. Les anomalies des PEA prennent alors toute leur valeur. Des hématomes localisés, des tumeurs, des lésions infectieuses au cours de méningo-encéphalites, des granulomes peuvent également être en cause.

B. La dyséchophémie profonde

Description

Il s'agit d'un trouble exceptionnel. Les patients présentent une perturbation du langage affectant sélectivement la répétition. Les erreurs en répétition de mots, plus ou moins abondantes suivant les cas, prennent la forme de paraphasies sémantiques. Par exemple : bibliothèque -> « livre » (Cambier et Verstichel, 1998), framboise -> « groseille » (Cardebat et al, 1994). Les phrases ne peuvent être répétées complètement, ou bien subissent également des transformations sémantiques : les requins sont dangereux -> « les poissons sont méchants » (Cardebat et al., 1994). Les non-mots ne peuvent être répétés ou donnent lieu à des lexicalisations : muche -> « ruche ». Dans les formes pures, il n'y a pas de paraphasie dans d'autres conditions



d'expression orale ou écrite, par exemple en dénomination d'images (Cambier, Verstichel, 1998). Le terme de dysphasie profonde ou dyséchophémie profonde (« deep dysphasia ») a été employé par Michel et Andrewskee (1983) par analogie avec la dyslexie profonde, où un trouble similaire se produit en lecture de mots.

■ Diagnostic

La dyséchophémie profonde succède habituellement à une aphasie de Wernicke. Lorsque les perturbations spontanées du langage disparaissent, on constate les erreurs caractéristiques en répétition. Une réduction importante de la mémoire auditive-verbale à court terme est constamment associée. Les patients ne peuvent pas mémoriser plus de 1 ou 2 mots, et aucune phrase, même courte. Ils peuvent d'ailleurs remarquer que ce qu'on leur dit a tendance à s'effacer immédiatement de leur mémoire. La plupart des cas décrits n'ont pas été étudiés ni par les PEA, ni par écoute dichotique. Néanmoins, lorsque cela a été fait (Cambier, Verstichel, 1998), il y avait une altération des PEA de moyenne latence et une extinction de l'oreille droite, traduisant une hémianacousie.

■ Causes

Là encore, les lésions sont habituellement vasculaires ischémiques ou plus rarement hémorragiques. Elles touchent à gauche le lobe temporal et le gyrus supra-marginal (partie supérieure du lobule pariétal inférieur). La lésion temporale gauche affecte le cortex auditif, mais épargne l'aire de Wernicke, ce qui explique le caractère transitoire de l'éventuelle aphasie. La lésion pariétale gauche touche une région indispensable au stockage verbal en mémoire à court terme, dont est dépourvu l'hémisphère droit. Dans ces conditions, seul l'hémisphère droit perçoit les messages sonores. La répétition nécessite toutefois un transfert via le corps calleux vers l'hémisphère gauche, un stockage en zone de mémoire à court terme, puis une activation des aires du langage. Chez les patients, en l'absence de zone de stockage à gauche, il y a disparition rapide, voire immédiate de la trace sonore (ou phonologique) du message. En revanche, l'hémisphère droit en conserve une trace sémantique, et c'est alors celle-ci qui sera le support de l'information adressée à l'hémisphère gauche (Duhamel et Poncet, 1986). Il est alors possible, du fait de l'absence de capacité de mémorisation de la forme sonore des mots, que la transmission sémantique subisse des modifications qui aboutissent à l'émission par l'hémisphère gauche d'un mot proche mais différent. Si par exemple l'hémisphère droit perçoit le mot « éléphant », il ne peut garder la forme sonore du mot, mais en conserve une trace signifiante, celle d'un gros animal sauvage. C'est cette dernière information qui sera transmise à l'hémisphère gauche, à charge pour lui de trouver le mot correspondant. Ce dernier sera susceptible

sur les seuls indices sémantiques d'émettre un mot proche comme rhinocéros, ou hippopotame.

■ C. La surdité corticale (Platel et al, 2009)

■ Description

Les patients atteints de surdité corticale peuvent avoir ou non l'impression d'être sourds. Des capacités résiduelles perceptives peuvent paradoxalement persister pour des sons peu intenses ou une conversation à voix basse. Dans tous les cas, ils affirment ne pas saisir ce qui leur est dit, ou ne pas comprendre les sons environnants. L'examen audiolinguistique montre des altérations de toutes les performances : localisation des sons, perception de leur hauteur, des rythmes, du timbre, des sons de l'environnement, des phonèmes, des mots, des phrases. L'audiométrie tonale est très altérée.

■ Diagnostic

L'étude des PEA est l'élément clé du diagnostic. Les PEA précoces du tronc cérébral sont normaux, mais les PEA de moyenne latence et les PEA tardifs sont abolis des deux côtés, démontrant l'absence d'activation des deux aires auditives, soit par destruction, soit par interruption totale des projections auditives (désafférentation complète). La surdité corticale réalise ainsi une hémianacousie double (Michel et al, 1980). Les PEA distinguent la surdité corticale de l'agnosie auditive. Dans cette dernière, les PEA de moyenne latence et tardifs sont présents, bien que souvent altérés.

■ Causes

La surdité corticale est habituellement le résultat d'une destruction des deux aires auditives à la face supérieure des lobes temporaux par des infarctus sylviens successifs, le premier entraînant une hémianacousie qui passe inaperçue si elle n'est pas spécifiquement recherchée, ou à gauche une aphasie régressive, la surdité corticale apparaissant lors du second accident vasculaire. Certains cas de surdité corticale ont été rapportés lors de scléroses en plaques, faisant suspecter une déconnexion complète des aires auditives par lésions sous corticales. Il convient néanmoins dans ces cas de rechercher des accidents vasculaires surajoutés (Castaigne et al., 1981).

■ D. La surdité verbale

■ Description

Elle a été décrite à la fin du 19^{ème} siècle par Kussmaul (1884) puis Lichteim (1885). Dans la forme pure, les patients ne peuvent comprendre, répéter ou écrire sous dictée les sons verbaux en l'absence de toute autre

perturbation du langage et de la perception des sons non verbaux. Ils ne peuvent ainsi répéter correctement le mot « clé » lorsqu'on le prononce devant eux, mais produiront ce même mot lorsqu'ils entendront le cliquetis d'un trousseau. De même, l'appariement de bruits familiers ou de cris d'animaux avec les images correspondantes est réussi, alors que l'appariement de mots entendus avec les images associées ne l'est pas. La musique est normalement perçue. La parole l'est anormalement, comme « un murmure indistinct », « un bourdonnement », « une langue étrangère » comme « trop proche » ou « trop éloignée ». Les patients adoptent les attitudes des sourds en tendant l'oreille, en s'aidant de la lecture labiale et de l'interprétation des mimiques de l'interlocuteur, en sollicitant des informations écrites. Si le contenu du message ne peut être compris, les voix familières sont reconnues. Dans l'expression orale spontanée, peuvent apparaître des déformations de mots ou paraphrasies, que le patient ne corrige pas car il ne les entend pas.

En réalité, il n'existe probablement pas de présentation parfaitement pure de surdité verbale. Le plus souvent, elle émerge d'une aphasie de Wernicke qui récupère, et s'associe à des troubles aphasiques. On parle alors de surdité verbale quasi pure lorsque la composante de surdité verbale domine largement les troubles de l'expression orale ou écrite.

De même, il n'est pas rare que la surdité centrale concerne de façon plus ou moins discrète des sons non verbaux, s'intégrant alors à une agnosie auditive. Une analyse audiologique précise doit cependant s'attacher à détecter une pathologie périphérique associée, d'autant plus que la surdité verbale s'installe d'emblée chez un sujet âgé ou existe depuis longtemps chez un sujet vieillissant (Pinard et al., 2002).

■ Diagnostic

Celui-ci est fait devant un patient se plaignant d'une surdité, cette dernière concernant de façon exclusive ou dominante le langage. Le trouble de compréhension orale est massif, et en répétition le patient soit ne produit rien, soit effectue des substitutions par des mots phonologiquement proches. La discrimination phonémique est défectueuse, la perception des voyelles restant meilleure que celle des consonnes. De même, l'identification des phonèmes et des mots est profondément perturbée. Les tests acoustiques montrent un trouble de la résolution temporelle : fusion de clics, altération du comptage des clics et de la discrimination d'intervalle. Les difficultés portent également sur la distinction des fréquences et des intensités. Les PEA précoces sont constamment normaux. Les PEA de moyenne latence sont normaux ou légèrement altérés. Les PEA tardifs sont franchement anormaux, y compris ceux utilisant des sons non verbaux. En cas de lésion unilatérale gauche, le potentiel P300 (qui est élicité par des sons non verbaux) est notamment retardé lors de la stimulation de l'oreille droite comparativement à la stimulation de l'oreille gauche (Hayashi et Hayashi, 2007) ce qui semble indiquer au moins dans certains cas que le mécanisme physiopathologique repose sur une altération de l'analyse du signal sonore, peut-être dans certains cas en raison du trouble de discrimination temporelle qui affecte tout particulièrement le traitement des sons verbaux. Auerbach et al. (1982) ont distingué deux formes de surdités verbales. La première est due à ce trouble de la discrimination temporelle de sons et intervient à un niveau pré-phonémique; il est généralement en rapport avec des lésions bilatérales. La seconde ne s'associe pas à un trouble de la discrimination temporelle des sons, mais est liée à un déficit plus proprement linguistique dans la discrimination phonémique elle-même. Elle est en rapport

avec une lésion unilatérale gauche. Cette différenciation en deux formes n'est cependant pas formellement prouvée.

D'un point de vue cognitif, on peut décrire différents niveaux d'altération de la reconnaissance des mots, en se fondant sur un modèle séquentiel à trois étapes. Dans ce modèle la première étape, perceptive, consiste en une analyse de sons verbaux. Sa perturbation aboutit à la surdité verbale telle qu'elle vient d'être décrite, avec possiblement deux sous-niveaux de traitement de l'information. La seconde, associative, compare le percept (mot) à un répertoire lexical constitué au fur et à mesure de l'apprentissage, stocké en mémoire. Elle permet de déterminer si un mot est connu ou non, et de dégager un sentiment de familiarité. L'atteinte de cette étape ne compromet pas l'analyse auditive elle-même : les patients distinguent parfaitement les mots entendus, peuvent les répéter, sans toutefois les comprendre. Ils ne savent pas différencier les mots réels des non-mots (ou logatomes). La troisième, sémantique, est l'activation à partir du répertoire lexical, des significations rattachées à ce mot ce qui permet sa compréhension définitive. L'atteinte de ce niveau entraîne un trouble sémantique de la compréhension, dans lequel les patients peuvent distinguer les mots des non-mots, sans parvenir à une compréhension. Cette dernière peut être totalement ou partiellement touchée. Dans ce dernier cas, en entendant le mot « éléphant », un patient est parfois capable de dire qu'il s'agit d'un animal, probablement sauvage, mais sans pouvoir se représenter l'image exacte du proboscidié, ou certaines caractéristiques propres à cet animal (taille, couleur, type de nourriture etc.). Ce trouble est exceptionnellement confiné à la représentation auditive des mots, mais touche généralement de façon simultanée leur forme écrite, ce qui est le cas dans l'aphasie transcorticale sensorielle, et bien souvent l'accès sémantique à partir de différentes catégories et différentes entrées sensorielles (images d'objet, d'animaux, visages, voix etc), comme on peut l'observer dans la démence sémantique.

■ Causes

La surdité verbale résulte le plus souvent de lésions ischémiques multiples. Il peut s'agir de lésions temporales bilatérales, qui détruisent le cortex temporal postérieur et moyen à gauche (ces aires sont proches de l'aire de Wernicke) empiétant ou non sur le lobule pariétal inférieur. Les aires auditives proprement dites sont préservées. Dans le cas d'une atteinte unilatérale, une lésion corticale temporale ou temporo-pariétale gauche est associée à une lésion sous-corticale de l'isthme temporal affectant les fibres calleuses. Les lésions interrompent toutes les afférences entre les aires auditives des deux hémisphères et l'aire de Wernicke à gauche (Gil, 2006). La lésion corticale gauche déconnecte l'aire auditive gauche des zones de traitement phonologique et lexical du langage. La lésion sous-corticale interrompt les afférences hémisphériques droites via le corps calleux, provenant soit des aires auditives droites via leurs homologues gauches, soit de zones de décodage vocal droites vers l'aire de Wernicke. Dans ce cas, les aires auditives droites perçoivent les sons de langage, les reconnaissent comme tels, peuvent également reconnaître la voix de la personne qui parle, mais la déconnexion empêche toute information directe (issue de l'hémisphère gauche) ou indirecte (issue de l'hémisphère droit via le corps calleux) d'activer l'aire de Wernicke.

Des hématomes lobaires récidivants, par exemple dus à une angiopathie amyloïde, peuvent également toucher les mêmes territoires corticaux et sous-corticaux. Dans le cas d'une hémorragie sous-corticale gauche isolée ayant entraîné une surdité verbale pure, l'étude IRM et en PET scan a montré l'atteinte de la substance



blanche pariétale et temporale déconnectant l'aire de Wernicke, préservée, des radiations auditives gauches et des afférences droites (Takahashi et al., 1992).

Exceptionnellement une présentation de surdité corticale est provoquée par une lésion mésencéphalique haute qui détruit les colliculi inférieurs (Vitte et al., 2002 ; Kimiskidis et al, 2004).

E. L'agnosie auditive

Description

L'agnosie auditive recouvre en la complétant la surdité verbale, qui en est une composante. On peut parler d'agnosie auditive lorsque les sons verbaux et non-verbaux (musiques, bruits, voix) ne sont pas identifiés. Pour certains (Platel et al., 2009), l'agnosie auditive concerne le défaut de reconnaissance des sons non verbaux ; dès que la compréhension du langage oral est affectée, on doit utiliser le terme de surdité verbale.

Le patient se comporte comme un sourd mais dit néanmoins qu'il entend sans rien identifier. Les sons peuvent tous prendre l'aspect de frottements ou de grincements. Il y a souvent une inattention auditive avec une absence de réponse aux stimuli sonores. Les bruits (cloche, clés, sirène, etc.) ne peuvent être identifiés, ni les cris d'animaux ni les voix, ni la musique. Il existe ou non une surdité verbale. Si le langage est reconnu et compris, la voix peut paraître déformée et étrange.

Diagnostic

Il s'agit d'une surdité avec inattention aux bruits, mais il n'y a pas d'atteinte sensorielle. L'examen audiologique montre que l'appréciation des hauteurs et des intensités est préservée, mais non celle des rythmes et des durées. Le langage est normal, sauf parfois à la phase initiale d'un AVC où une aphasie de Wernicke peut être constatée, celle-ci régressant ensuite. Les PEA précoces du tronc cérébral sont normaux, et les PEA corticaux de moyenne latence également, ou légèrement altérés, ce qui différencie l'agnosie auditive de la surdité corticale où ils sont abolis.

Par analogie avec l'agnosie visuelle, on peut distinguer l'agnosie aperceptive de l'agnosie associative en fonction du niveau de traitement de l'information sonore défectueux (voir le paragraphe précédent sur la surdité verbale). La première se situe à un niveau perceptif de haut niveau, et les patients ne peuvent apparier des sons identiques (vocaux, animaux, musicaux bruits, etc.). Dans l'agnosie associative, apparierement et distinction sont possibles, mais l'identification, évaluée par exemple par l'association à une image à choisir parmi plusieurs, est erronée ou impossible. La familiarité avec les sons est également perdue (refrains célèbres, voix connues, bruits courants, etc.). La troisième variété d'agnosie, asémantique, sort du thème de ce chapitre. Elle s'intègre dans une désintégration polymodale des significations, qui touche simultanément les perceptions auditives, visuelles, tactiles, olfactives. Les patients peuvent alors différencier les sons, ressentir une certaine familiarité mais n'identifient pas les sons, comme ils n'identifient pas les images ou d'autres percepts.

La distinction perceptif/associatif/sémantique appartient à un modèle cognitif qui conçoit l'interprétation des stimuli par trois étapes successives et distinctes : d'abord l'intégration corticale des éléments sonores en tant que tels, puis leur apparierement à des modèles stockés en mémoire, ce qui permet de dégager une impression familière, puis la récupération d'éléments associés de nature sémantique entraînant l'accès à la reconnaissance propre-

ment dite. L'atteinte de la première étape aboutit à l'agnosie aperceptive ; celle de la seconde à l'agnosie associative ; celle de la troisième à l'agnosie asémantique. D'autres interprétations sont cependant possibles, dans lesquelles le traitement de l'information n'est pas séquentiel mais parallèle : l'information s'inscrit dans un réseau de connexions où elle se combine avec les représentations d'expériences perceptives préalables. Dans ces conditions il y a pas de différence entre perception (de haut niveau) et association : toute agnosie comporterait des troubles perceptifs. Aucun de deux modèles, séquentiel et connexionniste, n'a fait formellement la preuve de sa validité par rapport à l'autre. En réalité, certains agnosiques auditifs laissent percevoir un traitement encore plus complexe. Ainsi en est-il des patients qui peuvent dans une condition expérimentale reconnaître tel air familial (comme « Frère Jacques », mais sont incapables, dans une autre condition expérimentale, de distinguer cet air d'un autre fameux (« Au clair de la Lune ») (Eustache et al. 1990). Plusieurs voies de traitement des sons, ayant chacune leur spécificité, doivent être postulées pour rendre compte de ce paradoxe.

Causes

Les agnosies auditives sont provoquées par des lésions cortico-sous-corticales temporales supérieures bilatérales affectant plus ou moins le gyrus de Heschl. Les lésions vasculaires ischémiques et à un moindre degré hémorragiques sont les plus fréquentes. Des maladies dégénératives, la maladie d'Alzheimer en particulier, peuvent conduire à des agnosies auditives. Une lésion unilatérale peut être en cause ; elle siège alors à droite, et les sons verbaux sont relativement préservés. Parfois, comme pour la surdité verbale, des lésions purement sous-corticales sont en cause, touchant les capsules internes en descendant jusqu'aux radiations acoustiques, ou les corps genouillés internes. Certaines spécificités propres à l'un ou l'autre hémisphère pourraient rendre compte de la sélectivité plus ou moins grande des agnosies auditives pour certaines catégories de stimuli sonores. Cela est particulièrement vrai pour la surdité verbale qui implique l'hémisphère gauche dominant dans ce domaine. L'identification musicale ou des voix pourraient quant à elles relever plus particulièrement de l'hémisphère droit.

F. Les agnosies sélectives

1. L'agnosie pour les sons de l'environnement

L'agnosie pour les sons de l'environnement est exceptionnelle. Les patients peuvent comprendre le langage oral, identifier la musique, mais ne peuvent reconnaître les bruits d'objets, les cris d'animaux etc. L'agnosie aux bruits émerge souvent au cours de la récupération d'une agnosie plus globale. Elle n'est donc jamais ou quasiment pure. Néanmoins, le fait qu'une agnosie puisse épargner les sons environnementaux tout en affectant la musique ou le langage pourrait plaider pour un système de traitement spécifique. Les lésions en cause touchent le gyrus temporal droit ou sont thalamo-genouillées droites. Si la reconnaissance des cris d'animaux semble siéger à droite, en revanche, la reconnaissance des onomatopées qui les caractérisent (hi-han, cui-cui, cocorico, etc.) le sont par le biais du langage à gauche.

2. Agnosie musicale

L'amusie est définie par une impossibilité de reconnaître ou d'analyser la nature musicale des sons. Elle peut être isolée, avec une reconnaissance parfaitement préservée des bruits et du langage



(Griffith et al. 1998). La nature même de la musique étant particulièrement complexe, son traitement fait intervenir des structures distribuées dans les deux hémisphères et plus ou moins spécialisées. Selon Peretz (1998), un air musical serait structuré sur le plan mélodique et temporel. L'organisation mélodique comprend le contour mélodique de l'air, les intervalles de tons entre chaque note, et la tonalité. L'organisation temporelle comporte le rythme (organisation des durées de temps) et la métrique (mesure, alternance périodique des temps forts et faibles). L'analyse selon ces deux axes permettrait une perception correcte de l'air, prélude à son identification en tant qu'air connu et déjà enregistré en mémoire. L'hémisphère droit interviendrait dans la perception du contour mélodique, et l'hémisphère gauche dans celui des rythmes et des hauteurs tonales. L'identification de la musique (le fait de savoir qu'un air est connu ou non) dépend de l'hémisphère gauche. Cela explique le caractère dissocié des amusies qui affectent la perception musicale en totalité ou bien souvent dans l'un ou l'autre de ces domaines. L'importance et le type d'amusie varie en outre selon l'expérience musicale du sujet et sa pratique : en écoute dichotique de mélodies, il existe une supériorité de l'oreille gauche chez les non-musiciens et une supériorité de l'oreille droite chez les musiciens.

■ 3. L'aprosodie réceptive et la phonoagnosie

L'aprosodie réceptive est l'incapacité à reconnaître les aspects émotionnels véhiculés dans le langage et les vocalisations en général, en dehors du contenu même du langage. Les patients ne peuvent plus reconnaître le ton de colère, le ton sarcastique ou enjoué de leurs interlocuteurs. Elle est due à des lésions de l'hémisphère droit.

La phonoagnosie est l'incapacité à identifier un individu donné par sa voix. Elle est liée à des lésions temporo-pariétales de l'hémisphère droit.

■ 4. Troubles de l'audition centrale dans le syndrome de déconnexion inter-hémisphérique

Lorsqu'une destruction complète du corps calleux se produit, elle n'empêche pas chacun des hémisphères de recevoir les stimulations auditives provenant de chaque oreille du fait de la bilatéralité des projections auditives. Le trouble auditif central ne se démasque donc qu'en condition d'écoute dichotique, où les afférences contralatérales « éteignent » les afférences homolatérales. Dans cette situation, le patient ne peut répéter que les mots adressés à son oreille droite (hémisphère gauche). Les mots adressés à son oreille gauche ne peuvent l'être car l'hémisphère droit n'accède pas à la parole (extinction complète de l'oreille gauche). En revanche, on peut démontrer que cet hémisphère a perçu le mot de l'oreille gauche en faisant, par exemple, sélectionner l'image projetée dans son champ visuel gauche correspondante avec la main gauche, ou retrouver l'objet correspondant en le palpant de sa main gauche, ou encore sélectionner la catégorie sémantique en faisant appuyer la main gauche sur un bouton.

En dehors de la chirurgie de l'épilepsie, qui fournit les modèles les plus purs de syndromes de déconnexion inter-hémisphérique par section calleuse complète, les lésions totales ou partielles du corps calleux sont d'origine vasculaire, tumorale, inflammatoire (sclérose en plaques), secondaires à une encéphalopathie alcoolique de Marchiafava-Bignami. Les agénésies calleuses peuvent être isolées ou s'intégrer dans des malformations cérébrales plus complexes.

2

Troubles centraux de l'audition au cours des maladies neurologiques

■ A. Les accidents vasculaires cérébraux

Les infarctus cérébraux, et à un moindre degré les hématomes intracérébraux, sont parmi les causes les plus fréquentes de troubles centraux de l'audition. Les destructions bitemporales cortico-sous-corticales ou les destructions bilatérales des afférences auditives issues des corps genouillés internes donnent lieu à des surdités corticales, des agnosies auditives, des surdités verbales atypiques. Les atteintes temporales gauches peuvent entraîner une surdité verbale plus ou moins pure ou une amusie asémantique alors que les atteintes temporales droites entraînent une agnosie auditive, une amusie aperceptive, une phonoagnosie ou une aprosodie réceptive.

■ B. La sclérose en plaques

Les troubles auditifs qui peuvent être rencontrés dans la sclérose en plaques sont difficiles à analyser du fait de la dissémination possible des lésions tout au long des voies auditives. La désafférentation des lobes temporaux peut conduire à perturber les processus auditifs corticaux, ce qui peut être démontré à l'aide de tests psycho-physiques (étudiant par exemple la binauralité) ou les PEA de moyenne ou longue latence (Hendler et al., 1990). La résolution temporelle des sons est perturbée, ce qui n'entraîne pas forcément de plainte clinique. Le retard des PEA de longue latence lors des modifications fréquentielles pourrait traduire une augmentation du temps nécessaire aux dispositifs temporaux pour comparer les séquences de sons afférents aux séquences maintenues en mémoire (Jones et al., 2002). Des présentations cliniques caractéristiques de surdité verbale ou corticale ou d'agnosie auditive peuvent se rencontrer dans des formes pseudo-tumorales de sclérose en plaques, mais il n'en faut pas moins craindre une pathologie associée, vasculaire ou tumorale, ou encore une leucoencéphalite multifocale progressive.

■ C. La maladie d'Alzheimer

La prévalence des troubles auditifs au cours de la maladie d'Alzheimer, mais aussi d'autres formes de démence, dépasse nettement celle rencontrée chez les sujets âgés non déments (Gold et al. 1996) : 94 % vs 27-34 % dans la population générale de même âge. Si les composantes périphériques des troubles auditifs se révèlent similaires entre les patients Alzheimer (dont la maladie est légère et n'interdit pas l'assimilation des consignes des tests) et les témoins âgés, en revanche le traitement central des stimulations est détérioré chez les malades (Gates et al., 1995 ; Strouse et al. 1995).

Les lésions de la maladie d'Alzheimer, plaques séniles extra-neuronales formées d'agrégats de peptide bêta amyloïde et dégénérescences neuro-fibrillaires intra cellulaires constituées de protéine tau anormalement phosphorylée, sont observées précocement dans le lobe temporal. Elles s'accompagnent d'une disparition des connexions synaptiques puis d'une perte neuronale avec atrophie. L'atteinte concerne également des structures sous-corticales. Dans une étude autopsique de 9 patients Alzheimer, Sinha et al (1993) ont trouvé dans tous les cas des plaques séniles et des dégénérescences neuro-fibrillaires non seulement dans le cortex auditif primaire et le cortex auditif associatif, mais aussi dans le noyau



central du colliculus inférieur ainsi que dans le noyau ventral du corps genouillé médian. A un moment de l'évolution de leur maladie, tous les patients sont ainsi susceptibles de présenter des troubles centraux de l'audition.

Cliniquement, la localisation des sons, la perception de sons complexes, la discrimination de timbres et de phonèmes, la perception de mots, de bruits environnementaux et de musique sont perturbées (Eustache et al, 1995). Ces troubles peuvent être difficiles à individualiser s'ils sont associés à des anomalies auditives périphériques comme une presbyacousie, ou des désordres cognitifs de plus haut niveau, de l'ordre de l'agnosie sémantique par exemple. Ils participent à l'aggravation des troubles de communication.

Les désordres auditifs centraux sont volontiers évalués par une procédure d'écoute dichotique d'identification de messages en langage synthétique par stimulation monaurale en situation de compétition avec un message adressé à l'oreille contra-latérale. L'identification de phrases en compétition avec un message ipsilatéral explore les voies mésencéphalo-thalamiques, alors que la compétition contra-latérale explore le cortex auditif. Ces deux aspects sont fortement dégradés chez les patients atteints de maladie d'Alzheimer par rapport aux témoins. La détérioration des processus auditifs centraux est précoce et précède même les symptômes démentiels de 5 à 10 ans (Iliadou et Kaprinis, 2003). Dans la cohorte de Framingham, l'altération de l'identification chez des sujets âgés non déments avec compétition ipsilatérale pour une oreille au moins était prédictive d'une évolution vers une maladie d'Alzheimer avec une valeur prédictive de 47 % (Gates et al., 2002).

Les PEA précoces du tronc cérébral ne sont pas davantage perturbés chez les patients déments que chez les témoins. Les PEA de moyenne latence sont généralement préservés mais les PEA tardifs sont anormaux. Dans la procédure standardisée d'étude des potentiels cognitifs par stimulation auditive, le patient doit repérer et compter de rares stimuli déviants parmi des stimuli fréquents. Si la négativité de discordance, corollaire des processus d'attention involontaire est intacte, en revanche les ondes N200 (attention volontaire) et P300 (réflétant le traitement cognitif) sont altérées et retardées. En magnétoencéphalographie, la stimulation auditive monaurale élicite des pics P50 et N100 retardés sur le cortex ipsilatéral à la stimulation, mais non sur le cortex controlatéral, ce qui pourrait traduire un défaut des traitements parallèles des informations entre les deux cortex (Pekkonen et al., 1996).

D. Autres démences

Il existe peu de données sur les troubles centraux de l'audition dans les pathologies démentielles autres que la maladie d'Alzheimer. Les lésions temporales d'une démence fronto-temporale supposée ont pu être incriminées dans la survenue d'une surdité verbale associée par ailleurs à une anarthrie (Iizuka et al., 2007). De même une surdité corticale a été rapportée dans un cas de dégénérescence cortico-basale, particulière par l'extension temporelle des lésions (Arima et al., 1994).

E. La maladie de Parkinson

Les données les mieux établies concernant les troubles auditifs centraux dans la maladie de Parkinson se rapportent à la discrimination temporelle des sons. L'estimation des durées est perturbée, qu'il s'agisse des sons de relativement longue durée (entre 1 et 5 secondes), comme elle l'est d'ailleurs pour les stimuli visuels (Smith et al., 2007), ou de sons de très courte durée, aux environ de

50 ms (Guel et al., 2008). L'hypothèse, pour rendre compte de ces troubles, d'un dysfonctionnement d'une « horloge interne », sorte de pace-maker logé au sein des noyaux gris centraux, est mise en concurrence avec un déficit cortical affectant la mémoire auditive ou l'attention auditive.

La discrimination de rythmes basés sur un battement de mesure est également perturbée chez les parkinsoniens, en raison de l'atteinte des noyaux gris qui altère la composante de représentation motrice qui sous-tend la perception de ce genre de rythmes réguliers (Grahn et Brett, 2009).

Les PEA de moyenne latence sont souvent anormaux. L'altération ou la disparition des PEA tardifs (P300) est d'autant plus fréquente qu'il existe un déclin cognitif frontal (Nojsewska et al., 2009).

Une aprosodie réceptive est rencontrée chez les patients parkinsoniens, qui discriminent mal les différences de prosodies émotionnelles par rapport aux sujets contrôles. L'expressivité du discours des patients est parallèlement affectée, leur voix étant monocorde et hypophonique. Dans un paradigme de type stimulus déviant (odd ball paradigm) modifié, l'amplitude de la négativité de discordance est réduite lors de la détection de stimuli « tristes » par rapport à des stimuli « gais », traduisant un déficit attentionnel involontaire précoce à la composante émotionnelle (Schröder et al., 2006). Plus généralement une atteinte pré-attentive (car précédant les mécanismes d'attention consciente) pour les stimulations auditives pourrait se traduire en magnéto encéphalographie, par un allongement de la latence inter-hémisphérique des composantes P50 et N100 dans un paradigme « odd ball » lors de la stimulation de l'oreille gauche. Elle serait la résultante du dysfonctionnement des ganglions de la base et de celui du cortex auditif de l'hémisphère gauche (Pekkonen et al., 1998).

F. Le Syndrome de Landau et Kleffner (aphasie acquise avec épilepsie)

Survenant entre 2 et 8 ans, il comporte une régression du langage, à la fois dans l'expression et dans la réception, l'enfant ayant d'abord tendance à se comporter comme un sourd, puis devenant indifférent au langage puis à tous les sons. Il y a donc développement, parfois rapide, d'une agnosie verbale puis éventuellement globale. Des manifestations épileptiques peuvent s'y associer, de même qu'un aspect très particulier de l'électroencéphalogramme, des pointes-ondes généralisées continues durant le sommeil lent, avec souvent des pointes temporo-pariétales durant la veille. La cause de ce syndrome est inconnue.

Le traitement par anti-épileptique et corticoïde peut guérir l'épilepsie temporelle, mais les troubles aphasiques, ou encore un déficit de la mémoire phonologique, peuvent être persistants.

3

Conclusion

Les troubles centraux de l'audition représentent ainsi un large éventail de syndromes au cours des affections du système nerveux. L'analyse soignée des symptômes a permis d'apporter une riche contribution au recensement et à la compréhension de compétences parmi les plus élaborées du cerveau humain. Toutefois on constate, en le regrettant, que l'attrait pour ces fonctions auditives centrales est actuellement moindre qu'autrefois. Les données concernant des pathologies du système nerveux pourtant fréquentes demeurent pour le moins fragmentaires, alors qu'on dispose de techniques

d'exploration de l'audition centrale de plus en plus précises et fiables. Un regain d'intérêt pour ce champ d'investigation encore largement à défricher dépend de coopérations nouvelles et transdisciplinaires entre les neurologues et les neuropsychologues, qui voient les malades atteints de lésions cérébrales, et les ORL qui sont les plus qualifiés pour les étudier dans ce domaine.

4

Bibliographie

1. Meyer A. The relation of the auditory center to aphasia. *J Psychol Neurol*, 1908 ; XIII : 203-213.
2. Michel F., Peronnet F. Schott B. A case of cortical deafness : clinical and electrophysiological data. *Brain Lang* 1980, 10 : 367-377.
3. Michel F., Peronnet F. L'hémianacousie, un déficit auditif dans un hémisphère. *Rev Neurol (Paris)*, 1982, 138 : 657-671.
4. Cambier J, Verstichel P. Le cerveau réconcilié ; Masson Ed.(1998)
5. Cardebat D., Démonet JF, Puel M. Les troubles du sens des mots. *La Recherche*, 1994 ; 25 : 798-802.
6. Michel F., Andreewsky E. Deep dysphasia: an analog of deep dyslexia in the auditory modality.. *Brain Lang*, 1983 ; 18 :212-223.
7. Duhamel JR., Poncet M. Deep dysphasia in a case of phonemic deafness: role of the right hemisphere in auditory language comprehension. *Neuropsychologia*., 1986; 24 : 769-779.
8. Platel H., Lechevallier B., Lambert J., Eustache F. Agnosies auditives et syndromes voisins : étude clinique, cognitive et psychopathologique (EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Neurologie, 17-021 B-20, 2009.
9. Castaigne P., Lhermitte F., Escourolle R., Hauw J.J., Gray F., Lyon-Caen O. Asymptomatic multiple sclerosis - 3 cases. *Rev Neurol (Paris)*., 1981 ; 137 : 729-739.
10. Kussmaul A. Disturbances of speech. In Von ZiemseH. (ed) *Encyclopedia of the Practice of Medicine*. New-York : William Wood, 1884 : 581-875.
11. Lichteim L. On aphasia. *Brain*, 1885; 7 : 433-484.
12. Pinard M., Chertkow H., Black S., Peretz I. A case study of pure word deafness: modularity in auditory processing? *Neurocase*, 2002 ; 8 : 40-55.
13. Hayashi K., Hayashi R. Pure word deafness due to left subcortical lesion : neurophysiological studies of two patients. *Clin Neurophysiol*. 2007 ;118 :863-868.
14. Auerbach S.H., Allard T., Naeser M., Alexander M.P., Albert M.L.. Pure word deafness. Analysis of a case with bilateral lesions and a defect at the prephonemic level. *Brain*, 1982 ; 105 : 271-300.
15. Gil R. *Abrégé de neuropsychologie*. Elsevier-Masson, Paris, 2006, pp 148-149.
16. Takahashi N., Kawamura M., Shinotou H., Hirayama K., Kaga K., Shindo M. Pure word deafness due to left hemisphere damage. *Cortex*, 1992 ; 28 : 295-303.
17. Vitte E., Tankéré F., Bernat I., Zouaoui A., Lamas G., Soudant J. Midbrain deafness with normal brainstem auditory evoked potentials. *Neurology*, 2002 ; 58 : 970-973.
18. Kimiskidis V.K., Lalaki P., Papagiannopoulos S., Tsiouridis I., Tolika T., Serasli E., Kazis D., Tsara V., Tsalighopoulos M.G., Kazis A. Sensorineural hearing loss and word deafness caused by a mesencephalic lesion: clinicoelectrophysiologic correlations. *Otol Neurotol*, 2004 ; 25 : 178-182.
19. Griffiths T.D., Rees A., Witton C., Cross P.M., Shakir R.A., Green G.G.. Spatial and temporal auditory processing deficits following right hemisphere infarction. A psychophysical study. *Brain*. 1997 ; 120 : 785-794.
20. Perez I. Les agnosies auditives. In Seron X., Baron J.C., Jeannerod M. (eds). *Neuropsychologie humaine*. Mardaga, 1998, 2^e édition, pp 205-216.
21. Eustache F., Lechevallier B., Viader F., Lambert J. Identification and discrimination disorders in auditory perception : a report of two cases. *Neuropsychologia*, 1990 ; 28 : 257-270.
22. Gold M., Lightfoot L.A., Hnath-Chisolm T. Hearing loss in a memory disorders clinic. A specially vulnerable population. *Arch Neurol*, 1996 ; 53 : 922-928.
23. Gates G.A., Karzon R.K., Garcia P., Peterein J., Storandt M., Morris J.C., Miller J.P. Auditory dysfunction in aging and senile dementia of the Alzheimer's type. *Arch Neurol*, 1995 ; 52 :626-634.
24. Strouse A.L., Hall J.W. 3rd, Burger M.C. Central auditory processing in Alzheimer's disease. *Ear Hear*, 1995 ; 16 : 230-238.
25. Sinha U.K., Hollen K.M., Rodriguez R., Miller C.A. Auditory system degeneration in Alzheimer's disease. *Neurology*, 1993 ;43 : 779-785.
26. Eustache F., Lambert J. Cassier C., Dary M., Rossa Y., Rioux P., Viader F., Lechevallier B. Disorders of auditory identification in dementia of the Alzheimer type. *Cortex*, 1995 ; 31 : 119-127.
27. Iliadou V., Kaprinis S. Clinical psychoacoustics in Alzheimer's disease central auditory processing disorders and speech deterioration. *Ann Gen Hosp Psychiatry*, s2003 ;2 : 12.
28. Gates G.A., Beiser A., Rees T.S., D'Agostino R.B., Wolf P.A. Central auditory dysfunction may precede the onset of clinical dementia in people with probable Alzheimer's disease. *J Am Geriatr Soc*, 2002 ; 50 :482-488.
29. Pekkonen E., Huotilainen M., Virtanen J., Näätänen R., Ilmoniemi R.J., Erkinjuntti T. Alzheimer's disease affects parallel processing between the auditory cortices. *Neuroreport*, 1996 ; 7 :1365-1368.
30. Iizuka O, Suzuki K, Endo K, Fujii T, Mori E. Pure word deafness and pure anarthria in a patient with frontotemporal dementia. *Eur J Neurol*., 2007 ; 14 : 473-475.
31. Arima K, Uesugi H, Fujita I, Sakurai Y, Oyanagi S, Andoh S, Izumiyama Y, Inose T. Corticonigral degeneration with neuronal achromasia presenting with primary progressive aphasia: ultrastructural and immunocytochemical studies. *J Neurol Sci*., 1994 ; 127 :186-197.
32. Hendler T, Squires NK, Emmerich DS. Psychophysical measures of central auditory dysfunction in multiple sclerosis: neurophysiological and neuroanatomical correlates. *Ear Hear*., 1990 ; 11 :403-416.
33. Jones SJ, Sprague L, Vaz Pato M. Electrophysiological evidence for a defect in the processing of temporal sound patterns in multiple sclerosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*., 2002 ; 73 :561-567.
34. Smith JG, Harper DN, Gittings D, Abernethy D. The effect of Parkinson's disease on time estimation as a function of stimulus duration range and modality. *Brain Cogn*. 2007 ; 64 : 130-143.
35. Guehl D, Burbaud P, Lorenzi C, Ramos C, Bioulac B, Semal C, Demany L. Auditory temporal processing in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*. 2008 ; : 2326-2335.
36. Grahn JA, Brett M. Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex*. 2009 ; 45 : 54-61.
37. Nojszewska M., Pilczuk B., Zakrzewska-Pniewska B., Rowi ska-Marci ska K. The auditory system involvement in Parkinson disease: electrophysiological and neuropsychological correlations. *J Clin Neurophysiol*., 2009 ;26 : 430-437.
38. Schröder C, Möbes J., Schütze M., Szymanowski F., Nager W., Bangert M., Münte T.F., Dengler R. Perception of emotional speech in Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2006 ;21 : 1774-1778.
39. Pekkonen E., Ahveninen J., Virtanen J., Teräväinen H. Parkinson's disease selectively impairs preattentive auditory processing: an MEG study. *Neuroreport*. 1998 ;9 : 2949-2952.

Découvrez toutes les réalisations du Collège National d'Audioprothèse



Logiciel La Cible - Méthodes de Choix Prothétique Pré-réglage, Xavier RENARD - CTM, François LE HER

Réalisation : Audition France Innovation

150,00 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port France : 3,50 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port Etranger : 4,50 € x exemplaire(s) = €



Précis d'audioprothèse - Tome I - ISBN n°2-9511655-4-4 L'appareillage de l'adulte - Le Bilan d'Orientation Prothétique

Les Editions du Collège National d'Audioprothèse

50,00 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port France : 7,50 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port Etranger : 9,00 € x exemplaire(s) = €



Précis d'audioprothèse - Tome III - ISBN n°2-9511655-3-6 L'appareillage de l'adulte - Le Contrôle d'Efficacité Prothétique

Les Editions du Collège National d'Audioprothèse

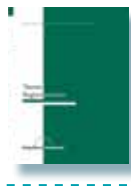
60,00 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port France : 7,50 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port Etranger : 9,00 € x exemplaire(s) = €



Précis d'audioprothèse Production, phonétique acoustique et perception de la parole

ISBN n°978-2-294-06342-8. Editions ELSEVIER MASSON

99,00 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port France : 8,50 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port Etranger : 10,00 € x exemplaire(s) = €



Recueil de textes réglementaires français (CD rom inclus)

ISBN n°2-9511655-2-8 Les Editions du Collège National d'Audioprothèse

15,00 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port France : 5,50 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port Etranger : 6,50 € x exemplaire(s) = €



Coffret de 5 CD « audiométrie vocale »

Les enregistrements comportent les listes de mots et de phrases utilisées pour les tests d'audiométrie vocale en langue française (voix masculine, féminine et enfantine dans le silence et avec un bruit de cocktail party). Réalisation : Audivimédia

100,00 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port France : 6,50 € x exemplaire(s) = €
 + Frais de port Etranger : 8,00 € x exemplaire(s) = €

Caducée année 2010 (réservé aux audioprothésistes)

5,00 € = €

Soit un règlement total (exonéré de TVA) €

Nom Prénom

Société

Adresse

Code postal Ville

Tél Fax

E-mail

Bon de commande à envoyer avec votre chèque à : Collège National d'Audioprothèse

10 rue Molière - 62220 CARVIN - Tél 03 21 77 91 24 - College.Nat.Audio@orange.fr - www.college-nat-audio.fr



Métier et technique

Du bon usage de l'audiométrie vocale

Thomas ROY

Audioprothésiste D.E.
Laboratoire F. LE HER
43, rue de
la Tour de Beurre
76000 ROUEN

t.roy@
laboratoire-leher.fr



Introduction

L'objectif d'un appareillage auditif est de tenter de rétablir au mieux les possibilités de compréhension du patient afin de lui permettre une intégration sociale de qualité. Or, la différence est considérable entre la perception quantitative de l'information sonore, et la capacité à transformer les signaux perçus en langage et en communication.

La réhabilitation tonale peut être ainsi de très grande qualité, sans pour autant permettre une amélioration de la compréhension en rapport avec une communication sociale acceptable. La discordance entre les deux étages de la perception est d'ailleurs constamment rappelée par les patients qui nous interpellent souvent sur le fait que les appareils auditifs amplifieraient davantage les bruits environnants que les signaux pertinents de parole.

Si l'analyse tonale, et en particulier la mesure des seuils supraliminaire constitue l'une des sources d'information essentielle pour l'audioprothésiste, c'est surtout l'analyse vocale qui l'aidera à quantifier l'impact social généré. L'exploration vocale permettra en effet de localiser l'origine des difficultés mesurées, distorsions périphériques, troubles mnésiques ou centraux mais également d'apprécier l'incidence sur l'intelligibilité du rapport signal/bruit, de la lecture labiale.

L'audiométrie vocale joue ainsi un rôle essentiel dans la prise en charge audiophonologique des patients malentendants. Elle dispose de ce fait de nombreuses facettes, les épreuves vocales différant par leur matériel phonétique, leur mode de passation ou par les mécanismes centraux de décodage du signal mis en jeu. L'ensemble de ces éléments doit toutefois faire l'objet de procédures de calibration et de représentation graphique rigoureuses sous peine de voir les résultats de ces tests invalidés et inexploitable.

1. Rappels fondamentaux

« Peu m'importe d'entendre votre montre ou vos diapasons, disait à Bezold un jeune malade, ce qui m'intéresse c'est de comprendre ce qu'on me dit » résumait Klotz⁽¹⁾. On ne peut ainsi exprimer plus clairement la nécessité de chiffrer la perte d'audition vis-à-vis du langage et non pas uniquement au regard de quelques sons purs⁽²⁾.

a. Objectifs

Dans le quotidien de la pratique audioprothétique, l'audiométrie vocale dans le calme comme dans le bruit, joue un rôle majeur à des niveaux différents. Elle est ainsi un élément essentiel permettant de quantifier les difficultés sociales exprimées par le patient pour faciliter l'acceptation de la perte auditive. L'audioprothésiste pourra, au travers des mesures réalisées, objectiver les impressions de son patient lui

permettant d'instaurer une relation de confiance qui sera indispensable à l'acceptation de la solution prothétique. Il pourra également proposer un résultat prédictif à court, moyen et long terme prenant en compte les possibilités de recodage central, afin de mieux appréhender les difficultés initiales et d'être en harmonie avec les possibilités réelles de la réhabilitation prothétique.

Plus tard au cours de l'appareillage, le contrôle vocal apparaît indispensable au suivi dans le temps des capacités de compréhension du patient ; il est en effet nécessaire de posséder une référence de départ pour pouvoir évaluer une éventuelle amélioration ou adapter la modification des réglages à l'évolution du compromis confort/résultats.

L'audiométrie vocale permet également d'analyser les compensations centrales mises en place pour pallier au déficit auditif. L'évolution de la surdité est généralement lente et il existe une redondance d'information dans la voix. Le patient a pu ainsi

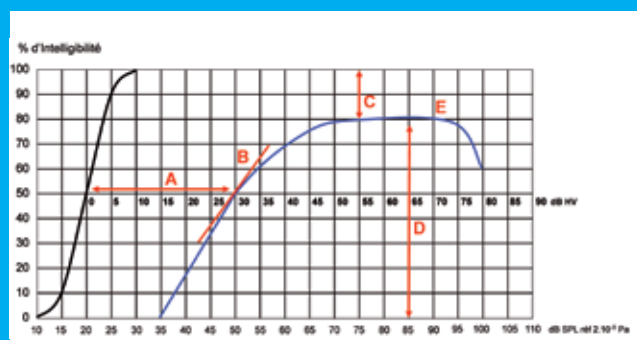


Figure 1 : Caractéristiques d'une courbe d'intelligibilité vocale

(A) : le seuil d'intelligibilité vocale donné en dB par la distance séparant la courbe pathologique de la courbe normale sur l'ordonnée 50%

(B) : la pente de la courbe s'apprécie à l'intersection avec l'axe de 50% de mots compris, par l'angle qu'elle forme avec l'axe des abscisses. (4)

(C) : le maximum d'intelligibilité qui est le score obtenu au point culminant de la courbe

(D) : le pourcentage de discrimination qui est le score obtenu 35 dB au dessus du seuil d'intelligibilité

(E) : le seuil de distorsion correspond au niveau d'intensité à partir duquel la courbe d'intelligibilité commence à décroître.



mettre en place des compensations qui peuvent être analysées par l'audiométrie vocale qualitative et/ou quantitative. Il est en effet courant de noter une discordance entre l'audiométrie tonale et l'audiométrie vocale, ce qui ne peut exister que s'il existe des compensations ou des distorsions.

b. La courbe d'intelligibilité vocale

Les points formant la courbe d'intelligibilité vocale sont reportés sur un graphique répondant à des normes de présentation bien précises. Le niveau d'intensité d'émission vocale exprimé en dB HV (Hearing Vocal) est représenté en abscisse et coupe l'axe des ordonnées qui représente le pourcentage d'intelligibilité, à la valeur 50%. La norme ISO 8253-3 précise en outre de respecter un rapport d'échelle de 20% d'intelligibilité pour 10 dB HV. J.E. Fournier distingue 5 indices importants dans une courbe d'intelligibilité vocale ⁽³⁾ (Figure 1).

Au regard de cette courbe, et dans un souci de standardisation, 2 éléments primordiaux méritent d'être approfondis lorsque l'on sait les disparités que l'on peut observer chez l'ensemble des praticiens amenés à réaliser des audiométries vocales :

- les niveaux d'intensités affichés sur l'audiomètre lors de la mesure sont exprimés en dB HV et doivent être reportés sur la ligne correspondant à 50% d'intelligibilité. La ligne du bas fréquemment utilisée à tort est soit une échelle en dB SPL permettant, comme nous le verrons ultérieurement, l'étalonnage de l'audiomètre, soit une référence arbitraire.
- la courbe de normalité est variable et dépendante du type de matériel vocal employé. La pente de cette courbe sera ainsi plus importante pour des listes dissyllabiques que pour des listes de logatomes où la possibilité de suppléance mentale disparaît.

c. La corrélation tonale/vocale

L'étude de la corrélation entre les courbes audiométriques tonales et vocales, issue des travaux de Jerger et al. ⁽⁶⁾ permet d'éclairer l'audioprothésiste sur les distorsions ou les compensations mises en œuvre et qui sont susceptibles d'interférer avec la réhabilitation prothétique.

Pour être cohérente, la courbe vocale doit ainsi répondre aux critères suivants :

- le seuil d'intelligibilité vocale est égal à la moyenne des intensités des seuils liminaires (en dB HL)

pour les fréquences 500, 1000, 2000 Hz. Pour Siegenthaler et al. en revanche, il est préférable d'utiliser la moyenne des 2 meilleurs seuils parmi les 3 obtenus aux mêmes fréquences 500, 1000 et 2000 Hz. ⁽⁶⁾

- Le maximum d'intelligibilité pour du matériel phonétique dissyllabique est obtenu 10 dB au-dessus du seuil tonal liminaire obtenu pour la fréquence 2000 Hz. Ainsi pour une dégradation du seuil sur cette fréquence, la courbe vocale aura tendance à se pencher (Figure 2).

Lorsque le seuil d'intelligibilité est situé à un niveau moins élevé que celui attendu pour une corrélation normale, il existe un phénomène de compensation que l'analyse qualitative des erreurs phonétiques pourra révéler. Si en revanche, on relève un seuil d'intelligibilité situé à un niveau d'intensité supérieur au calcul mathématique, on peut alors conclure qu'il existe des facteurs périphériques ou centraux aggravant la simple perte quantitative.

■ 2. L'étalonnage de l'audiométrie vocale

L'étalonnage de l'audiométrie vocale est encore régulièrement source de discordes en France alors que des normes précises et récentes en décrivent la procédure.

a. L'étalonnage du matériel audiométrique

La norme française NF 60645 est ainsi relative aux audiomètres tonaux pour la première partie, et vocaux pour la seconde. Pour cette deuxième partie NF 60645-2, modifiée en avril 1997, l'objectif est de donner des prescriptions concernant les audiomètres conçus pour permettre de présenter des sons vocaux à un sujet de façon normalisée.

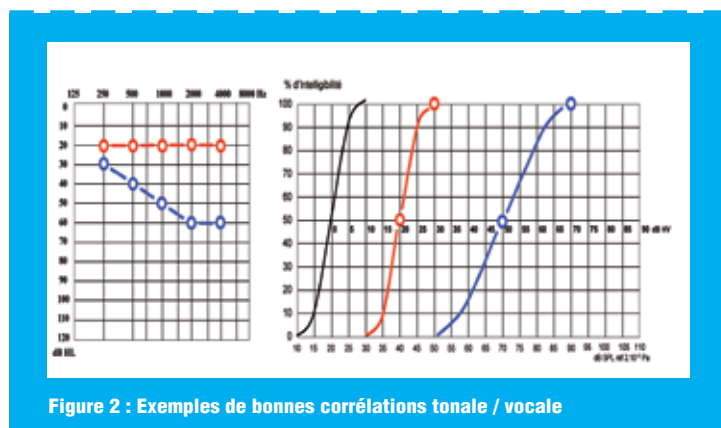


Figure 2 : Exemples de bonnes corrélations tonale / vocale



Type de transducteur	Niveau de référence pour un signal de parole en dB SPL	Niveau de référence pour un son pur à 1000 Hz en dB SPL
Ecouteurs TDH 49 et 50	20.0	7.5
Ecouteurs TDH 39	19.5	7
Ecouteurs d'insertion dans coupleur 2cc	12.5	0
Champ libre Monaural Azimut 0°	16.5	4
Champ libre Monaural Azimut 45	11.0	3.5

Figure 3 : Exemples de valeurs de référence en fonction du type de transducteur utilisé

Plusieurs points essentiels à une bonne utilisation de l'audiométrie vocale y sont décrits :

- l'opérateur présente un son vobulé centré sur la fréquence 1000 Hz (dans le cas d'une audiométrie à la voix nue) ou le signal d'étalonnage (pour une audiométrie à l'aide d'un support enregistré) à un niveau tel qu'il place l'affichage du vu-mètre en position 0 dB.
- pour un étalonnage en voie aérienne, l'affichage du niveau de stimulation sur l'audiomètre doit indiquer 70 dB HV. Pour une conduction osseuse, la valeur de 40 dB HV sera retenue.
- pour cette position de référence de la commande du niveau de sortie, le signal d'étalonnage doit produire un niveau de pression acoustique de 20 dB ± 2 dB. Pour les sorties d'ossivibrateur, le niveau de force vibratoire correspondant doit être de 55 dB ± 5 dB ; pour un étalonnage en voie aérienne la valeur lue devra être de 90 dB SPL (70 + 20 = 90 dB). Elle devra être en revanche de 95 dB SPL pour une conduction osseuse (40 + 55 = 95 dB).

Le seuil d'intelligibilité vocale pour un sujet normo-entendant doit ainsi être obtenu pour un niveau moyen de 20 dB SPL. Cette valeur constitue toutefois une donnée générale, des facteurs de correction devant être pris en compte et dépendant du type d'audiomètre, de transducteur et d'angle de présentation, mais variant également en fonction du type de matériel phonétique employé. Les valeurs de cette norme sont directement issues des travaux de Jerger qui indique en effet que le RETSPL (Reference Equivalent Threshold to Sound Pressure Level) ou niveau de référence du signal de parole est situé 12,5 dB au-dessus du niveau de référence pour un son pur à 1000 Hz. Ce dernier étant égal à 7,5 dB SPL pour un écouteur TDH49, on retrouve alors dans ce cas la valeur normative de 20 dB SPL (= 12.5 + 7,5) (Figure 3).

b. Caractéristiques normales de chaque liste vocale

L'étalonnage de l'audiométrie vocale est bien basé sur le seuil d'intelligibilité

vocale, soit le niveau de stimulation pour lequel 50% du matériel phonétique est correctement identifié. Toutefois, en fonction de la structure sémantique des listes utilisées, la suppléance mentale comme d'autres phénomènes de compensation phonétique intervient à des degrés plus ou moins prononcés. Il semble alors évident que toutes les listes disponibles diffèrent par la valeur en dB SPL de leur niveau de seuil d'intelligibilité vocale de référence. (3)

Le graphique de J.E. Fournier (Figure 4) donne ainsi les valeurs de référence, en dB de référence arbitraire, pour des listes de logatomes (représenté en L1), des listes de mots monosyllabiques (L2), des listes de mots dissyllabiques (L3), des listes de phrases plus ou moins longues (L4 et L5) ou du texte continu (L6).

On y remarque alors qu'il existe au seuil d'intelligibilité, une différence de l'ordre de 3 dB entre les listes de logatomes et celles de mots dissyllabiques. Cette différence est même de proche de 10 dB entre phrases longues et logatomes.

Fournier, pour ses listes dissyllabiques propose en réalité la valeur de 19 dB SPL pour une mesure binaurale et 22 dB SPL en monaural, soit une valeur moyenne proche des 20 dB SPL énoncés par la norme. Le 100 % d'intelligibilité est lui obtenu à un niveau supérieur de 10 dB, la courbe du normo-entendant correspondant statistiquement à une sigmoïde.

Compte tenu de ces données, la valeur normative de 20 ± 2 dB SPL réf 20µPa, paraît totalement applicable pour des listes de logatomes, de mots monosyllabiques ou dissyllabiques tant les différences entre les scores de ces listes au seuil d'intelligibilité sont faibles.

Les listes de phrases posent toutefois quelques problèmes alors que l'étalonnage de l'audiomètre vocal ne peut se faire que pour un unique signal de référence, contrairement à un audiomètre tonal pour lequel la fréquence 1000 Hz par exemple pourra être calibrée indépendamment pour une présentation en

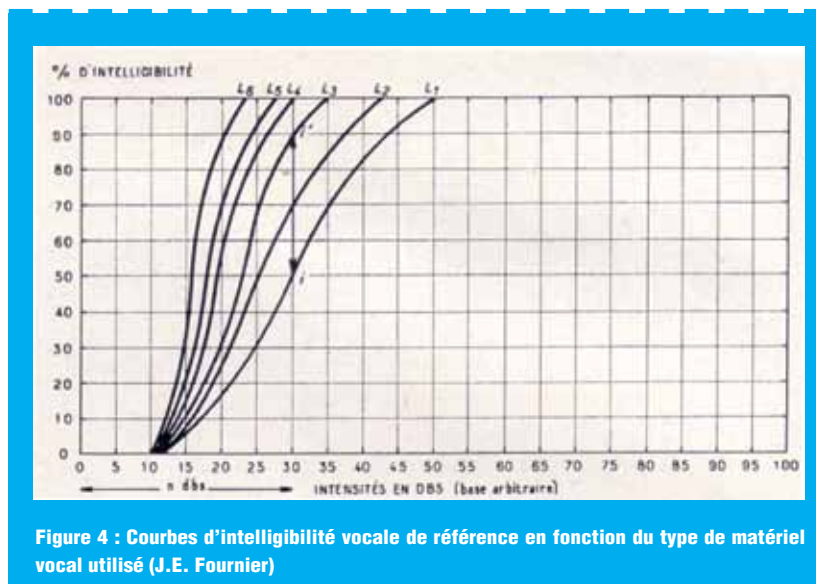


Figure 4 : Courbes d'intelligibilité vocale de référence en fonction du type de matériel vocal utilisé (J.E. Fournier)



son pur continu, pulsé, vobulé, bande de bruit...

L'idéal voudrait donc que les industriels concernés proposent sur leurs audiomètres, différentes positions de stimulation vocale en fonction du type de matériel phonétique employé, et disposant d'un étalonnage indépendant.

c. Conséquences graphiques

La valeur de seuil d'intelligibilité vocale telle qu'affichée sur un audiomètre constitue donc l'élément clé et doit être reportée en prenant en compte l'échelle indiquée sur la ligne correspondant à 50% d'intelligibilité. Il est encore fréquent en France (et nulle part ailleurs...) de rencontrer une seconde échelle en bas du graphique pour laquelle la valeur 10 dB (référence arbitraire) correspond au seuil d'intelligibilité normal de 0 dB HV. Cette échelle est de surcroît généralement utilisée pour le report des scores en fonction des intensités lues sur l'audiomètre. Une telle échelle n'a en réalité pas de justification scientifique précise et devrait être remplacée, si tant est que cela soit nécessaire, par l'échelle RETSPL pour un signal de parole nécessaire à la calibration, et propre à chaque type de transducteur (**figure 5**).

Dans ces conditions, les valeurs des niveaux de voix faible (Vpp), moyenne (Vmf) et forte (Vff) sont retrouvées respectivement à 30, 45 et 60 dB au-dessus du seuil d'audition de la courbe normale (3), correspondant bien à 50, 65 et 80 dB SPL.

d. Mode de présentation du message vocal

Si la passation des mesures vocales à la voix nue via un microphone a longtemps été plébiscitée, ce sont désormais les supports enregistrés qui remportent les suffrages dans un souci permanent de standardisation (CD d'audiométrie vocale du Collège National d'Audioprothèse). La voix enregistrée a le double avantage de procurer un matériel parfaitement étalonné et de permettre le déroulement de l'examen en l'absence de double cabine audiométrique. Elle contribue de plus à éviter certains facteurs, propres à l'opérateur, qui peuvent influencer sur les scores d'intelligibilité, comme le sexe, le timbre, la qualité de la voix, l'articulation ou la prononciation ⁽⁷⁾. Ces supports enregistrés permettent également de réaliser des audiométries en milieu bruyant, le signal

L'audiométrie vocale ? Testez vos connaissances

- 1) Un patient peut présenter un score d'intelligibilité vocale de 30% pour une intensité d'émission vocale négative. Vrai Faux
- 2) Lorsque je réalise une audiométrie vocale, le niveau d'intensité affiché sur l'audiomètre correspond à celui présent sur la ligne de référence située tout en bas du graphique vocal. Vrai Faux
- 3) Un patient souffrant d'une perte d'audition sur les fréquences aiguës va systématiquement présenter une courbe vocale avec une pente importante (courbe « couchée »). Vrai Faux
- 4) Il n'existe qu'une courbe vocale de référence. Vrai Faux

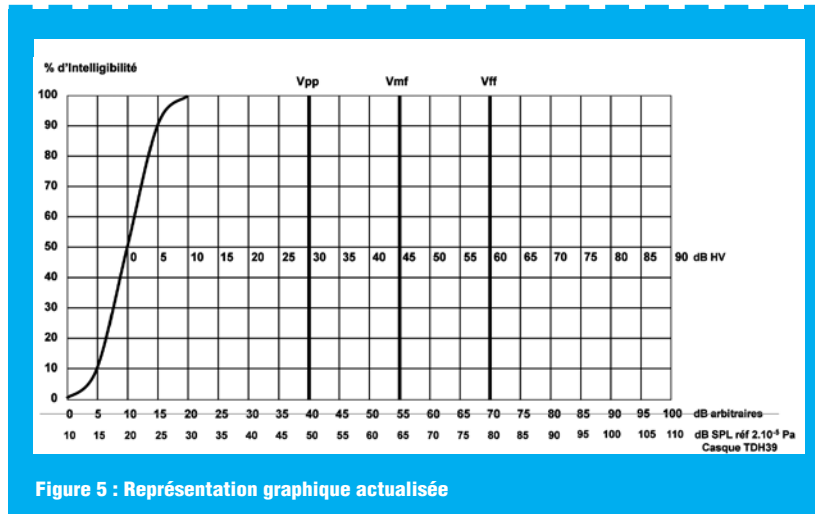
obtenu pour la moyenne des seuils limités à 500, 1000 et 2000 Hz, et que le maximum d'intelligibilité soit atteint 10 dB au-dessus du seuil limités à 2000 Hz. Il en découlerait une augmentation de la perte de la courbe vocale relative à la perte dans les fréquences aiguës. C'est toutefois sans compter sur les phénomènes de compensation qui peuvent être très importants et pallier au manque de perception sur ces fréquences.

4) **Faux** L'allure générale d'une courbe vocale de référence est directement liée au type de matériel phonétique employé. Ainsi, pour des listes de logatomes pour lesquels il n'existe pas de suppléance mentale, la pente sera beaucoup moins importante que pour des listes de phrases par exemple. Les valeurs de ces courbes de références en dB SPL varient également en fonction du type de transducteur employé.

1) **Vrai** Le seuil d'intelligibilité de référence du sujet normo-entendant, soit la valeur pour laquelle 50% du matériel vocal est correctement identifié correspond à la valeur 0 dB HV lue sur l'audiomètre. Il est donc tout à fait possible d'obtenir des scores significatifs pour des intensités en dB HV négatives. Chez le normo-entendant, pour des mots dissyllabiques on obtient ainsi 10% d'intelligibilité à -5 dB HV.

2) **Faux** L'audiomètre vocal doit être étalonné de telle manière qu'une valeur de 0 dB HV, correspondant à un niveau de sortie d'environ 20 dB SPL au casque, constitue l'intensité du seuil d'intelligibilité normal (soit l'intensité pour laquelle 50% du matériel phonétique est reconnu). Cette valeur est donc à reporter sur le graphique en prenant pour échelle celle présente pour 50% d'intelligibilité.

3) **Faux** La corrélation classique entre les courbes tonale et vocale veut que le seuil d'intelligibilité soit



perturbant étant enregistré et calibré sur l'une des voies du support et pouvant être présenté à différents niveaux, en association avec le signal vocal, pour faire varier le rapport signal/bruit. L'ensemble de ces supports standardisés et homogènes va dès lors permettre des comparaisons fiables de scores vocaux que cela soit au niveau d'une éventuelle évolution dans le temps, mais également lors d'échanges interprofessionnels. Ce mode de passation reste toutefois relativement figé, le débit de mots n'étant pas toujours adapté aux capacités générales de certains patients. De surcroît, la plupart de ces supports, notamment ceux enregistrés sur CD, ne permettent pas la réalisation d'une nouvelle présentation des mots d'une liste non perçus au premier passage comme le recommande par exemple la procédure de Lafon pour ses listes cochléaires. L'audiométrie vocale réalisée avec la voix de l'opérateur via un microphone peut ainsi, si l'intensité vocale est rigoureusement respectée, répondre à ces difficultés, et permettre par ailleurs d'associer la lecture labiale pour certaines mesures spécifiques. Les interfaces informatiques générant les signaux à destination des audiomètres (Biosound System d'Yves Lasry, Digivox de Denis Barbier) où les nouveaux audiomètres informatisés commencent toutefois à résoudre la majeure partie de ces difficultés et permettront sans nul doute de faciliter l'accès aux différentes audiométries vocales.

Conclusion

L'audiométrie vocale est un élément indispensable à la pratique audiolinguistique, que ce soit à des niveaux diagnostiques, thérapeutiques dans l'assistance aux réglages prothétiques, ou encore psychologiques. Au plan strictement prothétique, le contrôle vocal permet par exemple de vérifier la bonne adéquation de l'amplification vis-à-vis de la perte auditive pour répondre aux besoins exprimés par le patient. Il analyse de plus la corrélation entre les notions de résultat et de confort ainsi que l'existence de troubles centraux pouvant limiter l'efficacité espérée de l'appareillage à la simple vue des résultats de l'audiométrie tonale. Ces examens sont parfois chronophages et peuvent paraître pénibles pour certains patients en difficulté, mais la grande diversité des matériels phonétiques permet de répondre partiellement à ce problème.

L'étalonnage de l'audiométrie vocale reste enfin un sujet délicat tant les facteurs d'incertitude sont nombreux. Devons nous toutefois nous formaliser pour des variations de quelques décibels lorsque l'on connaît l'implication directe des facteurs mnésiques et attentionnels dans le déroulement et la quantification de ces épreuves. Une harmonisation du déroulement de cet étalonnage, des valeurs de correspondance et des grilles de représentation vocale reste tout de même souhaitable pour que tous les professionnels du monde de l'audition puissent enfin parler la même langue.

Bibliographie

- (1) Klotz. Les premiers pas de l'acoumétrie et de l'audiologie, Histoire de la médecine n°9, 1952.
- (2) Dehaussy J. Audiométrie prothétique et appareillage auditif, aspects techniques et professionnels. Librairie Arnette, Paris, 1956.
- (3) Fournier JE. Audiométrie vocale. Edition Maloine, 1951.
- (4) Société Française d'Audiologie. Guide des bonnes pratiques en audiométrie de l'adulte.
- (5) Jerger JF, Carhart R, Tillman TW, Peterson JL. 1959. Some relations between normal hearing for pure tones and for speech. Journal of Speech and Hearing Research, 2,126-240.
- (6) Siegenthaler BM, Strand R. 1964. Audiogram average methods and SRT scores. J. Acoust. Soc. Am. 36, 589-593.
- (7) Legent F, Bordure P, Calais C, Malard O, Chays A, Roland J, Garnier S, Debrulle X. Audiologie Pratique, audiométrie. Elsevier Masson, 3^{ème} édition, 2011.

ReSound Alera™

avec iSolate™ nanotech



iSolate™ nanotech, La technologie la plus efficace contre l'humidité et les poussières

Le film protecteur iSolate™ nanotech n'offre **que des avantages**. Ce revêtement exclusif **recouvre l'ensemble des composants des aides auditives** ReSound Alera. Il **protège de l'humidité et des poussières** et confère ainsi une **durée de vie plus longue** à tous nos appareils ReSound Alera. Il **accroît la robustesse** et **diminue le risque de panne** avec une maintenance plus espacée dans le temps. Au final, iSolate™ nanotech c'est **plus de liberté et de tranquillité** pour le malentendant.



Cas clinique

Perte dissymétrique, appareillage en deux temps

Stéphane LAURENT

Audioprothésiste D.E.
Membre du
Collège National
d'Audioprothèse

step.laurent@
wanadoo.fr



Anamnèse

Madame Le G., âgée de 73 ans, est atteinte d'une perte dissymétrique très ancienne puisqu'elle nous confie avoir perdu brutalement une partie de son audition du côté gauche en 1965 après une chute de vélo. Pas d'audiogrammes de l'époque, malheureusement, mais une trace audiométrique de 2006 suite à une tympanoplastie : l'audition côté droit montrait déjà les aspects courants d'une presbyacousie.

Mme Le G. avoue avec franchise ressentir une gêne quotidienne croissante et la plupart des situations de communication sont devenues difficiles. Un locuteur à distance ou à voix basse demande concentration alors que Mme Le G. fuit le plus possible les conversations en groupe qui sont devenus moins des sources de gêne que d'évitement pur et simple. La motivation à ce stade est élevée : Mme Le G. a pris rendez-vous de son propre chef chez l'ORL, reconnaît sa gêne, veut améliorer sa situation et est très ouverte tant sur la forme de la solution auditive que sur son prix. Elle est cependant persuadée, et nous le verrons ce n'est pas un détail, que tous ses problèmes sont dus à l'oreille gauche. Elle n'envisage pas d'appareillage du côté droit.

Éléments audiométriques

L'audiogramme établi en 2006 lors de la tympanoplastie révélait un début d'atteinte de l'oreille droite qui a évolué de façon normale (cf. audiométrie actuelle). S'il semble évident que la perte de la stéréophonie est essentiellement due au déficit côté gauche, l'aggravation récente de la gêne trouve probablement son origine dans la progression de la perte côté droit. Mais Mme Le G. vient, répète-t-elle, soulager le mal ancien qui ronge son oreille gauche. Les seuils d'inconfort n'appellent pas de commentaires particuliers (la tolérance est excellente) et les

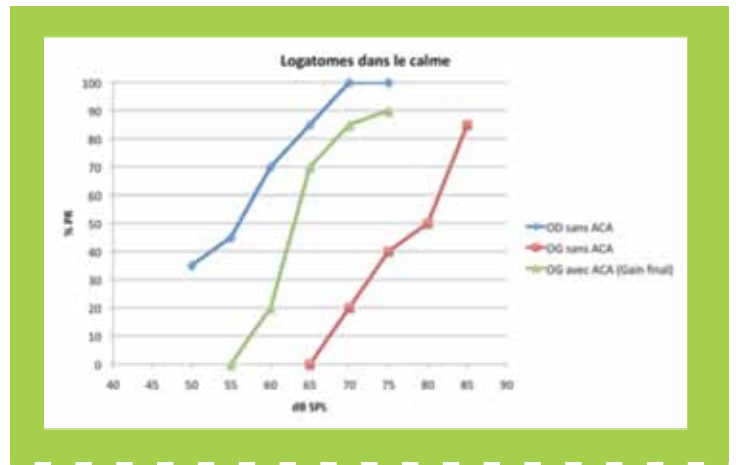
vocales oreilles séparées évoquent une récupération possible côté gauche, ce qui n'augure pas obligatoirement une restauration rapide de la stéréophonie et de la compréhension dans le bruit (restons prudents !).

La vocale dans le bruit

La vocale dans le bruit sera l'axe central de cette réhabilitation. La gêne est au départ centrée sur ce point et la « restauration » même partielle de la stéréophonie est censée améliorer les capacités de tri en milieu bruyant. Nous postulons que la correction auditive du côté gauche prise isolément n'a que peu de sens mais que c'est l'utilisation, ou plutôt la ré-utilisation, de la stéréophonie qu'il s'agit de restaurer et donc d'évaluer.

Quelques précisions sur la passation de ce test dans le bruit : les logatomes de Léon Dodelé (listes du CNA diffusées par le logiciel Biosound) sont émis par le haut-parleur de devant et le bruit (OVG : Onde Vocale Globale) par les cinq hauts-parleurs placés autour (N.B. : le haut-parleur avant centre ne diffuse que les logatomes). Le niveau des logatomes est fixe (65 dB SPL affichés sur le logiciel) et celui du bruit démarre à 50 dB SPL lors de la liste d'entraînement pour atteindre 60 dB SPL à la liste 3. La liste 3 sera ainsi toujours évaluée avec un bruit de 60 dB SPL, ce qui permettra d'apprécier les éventuels progrès réalisés à ce test.

Oreilles nues, après liste d'entraînement, Mme Le G. obtient pour cette liste 3 (mots 65 dB SPL bruit 60 dB SPL) un score de 26% de phonèmes correctement répétés (% PR), ce qui en première analyse permet d'observer deux choses :





1) Le score moyen des bien-entendants de cette tranche d'âge est d'environ 88% PR (écart-type 7%) pour un bruit de 60 dB SPL (tests réalisés au Centre Bretagne Audition de Gourin). Les performances de Mme Le G. à ce test sont donc bien inférieures à cette moyenne et a priori corrélées avec ses déclarations de gêne importante en groupe.

2) Les malentendants appareillés de cette tranche d'âge ont en moyenne un score d'environ 70 % PR (écart type 13%) dans les mêmes conditions (liste, signal, bruit). A considérer ces données on peut faire l'hypothèse, à cet instant, d'une récupération potentielle pour Mme Le G. A noter que nous ne possédons pas encore de données pour les pertes dissymétriques.

L'évolution (ou pas) des scores au test dans le bruit constituera donc un point de surveillance important, mais pas un élément de jugement global de l'appareillage.

■ Quel côté appareiller ?

La question peut sembler saugrenue pour des audioprothésistes qui d'emblée opéreraient sans doute pour deux aides auditives. Mme Le G., elle, se la pose ! Motivée initialement par le « sauvetage » de son oreille gauche, elle accepte pourtant

après discussion et explications la temporalité suivante :

- 1) Appareillage côté gauche
- 2) Progression côté gauche
- 3) Evaluation du bénéfice et décision : conservation ou abandon de l'appareillage côté gauche
- 4) Appareillage côté droit avec ou sans le côté gauche
- 5) Bilan final

Le choix du séquençage face à une audition dissymétrique est toujours sujet à débat. Il ne concerne pas seulement les aspects audiolinguistiques seuls. Les observations cliniques nous enseignent que bien des « oreilles » semblant définitivement perdues pour la compréhension se révèlent indispensables à certains patients. L'adaptation désynchronisée est donc très souvent indispensable en ce sens que ces patients-là viennent d'abord pour la mauvaise oreille ! Ils sont impatients de la sauver, ce qui nécessite encore une fois un long travail d'adaptation et d'accompagnement. L'appareillage du mauvais côté d'abord, comme c'est le cas avec Mme Le G., doit s'entourer de précautions de langage. La mise en place technique est indissociable du discours tenu à la patiente à propos des bénéfices potentiels, sans doute modestes les premiers temps.

■ Quelle progression côté gauche ?

Il convient tout d'abord d'essayer de

faire un choix technique compatible avec une adaptation stéréophonique très probable. Hors de question de considérer le côté gauche isolément et de faire un choix technologique dépareillé à droite par la suite si le choix de la stéréophonie est fait.

Concrètement, nous proposons à Mme Le G. un contour monté sur un tube fin open mais avec un embout sur mesure. L'événement est classique, 1 mm. Le premier réglage de base effectué avec un contrôle in vivo (signal vocal à 65 dB SPL) est calqué sur la méthode NAL-RP dans sa courbe de réponse (la bande passante est cependant limitée à 2,5 kHz environ par précaution, mesure in vivo rose) et la compression est volontairement « teintée » confort (seuils à 60 dB environ, taux de 2 :1 et constantes de temps courtes).

En accord avec notre patiente, nous choisissons une progression prudente mais avec un degré de liberté défini par trois programmes séparés chacun par 3 dB de gain et 3 dB de niveau de sortie max. Le troisième programme, dans l'hypothèse d'une excellente tolérance sur la première semaine voit sa compression placée en constantes lentes mais toujours avec un gain d'insertion moyen de 3 dB supérieur au programme 2. Madame Le G. est très volontaire, comprend bien la démarche et manipule bien le sélecteur de programmes (validé par le data logging). A noter que cette progression en 3 marches permet de ne pas enfermer la patiente dans une correction que l'on sait trop faible mais également d'observer ici une première tendance de préférence pour un type de compression (P3 en constantes lentes).

Mme Le G. accepte finalement très bien l'appareil (port 14h), manipule correctement les trois programmes et continue de montrer sa motivation. Une préférence pour la compression lente est vite identifiée (port majoritaire sur P3 et description de bonnes sensations sonores globales). La



> CAS CLINIQUE

progression de gain et de niveau de sortie, puis de diminution des seuils d'enclenchement, se poursuit selon le même schéma de trois programmes séparés de 3 dB en gain et niveau de sortie, mais cette fois tous en compression lente.

Après trois semaines un bilan informel est réalisé. Mme Le G. est surprise de bien supporter son appareil et d'être capable de le porter toute la journée. Elle entend plus fort, mais elle ne ressent pas d'amélioration sensible de la compréhension et l'analyse précise des situations initiales de gêne ne montre pas de progrès dans l'attitude d'évitement, pas plus que dans le comportement observé par l'entourage. Une vocale dans le bruit n'indique aucun progrès notable (28 % PR avec ACA au lieu de 26 % PR oreilles nues) alors que la vocale dans le calme côté gauche appareillé montre un bénéfice encourageant. Nous décidons de poursuivre la progression car aucun des trois programmes n'a pour le moment « encadré » la perception par le haut, c'est à dire entraîné une sensation de « trop fort ». C'est ce qui se produit lors des semaines suivantes avec une réaction notable : le P2 atteint à ce stade (environ cible NAL-RP -3 dB pour 65 dB SPL, mesure in vivo en rouge) est jugé intéressant et apportant une amélioration de la compréhension alors que P3 (environ égal à NAL-RP) est trop fort. Le réglage est enfin stabilisé en P2 avec la possibilité de P1 pour diminuer et P3 pour augmenter.

Après deux semaines sur ce réglage « final », soit six semaines après le début d'appareillage, un bilan est effectué :

Le score de compréhension dans le bruit est de 38 % PR à 65 60 et Mme Le G. juge son oreille gauche désormais « utile » mais souhaiterait évidemment parfaire ses performances.

Encouragée par son appareillage gauche elle accepte enfin un essai côté droit.

■ Appareillage côté droit

Rien de très classique ici. L'appareil est le même pour des raisons de symétrie esthétique et de traitement de signal. La configuration acoustique choisie est un tube fin + dôme ouvert 8 mm. Le gain est assez rapidement établi à des valeurs proches des cibles NAL-RP pour 65 dB SPL. L'appareillage côté droit ne donne pas lieu à une modification des réglages côté gauche, Mme Le G. préférant toujours le même programme. Après

trois semaines le score dans le bruit est de 48 % PR avec l'appareillage stéréophonique, ce qui révèle une amélioration notable par rapport au départ oreilles nues (26 % PR) mais situe Mme Le G. dans le bas de la fourchette des scores réalisés par les malentendants appareillés. Cela permet de relativiser les progrès et demande une nouvelle évaluation dans les mois à venir pour observer une éventuelle progression. L'impression de Mme Le G. est évidemment celle d'un progrès certain mais à n'en pas douter, comme pour la plupart des patients, sa demande évoluera. A noter qu'elle considère l'appareil côté gauche plus « utile » que le droit.

■ Discussion

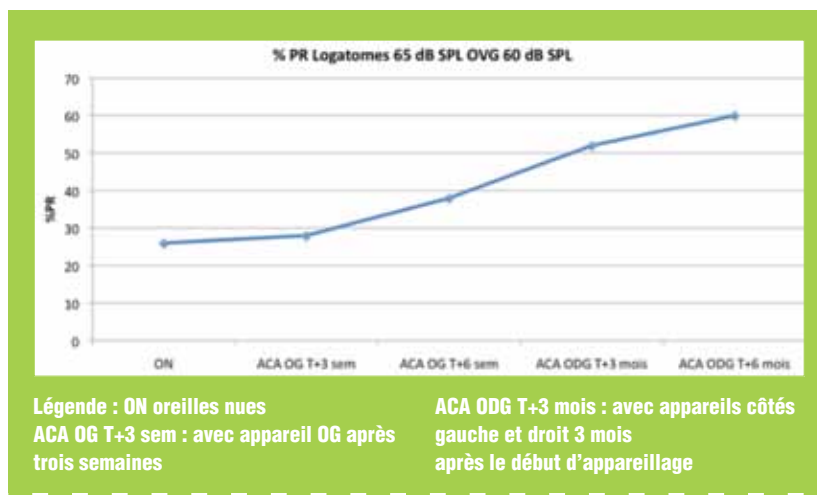
Une démarche audioprothétique est une suite de choix qui finissent par constituer un cheminement. Le patient et son audioprothésiste construisent la voie. Si l'on observe le dernier score de compréhension dans le bruit réalisé avec l'appareillage stéréophonique 6 mois après le début de l'appareillage (60 % PR) peut-être serait-on tenté de plaider pour un appareillage stéréophonique immédiat. Mais qu'en aurait-il été de la motivation de la patiente, de son envie de « voir ce qu'il restait dans sa mauvaise oreille » ? L'appareillage en deux temps nous a semble-t-il permis de clairement démontrer à notre patiente les intérêts distincts de son audition gauche, droite, et surtout stéréophonique. L'acceptation globale est sans doute meilleure. Le score final de compréhension dans le bruit, en regard de la moyenne des malentendants de la même tranche d'âge peut paraître encore perfectible.

Y aura-t-il encore des progrès dans les mois à venir ? Mme Le G. est en tout cas satisfaite, pour le moment. Mais viendra probablement un temps où, face à des difficultés qui malgré tout persistent, une demande d'amélioration sera formulée. A noter, nous ne l'avons pas évoqué ici, que la localisation spatiale avec appareils a fait l'objet d'une évaluation informelle (à la voix filtrée) et n'a pas révélé de troubles importants après appareillage.

■ Conclusion

Le cas de Mme Le G. a ceci de généralisable que beaucoup de patients souffrant d'une perte auditive dissymétrique viennent d'abord pour traiter une surdité qu'ils pensent très souvent être unilatérale. Il y a donc d'emblée un travail pédagogique à mener. Pédagogie éclairée par les éléments audiométriques et plus précisément la vocale, oreilles séparées, mais surtout dans le bruit. La demande concerne en effet fréquemment cette situation et nous constatons, en général, une grande variabilité de résultats tant dans les performances que dans la durée de réhabilitation.

De nombreuses approches sont envisageables mais l'appareillage de la mauvaise oreille doit souvent être progressif et émerger peu à peu des profondeurs. Enfin, bien au-delà du cas de Mme Le G., certains patients, même avec des scores de compréhension médiocres, trouvent un intérêt proche de l'indicible à porter une aide auditive sur une oreille jugée audiologiquement irrécupérable. Une nouvelle illustration de l'approche rigoureuse, encadrée, mais nourrie des observations cliniques propres à chacun de nos patients.



Isakys

administrator

Le logiciel de gestion des Audioprothésistes francophones*

POUR TOUT
RENSEIGNEMENT,
DÉMONSTRATION :

03 21 15 00 69

www.isakys.com

info@isakys.com

Vous êtes déjà équipé ?

Pensez à optimiser votre solution avec les modules

Télétransmission



Imprimantes Chèques
et Tickets de caisse



Passerelle comptable

Ciel

CCMX Sage

E.B.P. CEGID

* Adaptations spécifiques pour

 La SUISSE

 La BELGIQUE

Audition France Innovation

1 rue du 29 juillet
62000 - ARRAS - FRANCE





Interview

François DEGOVE

François DEGOVE

Audioprothésiste D.E.
Membre du
Collège National
d'Audioprothèse

francois.degove@
wanadoo.fr



■ Cher François, cela fait maintenant 25 ans que tu as pris part à la rédaction des Cahiers de l'Audition. Qu'est ce qui t'a conduit à cette activité ?

Je venais de terminer les 3 D.U. du Pr Lafon à Besançon et parallèlement j'étais inscrit pour effectuer un 3^{ème} cycle en biophysique. J'étais à la fois passionné par ce que le Pr Lafon m'avait fait découvrir et j'avais également envie d'avoir une vision plus scientifique des domaines sensoriels que je connaissais un peu. Assez rapidement il m'est apparu que je ne pouvais mener de front mon activité professionnelle et des études qui me demanderaient du temps et de la disponibilité. A l'époque notre 3^{ème} fille venait de naître. Mon épouse ne travaillant pas, je te laisse imaginer les choix qui me restaient !

J'avais néanmoins envie d'approfondir ce qui m'avait été enseigné à Besançon et ailleurs. Il fallait que je trouve une solution adaptée à ma situation.

L'enseignement dispensé par le Pr Changeux et les séminaires auxquels j'ai pu assister, en particulier ceux organisés par J-P. Legoux au Collège de France où il avait son laboratoire, m'ont convaincu définitivement qu'il fallait faire quelque

chose pour favoriser l'accès à une forme de culture qui manquait, selon moi, aux professionnels de notre secteur d'activité. Je dois avouer que les revues françaises auxquelles nous pouvions accéder à l'époque avaient un contenu assez peu scientifique, en tout cas qui me laissait sur ma faim. Je me suis alors abonné à plusieurs revues américaines : Ear and Hearing, dès le premier numéro, JSHR, JSHD, Hearing Instruments, etc. Ma conviction n'a fait que s'ancre un peu plus : nous étions professionnellement en décalage avec les publications internationales.

Y compris les européennes : Scandinavian Audiology, Seminars in Hearing, Audiology ou encore une revue allemande bilingue (allemand/anglais) traitant de l'audiologie, en particulier de la prothèse auditive que m'avait fait découvrir François Le Her, etc. J'ai aussi fait l'acquisition de livres traitant spécifiquement des aspects prothétiques. Là aussi il apparaissait qu'il nous fallait travailler pour atteindre un niveau que nous n'avions pas. On peut se rendre compte au passage que nous étions déjà dans les prémices de la mondialisation. La concurrence et la comparaison vis-à-vis de la production nationale ne datent pas d'aujourd'hui ! L'un des rares endroits en dehors des laboratoires de recherche fondamentale, où l'on pouvait prendre conscience de ce qu'était la pratique de ce qu'on appelle aujourd'hui l'audiologie (et qu'on appelait à l'époque en France « l'audiophonologie »), c'était chez le Pr Lafon à Besançon. C'est d'ailleurs là que j'ai découvert dans la bibliothèque une partie des revues internationales et des problématiques qu'elles contenaient.

Revenons à Paris. A cette époque nous étions dans une phase de transition intéressante : le Pr Changeux avait derrière lui un éminent passé scientifique auprès du Dr. Monod, prix Nobel de médecine, qui lui avait permis de devenir Professeur au

Collège de France assez jeune pour ce type de « poste ». Sa manière de secouer le cocotier de la pensée ne fut pas de tout repos pour lui. J'ai encore en mémoire des affrontements assez violents avec certains défenseurs de conceptions du fonctionnement mental, totalement dépourvues de bases scientifiques et faisant abstraction des bases neuronales. C'était un moment de « l'histoire des sciences humaines » où la psychologie cognitive, l'intelligence dite artificielle ou encore la modélisation posaient beaucoup de questions intéressantes qui pouvaient nous concerner. Par exemple sur l'inné et l'acquis, le concept d'enveloppe génétique était une réponse intéressante (je n'ai pas dit la réponse), les modèles d'apprentissage (Changeux, Danchin, Edelman, Kandel, etc.)... autant de manières de présenter des possibles qui aident à accéder à des univers d'une très grande complexité et la nécessité implicite d'accepter le réductionnisme comme méthode d'appréhension de ces mécanismes, etc.

Bien d'autres aspects de ces enseignements en particulier la découverte des philosophes des sciences (Poppel, Kuhn, Bunge, etc.) ont fini de me convaincre qu'il fallait trouver un moyen de faire entrer ces formes de pensées dans le petit monde qui était le mien depuis peu de temps : j'ai suivi moi-même l'enseignement de l'audioprothèse très tard puisque j'arrivais d'un autre domaine et j'avais à l'époque déjà plus de 30 ans.

Dès cette période, j'ai eu la chance de rencontrer des gens qui se sont montrés très coopératifs. J'ai ainsi pu proposer au Pr Lacert l'organisation d'un séminaire orienté vers la parole, sa perception et son apprentissage. A l'époque, j'avais reçu son accord pour ce type de projet sous réserve que ce séminaire soit composé de personnalités scientifiques suffisamment sérieuses pour ne pas prêter à discussion. C'est à ce mo-



Biographie express

F. Degove exerce l'audioprothèse depuis 1980. Il est membre du Collège National d'Audioprothèse. Il a été chargé d'enseignement à l'université de Montpellier dès 1985 et s'est occupé de la rédaction des Cahiers de l'Audition à la même période. Quelques années plus tard, il a été aussi chargé d'enseignement au CNAM. Il a actuellement cessé son activité de praticien depuis janvier 2011. Il collabore actuellement aux Cahiers de l'Audition sous la direction de Christian Renard et d'Arnaud Coez mais a également cessé à sa demande son activité de rédacteur depuis la même période de 2011.

ment que m'est venue l'idée de rapprocher deux autres personnes : le Pr Dubus, qui était à l'époque le directeur de l'ENS de Saint-Cloud et J-P. Legoux, dont j'ai parlé plus haut. De là a démarré une expérience qui fut enrichissante et peuplée de nouvelles rencontres intéressantes. Malheureusement celle-ci fut assez rapidement écourtée du fait du projet de déménagement de l'Ecole de Saint-Cloud vers Lyon et d'un changement de directeur au même moment.

Cela m'a conduit à prendre contact avec l'Institut de la rue Serpente à Paris, le cœur de la psychologie sensorielle parisienne à l'époque. Ma rencontre avec M-C. Botte qui m'a toujours accueilli avec gentillesse et disponibilité fut aussi une expérience très enrichissante. Elle m'a permis d'assister aux séminaires qu'elle organisait. J'ai eu entre autres la chance de pouvoir écouter Brian Moore alors qu'il était dans les débuts de sa carrière internationale et plusieurs autres spécialistes de renom international. Elle m'a fait visiter son laboratoire, prêté quelques revues, donné des conseils, photocopié des articles qu'elle jugeait intéressants compte tenu des discussions que j'avais eues avec elle. J'en garde un excellent souvenir. J'ai appris quelques temps plus tard qu'elle avait terminé sa vie tragiquement. J'ai eu l'occasion de penser à elle en tombant sur un petit mot de

sa part il y a quelques mois, lorsque j'ai commencé à déménager ma bibliothèque pour la mettre à disposition du Collège.

La conclusion de tout cela était qu'il fallait arriver à des synthèses régulières des connaissances dans notre domaine, que pour y arriver il fallait disposer d'un lieu déterminé. Je n'avais à ce moment pas plus de visibilité que cela. Ce fut un peu le hasard qui a fait qu'un jour j'ai rencontré F. Fontanez, alors directeur de l'Audioprothésiste Français. C'était lors d'un congrès annuel. Il m'a abordé très directement, car j'étais déjà intervenu dans quelques discussions, pour me demander où j'en étais dans mes études. Puis de manière un peu provocatrice, il m'a demandé quand j'exposerais l'ensemble de mon travail. La référence était assez claire. Je me souviens avoir souri et j'ai dévié la conversation sur les Cahiers et les sujets qu'on pourrait y traiter.

Il m'a très rapidement invité à participer à l'aventure des Cahiers. Je pense qu'il serait juste que les Cahiers et le Collège auquel ils appartiennent maintenant lui rendent un hommage, car c'est tout de même grâce à lui que la revue existe, même s'il l'a quittée depuis de nombreuses années.

Je voudrais enfin rappeler une rencontre qui a été pour moi et pour les Cahiers déterminante : c'est Paul Avan. Il me semble avoir entendu

parler de lui par J-P. Legoux, mais je n'en suis pas certain. Je ressentais la nécessité d'avoir un co-rédacteur pour les Cahiers, car à cette époque je jouais ce rôle de manière un peu solitaire. Je trouvais que les connaissances évoluaient rapidement et qu'il nous fallait une personne capable de dominer l'ensemble des connaissances dont nous avons besoin sur le plan professionnel. Sans connaître Paul et sans lui avoir posé la question de son accord préalable (je ne pouvais matériellement pas engager la revue que je ne dirigeais pas dans tous les domaines), j'ai choisi de mettre la charrue avant les bœufs. J'ai donc fait cette proposition lors d'une réunion du Collège auquel j'avais été élu depuis peu de temps. Je revois encore aujourd'hui un sourire s'esquisser sur le visage de Paul Veit disant : « Ce choix est indiscutable, vous ne pouviez pas trouver mieux ! ». Il a ensuite présenté rapidement « le profil du candidat » qui n'était pas encore à l'époque Professeur de biophysique en faculté de médecine. La discussion était close : il me fallait maintenant voir avec l'intéressé ! Vous connaissez la suite... Voilà quelques souvenirs évoqués et je pourrais en raconter pendant des pages, tellement la mise en place de l'équipe éditoriale et les rencontres chez B. Azéma ont été des moments formidables et aussi l'occasion de croiser des grands professionnels. La aussi vous connaissez la suite.

Les Cahiers ont publié de très grands noms de l'audiologie à commencer bien sûr par J-P. Legoux, P. Avan, le Pr Lafon, M-C. Botte, B. Moore, P. Veit, pour ne citer que ceux dont j'ai évoqué le nom. Il y a eu aussi de très grands numéros, et sans le dévouement de tous les participants à cette aventure cela n'aurait pu se produire. En particulier si X. Renard, alors Président du Collège, n'avait pas accepté à un moment donné de participer à la reprise des Cahiers, au travers d'une structure plus solide à laquelle il a



beaucoup contribué avec son fils Christian et D.Chevillard... Quelle équipe et que de bons moments !

■ Qu'est ce qui après 25 ans t'amène à ralentir ta participation aux Cahiers ?

Après des souvenirs aussi plaisants, je ne pouvais me résoudre à voir les Cahiers décliner. Il faut avoir le courage de regarder les choses en face. Déjà lorsque j'étais jeune et que je participais à beaucoup de réunions ou de séminaires, le niveau des connaissances n'était pas toujours simple à ingurgiter. Il y a maintenant 3 ou 4 ans déjà, j'ai demandé au Collège et en particulier à toi Arnaud de venir prendre en double commande la délégation de rédaction, puisque la rédaction est tenue par P. Avan. Tu as accepté cette position. Bien entendu, ce n'était pas non plus un hasard si je t'ai demandé de venir à cette place puisque j'avais bien signifié que je comptais prendre du recul. Je souhaitais être remplacé par quelqu'un de jeune et de plus compétent que moi. Il faut en effet parfois avoir conscience de ses limites. En l'occurrence, de nombreuses évolutions, notamment dans le domaine de la génétique entre autres, se sont développées. Il fallait quelqu'un qui ait non seulement envie de vivre pleinement dans cet environnement intellectuel mais quelqu'un qui vive.

Qui mieux que toi avec ton parcours sur le plan scientifique et universitaire, mais aussi ta grande gentillesse qui s'accorde si bien avec celle de Paul, pouvait prendre cette responsabilité ? L'esprit qui domine aujourd'hui me semble à la fois être celui de la continuité, mais aussi une véritable rupture avec le passé, grâce à la très forte restructuration que viennent de subir les Cahiers sous l'impulsion de C. Renard qui en est devenu le directeur de publication. Cette évolution a été proche d'une « révolution » sans aucun règlement de compte et dans une acceptation totale de tout le monde. Ceci semble aujourd'hui me donner raison et je suis très content de ma décision. Je pense que si nous n'avions pas fait ce chemin tous les deux pendant ces quelques années, cela aurait été beaucoup plus difficile aujourd'hui de trouver un directeur scientifique immédiatement opérationnel pour la revue. Ce n'est pas le cas et je n'ai qu'à m'en féliciter. Je remercie par la même occasion E. Bizaguet d'avoir accepté que son collaborateur participe à cette aventure, ainsi que

de parrainer cette transformation en tant que Président actuel du Collège.

■ Pourtant, tu vas disposer de plus de temps et c'est une occupation qui semble continuer de te plaire. De plus, par ta nouvelle position, tu as les avantages du rédacteur sans les inconvénients de la vie active. Ne devrais-tu pas y prendre une part plus active ?

Je dispose de beaucoup plus de temps effectivement, mais je consacre aussi beaucoup de temps à la revue : 2 heures chaque jour, c'est beaucoup, mais sans délégation particulière. Je suis juste au service de la rédaction. Je n'ai jamais eu la chance d'avoir un collègue sorti des affaires qui me décharge des tâches de rédaction très chronophages. J'aurais pourtant apprécié... Par contre, je ne veux plus mettre en route des numéros comme j'ai pu le faire comme par exemple pour les derniers avec J-L. Collette sur les APD. Ce thème me semble aujourd'hui essentiel dans le paysage de l'audiologie prothétique, car il y a derrière non seulement des connaissances essentielles pour les professionnels mais aussi un potentiel d'appareillages un peu spécifiques certes, mais très efficaces pour le peu que j'ai pu faire. Et, à mon avis, cela est très valorisant pour l'image d'un professionnel.

■ Quelles ont été tes principales sources de réjouissance et tes principales déceptions au cours de ces 25 ans de rédaction ?

Mes principales sources de réjouissance sont systématiquement venues de la réalisation des grands numéros. Tous les numéros des Cahiers apportaient et apportent des informations intéressantes pour les professionnels. Mais, la publication des journées du colloque que nous avons organisé avec Paul : « Du signal au sens » avec de très grands intervenants, le dossier avec J-L. Collette sur les neuropathies, ou très récemment les APD avec M. Franzoni sur l'éducation et la réadaptation, etc. Le travail sur les neuropathies a conduit à faire prendre conscience au moins aux professionnels de l'audiologie,

qu'il ne fallait pas sous-estimer ce type de pathologies. Cela a permis de déboucher sur une conférence internationale à la tête de laquelle on retrouve l'équipe à la base de la réalisation des deux numéros réalisés par les Cahiers. Ceux-là beaucoup nous les envient. Oui dans ces cas là, je suis content, car le sens même d'une revue scientifique et d'un comité de rédaction est bel et bien de surprendre et de faire découvrir ou redécouvrir des pans de la connaissance ignorés ou oubliés d'une partie d'un public pourtant constitué de professionnels ! Le fait de stimuler la pensée et la connaissance, c'est aussi la preuve que nous avons une place à tenir dans l'échiquier de l'audiologie. J'allais oublier une surprise, si je puis m'exprimer ainsi, qui a été de lire des textes de grande qualité, produits par de jeunes professionnels lors de la publication du numéro des Cahiers qui accompagne la remise du prix du Collège. Ce n'est pas mon initiative. Cette publication maintenant annuelle se fait depuis ton arrivée et c'est extrêmement intéressant et motivant. Cela fait partie des sources de réjouissance car c'était un manque. La plus grande contrariété : le colloque sur les prothèses tactiles comme support de stimulation dans l'apprentissage et la démutisation. Là aussi de grands professionnels étaient présents, mais le thème n'a pas beaucoup retenu l'attention. Trop orienté vers la réadaptation sans doute.

■ On ne peut que te féliciter d'avoir su faire perdurer la revue au cours du temps. Quels conseils donnerais-tu à la rédaction en place pour que la revue demeure pérenne ?

Développez le marketing et faites remonter les impressions des lecteurs mais sachez aussi fronder un peu. Mais le message est passé. En fait, je crois que Christian et toi vous avez développé une stratégie suffisamment décalée pour que les lecteurs y trouvent leur compte très rapidement.

■ Quelles ont été les principales évolutions de la profession qui ont marqué ta carrière ?

L'arrivée de la mesure in vivo. Le premier papier sérieux sur cette question a été



écrit par Harford en 1980, il y a donc plus de 30 ans. J'y croyais beaucoup. Contrairement à ce que certains ont dit, c'est un outil essentiel dans l'appareillage que l'on utilise trop peu souvent et mal. Demandez à T. Renglet comment faire l'appareillage d'un enfant sans savoir évaluer un RECD, et s'il peut appareiller aussi précisément les petits dont il s'occupe sans ce matériel. Peut-être que la mesure n'est pas toujours réalisée avec les bonnes machines, en tout cas on peut se poser la question. Les Cahiers se l'étaient posée avec le numéro spécial réalisé par L. Dodelé il y a fort longtemps et je crois que beaucoup de professionnels en ont tiré parti. La deuxième évolution importante est celle de l'évolution des méthodes générales d'appareillage qui ont signé la fin de l'improvisation et potentiellement une prise de risque pour les professionnels qui ne sauraient pas respecter non pas des cibles immuables, mais un espace d'optimisation situé entre un niveau optimal et un niveau minimal. Il faut noter au passage que l'intégration du paramétrage des canaux de compression, en fonction des possibilités de l'aide auditive d'une part et des caractéristiques de la surdité d'autre part, représente aussi un aspect très important du paramétrage. Bien sûr il ne s'agit que d'un pré-paramétrage mais il est essentiel. Ces évolutions ont aussi conduit à faire évoluer les aides auditives : lisez la note sur Oticon et Nal-NI 2 (numéro de janvier-février 2011, page 72). Les prothèses numériques et leur grande souplesse de programmation ne seraient pas grand-chose sans le matériel qui permet de contrôler ce que l'on fait sur l'ensemble de la courbe, par opposition à un audiogramme sur une dizaine de points. Il faut noter au passage que si le numérique a apporté beaucoup d'espoir et de satisfaction, il a aussi apporté son lot de déceptions. Je viens de quitter l'activité professionnelle et, juste au moment de partir, j'ai eu le sentiment qu'il y a eu une évolution sensible dans la vitesse de fonctionnement de certains processeurs. Il y avait jusqu'à aujourd'hui encore des limites difficiles à franchir technologiquement. Il semblerait que maintenant aussi dans notre domaine, comme dans la photo par exemple, le numérique comble son retard sur certaines particularités par rapport à l'analogique. Nous allons assister à une phase où la satisfaction devrait encore progresser, du fait par exemple de l'augmentation de la vitesse d'échantillonnage. Je pense que nous étions, contrairement à ce que beaucoup pensent, dans

une phase de transition. Cela ne se remarquait pas beaucoup, mais je crois que c'est pourtant une réalité. Il ne faut pas oublier que le numérique c'est le possible et l'analogique le probable ! Aujourd'hui ces deux aspects semblent se rapprocher de manière décisive. C'est bien pour les professionnels et surtout pour les patients naturellement. Enfin, une autre avancée a été celle des appareillages open. J'ai essayé d'émettre l'idée que ces appareillages mettent en évidence « en négatif » le fait que dans certains cas, les systèmes de compression des appareils fermés sont susceptibles de contrecarrer le transfert d'une information contrastée. Ce message a du mal à passer et c'est normal. Ce qui l'est moins, c'est le fait que l'on n'en discute pas. Mais, je le comprends parce que déjà les mécanismes mêmes de suppression ne sont pas très faciles à comprendre. Il faut avoir lu entre autres quelques articles de Paul publiés il y a quelques années dans les Cahiers et y avoir passé un peu de temps ! C'était sans doute l'un des avantages de mon travail pour le journal que de devoir lire ce qu'il y avait dedans. Trop souvent la difficulté est éludée. Mais là aussi, il faut savoir transgresser certaines règles et ne pas accepter de subir une forme de diktat intellectuel ou de pensée politiquement correcte. J'ai pu m'apercevoir, à l'occasion d'une remarque qui m'a été faite lors de l'EPU 2009, que certains n'avaient pas bien intégré cette question ou bien qu'elle semblait remettre en cause des certitudes. Il s'agissait ni plus ni moins d'une réelle incompréhension car d'une part, on ne fait pas d'un doute une certitude on doit le transformer en un débat et, d'autre part s'il s'agissait de dissimuler certaines questions, ce n'est pas non plus très honorable pour des professionnels responsables. C'est même l'inverse de ce qu'il faut faire à mon sens. Il ne faut cependant pas s'arrêter à cela et se laisser influencer par ceux qui utilisent le pouvoir contre la liberté de penser. Je crois que s'occuper d'un journal c'est cela aussi : ne pas être complètement respectueux de l'ordre établi.

■ Quels sont selon toi les grands défis que la profession devra relever ?

Ils sont de 3 sortes. Tout d'abord, travailler sur la maîtrise des données scientifiques qui permettent de faire évoluer la compréhension du paramétrage des aides

auditives. J'ai évoqué juste au-dessus un aspect à propos du mécanisme de suppression. Ce n'est pas le seul bien entendu. Il y a aussi l'introduction de l'utilisation des modèles. Là aussi cette démarche n'est pas habituelle pour les professionnels que nous sommes. Il faudrait à mon sens approfondir cette voie qui permet au passage de faire varier des paramètres de manière très contrôlée. Il faut ici aussi que la conviction l'emporte sur l'a priori. Cela se fera et se fait déjà.

Il faut également travailler sur la maîtrise des tests. Il suffit de rappeler le travail réalisé à Rennes sous la direction de F. Lefebvre, pour montrer que des efforts sont entrepris, aussi par des jeunes comme Y. Lasry à Nantes, comme M. Del Rio à Bordeaux, etc. Ces travaux devraient permettre de mieux cerner la réalité des déficits et des capacités de réadaptation des patients. Car il faut tout de même se rappeler que les professionnels de l'audiologie prothétique délivrent une aide auditive : une prestation accomplie avant et après l'appareillage, et que de sa qualité proviendra inéluctablement un surcroît ou non d'appréciation positive de l'appareillage.

Autre remarque : il faudrait aussi mieux intégrer le fait que les tests ne suffisent souvent pas à cerner parfaitement l'appréciation d'un appareillage. La mesure des résultats par des questionnaires bien étalonnés conduit souvent à améliorer considérablement la qualité des résultats, car le patient se trouve aidé dans sa démarche « explicative », tout en se trouvant contraint par un mode interrogatoire qui permet de mettre en évidence certains biais dans son appréhension de la réalité prothétique. Ce travail bien que facilement accessible en France semble peu utilisé.

De ce point de vue, l'idée de certification, si elle n'est pas en soi une garantie, reste tout de même le signe d'une volonté de bien faire. Evidemment, à la condition que cela ne soit pas comme les fameuses chartes qui ont fleuri dans nombre d'entreprises qui prétent à sourire quand ce n'est pas plus. Notons tout de même qu'il est plus compliqué de se faire certifier que d'écrire une charte, ce qui n'empêche pas d'en écrire une vis-à-vis des équipes pour rappeler de manière chronique qui passe devant et que l'entreprise se met des contraintes de qualité et d'image !

Un autre point de vue est celui de mieux maîtriser la connaissance de la stratégie de développement des grandes enseignes. En particulier celles qui viennent de l'optique. Il y a deux axes qu'il faudrait



travailler. Tout d'abord comprendre comment elles accèdent au marché. On peut dire que schématiquement elles doivent travailler selon plusieurs axes :

- Analyser les pratiques de la future concurrence.
- Démoder les pratiques des concurrents en place depuis longtemps en essayant de « ringardiser » leur image.
- Les attaquer « indirectement » en disant au consommateur : « chez nous voilà ce que cela coûte » sous-entendu si vous payez plus ce n'est pas très malin.
- Faire entrer le doute dans l'esprit du consommateur.

On peut remarquer au passage que le fait de ringardiser le côté scientifique et médical est une étape essentielle pour la captation d'une part de marché puisque la plupart du temps ces entreprises démarrent avec des professionnels qui ne sont pas performants. Elles ne sont pas en mesure de se battre sur ce terrain. Il faut donc que le consommateur doute du bien-fondé de payer certaines prestations. L'expérience que j'ai pu acquérir dans ce domaine montre qu'il ne faut cependant pas se faire d'illusions. La démarche initiale ne doit pas forcément préjuger de ce qui se passera une dizaine d'années plus tard. En effet si elles arrivent à construire un réseau solide, ce qui ne sera le cas que des vrais professionnels, donc dans très peu de cas, elles savent toutes qu'à un moment donné il faudra débarquer l'équipe de départ, qui en fait bien souvent n'a pas les qualités pour comprendre qu'aucune entreprise ne réussit vraiment quand elle n'apporte pas de véritable service. La première étape consiste à prendre le pouvoir.

Il faudrait aussi essayer de maîtriser sa dimension économique.

J'ai présenté récemment un livre sur la santé dans ces colonnes et je reste convaincu que beaucoup des difficultés qui semblent se profiler à l'horizon aujourd'hui proviennent de ce manque de connaissances.

Je pourrais aussi revenir sur un aspect de la question que tu posais à propos des déceptions. Je pense qu'il s'agirait au fond plus de regrets que de déceptions si je peux dire les choses ainsi. Je pense que le Collège n'a pas joué le rôle qui aurait dû être le sien depuis quelques années. Ainsi une réflexion sur les pratiques et les techniques nouvelles aurait été une démarche pour le moins utile. Cela aurait même pu être intégré dans une session

de l'EPU. Peut-être que cette idée verra le jour maintenant que les Cahiers appartiennent au Collège.

■ Est-ce que finalement la profession d'audioprothésiste n'a pas été créée par des grands passionnés ? Est-ce que la richesse de ce métier ne repose pas sur l'existence d'une communauté ouverte, curieuse, venant d'horizons différents ? Est-ce que cette diversité ne crée pas la richesse de cette profession ?

Sur ce point je suis tout à fait d'accord. Je crois que ce qui m'a « aspiré » dès le début dans cette profession, c'est la passion très communicative que j'ai rencontrée chez beaucoup de professionnels de F. Le Her à X. Renard, de J. Bancons, à R. De Bock, de P. Estoppey et de P. Veit à J. Dehaussy, de M. Rainville à B. Azéma et son équipe, de X. Debruille à T. Eluecque, etc. J'en passe et pardon pour ceux que j'oublie. Quelle génération, quelle passion pour ce métier ! Je dirais que si nous en sommes arrivés à cette qualité de travail, les uns et les autres n'y sont pas pour rien.

Evidemment, il faut que cela continue mais je pense que la relève est en bonne voie. Mais pour que les jeunes aillent au bout de leur engagement, il faut aussi qu'ils prennent en charge les outils de leur avenir. Le Collège et les Cahiers font partie des instruments au service des professionnels qui veulent vivre pleinement leur vie professionnelle et aller tous les matins au travail sans état d'âme ! C'est pour moi une forme de fierté de savoir mettre une distance avec l'objet d'une préoccupation qui a accompagné 25 ans de ma vie. Ce n'est pas l'opportunité de cette interview qui me fait dire cela puisque tu es bien placé pour savoir que ce départ je l'ai anticipé officiellement il y a 4 ou 5 ans en te demandant de prendre en double commande la délégation de rédaction. La transmission du flambeau vers la jeune génération des quadras que tu représentes avec bien d'autres grands professionnels de l'audiologie prothétique porte un formidable espoir qui fait que je reste confiant pour l'avenir de cette formidable profession. Il faut bien sûr une réelle expérience pour

mener cette tâche à bien, mais je pense qu'avec C. Renard comme directeur de publication, vous allez aussi faire monter la toute nouvelle garde qui, comme tu le soulignes dans ta question, présente une diversité en termes de culture qui continuera à faire de la diversité la richesse de notre profession et son attractivité.

Je reste aussi convaincu que le travail bien fait trouvera toujours des amateurs. Il faut apprendre à se différencier sans pour autant se rendre suspect auprès du public. Trop souvent on ne fait pas ce que l'on devrait. Aujourd'hui qui adopte des bonnes pratiques au sens actuel du terme ? (cf la rubrique « Notes de lecture ») Très peu de professionnels. La qualité, il ne suffit pas de la décréter : il faut la construire par des procédures, par la certification qui est une démarche procédurale qui s'adapte à mon avis parfaitement bien à notre activité. Pas seulement par des chartes de qualité assez faciles à écrire, qui ont été si souvent à l'opposé de ce que les clients de certaines entreprises ont vécu comme nous l'avons évoqué plus haut.

■ Inversement, régulièrement de nouveaux acteurs économiques veulent révolutionner la profession. Derniers en date les majors d'optique. Elles s'intéressent aujourd'hui au marché de l'audioprothèse et elles sont également lancées dans une guerre sans merci entre elles. Elles se battent à coup de procès et de dénonciations. Une des majors a été condamnée à verser 1.1 millions d'euros à son concurrent pour « fraudes à la mutuelle » pratiquées par les franchisés de ce réseau qui lui-même a écopé de 3 mois de prison avec sursis pour la publicité trompeuse de l'un de ses franchisés... Je t'envie presque de prendre ta retraite... Penses-tu que la profession est suffisamment structurée pour ne pas



verser dans cette approche très éloignée de la passion qui anime les audioprothésistes pour leur métier ?

L'expérience montre aujourd'hui un aspect que je n'aurais pas imaginé il y a 20 ans. En effet il y a eu beaucoup de points de vente qui sont apparus un peu partout. Ils ont contribué pour une part à l'expansion du marché de manière très significative mais pas suffisamment pour permettre une réelle croissance de chaque point de vente. Alors que se passe-t-il ? Aujourd'hui y a-t-il encore des opticiens heureux ? La réponse est oui. On finit par retrouver à la sortie des professionnels qui ont un profil finalement pas très différents de ceux qui, comme on disait il y a 30 ans, « réussissaient ». Quel est leur profil : rigueur, sérieux et développement. Aujourd'hui malgré le développement de nombre de points de vente, certains d'entre eux réalisent encore des progressions qui feraient pâlir certains audioprothésistes qui sont eux pourtant sur un marché à forte croissance. Pourquoi les opticiens s'intéressent-ils à l'audioprothèse ? Tout simplement parce qu'un certain nombre d'opticiens possèdent ce diplôme et aussi parce que pour certains d'entre eux, le niveau atteint par leurs affaires d'optique leur paraît satisfaisant et qu'ils voient notre marché comme une opportunité.

Pourquoi les chaînes d'optiques s'intéressent-elles à l'audioprothèse ? La raison est sans doute un peu différente. Ces chaînes ont vocation à se développer et bien souvent les organismes financiers qui se trouvent derrière les poussent à investir de plus en plus.

Le fait qu'elles soient structurées avec des développeurs est pour elles un atout considérable. Mais en ce qui concerne le marché de l'optique, la question qui se pose pour les chaînes n'est pas forcément la saturation du marché en tant que tel. Il faut préciser le sens du mot saturation. Si vous prenez une enseigne comme Optic 2000 qui a entre 1200 et 1300 magasins sous leur enseigne, il est clair que pour elle, on n'est pas loin de la saturation en termes de maillage. Le travail qui lui reste à faire c'est de pousser certains points de vente à se développer, c'est à dire à se moderniser et ou à racheter des concurrents qui partent en retraite par exemple, ou à se déplacer pour s'agrandir et préserver leurs parts de marché. Il faut comprendre que le positionnement « géographique »

est aujourd'hui un élément stratégique du développement. Sans doute reste-t-il quelques villes ayant encore du développement à faire, par exemple dans Paris. Chacun sait que Paris est toujours difficile parce que le développement coûte cher ! Mais c'est un passage obligé à un moment ou à un autre. Prenons maintenant l'enseigne Lissac qui appartient aussi à Audiopic et dont le niveau de développement n'a rien de commun avec celui d'Optic 2000, puisqu'elle représente en gros le quart de sa grande sœur. La croissance dans ce cas ne signifie par forcément des magasins d'optique supplémentaires, mais simplement dans certains cas, il s'agira de magasins existants qui changeront d'enseigne. C'est aussi une forme de dynamisme économique. Ce qui arrive aujourd'hui dans le domaine de l'audioprothèse, ce n'est à mon sens que le passage à l'âge adulte d'une profession qui vivait un peu en marge de la pression économique. Les bons professionnels ont encore de très bonnes cartes à jouer. Le seul conseil qu'on pourrait donner, (je me le permets parce que tu me poses la question !) c'est à la fois d'être proches de leurs prescripteurs médicaux, mais d'être aussi conscients qu'à moyen terme ces derniers vont perdre beaucoup d'influence sur leurs patients. Les prescripteurs seront d'une autre nature. Ce qui veut dire que les audioprothésistes doivent avoir une vraie dynamique de communication avec une dimension commerciale. Ce point sera difficilement contournable à mon sens.

■ **Le monde change. La commission Attali prévoyait une dérégulation et une déréglementation pour développer et redynamiser l'économie française. Les « Suisses » passent à l'acte dès juillet 2011. Est-ce envisageable en France ? Est-ce dans les prérogatives de la revue du Collège National d'Audioprothèse de développer une rubrique économique d'information, alors que jusqu'à présent « Les Cahiers de l'Audition » étaient orientés vers des**

thématiques exclusivement scientifiques et techniques ?

Ma réponse est clairement oui et je te renvoie à une critique que j'ai évoquée tout à l'heure à propos d'un livre très intéressant qui aborde justement le sujet auquel tu fais référence, ainsi que la position des Suisses vis-à-vis des questions traitant de l'économie de la santé : « La santé par quels moyens et à quels prix » - P-Y Geoffard, R. Guesnerie et J. Le Grand (la présentation de ce livre sera faite dans le prochain numéro des Cahiers, avec quelques autres titres traitant de sujets connexes.)

Je pense que l'essentiel de ce que j'aurais à dire est dans ce texte. Le lecteur y trouvera même évoqué le cas de l'économie suisse de la santé en général et sa particularité !

Un professionnel ne doit pas être mené par le bout du nez : il doit pouvoir anticiper et cela demande un minimum de connaissance de son environnement et du tissu dans lequel il évolue. Le Collège a un regard qui est le sien sur ces sujets et il ne doit pas avoir peur d'exposer son point de vue. Il alimentera la culture commune sans porter atteinte à la position des syndicats, qui gèrent la régulation globale de la profession dans son ensemble dans un contexte spécifique. Je renvoie le lecteur à la rubrique « Notes de lecture » et peut-être plus particulièrement ici aux « Actualités », pour montrer à quel point aujourd'hui on ne peut dissocier sciences, bonnes pratiques, connaissances, stratégie et économie. C'est un tout.

Propos recueillis par Arnaud COEZ pour les Cahiers de l'Audition



Notes de lecture

Dernières parutions scientifiques

François DEGOVE

Audioprothésiste D.E.
Membre du
Collège National
d'Audioprothèse

francois.degove@
wanadoo.fr



AUDIOLOGIE PRATIQUE AUDIOMÉTRIE

3^{ème} Edition - Ed. F. LEGENT
MASSON ELSEVIER 290p. 2011

Ce livre comprend 14 chapitres, des annexes et un index. C'est la 3^{ème} édition. On retrouve les chapitres classiques : 1 acoumétrie, 2 audiométrie tonale, 3 audiométrie vocale, 4 tympanométrie, 5 audiométrie objective, 6 audiométrie spécifique (exploration des surdités centrales), 7 audiométrie de l'enfant, 8 audiométrie de l'enfant : du dépistage au diagnostic, 9 audiométrie et appareillage, 10 notion d'acoustique physique, 11 physioacoustique, 12 notions de psychoacoustique, 13 sonotraumatismes et acoustique, 14 les pièges de l'audiométrie. Que dire de cet ouvrage ? Après lecture nous avons deux avis assez divergents sur le livre. Le premier c'est qu'il est toujours intéressant de traiter un sujet en français et en particulier celui-ci puisque la plupart du temps on ne le trouve traité qu'en anglais. Nous avons une collection de ces ouvrages depuis 20 ans qui est très intéressante et exemplaire de ce point de vue. Certains, très peu nombreux, sont très rigoureux sur les termes, les définitions, la présentation, la mise en perspective, les limites... d'autres un peu moins. Le deuxième avis est que certains chapitres de ce livre auraient peut-

être pu bénéficier d'un traitement un peu plus étoffé. Cela aurait permis aux lecteurs non avertis de fixer leurs idées un peu plus facilement. Certaines indications ou figures, comme celles permettant de montrer ou d'illustrer l'apport des techniques in vivo, sont absentes. Cette approche nous paraît un peu insuffisante pour le sujet, surtout que ce livre est semble-t-il plutôt tourné vers le monde ORL, ce qui aurait été l'occasion de montrer la spécificité du travail prothétique. Par ailleurs, il est aussi un peu regrettable par exemple de ne pas trouver dans l'index le mot « calibration » (même s'il est y fait allusion dans le texte page 14), de même pour le mot « recrutement » (même si on retrouve ce terme page 52) et on pourrait en citer d'autres. Il faut néanmoins saluer ce travail car ce n'est pas facile de réaliser un ouvrage de cette nature, cela est certain !

THE AUDITORY CORTEX

Eds. A. Winer & Ch. E. Schreiner
SPRINGER VERLAG
210,95 € ; 715p ; 2011

Ce livre est à classer dans les documents de synthèse exceptionnels. Non seulement il y a beaucoup de pages mais c'est de plus un grand format (21 x 29,7). Il comporte 33

chapitres rédigés par 55 collaborateurs. L'objectif de ce livre est de réaliser une synthèse de l'état des connaissances sur l'organisation centrale supérieure du système auditif. Chaque chapitre doit conduire à une présentation synthétique des données actuelles. Le but étant une description précise et rigoureuse de l'organisation et des liens entre cortex pariétal, temporal et frontal comme un ensemble de possibles candidats pour des interventions cliniques directes dans l'avenir et pour mieux comprendre les effets et le fonctionnement de certains dispositifs de correction (Le terme dispositif médical concerne aujourd'hui toute technologie susceptible de servir d'interface permettant d'adapter l'information au système physiologique de traitement de cette information).

Comme le notent les auteurs, la présente somme diffère des synthèses précédentes sur au moins deux points significatifs (Aitkin en 1990 et König en 2005 représentent les deux grandes synthèses réalisées depuis 20 ans). Tout d'abord le corps genouillé médian est inclus comme un partenaire à part entière dans le système central tant son activité et ses relations avec l'organisation corticale est solide et structurée. Un autre aspect est de répondre clairement à une





volonté mais aussi une nécessité de développer et de regrouper des méthodes expérimentales d'exploration, qui permettent de mettre en évidence des liaisons neuronales locales, pour tenter de mettre à jour des microsystèmes, puis des subsystèmes. Il y a derrière cette volonté des perspectives physiologiques et éventuellement fonctionnelles avouées. Cette démarche vise aussi une ambition d'éventuelles applications médicales.

Les auteurs indiquent au passage qu'ils ne veulent pas se lancer dans une description détaillée des études portant sur le traitement frontal de l'information auditive, du fait que les résultats sont actuellement trop récents. Ce travail sera dévolu aux équipes à venir. Le but de l'ouvrage est donc, comme nous l'avons suggéré plus haut, de fournir un cadre avec des bases de données expérimentales et conceptuelles.

Ainsi, les nouvelles techniques expérimentales montrent ici à quel point les progrès ne peuvent s'accomplir sans la mise au point de nouvelles méthodes d'analyse et d'exploration sophistiquées, qui permettent par exemple une identification beaucoup plus fine de certaines relations fonctionnelles, et aussi de progresser de manière décisive dans l'organisation cellulaire corticale grâce à l'utilisation de nouvelles électrodes. Ces techniques permettent, comme nous l'avons évoqué plus haut de mettre en évidence des microcircuits. Ceci serait peut-être, on peut au moins l'imaginer, les briques qui constitueraient la base de l'organisation fonctionnelle en réseaux de travail élargis. Ces réseaux permettraient par exemple le traitement d'informations plus globales telles que l'analyse de la modulation de fréquences ou l'analyse spectrale ou encore d'autres particularités de la voix par exemple.

D'autres informations seraient maintenant susceptibles d'être étudiées : elles permettraient par exemple de

revisiter les transformations impliquées par la liaison thalamocorticale.

Une autre vague d'informations provient de l'imagerie. L'ensemble des techniques disponibles permet aujourd'hui de mieux localiser l'activité, mais d'envisager aussi avec plus d'acuité l'activité relative d'une région par rapport à l'autre en termes d'intensité et de densité. Ces approches trouvent et ne vont sans doute cesser de trouver des applications dans le domaine de la médecine de réhabilitation.

Les études d'anatomie ainsi que les méthodes de coloration ou de marquage ont permis de mettre elles aussi en évidence un très vaste réseau constitué de voies longues et courtes. Les modèles qui émergent suggèrent l'existence de systèmes dynamiques permettant de sérier, de sélectionner, de stabiliser ou d'éliminer, sans doute aussi d'amplifier ou de diminuer certains signaux. Tous ces ensembles se trouvant assez souvent régulés par des informations véhiculées par les réseaux corticofuges qui font synapses avec les réseaux ascendants. Ces études ont ainsi permis d'établir l'existence de voies spécifiques pour le traitement de la localisation et de la reconnaissance.

L'objet de ce travail conduit à penser la représentation corticale au sens large du terme comme le siège du sens de l'audition dans son acception elle-même la plus large.

Pour conclure sur cet ouvrage, les lecteurs des Cahiers auront bien compris que ce n'est pas un hasard si nous avons demandé il y a maintenant un certain temps à J.-L. Collette de diriger et de présenter une synthèse sur l'audition centrale et les applications possibles aux domaines prothétiques, de réhabilitation ou de réadaptation, voire de rééducation.



DISEASES OF THE INNER EAR

Ed. M. M. Zarandy & J. Rutka
A Clinical, Radiologic, and Pathologic Atlas

SPRINGER VERLAG
105,45 € ; 93 p ; 2010

Ce livre est court, mais très structuré. Il présente un maximum de photographies très lisibles. Il traite de pathologies de l'oreille interne. C'est particulièrement intéressant, car bien souvent on pense que les pathologies de l'oreille interne se résument à des déficits que l'on peut qualifier de classiques, type presbyacousie ou surdité brusque. Il y en a d'autres et c'est ce que l'on découvre dans 2 ou 3 chapitres. Ainsi, le premier par exemple qui renvoie aux tumeurs de l'os temporal et aux métastases. Ce qui apparaît comme très intéressant, c'est effectivement l'iconographie très soignée même en ce qui concerne les pathologies connues. Ce travail prend aussi une dimension très didactique



pour les étudiants, (mais pas que pour eux) qui pourront mémoriser et intégrer plus facilement une pathologie donnée et les effets visibles que peut éventuellement prendre cette pathologie.

OTOLOGY, NEUROLOGY, AND LATERAL SKULL BASE SURGERY

An Illustrated Handbook
O. F. ADUNKA & C. A. BUCHMANTIEME
129,95 € ; 448 p ; 2011

Cet ouvrage comprend 24 contributeurs. Ce qui le caractérise, comme beaucoup des ouvrages publiés par Thieme Verlag, c'est la qualité de l'iconographie et la clarté des exposés. Il y a énormément d'images, ce qui est indispensable dans le domaine médical et on retrouve une volonté claire de rédiger le travail pour que le lecteur en sorte avec une compétence accrue dans son domaine. Le livre comprend 7 grandes sections. La première, assez courte, est un historique de l'otologie, partant d'Andreas Vesalius jusqu'à William House. Ce chapitre est tout à fait intéressant à lire. La deuxième partie présente les bases anatomiques et physiologiques. La troisième partie aborde les examens, les évaluations cliniques des atteintes du nerf facial par exemple ou du système qui régule l'équilibre et, pour finir, l'imagerie de l'os temporal. Dans la quatrième partie, on traite des pathologies spécifiques : oreille externe, moyenne, interne ainsi que certains désordres centraux par exemple mais aussi des méthodes de prise en charge audiologique. Dans la cinquième partie, 120 pages sont consacrées à la chirurgie et aux méthodes. La sixième partie traite des complications; la septième de la dissection de l'os temporal. Il s'agit bien sûr d'un ouvrage dont la destination première est le chirurgien. Mais il concerne aussi le médecin audiologiste qui doit pouvoir orienter son patient dans une bonne direction et donc pouvoir poser un diagnostic préopératoire, qui sera éventuellement confirmé par l'otologiste.

ATLAS OF ACOUSTIC NEURINOMA MICROSURGERY

Ed. M. SANNA et Col. 2ième édition
THIEME
169,95 € ; 210 p ; 2011

Cet ouvrage magnifiquement illustré par une équipe italienne de 6 personnes (avec quelques intervenants extérieurs) a

construit une véritable mini-encyclopédie à travers 14 chapitres qui tous traitent de la microchirurgie du neurinome selon différentes voies d'abord. On peut être étonné de voir combien certaines équipes ont réussi à maîtriser un nombre de techniques suffisamment important pour atteindre une maturité dans une spécialité qui de toute évidence est loin d'être simple. Nous savons très bien que cette chirurgie n'est pas à la portée de tout le monde et peut-être aussi n'intéresse-t-elle pas tout le monde. Elle représente en effet un nombre de cas limités en ORL et il faut en faire un nombre certain pour ne pas faire d'erreurs. Il est aussi réconfortant de voir qu'un grand éditeur accepte de publier un livre qui va toucher un public très limité, mais de voir aussi avec quel luxe il accepte de réaliser cet ouvrage qui de toute évidence intéressera les équipes concernées par cette activité.

HUMAN AUDITORY EVOKED POTENTIALS

Ed. : T. W. Picton
PLURAL PUBLISHING
\$ 179.00 ; 634 p ; 2011

Les potentiels évoqués auditifs ont pour objectif de manière générale de recueillir un petit changement de potentiel faisant suite à une stimulation sonore. On admet que les potentiels sont générés par tous les relais des voies auditives de la cellule ciliée aux neurones du cortex. Les enregistrements des potentiels doivent permettre d'évaluer à la fois un fonctionnement normal du système et donc d'en décrire un certain nombre de particularités concernant les réponses, formes des ondes, temps de latence absolus, relatifs, etc. Le livre que nous présentons a semble-t-il un double objectif : dans un premier temps, présenter les données fondamentales indispensables à la compréhension du sujet. Dans un deuxième temps, aller un peu plus loin et prendre un tournant didactique. En effet, l'auteur a pour objectif de sortir un peu d'une démarche purement académique pour présenter une approche qu'on qualifiera d'approche de terrain du genre : « tout ce qu'on vous dit c'est très bien, mais moi qui pratique cette activité au quotidien, je vais vous montrer ce que vous pouvez tirer des examens électrophysiologiques, mais aussi les limites de l'observable ».

La liste des personnes qui ont aidé ou qui ont critiqué les différents chapitres du livre montre que l'auteur n'est pas

le premier venu et qu'il a su s'entourer de « beau monde ». Par ailleurs si vous regardez le nombre de pages contenues dans cet ouvrage, vous prendrez aussi conscience qu'on ne peut pas facilement en écrire autant sans connaître un peu son sujet et ce en ayant une liste de reviewers qui ferait envie à beaucoup de monde. Ajoutons qu'il était opportun de rappeler comment et pourquoi l'utilisation des tests électrophysiologiques permet de travailler et de faire progresser le diagnostic dans l'évaluation d'un déficit auditif. Trop souvent peut-être cette approche est laissée de côté et les enseignements riches qu'il serait possible d'en tirer sont passés sous silence. On comprend que la SS ne souhaite conserver dans les bonnes pratiques que ce qui correspond à une vision vitale et comptable de la médecine, de sorte que le plus grand nombre puisse y avoir accès. C'est légitime, mais peut-être a-t-on un peu dépassé les limites dans certains cas ? Ce livre montre en tout cas qu'il est possible de tirer de très nombreuses informations utiles au diagnostic et à la réhabilitation pas toujours simple à mettre en évidence en leur absence.

PSEUDOHYPACUSIS

False and Exaggerated Hearing Loss
Ed. : J. Peck
PLURAL PUBLISHING
\$ 79.95 ; 233 p ; 2011

Cet ouvrage est assez original et mérite une certaine attention. Il comprend 11 chapitres rédigés par 12 intervenants parmi lesquels des collaborations de réputation internationale. A première vue, on se demande en effet qui pourrait bien « s'amuser » à exagérer sa gêne auditive. Effectivement peu de gens ont envie de porter des aides auditives, ce qui est le risque encouru. En réalité on peut lire ce texte de 2 manières. D'une part effectivement la mise en évidence de simulateurs peut être intéressante dans certains cas de figure, tels que les gens de ma génération en ont connus lors des fameux conseils de révision pour le recrutement dans l'armée. N'oublions pas que ces ouvrages ont une vocation internationale. Une autre source peut provenir de simulations qui rendraient service à certains individus dans certaines actions en justice. Enfin, certaines pathologies mentales peuvent conduire à des comportements mal maîtrisés qui conduisent plus ou moins volontairement à ce type de comportement.



Un point intéressant est qu'il semblerait que, contre ce que l'intuition pourrait nous amener à penser, les enfants seraient plus simulateurs que les adultes. L'auteur suggère d'être attentif au fait que les enfants qui subissent des abus (sexuels par exemple) contribueraient de manière significative à faire monter les statistiques. Il est suggéré d'ailleurs au médecin de s'intéresser discrètement à cette problématique dans les cas de simulations chez les enfants et adolescents.

On peut aussi avoir une deuxième lecture de ce livre. En effet, être capable de dévoiler une exagération c'est aussi être à même de montrer une parfaite maîtrise de la prise de mesure du déficit auditif chez quelqu'un qui adopterait un biais, consistant à ne répondre que lorsqu'il est sûr

et certain d'entendre le signal test ou qui ferait preuve d'une limite dans la compréhension même de ce qu'il doit faire. Pour peu qu'un peu de lenteur vienne s'y ajouter, on entrevoit immédiatement ce qui va se passer. Si le patient en question doit être appareillé, on peut s'attendre à une suramplification qui aboutira à un rejet immédiat de l'appareillage et pour cause. Même si ce cas de figure n'entre pas à proprement parler dans les déficits simulés ou exagérés, il n'en reste donc pas moins qu'il faut pouvoir les détecter.

Quelle méthodologie pour cela ? La présentation d'un livre ne doit naturellement pas conduire à en dévoiler la teneur dans son intégralité, mais il y a tout de même des voies d'accès qui sont assez évidentes telles que la corrélation

des résultats obtenus en audiométrie tonale et vocale, les rapports que l'on peut établir entre les niveaux d'émission des tests de mots et l'amélioration de la reconnaissance vocale (la fonction performance/intensité). Bien sûr pour les vrais simulateurs, les mesures des seuils de réflexes stapédiens, les otoémissions ainsi que certains tests électrophysiologiques peuvent constituer des outils techniques de choix pour lever certains doutes.

Il convient donc comme toujours de savoir tirer d'un livre ce qu'il a d'original, mais aussi ce qu'il met en perspective en termes de techniques d'exploration et de « cartographie » du déficit (lorsqu'il est réel bien entendu). Cette thématique n'est pas courante chez nous, mais nous aurons l'occasion d'en reparler.

L'annuaire Français d'Audiophonologie 36^e année - édition 2011




www.annuaire-audition.com

OCEP édition - 27-31 rue Gabriel Péri 94220 CHARENTON-LE PONT
T. 01 43 53 33 33 - F. 01 43 53 33 34 - marketing@ocep.fr

Port à découper

À renvoyer à: OCEP édition, 27-31 rue Gabriel Péri 94220 Charenton-le-Pont

Norm./Raison sociale : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Code de la commune : _____ E-mail : _____

Q Désire recevoir la 21^e édition de l'Annuaire d'Audiophonologie au prix unitaire de 64 € (frais de port inclus)
Total de la commande : exemplaire(s) x 64 € = €

Jointer le règlement par chèque à l'ordre de OCEP édition



Veille Technique

Les innovations des industriels

— Oticon



Le WebShop fête l'été et les enfants jusqu'à la fin du mois de juillet

Vous aimez les surprises : alors commandez sur le WebShop d'Oticon et recevez des cadeaux ! Stickers, porte-clés, stylos, bracelets, sur quoi allez-vous tomber ? Mystère...



Car en effet, en ce moment, nous vous offrons une multitude de surprises pour toute commande pédiatrique passée sur le WebShop d'Oticon... **L'offre concerne un achat en ferme d'un minimum de deux appareils pédiatriques (Oticon Safari ou Oticon Safari SP) ou sur l'achat d'un pack mono ou stéréo Amigo.**

Profitez-en pour découvrir le Switch-Free, le nouveau cache spécialement conçu pour protéger les boutons des appareils Safari et n'hésitez pas à faire vos provisions d'appareils et d'accessoires en tout genre pour la rentrée scolaire qui approche à grands pas.

Attention, cette offre n'est valable que du **14 juin au 31 juillet 2011**. Alors, n'attendez plus et rendez-vous tout de suite sur le site : <http://shop.oticon.fr/>

Pour recevoir la newsletter Oticon et être tenu informé de toutes les actualités de la marque Oticon, merci d'envoyer un email à Aurélie Zambeaux : ac@oticon.fr



Le nouveau microphone Boom d'Oticon est arrivé !

Disponible en noir et monté de la même manière que l'ancien modèle, ce nouveau venu est mis à jour pour les appareils Amigo T30/T31.

Pouvant être utilisé lorsque les niveaux de bruit sont trop élevés ou lorsque l'on recherche le meilleur rapport S/B possible, le micro est conçu à partir de matériau souple et repose sur une oreille.

Aussi léger et discret, il s'adapte parfaitement à la morphologie de l'oreille et se placera tout naturellement à côté de la bouche, de sorte que le signal capté ne soit pas perturbé par les bruits environnants et que le S/B soit optimisé.

Grâce à ce nouveau micro, c'est aussi le cœur de tous les enfants appareillés qui va palpiter !

Contact : Aurélie Zambeaux
Responsable Marketing &
Communication Oticon

Tel : 01 41 88 01 59 / ac@oticon.fr





Siemens

Aquaris de Siemens L'extrême résistance par le docteur Mikaël Ménard

Aquaris, nouveau disponible



Contour d'oreille pile 13, compatible Bluetooth, Aquaris est complètement étanche. Il résiste à l'eau, à la poussière et aux chocs. Délivrant jusqu'à 63 dB de gain et 133 dB de niveau de sortie (coude standard, simulateur d'oreille) et disponible en séries 701 (16 canaux) et 501 (12 canaux), Aquaris peut également être adapté en appareillage ouvert avec tube fin et assure la correction des pertes auditives moyennes.

Solution auditive ultra fiable, conforme à la norme IP57, Aquaris peut rester sous 1 mètre d'eau pendant 30 minutes et sous des particules de poussière pendant 8 heures sans que ses performances n'en soient altérées.

Fiabilité maximale

Lors d'activités en mer ou en piscine, comme l'aquagym, vos patients peuvent porter Aquaris sans risque (à condition d'utiliser un embout étanche).

Très pratique également en cas de transpiration abondante.



Le boîtier monobloc d'Aquaris (en une seule pièce, sans ouverture ni jonction) est entièrement hermétique et très robuste. De plus, son traitement de surface type gomme lui permet de bien adhérer sur la peau et l'empêche de glisser. Pour encore plus de protection, de nouveaux accessoires, spécialement conçus pour accompagner Aquaris, peuvent également être proposés en option.

AquaPac, étui étanche, permet de garder télécommandes, téléphones et autres appareils bien au sec.



Le SportClip garantit le bon maintien des aides auditives sur les oreilles pour éviter qu'elles ne tombent en cas d'activités physiques.

Programme Aqua

Waterproof, Aquaris garantit une meilleure qualité et une meilleure restitution de la parole, grâce au programme "Aqua". Exclusivité Siemens pour Aquaris, le programme "Aqua" permet une meilleure qualité sonore lorsque l'appareil est au contact de l'eau. Ce programme peut être paramétré lors de l'adaptation et sélectionné ensuite, avec la télécommande, lors d'activités pouvant entraîner un contact avec de l'eau.

Compatibilité Bluetooth

Aquaris est compatible avec miniTekTM et TekTM de Siemens. Ces télécommandes conduisent le son de la TV, du téléphone et de tout autre appareil compatible directement dans les aides auditives. Sans fil, en stéréo et en temps réel.



L'étanchéité Aquaris en 5 points

1. Protection écouteur
2. Membrane de protection microphonique waterproof
3. Boîtier monobloc
4. Tiroir pile scellé
5. Membrane waterproof (étanche) pour les échanges d'air





Unitron

Unitron annonce le lancement de Quantum, Moxi et TrueFit

La nouvelle génération d'aides auditives et son logiciel d'appareillage qui transmet un son haute fidélité au naturel

1^{er} juin 2011 - Kitchener, Canada - Unitron, fournisseur mondial d'innovations auditives de renommée internationale, a annoncé aujourd'hui le lancement de ses nouvelles gammes de produits Quantum™ et Moxi™ et de son nouveau logiciel d'appareillage intuitif TrueFit™. Ce lancement, l'un des plus importants dans l'histoire d'Unitron, offre au marché de la santé auditive une toute nouvelle génération d'aides auditives basée sur Era™, la nouvelle génération de plateforme de traitement des sons d'Unitron.

« L'annonce de Quantum et Moxi constitue une nouvelle génération de produits pour Unitron - des produits qui deviendront la référence dans leur catégorie et offriront à nos clients et aux consommateurs, une formidable avancée en matière de fiabilité, de précision, de vitesse d'exécution et de qualité sonore », déclare Bruce Brown, Vice-président du Marketing international d'Unitron. « Nous sommes particulièrement fiers des capacités dont bénéficient Quantum et Moxi pour permettre aux aides auditives de fournir une meilleure compréhension de la parole et un son plus naturel. »

Annnonce de Quantum, le son haute fidélité au naturel

Grâce à Era, Quantum constitue la nouvelle génération d'aides auditives qui transmet les sons au naturel. Grâce à des options haute fidélité intelligemment combinées, Quantum fait de gros progrès en matière de performance automatique et de compréhension de la parole dans le bruit. Quantum propose trois niveaux de technologie (Quantum 20, 12 et 6), tous wireless, intégrant des capacités telles que le Programme Téléphonique Binaural et uTV™ qui viennent enrichir l'expérience auditive de l'utilisateur. Quantum est disponible dans une gamme complète de coques et de styles (BTE et ITE).

Annnonce de Moxi, l'appareillage Open haute fidélité

Moxi emporte les performances de l'appareillage Open vers de nouveaux sommets. Avec Era en toile de fond, Moxi est une magnifique aide auditive avec écouteur intra-canal (CRT) qui intègre des performances allant bien au-delà de son esthétisme. Une stratégie d'appareillage Open intégrée permet une expérience auditive incroyable, combinant trois technologies brevetées - Programme Automatique avec SmartFocus™, Equilibre Sonore Naturel et Effet Pavillon - pour transmettre un son haute fidélité. Disponible sur trois niveaux de technologie wireless (Moxi 20, 12 et 6), Moxi garantit des transitions douces et sans effort pour une écoute des plus naturelles.

Annnonce de TrueFit, logiciel d'appareillage intuitif et souple

Le logiciel d'appareillage TrueFit™ d'Unitron a été conçu en collaboration avec les professionnels de l'audition tout en ayant à l'esprit les besoins de leurs clients. Il se caractérise par des écrans intuitifs et faciles qui fournissent aux professionnels de l'audition tous les outils dont ils ont besoin pour un appareillage réussi.

Deux familles de produits, quatre fonctions signature

Les familles de produits Quantum et Moxi s'appuient toutes deux sur quatre fonctions signature. Elles comprennent :

- **La performance automatique avec SmartFocus™** - Unitron, dont l'approche automatique supérieure est depuis longtemps reconnue, améliore cette technologie en permettant le mélange personnalisé des réponses des aides auditives basées sur une percep-

tion haute résolution et une classification précise de l'environnement sonore complexe. Le Programme Automatique se trouve davantage renforcé par SmartFocus qui combine des options adaptatives pour une intelligibilité de la parole ou un confort optimal en fonction de la situation. Les sons de la vie peuvent ainsi être appréciés en toute simplicité.

- **L'Effet Pavillon** - L'emplacement des microphones des aides auditives altère le son naturel dont les personnes bénéficiant d'une audition normale peuvent profiter. L'Effet Pavillon compense d'une manière unique la localisation des microphones des aides auditives, fournissant une orientation plus naturelle, en particulier dans les hautes fréquences.
- **L'Equilibre Sonore Naturel** - Contrôle en continu la combinaison des sons non-amplifiés et amplifiés entrant dans le conduit auditif et effectue des ajustements adaptatifs pour transmettre un signal clair et équilibré.
- **Le meilleur du wireless** - La plateforme Era offre des capacités wireless bande large à la pointe de la technologie, permettant une connexion wireless rapide et stable.

« Unitron continue à procéder à des améliorations importantes en ce qui concerne le design de la plateforme et la technologie permettant le fonctionnement de nos aides auditives. La plateforme Era, ainsi que les familles de produits Quantum et Moxi et le nouveau logiciel TrueFit, constituent le point culminant des efforts fournis par l'équipe de recherche & conception d'Unitron qui s'est unie autour d'une passion pour la création de ce qui se fait de mieux pour nos clients et leurs consommateurs », déclare Ara Talaslian, Vice-président de la Recherche & Développement d'Unitron.

Contact : Pauline Croizat
pauline.croizat@unitron.com



Tout pour l'Audioprothésiste
Déshumidificateurs actifs pour aides auditives et implants cochléaires

Global II

Dry & Store



Zephyr

by Dry & Store



Distributeur exclusif
des produits
EAR TECHNOLOGY

ZEPHYR et GLOBAL sont les seuls déshumidificateurs à combiner plusieurs fonctions :

- > Elimination de l'humidité
Il améliore ainsi la qualité sonore des aides auditives.
- > Séchage du cérumen
Le cérumen asséché est plus facile à nettoyer.
- > Elimination des bactéries
La lampe UV anti-bactérienne désinfecte complètement les aides auditives (uniquement sur GLOBAL).
- > Allongement de la durée de vie des piles
- > Elimination des odeurs

Dry-Brick II



Blister de 3

LA STÉRILISATION DES AIDES AUDITIVES PAR UV-C



Bac à lampes UV-C
l'appareil de nettoyage professionnel

Cycles : 3 et 5 min
Détruits : bactéries,
staphylocoque doré,
champignons,
germes...

Pour votre laboratoire

DRY-UV
Etuils chauffant - 3h
+ Traitement UV-C - 8 min



Pour vos patients

Articles en promotion, nous consulter !

21, rue Eugène Sue • 94700 Maisons-Alfort

Tél. 33 (0)1 43 76 12 00 • Fax. 33(0)1 43 76 79 39 • Web : www.newson.fr • E.mail : newson@wanadoo.fr



Actualités du monde de l'audiologie

Propos recueillis à partir de la webconférence organisée par Alain Mazzuchelli (Directeur Général France) et Sandrine Cabrol (responsable des études cliniques) de la société Cochlear® en juin 2011.

Etudes cliniques de phase IV et Audio-prothèse BAH[®]. Les exigences de la Haute Autorité de Santé (HAS)

Historique du remboursement BAH[®]

En 2003, le tarif interministériel des prestations sanitaires et sociales (TIPS) a été remplacé par la liste des prestations et produits remboursables (LPPR), qui a modifié les durées de validité des produits inscrits au TIPS. Jusqu'en 2003, la durée des inscriptions sur la liste était illimitée dans le temps. A partir de 2004, la durée de validité de l'inscription sur la liste des produits a été limitée à 5 ans. En 2006, la HAS

recommande une inscription en nom de marque (et non plus sous forme de dénomination générique à savoir « implant mastoïdien pour adaptation d'une audioprothèse ») afin de tenir compte des spécificités du produit.

En octobre 2009, la parution au Journal Officiel du système BAH[®] (Bone Anchored Hearing Aid) en nom de marque valide l'inscription sur la LPPR.

La particularité du système BAH[®]

Le BAH[®] est le premier « système » en « nom de marque » en conduction osseuse pris en charge dans la LPPR. C'est un système à statut mixte :

- Au Titre III des « dispositifs médicaux implantables - prothèses internes » (actes chirurgicaux, réservés aux centres hospitaliers et cliniques) remboursés intégralement et remboursés pour l'implant et le plier, respectivement 428.33 € et 489.52 € TTC.
- Au Titre II « Orthèses et prothèses externes » (réservés aux audioprothésistes). Pour le processeur, quelque soit le modèle, le tarif de responsabilité est de 900 € TTC, montant pris en charge à 60% par les organismes de sécurité sociale.

De plus, ce statut unique nécessite pour être maintenu la mise en place d'un registre.

Les enjeux du registre

Le registre s'inscrit dans le cadre d'un modèle de commercialisation de plus en plus répandu en Europe et il est un des outils du concept anglo-

saxon d'« evidences based medicine », ou pratiques fondées sur la preuve scientifique.

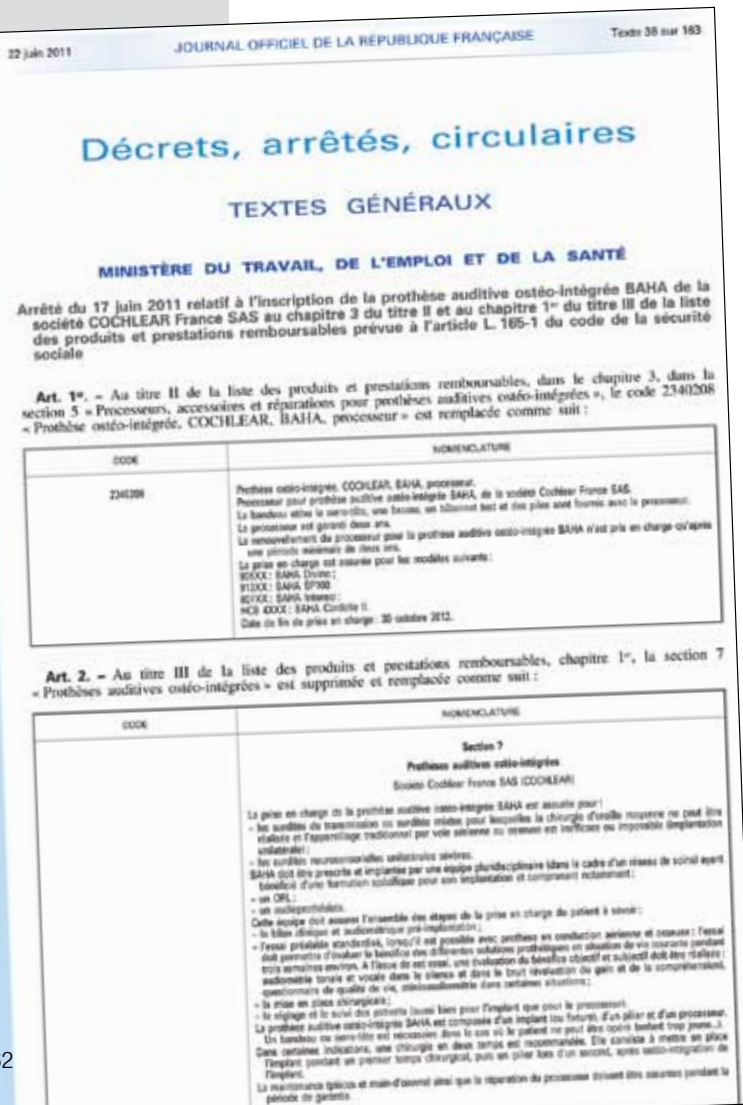
Le contexte réglementaire

Pour pouvoir être remboursé, le dispositif médical doit disposer du marquage CE. Quand le marquage est obtenu, les fabricants déposent un dossier d'inscription de leur produit auprès de la HAS, qui est une autorité indépendante de santé à caractère scientifique ayant deux rôles : apporter une évaluation scientifique du dispositif en vue de son inscription sur la LPPR et améliorer la qualité des pratiques de soin en développant des recommandations.

Deux commissions évaluent alors le dossier du fabricant. La première est la Commission Nationale d'Évaluation des Dispositifs Médicaux et des Technologies de Santé (CNEDiM^{TS}). L'avis de la Commission porte sur l'appréciation du service attendu (SA), qui est un service clinique qui mesure l'amélioration clinique de l'état du patient, évalué pour chaque indication médicale proposée par le fabricant. Si le service attendu est suffisant la CNEDiM^{TS} va évaluer l'amélioration du service attendu (niveau ASA). L'ASA est cotée de 1 à 5. Le niveau ASA 1 représente une amélioration majeure, ASA 5 représente une absence d'amélioration du service médical rendu.

La CNEDiM^{TS} a rendu un avis en juin 2008 d'amélioration du SA :

- ASA III : En l'absence d'alternative dans les surdités de transmission ou les surdités mixtes pour lesquelles la chirurgie d'oreille moyenne ne peut être réalisée et l'appareillage par voie aérienne ou osseuse est inefficace ou impossible.
- ASA V : par rapport au système CROS (Controlateral Routing Of Signal, prothèse auditive placée à une oreille et munie d'un microphone fixé à l'oreille contro-





latérale), au vu des données disponibles, dans les surdités neurosensorielles unilatérales au moins sévères.

La durée d'inscription est de 3 ans.

Une deuxième commission, le Comité Economique des Produits de Santé (CEPS) est chargé de fixer un tarif de remboursement et un prix limite de vente. Une convention est alors signée fixant notamment les conditions du remboursement.

La commission recommande que le renouvellement de l'inscription soit conditionné à la réalisation d'une étude permettant de confirmer le bénéfice, la tolérance et l'observance de BAHA sous peine de diminution du tarif de remboursement. (Voir détails des conditions de renouvellement et durée d'inscription en page 66).

En février 2010, une réunion avec les représentants des organismes de santé à la HAS est organisée afin de présenter les difficultés à réaliser une étude post-inscription comme demandée par la CNEDiMTS, du fait qu'une partie de l'acte provient de l'hôpital (chirurgie) et l'autre de la ville (audioprothésistes). L'administration insiste sur la réalisation d'un travail en réseau afin de fournir les éléments demandés.

En mars 2011, le protocole de l'étude a été rédigé et validé par son comité scientifique (Pr Bozorg-Grayelli du CHU Beaujon, Dr Tringali du CHU Lyon Sud et M. Scherrer méthodologiste). En mai 2011, le protocole a été soumis à la HAS.

Il est prévu que la satisfaction et la qualité de vie des patients soient évaluées à partir des questionnaires validés au plan international :

Le Questionnaire Health Utility Index 3 (HUI3), qui est auto-administré et conçu pour permettre de classer la situation de santé du sujet (15 items).

Le Questionnaire Speech Spatial Qualities (SSQ).

Le protocole prévoit de recueillir des informations lors des visites :

- D'inclusion à l'hôpital où une audiométrie tonale et vocale seront réalisées ainsi que le recueil du consentement patient, des caractéristiques du patient, des caractéristiques de l'implant, et le résultat des questionnaires SSQ et HUI3.
- D'activation du processeur par l'audioprothésiste en ville ou une audiométrie tonale et vocale avec et sans appareil sont prévues, ainsi que le recueil des complications, plaintes et le questionnaire de satisfaction globale.
- De vérification des réglages ou d'un contact téléphonique/courrier par l'audioprothésiste à 3 mois pour recueillir le questionnaire de satisfaction globale, le recueil des complications et plaintes ainsi que le recueil d'observance.
- De vérification des réglages ou d'un contact téléphonique/courrier par l'audioprothésiste à 6 mois, pour recueillir les questionnaires SSQ et HUI3, le questionnaire de satisfaction globale, le recueil des complications et plaintes ainsi que le recueil d'observance.
- Enfin une visite est prévue 1 an plus tard pour vérifier les réglages et réaliser une audiométrie tonale et vocale avec et sans implant, un questionnaire de satisfaction globale, le recueil des complications et plaintes, le recueil d'observance.

Développement d'un outil informatique de recueil des données

Pour la saisie des données, l'HAS recommande l'utilisation de portails sécurisés e-CRF (electronic Case Report Form). Les e-CRF permettent de supprimer le flux de papier, de simplifier la saisie des données sur site, de supprimer les difficultés de relecture, de diminuer le nombre de visites sur site pour le monitoring et de réduire considérablement le nombre de questions à traiter grâce

aux contrôles en ligne à distance.

Une plateforme spécifique, nommée IROS (Implanted Recipient Observational Study), a été développée par la société Cochlear® Europe pour recueillir ce type de données. Elle permet, au-delà du recueil des données quantitatives et de matériovigilance, de disposer d'un système de recueil de données qualitatives sur la qualité de vie des patients, l'amélioration de leur compréhension, etc. Le même système sera utilisé pour les études cliniques sur les implants cochléaires Cochlear®.

Afin de pouvoir sécuriser les données de cette étude post-inscription, il est nécessaire de respecter la confidentialité et l'anonymat des données en restreignant l'accès aux seules personnes autorisées. Pour accéder à cette plateforme, les noms d'utilisateurs de chaque centre devront être communiqués (registrebaha@cochlear.com) à la société Cochlear®, afin que des codes d'accès spécifiques soient générés.

Les réponses pourront être saisies en ligne (<https://www.cochlear-IROS.org/>) :

- Soit directement par le patient à son domicile ou au centre de suivi en sélectionnant cette option lors de la création du patient dans la plateforme IROS.
- Soit par l'audioprothésiste après avoir recueilli le questionnaire papier complété par le patient.

En juin 2011, une webconférence a été organisée pour exposer le mode de recueil des données. Les premiers résultats sont prévus pour la SFORL, Congrès de la Société Française d'ORL qui aura lieu du 15 au 17 octobre 2011 à Paris. Un rapport intermédiaire sera ensuite rédigé en février 2012 pour espérer un renouvellement de l'inscription en octobre 2012.

Si tout se passe correctement, le système BAHA deviendra de facto une stratégie thérapeutique de référence pour toute alternative



thérapeutique nouvelle ou non encore remboursée sur les bases de ce registre.

Ce registre peut être complexe à mettre en place, mais il représente d'une part une obligation, mais aussi une opportunité de mettre en place une collaboration entre les autorités sanitaires et l'ensemble des professionnels impliqués (fabricants, chirurgiens, audioprothésistes), au même titre que le registre « implants cochléaires », comme le rappelle Alain Mazzuchelli, Directeur Général de Cochlear® France.

Avis de la Commission Nationale d'Évaluation des Dispositifs Médicaux et des Technologies de Santé (CNEDiMST) et de la Haute Autorité de Santé (HAS) du 12 octobre 2010 sur la prothèse BAH A BP100 Cochlear®.

- Le nouveau processeur BP100 se distingue de la génération précédente DIVINO par les caractéristiques physiques décrites dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques	DIVINO	BP 100
Plage de réglage	≤ 45 dB sur les fréquences 0,5, 1, 2 et 3 KHz	≤ 45 dB sur les fréquences 0,5, 1, 2 et 3 KHz Niveau maximum de sortie (MPO) supérieur de 5 dB
Traitement du signal	Un canal avec contrôle de gain automatique	12 canaux avec large plage de compression dynamique (WDRC)
programmation	2 programmes : Directionnel et omnidirectionnel	3 programmes par défaut (quotidien, bruit, et DAI (direct audio input))
Algorithmes	Aucun	Algorithme approprié pour les SSD, surdité mixte, et surdité de conduction osseuse
Mesure conduction osseuse directe	Aucune	Seuils de conduction osseuse directe mesurés par le processeur
Entrée audio	Connexion spécifique Baha	Connexion Européen standard pour une meilleure connectivité
Protection contre la poussière et l'humidité	Aucune	Protection GORE-TEX des microphones
Couvercle batteries étanches	Aucun	Optionnel : 2 couvercles batteries livrés avec le processeur
Options des microphones	Omnidirectionnel ou directionnel fixe pouvant être choisi à partir de l'interrupteur	Omnidirectionnel ou directionnel fixe, directionnalité multi-bandes adaptative
Options de réglages	Prêt-à-porter, potentiomètres pour réglage AGC et tonalités	Prêt-à-porter, programmation par boutons, logiciel de programmation
Logiciel de réglage	Aucun	Logiciel indépendant et compatible NOAH
Système de gestion du bruit	Aucun	Gestion automatique du bruit sur les 12 canaux
Suppression effet larsen	Aucun	Système anti-larsen par opposition de phase
Contrôle du volume	potentiomètre	numérique
Enregistrement des données	Aucun	30 jours cumulés, réinitialisés après la reprogrammation
Accessoires	Boucle à induction, adaptateur audio	Boucle à induction spécifique BP 100, adaptateur audio

Service attendu

1. Intérêt du produit ou de la prestation

1.1 Analyse des données : évaluation de l'effet de compensation du handicap / risques liés à l'utilisation

Le système BAH A a fait l'objet de deux revues bibliographiques systématiques successives :

- La première réalisée en 2002 par le secrétariat des services consultatifs médicaux du Ministère de la Santé et des Soins de longue durée de l'Ontario¹
- Elle fut actualisée en 2006 par l'Agence d'Évaluation des Technologies et Modes d'Intervention en Santé (AETMIS)².

¹ The Medical Advisory Secretariat Ministry of Health and Long-Term Care. Bone Anchored Hearing Aid: Health technology literature review 2002. www.health.gov.on.ca/english/providers/program/ohac/tech/reviews/pdf/rev_baha_090102.pdf

² Agence d'Évaluation des Technologies et Modes d'Intervention en Santé. Les aides de correction auditive à ancrage osseux 2006. www.aetmis.gouv.qc.ca

Avec une période de recherche pour la revue de la littérature de juin 2002 à septembre 2005.

Le laboratoire a fourni 22 publications, en plus d'un argumentaire technique.

- Trois études précliniques n'ont pas été retenues, de même que trois autres études décrivant des résultats obtenus avec des implants dentaires, ainsi qu'une étude de modélisation.
- Sur les 15 publications restantes, seules 13 publications sont postérieures à la revue systématique de l'AETMIS 2006 et sont décrites en annexe.

L'auteur d'une de ces publications est un membre du laboratoire Cochlear®.

Ces publications rapportent les résultats d'études rétrospectives ou prospectives étudiant la qualité de vie, la satisfaction, les tests audiométriques, et les complications chez des patients ayant une perte auditive unilatérale ou bilatérale. Les patients inclus étaient âgés de 3 à 87 ans et avaient des causes de surdité multiples (ex : surdité totale unilatérale (SSD), otites chroniques moyennes, surdité congénitale de conduction unilatérale).

Ces études comportent de nombreuses faiblesses méthodologiques. En effet, hormis deux études, ces études ne sont pas comparatives. En outre, elles ont pour la plupart un faible effectif (n<30). Les objectifs et analyses sont multiples avec des comparaisons avant/après, sans critère principal défini. Ces études confirment l'efficacité et la tolérance du système BAH A. Les complications cutanées restent les plus fréquentes. Au final, aucune des publications soutenant le dossier ne porte spécifiquement sur la nouvelle génération d'implants, piliers, et processeur du BAH A. Les experts consultés accordent une confiance suffisante dans le service attendu du dispositif dans les indications définies.

1.2 Place dans la stratégie thérapeutique, diagnostique, de compensation du handicap³

Dans les surdités de transmission ou les surdités mixtes, le système BAH A peut être proposé à des patients pour lesquels la chirurgie d'oreille moyenne ne peut être réalisée et l'appareillage traditionnel par voie aérienne ou osseuse est inefficace

³ Snik AF. et al. Consensus statements on the BAH A system : where do we stand at present. *Ann Otol Rhino Laryngol* 2005; 114(suppl 195): 1-12



ou impossible, lorsqu'il existe une réserve cochléaire suffisante.

Dans les surdités neurosensorielles unilatérales (cophoses unilatérales), il n'y a pas d'alternative chirurgicale. Une solution prothétique BAHA ou un appareil CROS en voie aérienne ne sera envisagé que si la gêne ressentie par le patient est suffisante pour restaurer une écoute binaurale. Dans ce cas, le bénéfice pouvant être obtenu avec un système BAHA ou CROS est évalué par un essai préalable de quelques semaines dans la vie courante (port d'un appareil de prêt BAHA et CROS sur serre-tête). Des mesures audiométriques sont effectuées en stéréo-audiométrie pour quantifier l'amélioration produite.

La commission estime que le système BAHA, implanté unilatéralement, a un intérêt dans la compensation de certains types de déficits auditifs :

- les surdités de transmission ou les surdités mixtes pour lesquelles la chirurgie d'oreille moyenne ne peut être réalisée et où l'appareillage traditionnel par voie aérienne ou osseuse est inefficace ou impossible ;
- les surdités neurosensorielles unilatérales au moins sévères pour restaurer une écoute binaurale, au vu du besoin ressenti par le patient, malgré le caractère parcellaire des données disponibles.

2. Intérêt de santé publique attendu

2.1 Gravité de la pathologie

La déficience auditive, ou surdité, est définie par la diminution de la perception des sons. Ses conséquences sont liées à son degré de sévérité et à l'âge de survenue. Chez l'enfant, privation de tout ou une partie de l'audition a des répercussions systématiques sur un au moins des constituants du langage.

Chez l'adulte, la surdité acquise a un retentissement professionnel, social et affectif. Les surdités sont à l'origine d'un handicap et d'une dégradation de la qualité de vie.

2.2 Épidémiologie de la pathologie

La déficience auditive est le handicap sensoriel le plus fréquent. Aucune donnée épidémiologique correspondant aux situations particulières dans lesquelles le système BAHA peut être envisagé n'est disponible.

2.3 Impact

La correction des déficits auditifs présente un intérêt pour la santé publique, compte tenu des répercussions des troubles de l'audition en termes de communication et d'intégration sociale. Chez l'enfant, la correction du déficit auditif est un enjeu majeur dans le développement du langage et de la communication orale.

BAHA répond à un besoin de compensation du handicap non couvert dans certaines situations cliniques. Un essai préalable à l'implantation permet d'évaluer le bénéfice minimal potentiel.

BAHA présente un intérêt en santé publique compte tenu du retentissement des surdités concernées et de l'absence d'alternative pour restaurer la fonction auditive dans certaines de ces situations.

En conclusion, la Commission d'Évaluation des Produits et Prestations (la CEPP, sous-commission de la HAS) estime que service attendu du système BAHA est suffisant pour l'inscription sur la liste des produits prestations remboursables (LPPR), prévue à l'article L.165-1 du code de la sécurité sociale dans les indications suivantes :

- les surdités de transmission ou les surdités mixtes pour lesquelles la chirurgie d'oreille moyenne ne peut être réalisée et l'appareillage traditionnel par voie aérienne ou osseuse est inefficace ou impossible (implantation unilatérale) ;
- les surdités neurosensorielles unilatérales au moins sévères.

Le bénéfice potentiel doit être évalué avant implantation par un essai systématique dans la vie courante (3 semaines environ).

Compte tenu du faible niveau de preuve des données disponibles, notamment pour les surdités de perception unilatérales, des données complémentaires sont demandées.

Éléments conditionnant le Service Attendu

Spécifications techniques minimales

Elles sont définies par l'arrêté du 23 octobre 2009, publié au journal officiel du 30 octobre 2009. La commission propose néanmoins que la garantie soit de 5 ans.

Modalités d'utilisation et de prescription

BAHA doit être prescrit et implanté par une équipe pluridisciplinaire ayant bénéficié d'une formation spécifique pour son

implantation et comprenant notamment :

- un ORL ;
- un audioprothésiste ;

Cette équipe doit assurer l'ensemble des étapes de la prise en charge du patient, à savoir :

- le bilan clinique et audiométrique pré-implantation ;
- l'essai préalable standardisé, lorsqu'il est possible avec prothèse en conduction aérienne et osseuse : l'essai doit permettre d'évaluer le bénéfice des différentes solutions prothétiques en situation de vie courante pendant 3 semaines environ. À l'issue de cet essai, une évaluation du bénéfice objectif et subjectif doit être réalisée : audiométrie tonale et vocale dans le silence et dans le bruit (évaluation du gain et de la compréhension), questionnaire de qualité de vie, stéréo-audiométrie dans certaines situations ;
- la mise en place chirurgicale ;
- le réglage et le suivi des patients (aussi bien pour l'implant que pour le processeur).

Amélioration du Service Attendu

Les revendications de supériorité de la nouvelle génération par rapport à l'ancienne ne sont étayées par aucune étude clinique.

En l'absence de données cliniques comparatives, la commission s'est prononcée pour une absence d'amélioration du service attendu (V) par rapport à la génération antérieure de la prothèse BAHA sur la LPPR.

Conditions de renouvellement et durée d'inscription

Conditions de renouvellement :

La commission recommande que le renouvellement de l'inscription soit conditionné à la réalisation de l'étude demandée en 2008 par la commission sur ce type d'implants, permettant de confirmer le bénéfice, la tolérance et l'observance du système BAHA. Cette étude devra documenter les éléments suivants :

- le nombre d'implantations
- les indications (type de surdité, caractéristiques audiométriques)



- la satisfaction et la qualité de vie des patients (données recueillies par les audioprothésistes)
- l'observance et le taux d'abandon (données recueillies par les audioprothésistes)
- les complications liées au BAHA et le traitement mis en œuvre
- les pannes et les actions mises en œuvre pour les résoudre
- pour les surdités neurosensorielles unilatérales, l'évaluation des performances audiométriques post-implantation (données recueillies par les audioprothésistes)

Le protocole de cette étude sera transmis pour avis à la Commission d'Evaluation des Produits et Prestations (CEPP). L'industriel est responsable de cette étude, il devra s'assurer de la création d'un comité scientifique, de l'élaboration du protocole de l'étude demandée, ainsi que de sa

mise en place. L'ensemble des données recueillies devra être présenté lors de la demande de renouvellement de l'inscription de la prothèse auditive ostéo-intégrée BAHA.

La commission souligne le fait que l'étude demandée dès 2008 pour l'ancienne génération de BAHA n'a pas été mise en place.

Lors du renouvellement, le fabricant devra fournir conjointement les résultats sur le modèle et sur celui de la génération précédente.

Durée d'inscription proposée : 3 ans

Population cible

En l'absence de données épidémiologiques spécifiques, la population cible de BAHA est estimée d'après le nombre d'implantations actuelles pour les années 2008 et 2009 décrites comme suit :

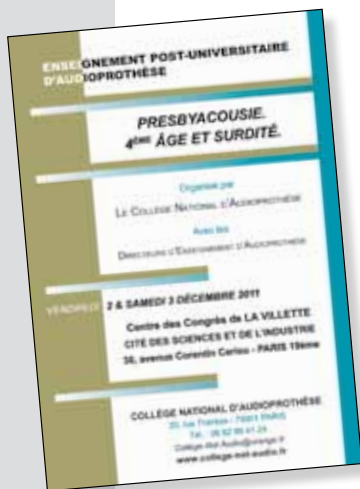
Extraction des statistiques des actes classés de l'ATIH : 2008-2009

Total implantations BAHA : 365 275 unités.

Le nombre d'implantations actuellement réalisées en France constitue une estimation basse de la population susceptible de bénéficier de BAHA.

Au Royaume-Uni, où la prise en charge par le système de soins est totale pour BAHA, le dossier rapporte 2200 implantations réalisées en 2006 (pour une population générale proche de celle de la France). Ce volume d'implantations correspondrait à une estimation maximale de la population susceptible d'être implantée en France.

Entre 300 et 2200 patients sont susceptibles d'être implantés chaque année. Par ailleurs, la file active de patients actuellement appareillés par BAHA ne peut être estimée.



Comme chaque année, le Collège National d'Audioprothèse met en place, avec le concours des Directeurs des Enseignements préparatoires au diplôme d'Etat d'Audioprothésiste, un cycle de formation post-universitaire.

L'EPU 2011 aura lieu les Vendredi 2 et Samedi 3 Décembre 2011 à la Cité des Sciences et de l'Industrie, centre des congrès de La Villette, 30, avenue Corentin Cariou à PARIS (19^{ème}) et sera rehaussé par une exposition des industriels fabricants et importateurs de matériels d'audioprothèse et d'audiophonologie.

Le Pré-programme de l'EPU est le suivant : Presbycusis, 4^{ème} âge et surdité

La surdité au 3^{ème} et 4^{ème} âge :

Epidémiologie et impact sociologique de la surdité chez le sujet âgé. Etiologie et physiopathologie de la presbycusis.

EPU 2011

Cycle de formation post-universitaire

Généralités sur le vieillissement normal et pathologique. Maladies associées. Incidences sociales et économiques du vieillissement. Attentes du patient et de sa famille. Psychopathologie de la personne âgée. Cas particulier du vieillard.

La démarche prothétique :

Signes d'alerte. Dépistage. Annonce du diagnostic. Comment les convaincre ? Appareillage précoce. Analyse des besoins psycho-sociaux. Comment valoriser l'acte d'appareillage ?

Le bilan pré-prothétique :

Particularité de l'exploration de la fonction auditive de la presbycusis et du vieillard. Surdité périphérique, surdité centrale. Analyse des troubles cognitifs, du décodage, de l'attention et de la mémoire. Psycho-acoustique du sujet âgé. Distorsions périphériques et atteintes centrales.

L'appareillage :

Anamnèse et analyse des besoins.

Particularité du décodage de la parole. Compensation, plasticité et résultats attendus. Choix prothétique. Evolutivité des réglages. Compromis résultats confort. Adaptation des méthodologies à l'âge. Spécificité de l'appareillage du presbycusis et du vieillard. Education prothétique du patient et de sa famille.

Prise en charge globale : Appareillage, orthophonie, psychologie, psychomotricité, rôle des associations.

Spécificités de l'appareillage et de la prise en charge en institution.

Renseignements :

Collège National d'Audioprothèse
20, rue Thérèse - 75001 PARIS
Tél. : 06 62 99 41 24
10, rue Molière - 62220 CARVIN
Tél. : 03 21 77 91 24
College.Nat.Audio@orange.fr
www.college-nat-audio.fr



Compte-rendu de l'AFREPA 2011

Toulouse 27 et 28 mai 2011



Le colloque de l'AFREPA, Association Française des Équipes Pluridisciplinaires en Acouphénologie, s'est déroulé les 27 et 28 Mai, sous la présidence du Docteur Martine OHRESSER.

Après une première édition réussie à Paris, c'est à Toulouse que ce second colloque a été organisé par le Docteur Marie-José ESTEVE FRAYSSE et son équipe.

Il faut souligner la qualité du programme scientifique et de l'organisation de cette manifestation qui a permis de favoriser les échanges entre les différents professionnels qui ont participé à la réalisation de travaux de recherches cliniques : ORL, audioprothésistes, psychologues comportementalistes, orthophonistes, psychiatres, chercheurs et sophrologues, entre autres, étaient donc une nouvelle fois au rendez-vous.

Des ateliers pratiques et dynamiques :

Thérapies sonores, TRT (Tinnitus Retraining Therapy), bilan étiologique, prise en charge des patients : tels étaient entre autres les thèmes abordés ce premier jour sous forme d'ateliers.

1) **Généralités sur la prise en charge du patient** : Un dixième de la population souffre de sifflements ou de bourdonnements incessants dans les oreilles. Comment reconnaître un acouphène et ses causes, les controverses liées, les études cliniques, les traitements : dans cet atelier, le Professeur B. FRACHET a rassemblé un véritable concentré d'informations pratiques, pleinement centrées sur

l'actualité et les dernières connaissances.

2) **La TRT** : La thérapie acoustique d'habitation est une méthode de prise en charge des patients acouphéniques et/ou hyperacousiques, dont l'objectif principal est d'induire une habitation aux réactions de l'acouphène par son évacuation hors du champ de conscience. Au cours de cet atelier, Ph. LURQUIN et P. VIUDEZ ont donc abordés cette méthode de traitement, son protocole et ses résultats.

3) **Les différentes thérapies sonores** : Même si le TRT est une méthode largement employée, elle n'est pourtant pas la seule. Les résultats de la TSS (Thérapie Sonore Séquentielle) ou encore de la PSTR (Phase Shift Tinnitus Reduction) ont donc été étudiés par E. BIZAGUET et H. BISCHOFF.

4) **La stimulation magnétique trans-crânienne répétée (rTMS)** : cette thérapie clinique consiste à émettre une série d'impulsions pendant un intervalle donné de façon à modifier l'activité de la région visée : ici les altérations corticales provoquant les acouphènes. A. LONDERO nous explique au cours de cet atelier, qu'un texte de consensus sur les utilisations de la rTMS est en cours d'élaboration sous l'égide de la Société Française de Neurophysiologie. En effet, si les résultats sont pertinents comme moyen thérapeutique de manière temporaire, des problèmes méthodologiques et pratiques subsistent avant de pouvoir utiliser cette méthode à long terme.

5) **Thérapie Cognitive Comportementale (TCC) et psychothérapie du patient acouphénique** : Au-delà des traitements, l'atelier mené par N. NOURI et M. VERTALLIER avait pour but de mettre l'accent sur les différentes formes de souffrances d'un patient acouphénique. Ils ont une nouvelle fois démontré le bénéfice d'une prise en charge psychothérapeutique et individualisée du patient :



Dr Marie-José ESTEVE FRAYSSE

accueil, écoute, explications simples et exercices de relaxation, entre autres, sont nécessaires afin de réduire le stress permanent lié aux acouphènes persistants.

6) **Sophrologie et Acouphène** : P. GREVIN et F. BURGOS ont choisi de nous présenter certains cas cliniques pour imaginer leur accompagnement d'un patient acouphénique. En effet, certaines techniques ont un impact sur l'acouphène et l'hyperacousie en agissant sur le système nerveux (détente et relâchement musculaire) et sur le système limbique (meilleure gestion des émotions). Des résultats concrets ont ainsi été détaillés sous forme de graphiques pour illustrer la progression de leurs patients, séance après séance.

7) **Bilan étiologique et prise en charge** : La consultation du patient acouphénique se déroule avec un fil conducteur en 4 points :

1. Évaluation clinique de l'acouphène
2. Évaluation du retentissement psychologique
3. Recherche d'une orientation thérapeutique
4. Décision d'un mode de prise en charge

Le Dr C. NICOLAS-PUEL et le Dr M-J ESTEVE-FRAYSSE nous ont précisé que l'essentiel de l'évaluation repose sur un interrogatoire qui va permettre de déterminer les caractéristiques de l'acouphène, son impact sur le plan physique et psychologique, son évolution dans le temps, etc.

8) **Acouphènes et Ostéopathie** : Force est de constater qu'un grand



nombre d'acouphènes semblent d'étiologie inconnue, car ils ne peuvent être rattachés à une pathologie ORL. R.PLET a donc fait la thèse que certains types d'acouphènes pouvaient résulter de causes somatiques indirectes, issues du désordre d'autres systèmes. Par ailleurs, les anamnèses des patients acouphéniques révèlent de manière fréquente l'existence d'un traumatisme crânien ou cervical, confirmé ensuite par un examen clinique ostéopathique. Cet ostéopathe nous a donc présenté certains dossiers de patients afin d'appuyer sa thèse d'une autre approche thérapeutique.

9) **Expérience d'une approche multi-disciplinaire d'un patient acouphénique** : Le Dr M. PAOLINO nous démontre ici que l'efficacité thérapeutique n'est pas la même pour tous ! Il nous rapporte les démarches de son Institut (IMERTA) qui vise à proposer le diagnostic le plus complet possible afin d'engager le meilleur schéma thérapeutique. Il s'agit là d'une véritable enquête rendue possible grâce à différentes thérapies sonores (TCC, EMDR, TMS), l'ostéopathie, les chimiothérapies, les thérapies stomatologiques, ORL et neurovasculaires. Une stratégie thérapeutique individualisée est ainsi mise en place pour le patient, revu ensuite en consultation 3 mois après pour un bilan.

Acouphènes, quoi de neuf ?

Tel était le thème général de cette convention. Après les ateliers, la deuxième journée de formation avait donc pour but de faire le point sur la recherche actuelle dans différents axes tels que la physio-

pathologie, les acouphènes somato-sensoriels, les traitements acoustiques, électriques, les nouvelles molécules, les prises en charge par TTC, etc. Résumé de quelques temps forts de cette journée :

Surdité et modulation par le système nerveux central : Une étude de l'INSERM évoque le développement d'un test comportemental chez le rat, afin de déterminer le site de génération et les mécanismes moléculaires à l'origine des acouphènes, mais pour étudier également la relation entre acouphène et anxiété. A la suite de divers protocoles de recherches incluant un traitement au salicylate, composé actif de l'aspirine connu pour provoquer des acouphènes chez l'animal et chez l'homme, J-L PUEL nous a apporté de nombreux résultats. Ils démontrent notamment que les récepteurs NMDA cochléaires sont impliqués dans les acouphènes induits par le salicylate et constituent donc une piste thérapeutique prometteuse. Accompagnés de psychothérapies spécifiques, le blocage de NMDA constitue donc une nouvelle stratégie de traitement des acouphènes.

Acouphènes somato-sensoriels : Z. KAPOULA vient ici nous présenter une étude du CNRS de Paris, menée sur des patients avec acouphènes dits somatiques, souffrant notamment de fixation instable et de poursuite oculaire saccadée. Les données recueillies, grâce à un comparatif de patients acouphéniques et de sujets contrôles, ont montré que les patients subissaient une augmentation de leurs acouphènes, suite à un effort de convergence et d'accommodation de leurs yeux. De plus, les patients montrent une instabilité posturale beaucoup plus grande : le son extérieur pourrait donc agir également sur la posture, comme

un distracteur chronique. Cette étude renforce alors l'hypothèse d'une rééducation multi-sensorielle.

Stimulations électro-acoustiques transcutanées : Comme le souligne la Présidente de l'AFREPA, la stimulation électrique dans le traitement des acouphènes est utilisée depuis très longtemps. Nous faisant part de son expérience de terrain, elle nous indique que les stimulations auditives sont désormais appliquées sur la zone de l'acouphène, de manière continue pendant toute la durée de la stimulation électrique. Les séances sont hebdomadaires, d'une durée d'une demi-heure et suivies d'un bilan au bout de 6 séances. Les résultats obtenus, le plus souvent sur les acouphènes récents de moins de 2 ans, sont enthousiasmants. Cependant, le Dr M. OHRESSER nous rappelle que l'amélioration ressentie par le patient est due à une prise en charge multifactorielle, et pas forcément liée uniquement aux stimulations électriques.

Les différentes interventions des professionnels et le témoignage des membres de l'Association France Acouphènes ont établi un constat clair : **une équipe multidisciplinaire de qualité** est indispensable pour une prise en charge adaptée des patients acouphéniques et hyperacousiques.

C'est là l'objectif affiché des équipes de l'AFREPA, Association Française des Equipes Pluridisciplinaires en Acouphénologie, dont la prochaine réunion de travail aura lieu le samedi 5 Novembre 2011 à Paris.

Pour tout renseignement :
www.afrepa.org



Dernière minute Décès de Monsieur Jacques Dehaussy

Chers lecteurs,

Au moment où nous bouclons ce numéro, nous apprenons avec émotion la triste nouvelle du décès de Monsieur Jacques DEHAUSSY, Président d'Honneur du Collège National d'Audioprothésiste.

Nous témoignons à sa famille et à ses proches notre profonde sympathie et leur adressons nos plus sincères condoléances.

Un hommage spécial sera rendu à Monsieur Jacques DEHAUSSY lors de notre prochain numéro à paraître en Septembre.



Congrès, formations, conventions, journées d'études ...

SEPTEMBRE 2011

Congrès Scientifique de la FNO (Fédération Nationale des Orthophonistes)

Du 29 Septembre au 1^{er} Octobre 2011 à Metz

Ce 25^{ème} congrès des orthophonistes est l'occasion pour les professionnels belges, allemands, luxembourgeois, suisses et français de partager leurs pratiques thérapeutiques.

Informations : www.orthophonistes.fr

NOVEMBRE 2011

Journée de l'AFREPA (Association Française des Equipes Pluridisciplinaires en Acouphénologie)

Le 5 novembre à Paris

Une nouvelle journée de rencontres pour les différents professionnels impliqués dans la prise en charge des patients acouphéniques et hyperacousiques.

Informations : www.afrepa.org

Mini Convention du BIAP (Bureau International d'Audiophonologie)

Le 18 et 19 Novembre 2011 à Bruxelles

Les membres du BIAP se réunissent en cette fin d'année pour valider définitivement les recommandations adoptées lors de la Convention d'Athènes en Mai 2011.

Informations : www.biap.org

Handicap et Sensorialité : Ecouter, Agir - Musique et Plasticité cérébrale

Du 18 au 19 Novembre 2011 à Paris

Fruit du rapprochement entre le LEAD de Dijon et l'INS HEA de Suresnes, ce colloque réunit un comité scientifique international centré sur l'étude de l'audition et de la musique.

Informations : www.inshea.fr

Congrès SFA (Société Française d'Audiologie)

Du 24 au 26 Novembre 2011 à Montpellier

Les avancées technologiques des implantations cochléaires et des prothèses auditives seront au cœur des débats des équipes pluridisciplinaires pour la 11^{ème} édition de ce Congrès.

Informations : www.sfaudiologie.fr

OCTOBRE 2011

Formation Professionnelle ACFOS « Difficultés et complications après implantation cochléaire chez l'enfant »

Le 3 et 4 Octobre à Paris

Informations : www.acfos.org

31^{èmes} Journées Annuelles de la SFGG (Société Française de Gériatrie et Gérontologie)

Du 4 au 6 Octobre 2011 à Paris

Le Comité Scientifique se réunit une nouvelle fois cette année afin d'aborder de nombreux sujets, dont celui des troubles sensoriels des personnes âgées.

Informations : www.jasfgg2011.com

Formation Professionnelle ACFOS « Les problématiques découlant d'un dysfonctionnement vestibulaire chez l'enfant sourd »

Le 6 et 7 Octobre à Paris

Informations : www.acfos.org

Congrès de la SFORL (Société Française d'ORL)

Du 15 au 17 Octobre 2011 à Paris

Le temps fort des ORL de France qui se retrouveront autour de tables rondes pour débattre de nouvelles recommandations et qui mettront, cette année, l'accent sur la formation.

Informations : www.congres-sforl.fr

56^{ème} Congrès International de l'EUHA (Europäische Union der Hörgäräteakus- tiker)

Du 19 au 21 Octobre à Nuremberg

Ce congrès allemand réunit cette année encore audioprothésistes, scientifiques et professionnels : informations pratiques et développement des techniques professionnelles seront au cœur de ce séminaire de renommée mondiale.

Informations : www.euha.org

SSIPR (Société Scientifique Internationale du Pré Réglage)

Du 29 Octobre au 1^{er} Novembre 2011 à Paris

Les séances de travail auront lieu du 30 au 31 Octobre et seront suivies d'une excursion dans la Capitale le 1^{er} Novembre.

Pour toute demande : m.harichaux@laborenard.fr



> AGENDA

DÉCEMBRE 2011

Formation Professionnelle ACFOS « Accompagnement des adolescents sourds »

Le 1^{er} et 2 Décembre à Paris

Infos > <http://www.acfos.org/agenda/index.php>

EPU

Cycle de formation post-universitaire « Presbycousie, 4^{ème} âge et surdité »

Le 2 et 3 Décembre à Paris

Voir article page 72.

Comme chaque année, le Collège National d'Audioprothèse organise ce cycle de formation post-universitaire, rehaussé par une exposition des industriels et fabricants d'audioprothèses.

Informations : www.college-nat-audio.fr

Formation Professionnelle ACFOS « Le contrôle audiophonatoire de l'enfant implanté et la rééducation de la parole »

Le 8 et 9 Décembre à Paris

Informations : www.acfos.org

JANVIER 2012

Colloque ACFOS « Implant cochléaire pédiatrique : état des lieux et perspectives »

13 et 14 janvier 2012 à Paris

Ce neuvième colloque international réunira un comité scientifique pour informer, discuter, analyser les résultats, confronter les expériences, rechercher et identifier les causes d'échecs relatifs, proposer des solutions alternatives et envisager l'avenir de l'implantation cochléaire pédiatrique.

Courriel : contact@acfos.org

ACFOS Formation professionnelle « Education précoce : le suivi orthophonique de l'enfant sourd de 0 à 3 ans »

Du 25 au 27 janvier 2011 à Paris

Courriel : contact@acfos.org

FÉVRIER 2012

Formation Continue Institut Libre Marie HAPS « Premiers pas en thérapie acoustique des acouphènes »

Le 17 et 18 Février à Bruxelles

Le But de ce week-end d'étude sera de fournir les bases nécessaires à la prise en charge du patient acouphénique.

Philippe LURQUIN sera le coordinateur de cette formation qui se veut théorique et pratique.

Informations : www.mariehaps.be

MARS 2012

JNA Journée Nationale de l'Audition

8 Mars 2012

Prévention, sensibilisation, information : de nombreux professionnels ouvriront leurs portes pour cette 15^{ème} édition, afin de proposer un bilan auditif gratuit et de répondre aux interrogations des personnes désireuses de s'informer sur les troubles de l'audition.

Informations : www.journee-audition.org

ACFOS Formation professionnelle « A la découverte du bébé sourd et de sa famille »

22 et 23 mars 2012 à Paris

Courriel : contact@acfos.org

AVRIL 2012

Congrès de l'UNSAF « De l'aide auditive au cerveau ! Que nous offre la technique pour améliorer le service audioprothétique rendu ? »

Du 5 au 7 Avril 2012 à Paris

Pour cette 34^{ème} édition, le Congrès poursuivra sa réflexion scientifique autour du rôle du cerveau dans la réhabilitation auditive.

Informations : www.unsaf.org



A 1 heure de Paris par la route et le train,
à un carrefour autoroutier Nord/Sud/Est/Ouest,
au cœur de la Vallée des Rois,
aux portes de la Sologne,

Orléans

offre le charme d'une vie provinciale à proximité de Paris.



Vous êtes **Audioprothésiste D.E. (H/F), dynamique et consciencieux(se)**, vous souhaitez vous investir au sein d'une équipe motivée et solidaire ?

Le centre **Audition Conseil d'Isabelle CORNUAU**, implanté à Orléans depuis 1995, vous donne l'opportunité de **vous épanouir et de progresser** dans une ambiance sérieuse et amicale.

Contactez-nous au 06 11 85 77 67.



AUDITION MUTUALISTE, LA RÉFÉRENCE AUDITION.



Audition Mutualiste recrute un(e) Audioprothésiste D.E.
CDI - temps complet - Poste basé en Haute-Savoie (74)

Principales missions

- Vous réalisez le dépistage, procédez sur prescription médicale, à l'appareillage auditif de la clientèle, et en assurez le suivi audio prothétique.
- Vous assurez la gestion et le bon fonctionnement du centre dans le respect du cadre de référence et des budgets définis par l'entreprise.
- Vous proposez toute mesure d'amélioration du service et de développement de l'activité du centre.

Contrat

- CDI avec statut Cadre, prise de poste courant septembre 2011.
- 1 poste à pourvoir à temps complet (35h / semaine)
- Le centre audioprothèse est situé à Cluses (74 - Haute-Savoie), des déplacements sont également à prévoir sur les autres centres situés à Annemasse et Thonon les Bains (74)

Rémunération

- Fixe selon profil + Primes sur objectifs + Intéressement + Avantages (Tickets Restaurants, Mutuelle - Retraite/Prévoyance)
- Pour les déplacements, un véhicule de service est mis à votre disposition, ainsi qu'un téléphone et un ordinateur portable.

Merci d'adresser votre candidature par mail à :

recrutement@mutuelle-existence.fr - Information : 04 72 71 23 70.



AUDILAB

Audioprothésistes associés

Le groupe AUDILAB recrute

Audioprothésistes

Évolution de carrière

Formation interne
et formation
continue assurées

Proposition
d'association

Contactez-nous : 02 47 64 64 17
cf@audilab.fr - www.audilab.fr

Les Cahiers de *l'Audition*

La revue du Collège National d'Audioprothèse

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
College.Nat.Audio@orange.fr
03.21.77.91.24



AUDITION MUTUALISTE, LA RÉFÉRENCE AUDITION.



**Audition Mutualiste recrute
pour ses centres des Côtes d'Armor :
Deux audioprothésistes (H/F)**

Postes CDI à temps plein (35h)

1 poste sur Lannion et Paimpol

1 poste sur St-Brieuc et Langueux

Salaire motivant

Nombreux avantages : présence d'un assistant, voiture de fonction,
chèques déjeuner, chèques vacances, etc.

Merci d'adresser un cv et une lettre de motivation à :

Mutualité Française - Côtes d'Armor
Jacqueline GIROD
7 rue des Champs de Pies - BP 8
22099 SAINT-BRIEUC CEDEX 9
Tel : 02 96 75 27 55
jgirod@mutualite22.fr



Dans le cadre de notre développement,
nous sommes à la recherche de

2 audioprothésistes D.E. H/F

ayant une expérience d'au moins 3 ans,
pour un poste à responsabilité sur Paris
et région parisienne.

Profil recherché :

- Dynamique
- Ayant le sens des responsabilités.

Salaire motivant et intéressement sur
chiffre d'affaire.

Contact

Gilles Coscas
06 24 72 58 60
g.coscas@coscas-audition.fr

Les Cahiers de *l'Audition*

La revue du Collège National d'Audioprothèse

**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
College.Nat.Audio@orange.fr
03.21.77.91.24**



**Les Laboratoires d'Audiologie RENARD
recherchent pour le département de la
Seine-Maritime**

un(e) audioprothésiste

poste à temps plein en CDI

- Poste à responsabilité
- Débutant accepté - Formation assurée
- Rémunération motivante

Contact

**Christian Renard
03 20 57 85 21
contact@laborenard.fr**



Pourquoi un appareil
auditif étanche ?



BestSound™
Technology

La solution
auditive
étanche
(norme IP 57)

Fiabilité
maximale!

Aquaris™ de Siemens.
L'extrême résistance.



Contour d'oreille pile 13, compatible Bluetooth, Aquaris est complètement étanche. Il résiste à l'eau, à la poussière et aux chocs. Solution auditive ultra fiable, conforme à la norme IP57, Aquaris peut rester sous 1 mètre d'eau pendant 30 minutes et sous des particules de poussière pendant 8 heures sans que ses performances n'en soient altérées.

Plus d'informations sur www.siemens.fr/audiologie

Answers for life*.

SIEMENS

Des réponses pour la vie

SOUNDLens™

11.9.7



Proposez à vos patients le meilleur de la technologie dans des aides auditives invisibles.

- 100 % invisible,
- Clarté sonore inégalée dans les environnements bruyants,
- Meilleure élimination du larsen et définition sonore haute résolution.



SOUNDLens™ pour ceux qui disent :

“vous ne me verrez jamais porter une aide auditive.”