

L' *les cahiers de* AUDITION

REVUE D'INFORMATIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES – VOL. 18 – Juillet/Août 2005 – N°4 – ISSN 0980-3482

Dossier

L'audiométrie
de diagnostic
(1^{ère} partie)

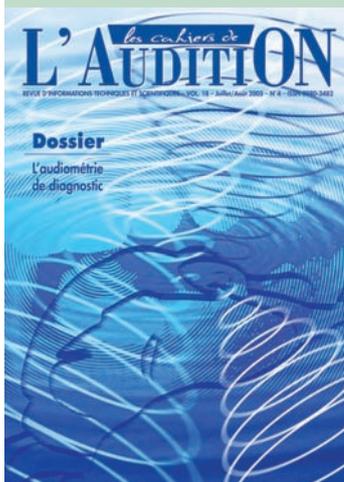
Resound AiR Plus, le 2 en 1

*"Journées Nationales
d'Information ReSound AIR Plus"*
4, 5, 6 et 7 Octobre 2005

ReSound AiR Plus



L'AIDE AUDITIVE
QUE TOUT LE MONDE
ATTENDAIT...



**PUBLICATION DE
LA S.A.R.L. GALATÉE**

12TH, RUE DE BONDY
93600 AULNAY SOUS BOIS
SONICLAIRE@INFONIE.FR

GÉRANT

DANIEL CHEVILLARD
12TH, RUE DE BONDY
93600 AULNAY SOUS BOIS
TÉL : 01 48 68 19 10
FAX : 01 48 69 77 66

RÉDACTEUR EN CHEF

PROFESSEUR PAUL AVAN
FACULTÉ DE MÉDECINE
LABORATOIRE DE BIOPHYSIQUE
28, PLACE HENRI DUNANT - BP 38
63001 CLERMONT FERRAND CEDEX
TÉL. : 04 73 17 81 35
FAX : 04 73 26 88 18
PAUL.AVAN@U-CLERMONT1.FR

RÉDACTEURS

FRANÇOIS DEGOVE
FRANCOIS.DEGOVE@WANADOO.FR
ARNAUD COEZ - ACOEZ@NOOS.FR
ASSISTANTE : C. DEGOVE
5, AVENUE MARÉCHAL JOFFRE
92380 GARCHES
TÉL. 01 47 41 00 14

CONCEPTION - RÉALISATION

MBQ
32, RUE DU TEMPLE - 75004 PARIS
TÉL. : 01 42 78 68 21
FAX : 01 42 78 55 27
STEPHANIE.BERTET@MBQ.FR

PUBLICITÉ

CHRISTIAN RENARD
50, RUE NATIONALE - BP 116
59027 LILLE CEDEX
TÉL. : 03 20 57 85 21
FAX : 03 20 57 98 41
LABO.AUDIOLOGIE.LILLE@WANADOO.FR

ABONNEMENTS

FRANCE
(1 AN / 6 NUMÉROS) 90 €
PRIX DU NUMÉRO 20 €

DEPOT LÉGAL

4^{ÈME} BIMESTRE 2005 (LOI DU 21.06.1943)
JUILLET/AOÛT 2005 - Vol. 18 - N°4

COMMISSION PARITAIRE

N° 71357

LISTE DES ANNONCEURS

ACOUREX • BELTONE •
BERNAFON • BIOTONE •
GN RESOUND • PHONAK
OTICON • SIEMENS •
STARKEY • + AUDIO

LES CAHIERS DE L'AUDITION
DÉCLINENT TOUTE RESPONSABILITÉ
SUR LES DOCUMENTS QUI LEUR
SONT CONFÉIÉS, INSÉRÉS OU NON.
LES ARTICLES SONT PUBLIÉS
SOUS LA SEULE RESPONSABILITÉ DE
LEURS AUTEURS.

2 INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

5 ÉDITORIAL

L'audiométrie de diagnostic, encore et toujours...

Jean-Louis Collette

7 DOSSIER

Ce qu' il faut vérifier avant d' utiliser
son nouvel audiomètre.

Christian Meyer-Bisch

Audiométrie tonale et vocale classique.

Didier Bouccara

Jean-Louis Collette

Essayer de ne pas échouer dans son masquage.

Jean-Louis Collette

Jean-Claude Olivier

L'impédancemétrie.

Jean-Claude Olivier

Les potentiels évoqués auditifs en pratique quoti-
dienne.

Martine Ohresser

Jean-François Motsch

46 ACTUALITÉS

François Degove

50 LIVRES ET COMMENTAIRES

François Degove

53 INFORMATIONS

“LES CAHIERS DE L'AUDITION” SONT PLACÉS SOUS L'ÉGIDE DU COLLÈGE NATIONAL D'AUDIOPROTHÈSE

Président : Xavier RENARD

Premier Vice-Président : Eric BIZAGUET

Chargé de Missions auprès du Président :

Jean BANCONS

Rédaction

Rédacteur en Chef : Professeur Paul AVAN

Conception-Réalisation : MBQ

Comité Biotechnologie Electronique et Acoustique :

Professeur Christian GELIS

Philippe VERVOORT

Comité Techniques Prothétiques et Audiologie de l'Adulte et de l'Enfant : François DEGOVE

Thierry RENGET - Frank LEFEVRE

Docteur Paul DELTENRE

Comité Audiologie Expérimentale :

Christian LORENZI

Stéphane GARNIER

Stéphane GALLEGRO

Comité Sciences Cognitives et Sciences du Langage (phonétique) : Benoît VIROLE

Comité O.R.L. Audiophonologie :

Responsable : Professeur Alain ROBIER

Adjoint : Professeur René DAUMAN

Docteur Dominique DECORTE

Docteur Christian DEGUINE

Docteur Olivier DEGUINE

Professeur Alain DESAULTY

Docteur Jocelyne HELIAS

Docteur Jacques LEMAN

Docteur Lucien MOATTI

Docteur Jean-Claude OLIVIER

Docteur Françoise REUILLARD

Professeur François VANECCLOO

Docteur Christophe VINCENT

Comité Orthophonie Education et Rééducation de la Parole et du Langage : Annie DUMONT

Comité Veille Technologique : Robert FAGGIANO

Comité Veille Informatique : Charles ELCABACHE

Comité Bibliographie :

François DEGOVE - Philippe LURQUIN

Relations avec les Etats-Unis et le Québec :

François LE HER - Jean BELTRAMI

Comité de Lecture :

Au titre de la Société Française d'Audiologie :

Président : Professeur Bruno FRACHET

Au titre de Membres du Collège National d'Audioprothèse :

Jean-Claude AUDRY

Bernard AZEMA

Jean-Paul BERAHA

Hervé BISCHOFF

Geneviève BIZAGUET

Daniel CHEVILLARD

Arnaud COEZ

Christine DAGAIN

Ronald DE BOCK

Jacques DEHAUSSY

Jean-Pierre DUPRET

Jack DURIVAUT

Thierry GARNIER

Eric HANS

Bernard HUGON

Jérôme JILLIOT

Stéphane LAURENT

Jean MONIER

Maryvonne NICOT-MASSIAS

Jean OLD

Georges PEIX

Christian RENARD

Benoît ROY

Claude SANGUY

Philippe THIBAUT

Joany VAYSSETTE

Jean-François VESSON

Frédérique VIGNAULT

Alain VINET

Au titre de Membres Correspondants Étrangers du Collège National d'Audioprothèse :

Roberto CARLE

Leon DODELE

Philippe ESTOPPEY

André GRAFF

Bruno LUCARELLI

Carlos MARTINEZ OSORIO

Juan MARTINEZ SAN JOSE

Christoph SCHWOB

Au titre de Présidents des Syndicats Professionnels d'Audioprothésistes :

Francine BERTHET

Frédéric BESVEL

Luis GODINHO

Au titre de Membres du Bureau de l'Association Européenne des Audioprothésistes :

Corrado CANOVI

Marianne FRICKEL

Hubert KIRSCHNER

Leonardo MAGNELLI

Fred VAN SCHOONDERWALDT

Au titre de Membres du Comité Européen des Techniques Audiologiques :

Herbert BONSEL

Franco GANDOLFO

Heiner NORZ

Au titre de Directeurs de l'Enseignement de l'Audioprothèse :

Professeur Julien BOURDINIÈRE

Professeur Lionel COLLET

Professeur Pascale FRIANT-MICHEL

Professeur Alexandre GARCIA

Professeur Jean-Luc PUEL

Professeur Patrice TRAN BA HUY

Au titre de Membres du Conseil d'Administration de la Société Française d'Audiologie :

Professeur Jean-Marie ARAN

Bernadette CARBONNIÈRE

Docteur Jean-Louis COLLETTE

Docteur Marie-José FRAYSSE

Professeur Eréa-Noël GARABEDIAN

Docteur Bernard MEYER

Docteur Sophie TRONCHE

Au titre des Membres de la Fédération Nationale des Orthophonistes : 3 membres

Au titre des Membres du Syndicat National des Oto-Rhino-Laryngologistes : 3 membres

Au titre de Membres du Syndicat National des Phoniâtres : 2 membres

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Généralités

Les travaux soumis à la rédaction des Cahiers de l'Audition sont réputés être la propriété scientifique de leurs auteurs. Il incombe en particulier à ceux-ci de recueillir les autorisations nécessaires à la reproduction de documents protégés par un copyright.

Les textes proposés sont réputés avoir recueilli l'accord des co-auteurs éventuels et des organismes ou comités d'éthique dont ils ressortent. La rédaction n'est pas responsable des textes, dessins ou photos publiés qui engagent la seule responsabilité de leurs auteurs.

L'acceptation par la rédaction implique le transfert automatique des droits de reproduction à l'éditeur.

Esprit de la revue

De manière générale, les Cahiers de l'Audition sont une revue d'informations scientifiques et techniques destinée à un public diversifié : audioprothésistes, audiologistes, orthophonistes ou logopèdes, médecins en contact avec les différents secteurs de l'audition (généralistes, neurologues, électrophysiologistes, ORL, etc...).

Ce public souhaite une information qui soit à la fois à jour sur le plan scientifique et technique, et didactique. Le but des auteurs des Cahiers de l'Audition doit être de lui rendre accessible cette information, même aux non-spécialistes de tel ou tel sujet.

Bien que les Cahiers de l'Audition n'exigent pas d'un article qu'il présente des données originales, l'article lui-même doit être original c'est à dire ne pas avoir déjà été publié tel quel dans une autre publication sans l'accord explicite conjoint des auteurs et de la rédaction des Cahiers de l'Audition.

Manuscrits

Ils sont à fournir en deux exemplaires (1 original + 1 copie, complets à tous égards). La remise de manuscrits électroniques (disquettes 3 pouces 1/2, format Macintosh ou PC Word 5 ou Word 6) est vivement encouragée. Elle est destinée à l'imprimeur et ne dispense pas de l'envoi des 2 exemplaires "papier". Ne pas faire soi-même de mise en page puisqu'elle sera faite par l'imprimeur.

Les schémas, dessins, graphiques doivent être ou des originaux ou des tirages bien contrastés, en trait noir sur papier blanc. Les tirages sur imprimante laser de qualité sont encouragés. Les diapositives de ces éléments ayant servi à une projection sont acceptées. L'encre bleue est prohibée pour des raisons techniques. Les photos doivent être de préférence des diapositives ou des tirages papier de grande qualité. Les illustrations doivent être référencées avec précision et leur emplacement souhaité dans le texte indiqué approximativement, ainsi que la taille souhaitée (noter que 1 colonne de revue = 5,3 cm de large).

En cas de demande expresse, les documents seront retournés aux auteurs après impression.

Les manuscrits, rédigés en français, devront comporter en 1^{ère} page le titre de l'article, les noms des auteurs, leurs titres, leurs adresses, une table des matières et un résumé en français et en anglais indiquant brièvement le but général de l'article, les méthodes mises en œuvre et les conclusions proposées.

Le plan de l'article sera découpé en sections. La bibliographie ne sera pas forcément limitée à celle citée dans le texte : en effet, les auteurs peuvent rajouter quelques ouvrages de base dont ils recommandent la lecture à ceux qui souhaiteraient compléter leur information. Toutefois, l'usage extensif de références à des publications difficiles d'accès pour les lecteurs, ou trop spécialisées, n'est pas recommandé.

Chronologie

Lorsque les auteurs ont été sollicités par un responsable de la rédaction, ils en reçoivent une confirmation écrite qui leur indique une date limite souhaitée pour la rédaction de leur article. Le respect de cette date est essentiel car il conditionne la régularité de parution de la revue. Lorsqu'un auteur soumet spontanément un article à la revue, la chronologie est indiquée ci-dessous.

Les manuscrits une fois reçus seront soumis au comité de lecture qui pourra demander des modifications ou révisions avant publication. L'avis du comité de lecture sera transmis aux auteurs dans un délai ne dépassant pas 1 mois. La publication doit donc survenir au plus tard 2 mois après réception de l'article sauf cas de force majeure (qui pourrait rajouter un délai de 3 mois). Ces indications n'ont pas valeur de contrat et le fait de soumettre un article aux Cahiers de l'Audition sous-entend l'acceptation des conditions de publication.

Une fois mis en page, l'auteur reçoit de l'imprimeur les épreuves de son article : celles-ci doivent être renvoyées corrigées sous les 3 jours. Les seules corrections admises portent sur ce qui n'a pas été respecté par rapport au manuscrit, ou sur la mauvaise qualité de la mise en pages ou de la reproduction de figures.

L'auteur ou l'équipe d'auteurs recevra 20 exemplaires gratuits du numéro de la revue où l'article est paru.

Les manuscrits sont à adresser à :

Professeur Paul Avan

Les Cahiers de l'Audition

Laboratoire de Biophysique

Faculté de médecine, BP38

63001 Clermont-Ferrand cedex, France

Beltone mia



Beltone MIA - les petits qui égalent les plus grands



L'audiométrie de diagnostic est la base de l'exercice de nos professions liées à la communication, ce qui peut paradoxalement l'amener à être un peu négligée voire tout à fait mésestimée, de par le simple fait qu'elle est censée être connue de chacun d'entre nous, puisque apprise dès le début de nos études.

Cependant tout n'est pas aussi facile, et les rédacteurs des Cahiers de l'Audition ont pensé qu'il ne serait pas inutile d'envisager une petite séance de révision.

C'est pour cela qu'une brochette de spécialistes, chacun incontournable dans sa spécialité (et même dans d'autres), s'est mise autour de la table pour faire le point de son expérience de plus de vingt cinq ans (sauf pour les techniques qui n'ont pas vingt cinq ans, bien évidemment).

C'est volontairement qu'il n'a pas été fait appel à des universitaires ; en effet il existe sur le marché d'excellents ouvrages d'audiométrie comme l'incontournable Portmann et le non moins recommandable Legend dont la gloire méritée a fait de leurs noms propres des noms communs. Nous nous gardons bien (en particulier dans ces colonnes) d'oublier le Précis d'Audioprothèse (T.1) du Collège National d'Audioprothèse qui a déjà, avant nous, insisté sur les aspects pratiques de l'audiologie. Enfin, pour rassurer les inquiets, nous pouvons certifier que nos présentations ont été relues par d'Eminents Universitaires que nous ne

L'audiométrie de diagnostic, encore et toujours...

nommerons pas ici pour respecter leur souci de discrétion et leur dignité, mais qui sont -ô combien- reconnus par tous.

Le but de ce cahier a donc plutôt été de faire présenter leur expérience à des praticiens qui exercent chacun au quotidien la technique présentée.

C'est volontairement aussi qu'il n'y a pas d'unité formelle dans la présentation de ces exposés : en effet il nous a paru préférable de laisser chacun s'exprimer comme il le sentait pour obtenir la présentation la plus vivante possible. Le maître mot de ce numéro est la liberté d'expression au service de la pratique. Il n'y a donc aucune volonté de notre part d'écrire un nouveau traité d'audiologie, mais plutôt de présenter une vision complémentaire mettant en valeur tel ou tel point nous paraissant particulièrement important.

Christian Meyer-Bisch, le théoricien du groupe, dans une introduction peut-être un peu difficile mais qui nous paraît nécessaire, donne de précieux conseils sur ce qu'il convient de faire et ne pas faire avant même de commencer les tests.

Didier Bouccara, responsable (entre autres) des explorations fonctionnelles otoneurologiques à l'hôpital Beaujon s'est attelé à la présentation, ô combien ingrate, des audiométries tonale et vocale courantes que chacun d'entre nous croit connaître mais qui nécessite une grande rigueur que nous avons tous eu, au moins une fois, tendance à négliger.

Jean-Claude Olivier nous fait le grand plaisir de sortir de sa retraite pour nous offrir une synthèse peu conformiste parfois décoiffante d'une technique qu'il a introduite en France et à laquelle son nom reste attaché; ses avis nous ont également été précieux pour essayer de ne pas faire trop d'erreurs dans la

technique du masquage (vaste programme !).

Pour ce qui en est des potentiels évoqués auditifs, Martine Ohresser et Jean-François Motsch nous présentent une synthèse qui est également un plaidoyer pour un test qu'ils ont eux-mêmes enrichi d'une technique d'étude qualitative et qui, n'en déplaise à certains, n'est toujours pas dépassé (à condition d'être bien fait, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas...).

Evelyne Veuillet, de l'hôpital Edouard Herriot, nous offre une présentation d'une technique qu'elle pratique au quotidien depuis 1988, les Oto-Emissions Acoustiques, et qui, entre autres résultats, lui a permis de découvrir l'action inhibitrice du faisceau efférent, ce qui vous en conviendrez, n'est pas rien.

Quitterie Daubech et Monique Delaroche nous font part de toute l'expérience et de la grande tradition de l'Ecole Bordelaise dans le domaine du diagnostic infantile et surtout des innombrables difficultés que cette technique peut présenter.

Pour les tests centraux, enfin, Didier Bouccara et moi-même avons reçu le très précieux renfort de Laurent Demanez, un des créateurs de ces techniques. Ceci nous permettra de présenter au mieux une nouvelle gamme d'explorations (du moins pour les francophones) qui, montrant déjà des résultats plus qu'intéressants nous semble promise à un bel avenir.

Ainsi nous espérons tous avoir éclairé les zones d'ombre qui peuvent persister, ou qui réapparaissent au bout d'un certain temps, dès lors qu'on n'y est pas confronté quotidiennement.

Jean-Louis Collette

Les Cahiers de l'Audition, en partenariat avec le Collège National d'Audioprothèse, constituent la revue de formation et d'information de référence pour tous les professionnels de l'audiologie. L'acoustique, la psychoacoustique, l'audioprothèse, la physiologie et la pathologie de l'oreille, la psychologie et l'orthophonie sont autant de disciplines largement représentées dans Les Cahiers de l'Audition.

Des rubriques variées, reflet de la richesse de la profession

- Un dossier thématique par numéro (dont un entièrement dédié au Congrès annuel des Audioprothésistes) pour réactualiser vos connaissances sur des sujets aussi variés que l'acouphénométrie, l'hyperacousie, les implants cochléaires...
- Des informations d'ordre économique, des données sur la publicité et le marketing, des comptes-rendus des principaux événements de votre profession ou encore des annonces concernant les formations.
- Les rubriques **Veille Informatique**, **Veille Technologique** et **Banc d'essai** vous informent de l'avant garde des produits, matériels et équipements, disponibles récemment sur le marché.
- La **Revue de Presse** vous informe des dernières nouveautés éditoriales indispensables pour votre exercice professionnel.

Que vous soyez audioprothésiste, médecin ORL, acousticien, physiologiste, orthophoniste ou psychologue, Les Cahiers de l'Audition vous offrent un moyen exceptionnel pour être informés des évolutions de votre spécialité !

Rédacteur en chef : Prof. Paul AVAN



Bulletin d'abonnement 2005

à découper ou photocopier et retourner à : Masson - Service Abonnements
21, rue Camille Desmoulins - 92789 Issy les Moulineaux cedex 9

Tél. : 01 73 28 16 34 Fax : 01 73 28 16 49 www.masson.fr e-mail :

Oui, je souhaite m'abonner à **Les Cahiers de l'Audition** pour 1 an, soit 6 numéros

Tarif (Je sélectionne le tarif dont je bénéficie)

INDIVIDUEL (tous pays)

Particulier 75 €

Étudiant 38 €

(fournir un justificatif)

Mon abonnement commence avec le numéro 1 - 2005

INSTITUTION

France+ Monaco et Andorre 99 €

Union européenne+ Suisse: 115 €

Reste du monde 125 €

U05405

Vos coordonnées

Mlle Mme M

Nom Pr nom

Adresse.....

Code postal..... Ville.....

Pays Tél

E-mail

Spécialité.....

Votre mode de règlement

Chèque bancaire ou postal l'ordre de Masson

Carte bancaire :

Carte Bleue Nationale Visa

Eurocard/MasterCard

N°: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Notez les 3 derniers chiffres du n°

au verso de votre carte bancaire: | | |

Expire fin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Signature : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CE QU'IL FAUT VÉRIFIER AVANT D'UTILISER SON NOUVEL AUDIOMÈTRE

Comme toute mesure, l'audiométrie doit s'efforcer de donner des résultats ne dépendant ni de l'instrument utilisé, ni de l'audiométriste. Pour cela, certaines règles sont établies de façon consensuelle par un groupe de travail international qui poursuit ses activités dans le cadre de la normalisation. Ces règles (normes) sont révisées régulièrement, soit à la demande du groupe de travail, soit automatiquement tous les cinq ans, de sorte qu'elles tiennent compte, en principe, des progrès de la technique et des résultats d'études contrôlant leur validité. Il faut dire que, de ce point de vue, les travaux français sont limités et que, bien souvent, nous nous contentons d'approuver après discussion les propositions venant d'équipes ou de laboratoires actifs sur ces sujets (Allemagne, pays scandinaves, Grande-Bretagne, Australie, USA...). Les normes utiles en audiométrie concernent les caractéristiques des audiomètres et de leurs transducteurs, leur étalonnage, les condi-

1 NORMES MATÉRIELLES

Christian MEYER-BISCH

Except International consultants
155 avenue Ledru Rollin
75011 Paris

Les normes relatives aux audiomètres (CEI 60645) sont établies au niveau international par la CEI, européen par le CENELEC et français par l'UTE. Les travaux de ces différentes commissions ont abouti à un texte commun actualisé en juillet 2002, que l'on peut acheter à l'Afnor¹. Il faut dire que les termes utilisés dans les normes sont eux-mêmes normalisés et que la lecture de ces textes peut se révéler quelque peu délicate, ceci étant aggravé par le fait qu'elles sont toujours élaborées en anglais, puis traduites en français, avec toutes les difficultés inhérentes à ce type d'exercice quand il s'agit de données techniques ou réglementaires. Il est souvent plus facile d'en comprendre les subtilités dans la langue originale.

Il traite des caractéristiques minimales que doivent posséder les différents types d'audiomètres, de façon que les seuils d'audition mesurés avec différents audiomètres,

et en utilisant des méthodes équivalentes, elles-mêmes décrites, « donnent sensiblement les mêmes résultats ».

Bien entendu, comme tous les appareils électriques utilisés dans le monde de la santé, les audiomètres doivent répondre à des normes de sécurité électrotechnique et doivent résister aux éventuelles perturbations de l'environnement électromagnétique conformément à la CEI 60601-1-1-2 (le marquage CE assure normalement cette condition).

1.1 Classement des audiomètres

Les audiomètres sont classés en fonction des domaines fréquentiels qu'ils permettent d'explorer, de leur mode de fonctionnement et de la complexité des fonctions auditives qu'ils peuvent examiner :

- Audiomètres de dépistage et de contrôle : Type 4 (1 ou 2 écouteurs, [son pulsé], 70 dB)
- Audiomètres de diagnostic fondamental : Type 3 (En plus : 100 dB, CA & CO, masque, 3 et 6kHz)
- Audiomètre clinique Type 2 (En plus : masque BE et BL, entrée aux, sortie aux, 110 dB, 125 Hz)

1. Afnor : Agence Française de Normalisation. www.afnor.fr

- Audiomètre de recherche clinique avancée : Type 1 (En plus : 120 dB, inserts, masque ipsilatéral et CO, communication vocale, contrôle acoustique du signal,)

En pratique clinique, il sera donc nécessaire d'utiliser des audiomètres de type 2 ou de type 1, les audiomètres de type 4 étant réservés au dépistage. Notons d'ailleurs que les audioprothésistes doivent disposer, d'après un décret de 1985, d'un « audiomètre tonal et vocal classe A normalisé ou un ensemble audiométrique équivalent comportant des sorties sur écouteurs, vibreur, haut-parleur ». L'appellation « classe A » est relative à l'audiomètre vocal uniquement, cette référence étant obsolète.

1.2 Générateurs de signaux

La série de normes CEI 645 précise les niveaux que doivent assurer les audiomètres pour chaque fréquence en fonction de leur type, ainsi que les fréquences qui doivent être générées, ceci en conduction aérienne et en conduction osseuse.

Les fréquences délivrées par l'audiomètre doivent être exactes à 1% près. La distorsion doit être inférieure à 2.5% en conduction aérienne, et à 5.5% en conduction osseuse. La façon dont ces caractéristiques doivent être contrôlées est aussi indiquée. Ces précisions sont essentiellement destinées aux constructeurs et aux laboratoires d'essais.

Un certain nombre de spécifications sont données concernant les temps de montée et de coupure des sons pulsés, les caractéristiques de modulation des sons vobulés, etc.

La précision des niveaux est également indiquée de façon détaillée. En pratique, il faut retenir que la tolérance est de ± 3 dB (± 4 dB pour l'ossivibrateur). Les pas de progression doivent avoir une précision suffisante : la tolérance n'étant que de 1 dB pour un pas de 5 dB par exemple.

Les bruits de masque préconisés sont des bandes étroites centrées géométriquement

sur le signal de test. Les limites des bandes sont très précises, de même que les allures des spectres aux fréquences de coupures. Il est précisé que d'autres bruits de masques peuvent être proposés à condition que le constructeur précise leurs caractéristiques et les conditions de leur utilisation.

Enfin, tous les audiomètres permettant de dépasser 100 dBHL doivent indiquer ce dépassement à l'opérateur à l'aide d'un « indicateur non sonore » et aucun son indésirable ne doit être émis par l'audiomètre.

1.3 Ecouteurs et ossivibrateurs

Les écouteurs utilisables en audiométrie sont de types bien précis car, outre leurs propriétés électro-acoustiques, ils doivent avoir des caractéristiques géométriques leur permettant de s'adapter à une oreille artificielle, donc de permettre leur étalonnage.

Il n'est pas possible, en effet, de contrôler par des moyens simples le niveau de pression sonore émis (ou plus exactement perçu par l'oreille, c'est à dire « immis ») par un écouteur ne faisant pas partie de ceux qui sont décrits ci-dessous, car leur couplage avec l'oreille n'est pas défini. Les écouteurs utilisables en audiométrie sont les suivants (Fig.1) :

- Ecouteurs supra-auraux : « aucune partie de l'écouteur ou de son coussin ne doit dépasser le pavillon » équipés de serre-têtes dont la force permet l'application sur les oreilles entre 4 et 5 N pour une tête de 145 mm. En pratique, il en existe deux : le TDH x9, le plus répandu, qui peut d'ailleurs se trouver dans une coquille anti-bruit, et le DT48, plus moderne, considéré comme la référence par les ingénieurs du son. Il est à noter que ces deux écouteurs sont rela-

ivement anciens (1939 pour le premier) mais ils semblent bien résister à l'épreuve du temps.

- Ecouteur circum-aural : longtemps non autorisé, ce type de casque est désormais homologué depuis l'arrivée du Sennheiser HDA 200, qui s'étalonne à l'aide d'un accessoire monté sur l'oreille artificielle. L'écouteur circum-aural HOLMCO n'est pas cité dans la norme, mais devrait aussi être utilisable en audiométrie. L'intérêt de ces écouteurs réside dans leurs propriétés d'isolement acoustique et dans leur confort d'utilisation. Leurs caractéristiques (montage, nature du coussin) sont censées éviter toute transmission osseuse non désirée.
- Ecouteurs à insertion ou à embouts. Ils sont peu répandus en France malgré leur incontestable intérêt (ER3A notamment). Ici, le transducteur électro-acoustique est situé dans un petit boîtier, le son étant transmis à l'oreille à travers un embout par l'intermédiaire d'un tube parfaitement calibré en diamètre et en longueur. Ils s'étalonnent à l'aide d'un simulateur de conduit auditif. Ces écouteurs présentent de multiples avantages : légèreté, adaptation à toutes les dimensions de crânes, hygiène (les embouts en mousse sont à usage unique), isolement acoustique, meilleur affaiblissement transcrânien qui peut atteindre 70 dB.
- Les ossivibrateurs, quant à eux, doivent avoir une surface plane et circulaire, 150-200 mm², des bords arrondis, et doivent permettre une application avec une force de 4.9 à 5.9 N sur la mastoïde ou sur le front. En pratique, l'ossivibrateur Radioear (USA) est pratiquement le seul à être utilisé. Il s'étalonne avec un coupleur mécanique, parfois appelé mastoïde artificielle.



Figure 1. Ecouteurs HDA 200, DT 48, TDH39 et EAR3A

1.4 Etalonnage et calibration

Pour que la mesure des seuils d'audition soit indépendante du matériel utilisé, il faut que l'ensemble de la chaîne de mesure (audiomètre et transducteurs) soit calibrée, là aussi, dans des conditions normalisées. Cette calibration a pour but de caler les zéros audiométriques (dBHL) à l'aide de coupleurs standardisés.

1.4.1 Principes

En pratique, on utilise des coupleurs pour écouteurs ou oreilles artificielles (CEI318), des simulateurs de conduits auditifs ou d'oreille occluse (CEI711) et des coupleurs mécaniques ou mastoïdes artificielles (CEI373). En fonction du coupleur, du type de son et du type de transducteur, la série des normes ISO 389 donne les valeurs attendues en dB SPL pour toutes les fréquences usuelles.

Pour dire les choses simplement, la calibration d'un instrument consiste à le régler de telle sorte que la mesure qu'il donne soit conforme à ce qui est attendu. L'étalonnage d'un instrument de mesure se contente de comparer le résultat à un étalon. En d'autres termes, lorsqu'un audiomètre est calibré, sa réponse est réputée exacte ; lorsqu'il est étalonné, on connaît l'erreur de mesure dont il faut tenir compte avant de délivrer les résultats.

Le principe de calibration des niveaux est, schématiquement, toujours le même. Décrivons ce qui se passe avec un écouteur :

On ajuste avec beaucoup de soin la position du transducteur sur le coupleur, en contrôlant à l'aide d'un petit dynamomètre la force d'appui, ce qui est très important (l'écrasement plus ou moins important du coussin d'un écouteur l'éloignera du microphone de mesure enfoui dans l'oreille artificielle par exemple).

Après avoir choisi une fréquence, on applique à l'écouteur connecté à l'audiomètre un niveau défini, par exemple 50 dBHL. Le microphone de mesure de l'oreille artificielle est relié à un amplifica-

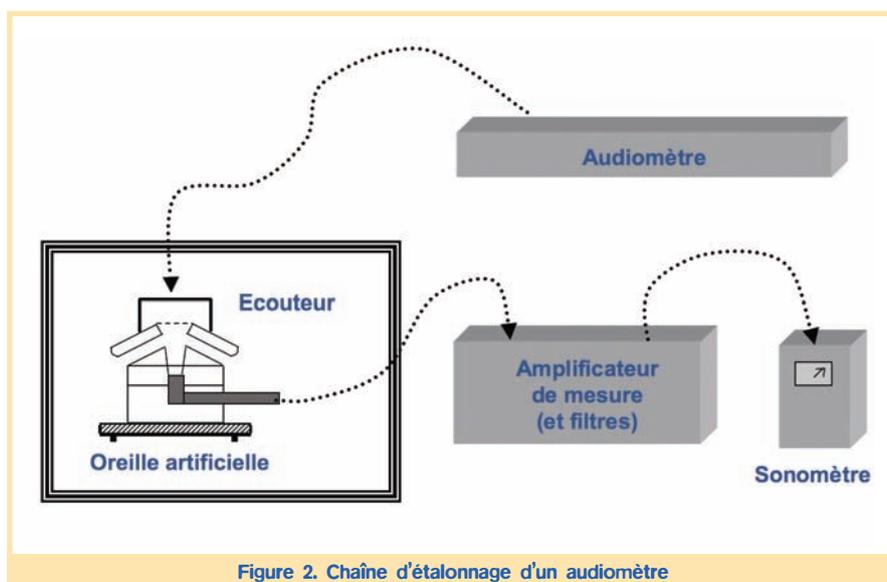


Figure 2. Chaîne d'étalonnage d'un audiomètre

teur de mesure, puis à un sonomètre sur lequel on peut lire directement le niveau de pression sonore émis par l'écouteur (Fig. 2).

Pour affiner la mesure, il est habituel d'intercaler entre le microphone et le sonomètre, un filtre (tiers d'octave) ajusté sur la fréquence en cours de test. Ceci élimine, d'ailleurs, une partie des bruits parasites provenant de l'environnement sonore. Etant donné que la sensibilité de l'oreille n'est pas linéaire (courbe de Wegel) et que l'écouteur présente aussi des défauts de linéarité, le niveau qui est lu sur le sonomètre (en dB SPL) ne peut pas être identique à celui qui est indiqué sur l'audiomètre (en dBHL). On trouve donc le niveau attendu, pour chaque fréquence, dans les tables des normes ISO 389.

Il suffit alors d'ajuster le potentiomètre interne de l'audiomètre correspondant à la fréquence et à l'oreille pour que le niveau attendu soit exact. Puis on passe à la fréquence suivante... Ceci prend un certain temps, d'autant plus qu'il faut calibrer les deux oreilles et tous les transducteurs. Aux basses fréquences, par exemple à 125 Hz, la différence entre le niveau lu sur le sonomètre et le niveau affiché sur l'audiomètre, pour un TDH39 est de 47 dB. Ceci signifie que, lorsqu'on affiche un niveau de 60 dBHL sur l'audiomètre, on doit lire 107 dB SPL sur le sonomètre. Sous peine de saturer l'amplificateur de l'audio-

mètre, il faut donc choisir un niveau de son en dBHL relativement faible, de l'ordre de 40 dBHL, ce qui nécessite de procéder à la calibration dans un local suffisamment insonorisé. Une procédure analogue est utilisée pour l'étalonnage des bruits de masque.

Dans le cas d'un audiomètre à balayage de fréquences, il est peu réaliste de calibrer toutes les fréquences à la main (Audioscan en compte 449). Pour ce faire, les réglages sont stockés dans une mémoire numérique et une procédure automatique d'ajustement est nécessaire.

Le contrôle d'étalonnage régulier des audiomètres est justifié par le vieillissement de leurs composants, notamment des écouteurs et de l'oscillateur, ainsi que de la nécessité d'obtenir une mesure fiable.

Les modalités de ces contrôles périodiques sont décrits dans la norme internationale ISO 8253-1 qui est citée dans plusieurs textes réglementaires (directive européenne, nouveau tableau relatif aux surdités professionnelles). Le bon étalonnage des audiomètres participe à la qualité des actes médicaux diagnostiques qui entrerait facilement dans les critères d'évaluation de l'ANAES. Pour les cabinets d'ORL, un défaut d'étalonnage serait d'ailleurs le premier motif de contestation d'une expertise par la sécurité sociale.

1.4.2 Essais subjectifs de routine

Les essais subjectifs de routine, réalisés à l'oreille, doivent être très fréquents (la norme dit chaque jour...). Ils permettent de vérifier l'état des transducteurs (notamment des coussins des écouteurs), de la connectique et des commandes. Ils tenteront de détecter des bruits parasites pouvant être émis à faibles ou à forts niveaux ainsi que la défaillance éventuelle d'un voyant de contrôle.

1.4.3 Contrôles périodiques objectifs : étalonnages

Le contrôle objectif périodique doit être effectué au moins chaque année. Il s'agit d'un étalonnage qui concerne l'audiomètre, son casque audiométrique et son ossivibrateur. Il doit être réalisé par un technicien compétent à l'aide d'un matériel normalisé.

Le matériel se compose d'un sonomètre de classe 1, d'un jeu de filtres acoustiques, d'une oreille artificielle CEI 318, d'un coupleur mécanique CEI 373, d'un fréquencesmètre numérique et d'un oscilloscope ou distorsiomètre. Il est peu réaliste d'imaginer que ce matériel de mesure puisse être transporté simplement dans un cabinet et il convient de s'organiser pour que l'étalonnage soit réalisé dans un laboratoire adapté.

Il convient de noter que la norme ne demande qu'un contrôle d'étalonnage. Elle ne demande pas que l'appareil soit réglé chaque année. Cependant, avec les instruments modernes, contrôler un audiomètre se traduit souvent par son réglage, sa calibration.

1.4.4 Calibration de base

Il est recommandé d'effectuer une révision approfondie, comportant une calibration des niveaux tous les cinq ans, ou plus tôt en cas de « défaillance sérieuse ». Il s'agit ici bien du réglage de l'audiomètre, c'est à dire de sa calibration.

1.4.5 Calibration en champ acoustique

La procédure utilise des bruits de bandes étroites dont on mesure les niveau à 1 mètre des haut-parleurs à l'aide d'un sonomètre en position linéaire (ne pas utiliser la pondération A). Pour calibrer une chaîne vocale, les bruits utilisés proviennent d'un CD sur lequel ils ont été enregistrés à un niveau normalisé. Si la cabine est neutre, que l'amplificateur de puissance et les HP ont une réponse linéaire, il ne doit pas y avoir de difficulté particulière.

2 LA CABINE AUDIOMÉTRIQUE

Pour résumer l'esprit de la norme ISO 8253-, qui donne toutes les indications sur les méthodes d'audiométrie liminaire tonale, le sujet doit être installé confortablement

dans une salle d'audiométrie calme et correctement climatisée. Il ne doit pas pouvoir être dérangé durant l'examen, ni distrait par des événements ou des mouvements de personnes. L'opérateur peut être situé dans la cabine ou à l'extérieur.

Dans le cas où le sujet est seul dans la cabine, il est nécessaire de le surveiller à travers une vitre ou par l'intermédiaire d'une vidéo et, si possible, d'un interphone. De toute manière, la communication opérateur-sujet doit être possible grâce au dispositif incorporé aux audiomètres.

2.1 Disposition des HP dans une cabine

Pour les examens en champ libre ou acoustique, le sujet doit être assis à 1 m des HP, lesquels sont situés à la hauteur de sa tête. Pour les tests binauraux, on utilise un HP frontal. Pour les tests vocaux en présence d'un bruit de fond, le signal d'essai doit être appliqué au HP frontal tandis que le bruit de fond doit provenir de deux HP situés à 45°.

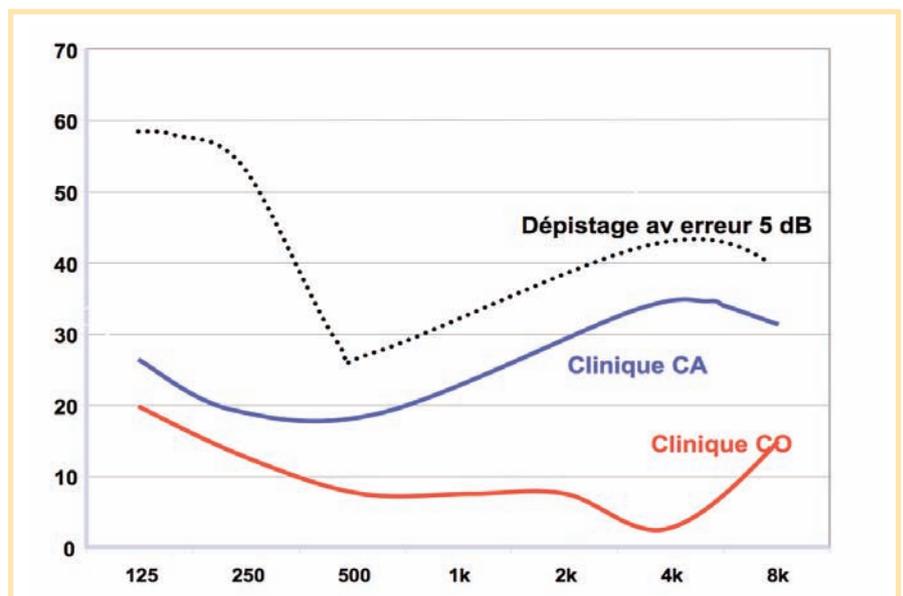


Figure 3. Représentation des niveaux maximaux acceptables dans une cabine audiométrique par tiers d'octave. La courbe inférieure correspond aux niveaux requis pour un examen en conduction osseuse ou en champ libre (oreille nue). Au-dessus, niveaux requis pour une audiométrie en conduction aérienne avec des écouteurs supra-auraux (atténuant les HF). La courbe supérieure correspond aux niveaux maximaux requis pour une audiométrie de dépistage, à partir de 500 Hz, et en acceptant une erreur de 5 dB. (D'après la norme ISO 8253-1).

Il convient de noter que toute autre disposition est possible à condition que celle-ci soit précisée. Enfin, rappelons que le décret 85-590, qui fixe les conditions d'aménagement du local réservé à l'activité d'audioprothésiste et le matériel dont il doit disposer, précise qu'il doit y avoir au moins 3 HP de façon à tester l'orientation spatiale.

2.2 Niveau du bruit de fond

On trouvera sur la figure 3 le spectre du bruit de fond exigé par la normalisation internationale pour une audiométrie. Le tableau donné par la norme est assez compliqué et, en pratique, on ne devrait pas tolérer des niveaux de pression sonore globaux supérieurs à 27 ou 30 dB(A) dans les locaux où est pratiquée l'audiométrie de diagnostic. Ces conditions ne sont pas simples à obtenir mais elles devraient être requises dans les cabines des ORL... et même des audioprothésistes, malgré les 40 dBA données par le décret n° 85-590 qui date de vingt ans et mériterait d'être actualisé en fonction des progrès relatifs à la précision des réglages des appareils de correction auditive.

3

AUDIOGRAMMES DE RÉFÉRENCE SELON L'ÂGE ET LE SEXE

Une norme internationale, mal connue en France, l'ISO 7029, donne des valeurs de références audiométriques en fonction de l'âge et du sexe. Ces références, qui ont été confirmées très récemment, ont été établies à partir d'une vingtaine d'études épidémiologiques de toute provenance (dont deux françaises), qui ont permis de modéliser les courbes de presbycusie pour

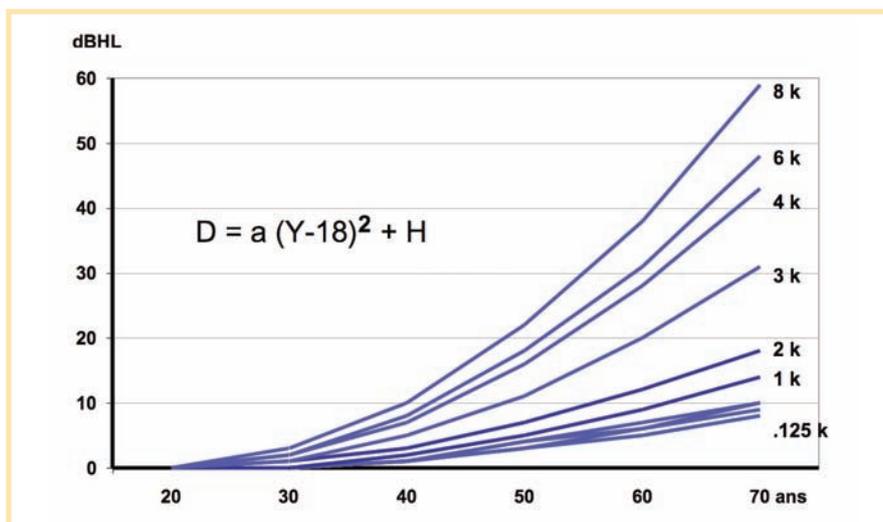


Figure 4. Evolution des seuils d'audition en fonction de l'âge dans une population d'hommes « otologiquement sains ». Cette famille de courbes correspond à l'évolution des 10% les plus sourds. La formule utilisée est de la forme $D = a(Y-18)^2 + H$, dans laquelle D est le seuil calculé, a est une valeur correspondant au fractile et au sexe considérés, Y est l'âge, H est dépendant du fractile.

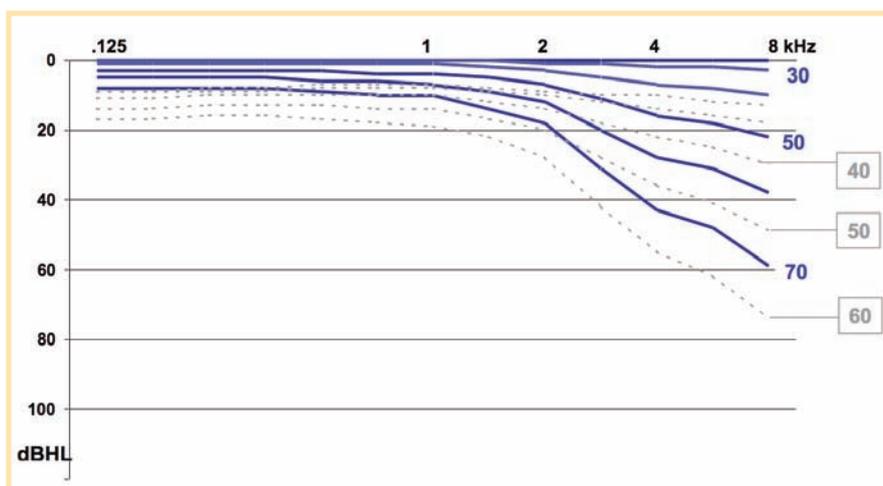


Figure 5. Audiogrammes de références provenant d'une série de population d'hommes « otologiquement sains ». Les courbes pleines correspondent aux seuils médians, les courbes en pointillés au 10ème percentile de la population des plus sourds.

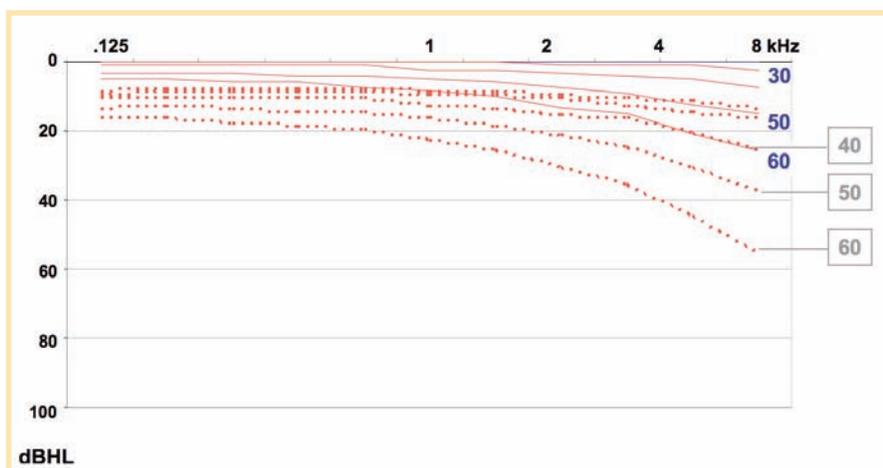


Figure 6. Audiogrammes de références provenant d'une série de population de femmes « otologiquement saines ». Les courbes pleines correspondent aux seuils médians, les courbes en pointillés au 10ème percentile de la population des plus sourds.

plusieurs fractiles d'une population otologiquement saine non exposée à un bruit traumatisant.

Les modèles résultant de ces études font intervenir l'âge au carré, dessinant donc des arcs de paraboles dont l'interprétation n'est réellement possible qu'entre 18 et 60 ou 70 ans (Fig. 4). Ces données confirment les observations que chacun a pu faire ; l'effet de la presbycusie est beaucoup plus marqué pour les fréquences supérieures à 2 kHz, avec une différence homme/femme notable.

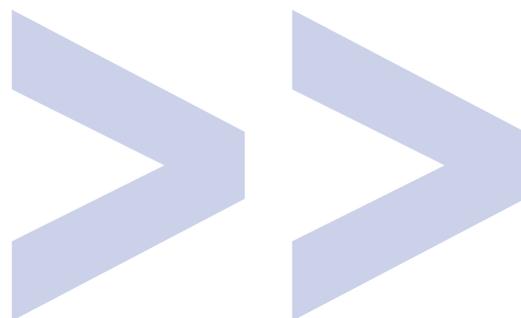
Les figures 5 et 6 montrent les audiogrammes de références, issus de ces données, pour les hommes et pour les femmes. Dans chaque cas, les tracés en traits pleins représentent les médianes de la distribution, correspondant donc à une audition « moyenne », en sachant que 50% des sujets ont une audition meilleure que cette référence. Les courbes en pointillés représentent le 10ème percentile, ce qui signifie que 90% de la population normale a une audition meilleure que celle qui est traduite par ces audiogrammes. Cela signifie aussi que, si l'audiogramme d'un patient est en-dessous, il n'a que 10% de chances d'être dans la norme... et moins encore s'il s'en éloigne.

L'intérêt de ces données pour les audiologistes ne se limite pas à l'approfondissement de connaissances théoriques. Il est majeur dans l'exercice de leurs pratiques quotidiennes, quelles qu'en soient les modalités.

4

QUELQUES RÉFÉRENCES NORMATIVES

- CEI 60645-1 Audiomètres tonaux.
- CEI 60645-2 Audiomètres Vocaux.
- CEI 60645-4 Audiomètres Hautes fréquences.
- ANSI 3.6 American National Standard Specification for Audiometers.
- ISO 389-1 Zéro de référence en son pur CA casque.
- ISO 389-2 Zéro de référence en son pur CA insert.
- ISO 389-3 Zéro de référence en son pur CO.
- ISO 389-4 Niveau de référence bruit de bande étroite.
- ISO 389-5 Zéro de référence en son pur hautes fréquences.
- ISO 389-7 Zéro de référence champ libre et diffus.
- ISO 8253-1 CA et CO seuils audiométriques.
- ISO 8253-2 Audiométrie en champ acoustique.
- ISO 8253-3 Audiométrie vocale.
- IEC 318 Oreille artificielle pour l'étalonnage.
- IEC 373 Coupleur mécanique, Mastoïde artificiel.
- CEI 711 Simulateur d'oreille occuse1 (écouteurs à insertion).
- CEI 7029 Seuil normal en CA en fonction de l'âge et du sexe.
- CEI 1260 Filtres octave et 1/3 d'octave.
- Directive Appareils médicaux 93/42.
- Directive CEM 89/336.
- Directive BT 73/23.



Une révolution technique et esthétique

Le PAC

(HiFi AC™) Post Auricular Canal

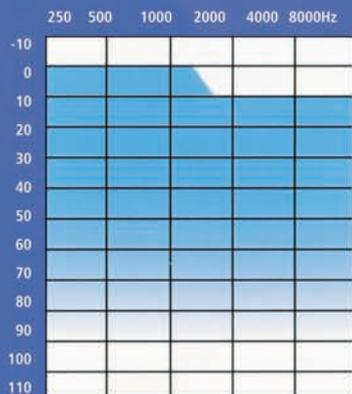
Les avantages du système auditif PAC

- Processeur numérique
- Discrétion totale
- Haute fidélité acoustique
- Haute résistance à l'humidité
- Durée de pile prolongée (3 à 4 semaines)
- 4 situations sonores personnalisées
- Surdités de légères à sévères
- Service après vente immédiat
- Fiabilité intégré
- Haute résistance aux chocs
- Garantie 2 ans « Processeur et Ecouteur »

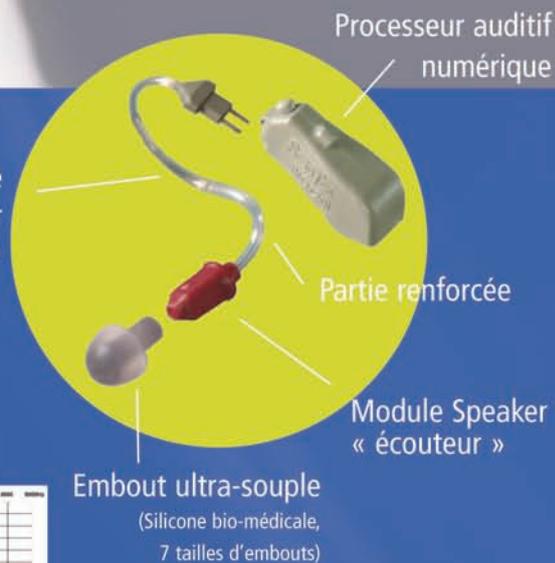
Des solutions complètes d'adaptation

Surdités légères, moyennes et sévères

Sans effet d'occlusion et sans Larsen.



Electro-tube
« Liaison écouteur
3 tailles OD-OG »



Processeur auditif numérique

Partie renforcée

Module Speaker « écouteur »

Embout ultra-souple
(Silicone bio-médicale,
7 tailles d'embouts)

AUDIOMÉTRIE TONALE ET VOCALE CLASSIQUE

L' évaluation audiométrique tonale et vocale est l' un des éléments principaux de l' orientation diagnostique et thérapeutique au cours des surdités. Il ne s' agit pas de faire un diagnostic sur un audiogramme mais de confronter les renseignements qu' il fournit aux données cliniques et des autres examens complémentaires éventuels. L' audiométrie du nourrisson et du jeune enfant ne sera pas abordée ici, en raison de sa spécificité car elle nécessite des méthodes particulières et surtout une expérience tout à fait primordiale de l' examinateur.

Les renseignements fournis par l' audiométrie tonale et vocale contribuent ainsi à établir un diagnostic otologique : siège

1 PRINCIPES ET PRÉCAUTIONS PRÉALABLES

La qualité du recueil dépend du matériel, des conditions d'examen et de l'opérateur.

Examen otoscopique préalable

L'évaluation audiométrique doit être précédée d'un examen otoscopique des deux tympans. Celui-ci permet de rechercher un obstacle dans le conduit auditif externe (bouchon de cérumen), ou une malformation (agénésie, ostéomes).

Le matériel

- L'audiomètre doit être étalonné régulièrement et ce d'autant plus que son utilisation en est plus fréquente (tout particulièrement, le vibreur de la conduction osseuse très sujet aux variations et dont le câble est plus fragile)
- Les branchements doivent être vérifiés.

- Le lieu d'examen est une pièce insonorisée. Le fait de disposer d'une cabine suffisamment spacieuse permet à l'examineur de réaliser les différents tests en étant dans la même pièce que le patient, ce qui est particulièrement important chez l'enfant.
- Toute source de bruit surajouté est à proscrire : ventilateur, tierce personne non immobile, téléphones mobiles du testé (et du testeur...).

Rappelons que les conditions et normes d'examen font l'objet de recommandations établies par l'AFNOR et accessibles via Internet (cf. présentation de Christian Meyer-Bisch dans ce numéro)

Installation du sujet testé et du testeur

Il s'agit d'un examen subjectif, nécessitant une participation active et une attention soutenue du patient testé. Les bonnes conditions matérielles et les explications fournies par l'examineur sont donc essentielles à son bon déroulement. Il est utile de prendre le temps nécessaire à l'installation du patient : siège confortable, ôter les lunettes, les aides auditives, (en proscrivant les bonbons et les chewing-gums...)

Didier BOUCCARA

ORL

Service ORL - Hopital Beaujon
100 avenue du Général Leclerc
92110 CLICHY

Jean-Louis COLLETTE

ORL

92 rue de la Victoire
75009 PARIS

Service ORL

CHI CRETEIL

40 avenue de Verdun
94000 CRETEIL

- L'examineur doit être installé confortablement de telle sorte qu'il puisse observer à la fois le patient testé et l'écran de l'audiomètre.
- Il s'agit souvent de malentendants, utilisant parfois la lecture labiale. Les explications fournies doivent donc être aussi claires que possible en prenant le soin de les exprimer en regardant le patient de face.
- Le sujet examiné ne doit pas observer l'écran de l'audiomètre : on lui demandera de regarder droit devant et de se concentrer.
- Chez certaines personnes il peut apparaître rapidement en cours d'examen une fatigabilité liée à différents éléments : âge, pathologie en cours... : on pourra alors éventuellement réduire le nombre de fréquences testées afin de privilégier la précision des réponses en diminuant la durée de l'examen.

2 AUDIOMÉTRIE TONALE

Principes

Le principe de l'audiométrie tonale est de déterminer les seuils en conceptions aérienne et osseuse, pour les deux oreilles testées séparément. La recherche des seuils est effectuée en suivant les octaves, de 125 à 8000 Hz, en incorporant si nécessaire les demi-octaves (750, 1500, 3000, et 6000 Hz). L'étude de ces demi-octaves est particulièrement intéressante pour les fréquences 3000 et 6000 Hz et est régulièrement utilisée dans les analyses des résultats audiométriques faisant l'objet d'études cliniques internationales. Ces deux fréquences devraient être testées systématiquement.

L'audiomètre

L'audiomètre utilisé peut être plus sophistiqué, et en particulier mis en réseau informatique. Sa calibration régulière est nécessaire. Les sons utilisés en audiométrie tonale sont des sons purs (casque ou vibreur de conduction osseuse), pulsés et modulés en fréquence et en intensité.

Nature du stimulus

Différents types de stimulus peuvent être utilisés : sons continus ou pulsés, réguliers ou intermittents aléatoires. Les sons pulsés sont choisis préférentiellement car ils sont plus faciles à identifier que les sons continus.

Le test de Weber audiométrique

- Testé en tout début d'examen après les mesures en conceptions aérienne et vocale, et avant de commencer l'étude de la conduction osseuse.
- Permet de valider les modalités du masquage.
- Le vibreur placé sur le front, le vertex, ou encore sur le maxillaire supérieur, de façon médiane (sauf bien entendu si le patient porte des moustaches), la stimulation est réalisée à différentes fréquences

Il faut garder à l'esprit que le Weber, s'il est un test indispensable, donne des réponses parfois imprécises voire contradictoires : en effet si sa précision est bonne dans les atteintes de transmission, sa valeur se dégrade dans les atteintes de perception à mesure qu'elles prennent de l'ancienneté

Déroulement de l'examen

- On veillera à un positionnement correct du casque, en regard du conduit auditif externe. En effet des écouteurs mal centrés vont entraîner une perte surajoutée de 5 à 20 dB sur les fréquences aiguës. En revanche si le casque n'est pas suffisamment appuyé, on aura un risque de perte de 5 à 10 dB sur les fréquences graves.

- Les consignes données au patient seront les plus claires et les plus simples possible (ce n'est pas contradictoire)
- Il conviendra d'être prudent en cas d'acouphènes, qu'il y ait ou non une hyperacousie : en effet il y a alors un risque de mauvaise tolérance du masquage (et aussi des stimulus utilisés lors de l'étude du réflexe stapédien). Le risque de majoration des acouphènes, parfois source de revendications, doit être pris en compte et faire limiter les stimulations acoustiques trop intenses.
- La compréhension des consignes utilisées doit être validée dès le début du test. Si le niveau de vigilance est fluctuant, ou l'attention de la personne difficile à maintenir, on rappellera qu'il faut parfois savoir se contenter d'un examen limité en terme de fréquences testées, (le mieux étant l'ennemi du bien).
- Si d'emblée les réponses aux stimulations tonales sont imprécises (ou si l'on soupçonne une majoration subjective) il sera parfois utile de débiter par les tests vocaux. On pourra ainsi, d'une part préciser le niveau de participation, et d'autre part avoir une idée préliminaire de l'importance du déficit auditif et des troubles de la compréhension.
- On débutera par l'oreille présumée la meilleure à partir des données de l'interrogatoire. Cette première mesure ne sera considérée comme définitive qu'à la fin de l'examen.
- Le patient sera familiarisé avec l'examen à l'aide d'un son d'essai, de l'ordre de 40 dB à 1000 Hz du côté le moins atteint, ou si nécessaire à une intensité plus élevée, obtenue par pas de 5 dB.
- On commencera le test en conduction aérienne à partir de 1000 Hz, fréquence la plus familière, puis on continuera par les fréquences aiguës (2000, 4000, 6000 et 8000 Hz), et on terminera enfin par les fréquences graves (500, 250 et 125 Hz). La fréquence 125 Hz peut être difficile à identifier et comporter une composante vibratoire à forte intensité.

- On expliquera bien au patient qu'il doit répondre pour un son et non pour une vibration (et ce n'est pas toujours évident, il peut ainsi être judicieux de placer le vibreur sur la main du patient pour lui faire comprendre).
- La recherche des seuils peut être réalisée soit selon la méthode à intensités croissantes dite des seuils ascendants (Hughson et Westlake - 1944), soit selon celle à intensité décroissante dite des seuils descendants (Carhart et Jerger - 1959). Il est habituel d'utiliser la première en convenant avec le patient testé d'un moyen pour signaler la perception des sons : réponse en appuyant sur un bouton, en levant et baissant la main ou encore en répondant par oui ou non.
- La technique des seuils descendants nous paraît plus fiable et plus rapide avec les patients ne présentant pas de problème particulier. En revanche chez les enfants de moins de 8 ans, les personnes âgées (problème des phénomènes de persistance auditive), les sujets ayant des problèmes de concentration ainsi que ceux qui souffrent d'acouphènes (liste non exhaustive), la technique ascendante peut être plus efficace.

LE MASQUAGE qui est un des plus grands problèmes (peut être même le plus grand problème) posé par l'audiométrie classique sera traité à part.

Résultats obtenus

Les points obtenus seront reportés sur une grille, comportant :

- en abscisse les fréquences de 125 à 8000 Hz,
 - et en ordonnée descendante la perte auditive en décibels de -10 à 120 dB HL
- La grille devra impérativement être présentée selon un gabarit dans lequel la longueur attribuée à une octave en abscisse sera égale à celle attribuée à 20dB en ordonnée.

La représentation graphique indiquera les pertes auditives en dB HL, le seuil pour chaque fréquence étant indiqué en suivant de préférence les conditions graphiques recommandées, précisées dans le tableau 1.

Méthode de représentation	Oreille droite	Oreille gauche
Seuil aérien sans masquage	O	X
Seuil aérien avec masquage	□	■
Seuil osseux sans masquage	<	>
Seuil osseux avec masquage	[]
Pas de réponse	↙	↘

Tableau 1

Une perte totale moyenne est calculée à partir de la perte en dB aux fréquences 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz. Toute fréquence non perçue est notée à 120 dB de perte. Leur somme est divisée par quatre arrondie à l'unité supérieure.

I. Audition normale ou subnormale

La perte tonale moyenne ne dépasse pas 20 dB. Il s'agit éventuellement d'une atteinte tonale légère sans incidence sociale.

II. Déficience auditive légère

La perte tonale moyenne est comprise entre **21 dB et 40 dB**.

III. Déficience auditive moyenne

Premier degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **41 et 55 dB**.

Deuxième degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **56 et 70 dB**.

IV. Déficience auditive sévère

Premier degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **71 et 80 dB**.

Deuxième degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **81 et 90 dB**.

V. Déficience auditive profonde

Premier degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **91 et 100 dB**.

Deuxième degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **101 et 110 dB**.

Troisième degré : la perte tonale moyenne est comprise entre **111 et 119 dB**.

VI. Déficience auditive totale - Cophose

La perte moyenne est de 120 dB.

Tableau 2

Classification audiométrique des déficiences auditives d'après le BIAP

Les valeurs de surdité sont calculées sur la CO et font l'objet de différentes classifications. On peut citer par exemple celle établie par le Bureau International d'Audiophonologie -BIAP-(tableau 2) qui nous paraît tout à fait adéquate pour les

surdités de perception congénitales ou acquises. D'autres méthodes de calcul du déficit auditif moyen sont utilisées en médecine du travail, en expertise de droit commun, ou pour la détermination de pensions militaires.

3 AUDIOMÉTRIE VOCALE

L'audition étant la voie privilégiée du langage et de la communication, l'audiométrie vocale est essentielle à l'appréciation de ceux-ci. Elle permet parfois d'orienter le diagnostic quand elle est comparée aux données de la tonale : atteinte rétrocochléaire en particulier. C'est elle qui va conditionner le type de réhabilitation auditive proposée au patient et en fixer les limites potentielles. L'audiométrie vocale mesure l'audition en utilisant un matériel phonétique, évaluant ainsi l'aptitude de la fonction auditive à percevoir des sons verbaux.

Déroulement du test

- En cabine insonorisée au casque ou en champ libre. Le matériel utilisé est habituellement enregistré sur CD, mais un bon nombre de professionnels préfèrent la vocale au micro.
- Les listes de Fournier créées pour corroborer les résultats de l'audiométrie tonale, sont utilisées pour déterminer les seuils auditifs. Il s'agit de listes de mots monosyllabiques, dissyllabiques ou adaptées aux enfants. L'unité de mesure est le mot, le pourcentage de bonnes réponses par liste étant comptabilisé.
- Si en augmentant l'intensité on n'améliore pas l'intelligibilité, on peut considérer que le système auditif est saturé : soit par une perte auditive trop importante, soit par des troubles qualitatifs de type distorsion cochléaire ou encore par des troubles d'intégration du message phonétique.
- La représentation graphique (Fournier) porte en abscisse les intensités d'émission et en ordonnée le pourcentage de mots correctement répétés. Normalement il est de 100% à 20 dB HL et de 5% à 0 dB HL. Habituellement, les listes dissyllabiques sont choisies pour la

simplicité de réalisation du test et la mise en confiance du patient (ces listes ont pour principal inconvénient de n'être pas équilibrées phonétiquement et donc de n'être que de peu d'utilité dans la perspective de l'appareillage pour lequel les tests de Lafon s'imposent). Les listes monosyllabiques (les mots sont plus délicats à deviner par diminution de l'importance de l'élément sémantique), retrouvent l'intérêt qu'elles n'auraient jamais dû perdre dans le cadre de la recherche d'un diagnostic d'atteinte rétrocochléaire. Elles sont également utilisées dans les indications d'implants cochléaires (ou d'oreille moyenne) au casque ou en champ libre, avec et sans aides auditives.

- L'examen audiométrique vocal est habituellement réalisé après la détermination des seuils tonals en conduction aérienne. On pourra cependant débiter par l'audiométrie vocale si les réponses du patient sont peu précises en tonale (enfant, sujet âgé), ou encore si on soupçonne une majoration subjective...La perte moyenne en tonale permettra de choisir le niveau de stimulation initial en vocale (30 dB au dessus de la perte moyenne), de façon à ne pas allonger la durée de l'examen. Il est cependant important de rechercher une altération de l'intelligibilité pour les intensités élevées, qui pourra traduire une atteinte rétrocochléaire ou centrale ou qui pourra encore avoir une valeur pronostique pour l'appareillage auditif.
- Nous insisterons enfin sur un fait qui a tendance à être négligé : les règles d'assourdissement s'appliquent tout autant en audiométrie vocale qu'en tonale.

Résultats

Une courbe vocale en listes de Fournier pourra donc être considérée comme perturbée dans les cas suivants :

- Si la différence entre la moyenne tonale et le seuil d'intelligibilité est supérieure à 7 dB

- Si la courbe présente une forme dite « en cloche » : l'intelligibilité maximale n'étant perçue que sur 20 dB environ, se dégradant ensuite lorsque l'on augmente l'intensité
- Si l'intelligibilité maximale n'atteint pas 100 %
- Si enfin la pente de la courbe est trop inclinée (dans les faits plus de 30 dB entre le 0 et 100% ou le maximum).

En cas de réponses difficiles, de dissociation entre les résultats donnés par les courbes tonales et ceux obtenus en audiométrie vocale, voire de suspicion de majoration subjective, il est possible d'utiliser la technique de Carhart.

Dans un premier temps on présente une liste à une intensité efficace supposée (même 100 dB) puis on alterne les intensités de présentation des listes suivantes sur la même oreille, -30 dB, + 25 dB, - 30 dB, + 25 dB etc...ce qui remonte le niveau de compréhension de 5 dB à chaque paire de listes jusqu'à disparition des réponses à la plus forte intensité.

Cette technique, qui a contre elle d'être lente, donne souvent en revanche de très bons résultats, permettant de remonter le seuil d'intelligibilité de façon significative (s'il est obtenu jusqu'à 20 dB, on pourra considérer que l'audition est dans les limites de la normale). Et quelle satisfaction intellectuelle !

Le test d'Intelligibilité dans le Bruit étudie la perception et la compréhension dans le bruit.

Il est réalisé en champ libre : vocale de Fournier et bruit blanc. Le niveau de la vocale est placé à +10 dB au dessus du seuil de 100% intelligibilité et le niveau du bruit blanc à celui de la vocale + 5 dB, puis +10 dB, etc... C'est en fait un test de résistance au bruit qui étudie des fonctions plutôt périphériques.

4 APPORTS DIAGNOSTIQUE ET PRONOSTIQUE DE L'AUDIOMÉTRIE TONALE ET VOCALE

Que peut on réellement attendre de ce bilan audiométrique tonal et vocal ? L'expérience de l'examinateur est sans doute capitale en la matière. Elle permet en quelques minutes d'aller au diagnostic. Cette expérience ne doit pas amoindrir la vigilance et la rigueur de l'examen. En effet les associations pathologiques sont possibles : otite chronique et neurinome, otospongiose et maladie de Menière etc... Pour tenter d'illustrer l'apport de l'audiométrie dans la démarche diagnostique on peut proposer la classification suivante des surdités de l'adulte. Elle est basée sur 2 éléments : l'aspect otoscopique et les résultats de l'audiogramme

Orientation diagnostique

Pathologie de l'oreille moyenne

En présence d'une surdité de transmission on distingue 2 types de situations :

- Il existe une anomalie tympanique identifiée avant l'audiométrie. Il peut s'agir soit de perforations tympaniques simples, soit d'otites chroniques, éventuellement cholestéatomateuses, soit enfin de lésions rétrotympaniques : épanchement séreux ou sanglant, tumeur vasculaire (chémoadénome) ou non vasculaire. Le diagnostic est orienté par l'examen otoscopique et l'opérateur identifiera une surdité de transmission ou mixte, dont la sévérité est variable. Le recours à l'imagerie (scanner) permet d'évaluer l'extension des lésions.

- Le tympan est normal : le diagnostic à évoquer en premier lieu est l'otospongiose. L'abolition du réflexe stapédien sera un argument supplémentaire. Les autres diagnostics sont plus rares : micromalformations ou luxations ossiculaires. Là aussi le scanner précisera la cause.

Présence d'une surdité de perception bilatérale et symétrique

L'origine de l'atteinte est le plus souvent soit la presbycusie ou une atteinte génétique, soit une conséquence de l'exposition au bruit ou à des produits toxiques pour l'oreille interne (ototoxiques).

Présence d'une surdité de perception unilatérale, ou bilatérale et asymétrique

La démarche diagnostique est d'éliminer un processus tumoral, type neurinome de l'acoustique. Cette cause est d'autant plus suspectée que l'audiométrie vocale retrouve un trouble important de l'intelligibilité : courbe en dôme. Des signes associés sont recherchés : troubles de l'équilibre, atteinte des nerfs facial et trijumeau. Le bilan audio-vestibulaire qui associera impédancemétrie (tympantométrie et étude des réflexes stapédiens), potentiels évoqués auditifs précoces du tronc cérébral (PEA) et épreuves vestibulaires permettra alors de guider les indications de l'imagerie (IRM).

La maladie de Menière est caractérisée par des crises vertigineuses s'accompagnant d'acouphènes et d'hypoacusie sur les fréquences graves. La réalisation du même bilan est nécessaire car certains neurinomes de l'acoustique se manifestent par des symptômes identiques à ceux de la maladie de Menière.

La présence d'une asymétrie est parfois discrète en audiométrie tonale, en particulier en cas de presbycusie. Il est alors très utile de se baser sur les données de la vocale où l'asymétrie est habituellement plus évidente.

Intérêt pronostique

Les examens d'audiométrie tonale et vocale révèlent très rapidement à l'examinateur le degré de retentissement de la surdité pour un patient donné. Avant même de commencer les tests, son niveau de compréhension, son utilisation de la lecture labiale sont identifiables. Une autre donnée est le niveau de plasticité et d'adaptation à la surdité, perceptible lors de l'audiométrie vocale, tout comme les possibilités d'attention du sujet testé. Si les données chiffrées permettent de classer les surdités en fonction de leur sévérité, les éléments subjectifs recueillis par l'opérateur ont une valeur intéressante, ce d'autant plus qu'il est expérimenté, comme c'est le cas pour l'audiométrie infantile.

5 PIÈGES ET DIFFICULTÉS DE L'AUDIOMÉTRIE TONALE ET VOCALE

Sans vouloir être exhaustif il est possible de citer certaines situations où les tests audiométriques sont potentiellement sujets à des erreurs de mesure, de réalisation ou d'interprétation. On n'oubliera jamais que les causes les plus simples doivent être systématiquement éliminées : problèmes de branchement des cables, d'étalonnage de l'appareil, d'isolation sonore etc...

- La mauvaise compréhension des consignes données est toujours possible, en particulier lors du masquage.
- La simulation d'une surdité est parfois suspectée : réponses non reproductibles, discordance des tests en tonale et en vocale : meilleure vocale que ce que laisse attendre la tonale. Il est alors utile de se baser sur des tests objectifs :

impédancemétrie et réflexe stapédien, otoémissions acoustiques et PEA, pour avoir plus de précision sur les seuils réels.

- La discordance des résultats en tonale et en vocale, sous la forme d'une vocale « effondrée » alors que la tonale est relativement conservée fait suspecter une atteinte rétrocochléaire, neurinome de l'acoustique, neuropathie auditive par exemple, avec là également intérêt des tests électrophysiologiques.
- Les zones cochléaires mortes, ou plutôt inertes, ont été identifiées à partir des travaux de Moore. Leur suspicion est basée sur une altération rapide des seuils sur les fréquences aiguës avec une chute de plus de 60 dB sur une octave. Les tests proposés par Moore (TEN test) sont alors utilisés pour confirmer ce diagnostic.
- Les asymétries auditives modérées doivent de principe faire suspecter une atteinte rétrocochléaire. Il n'est pas rare qu'à une asymétrie modérée en tonale soit associée une différence franche des seuils en vocale, voire même d'un effondrement de l'intelligibilité d'un côté.
- Les gênes auditives à audiométrie tonale et vocale normale. Dans ce cas il faut poursuivre les investigations : étude des hautes fréquences, tests en situation bruyante et bilan auditif central.

Les surdités mixtes bilatérales, enfin, posent le problème de difficultés d'assourdissement pour lesquelles la précision des valeurs est parfois difficile à affirmer.

6 CONCLUSION

Examen « pivot » de l'évaluation auditive, l'audiométrie tonale et vocale reste un examen subjectif, dont les résultats sont dépendants des conditions de réalisation.

L'expérience de l'opérateur est donc essentielle, ainsi que la normalisation des tests.

Ces tests représenteront donc la base obligée de toute exploration audiolinguistique mais ne seront pas tout ; selon les cas, il sera nécessaire de compléter les investigations par des tests spécifiques qui seront présentés plus avant dans ce numéro.

Références

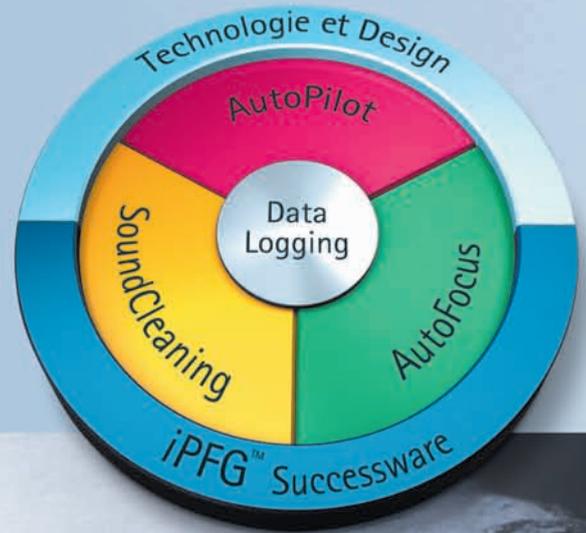
Portmann M, Portmann Cl : Précis d'Audiométrie Clinique. 6^e édition, Masson, Paris, 1998.

Bonfils P, Van Den Abbeele T, Ané P, Avan P : Exploration fonctionnelle auditive.- Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris), Oto-Rhino-Laryngologie, 20-175-A-10, 1998.

Legent F, Bordure Ph, Calais C, Malard O. : Manuel pratique des tests de l'audition. 2^e édition, Masson, Paris, 2002.

Précis d'audioprothèse (Tome I). : Collège National d'Audioprothèse, 1997.

Un grand merci au Docteur Jean-Claude Olivier pour ses commentaires judicieux, impitoyables et amicaux



Anatomie d'un nouvel univers auditif

AutoPilot

Audibilité, intelligibilité et confort optimaux dans de multiples situations auditives

AutoFocus

Une nouvelle dimension technologique des multimicrophones

SoundCleaning

Le confort auditif sans effort ni compromis

DataLogging

Facilite la communication avec votre patient

iPFG Successware

Un outil convivial pour exploiter au mieux l'énorme potentiel de Savia

La plus grande révolution depuis l'avènement du numérique

Force technologique et
intelligence naturelle



www.phonak.com/savia

PHONAK
hearing systems

ESSAYER DE NE PAS ÉCHOUER DANS SON MASQUAGE

Jean-Louis COLLETTE

ORL

92 rue de la Victoire
75009 PARIS

Service ORL- CHI CRETEIL
40 avenue de Verdun
94000 CRETEIL

Jean-Claude OLIVIER

ORL

4 avenue Guy de Maupassant
13008 MARSEILLE

22

« Le masquage a pour but d'empêcher l'oreille non testée de répondre à la place de celle en train d'être évaluée, autrement dit d'éviter une courbe fantôme. Pour ce, on envoie dans l'oreille non testée un bruit dont le niveau doit être ajusté à chaque individu et chaque fréquence ».

Cette introduction de René Dauman résume bien tout le problème de l'assourdissement, qui s'il est une notion indispensable de l'audiométrie, est un des aspects les plus difficiles à expliquer clairement.

C'est donc volontairement que nous serons ici simples, voire simplistes, en essayant d'expliquer des notions, qui à défaut d'amener au Masquage Parfait (mais la perfection est-elle de ce monde ?), permettront de ne pas commettre de fautes majeures qui amèneraient soit à obtenir une courbe fantôme, reflet de l'audition de la bonne oreille, soit une courbe au contraire trop pessimiste par masquage excessif.

On cherchera donc en vain dans ce petit exposé qui s'apparente plus à une recette de cuisine qu'à un cours magistral une explicitation des notions de plateau, des critères d'efficacité ou de retentissement, en espérant au moins que ce petit topo aura donné envie au lecteur d'en savoir plus auprès des grands classiques.

Pour essayer donc d'être clair, nous définirons dix recommandations pour ne pas rater son masquage.

1) on masquera toujours la meilleure oreille (celle qui présente la meilleure conduction aérienne (CA)

2) le masquage sera toujours calculé en fonction de la conduction osseuse (CO) de la meilleure oreille, reflet de sa fonction neurosensorielle (mais bien entendu, dans le cadre d'une atteinte de perception, la conduction osseuse et la conduction aérienne seront confondues)...

3) ...et l'intensité du masquage efficace sera, elle, calculée à partir de la différence entre le niveau de masquage délivré (M) et la conduction aérienne (puisque le masquage est délivré en conduction aérienne)

4) le transfert transcrânien de la meilleure à la plus mauvaise oreille est d'environ 50 dB lorsqu'il est délivré au casque en CA - ce qui est le plus souvent le cas (65 dB si le son est délivré par des écouteurs intracanaux),

5) mais ce transfert est de 5 à 10 dB au grand maximum en CO

6) il faut donc masquer dès que la différence d'intensité atteint 50 dB en CA et 5 dB en CO

7) il ne faut pas masquer trop fort car on a un risque de surmasquage (overmasking)

8) la quantité de son qui traverse le crâne doit se tenir à 5 dB en dessous (10 dB à la rigueur) du niveau du son masquant controlatéral. Sinon on sortirait précisément de sa zone d'efficacité et il conviendrait de réajuster l'intensité du masquage

9) dès lors que l'on délivre un masque, ce sera à 40 dB pour commencer ; c'est de fait une intensité assez modérée et le risque de surmasquage est négligeable

10) si on a doute, il convient d'augmenter par sécurité le masquage de 10 dB « pour voir ». Dans ce cas le point étudié ne doit pas être modifié ; s'il s'abaisse, c'est qu'il s'agit d'un fantôme et dans ce cas il convient d'augmenter le masque par pas de 10 dB, jusqu'à obtention d'un point fixe ou d'une disparition du point (dans le cas d'une cophose).

Le test de Rainville, qui est un peu le monstre du Loch Ness de l'audiologie (on en parle souvent, mais on n'en voit guère), est rarement nécessaire mais cependant précieux pour mesurer la CO quand l'oreille à masquer est si mauvaise que le masque, trop fort, ne pourrait que retentir de l'autre côté.

Il faut d'abord être sûr de la CA de l'oreille à tester.

On alimente alors cette oreille par un son aérien au seuil (+5 ou +10 dB par confort).

Puis on le fait disparaître par un masque en CO médio-frontal. Peu importe que le masque se propage aux deux oreilles : l'essentiel est son effet sur l'oreille alimentée par la CA.

Au préalable et une fois pour toutes, on aura déterminé sur des sujets témoins la valeur d'efficacité du masque osseux utilisé sur chaque fréquence. Il est en effet variable selon les audiomètres (si par exemple pour faire disparaître un son en CA de 20 dB sur une fréquence donnée, il faut 45 dB de masque osseux, l'efficacité du masque sera de 25 dB).

Quand le son disparaît de l'oreille testée, on retranche la valeur d'efficacité du masque + l'ajout de confort, et on connaît la CO.

Pour finir on ajoutera une dernière notion : le masquage crée toujours un effet central qui « pessimise » d'environ 5 dB les résultats de la mesure.

Nous espérons que grâce à ces quelques conseils il sera possible d'être moins effrayé par la pratique de cette technique aussi indispensable que délicate car « méconnaître les règles fondamentales du masquage, c'est s'exposer au risque d'une décision thérapeutique inappropriée qui peut avoir des conséquences préjudiciables aussi bien pour le malade que pour le clinicien. C'est dire l'importance de la connaissance de ces règles et de leur assimilation dans une utilisation quotidienne » (R. Dauman).

Un premier pas aura ainsi été fait vers une lecture plus approfondie et décomplexée des ouvrages classiques.

Bibliographie

Pour ceux qui voudraient approfondir, en plus des classiques déjà cités, nous recommanderons l'article très détaillé de René Dauman et col.

« L'assourdissement en audiométrie » Rev.SFORL 2004 ; 85 (77-84)

Et pour ceux qui pensent qu'il n'est pas de bon article sur le masquage sans formule pseudo-mathématique, nous en livrerons deux issues des recommandations qui précèdent qui en valent bien d'autres ; on pourra en tirer tous les développements qu'on voudra.

	(Meilleure Oreille)		(Mauvaise Oreille)
En CA	Masque - Rinne + 50	=	x + 5
En CO	Masque - Rinne	=	x + 5

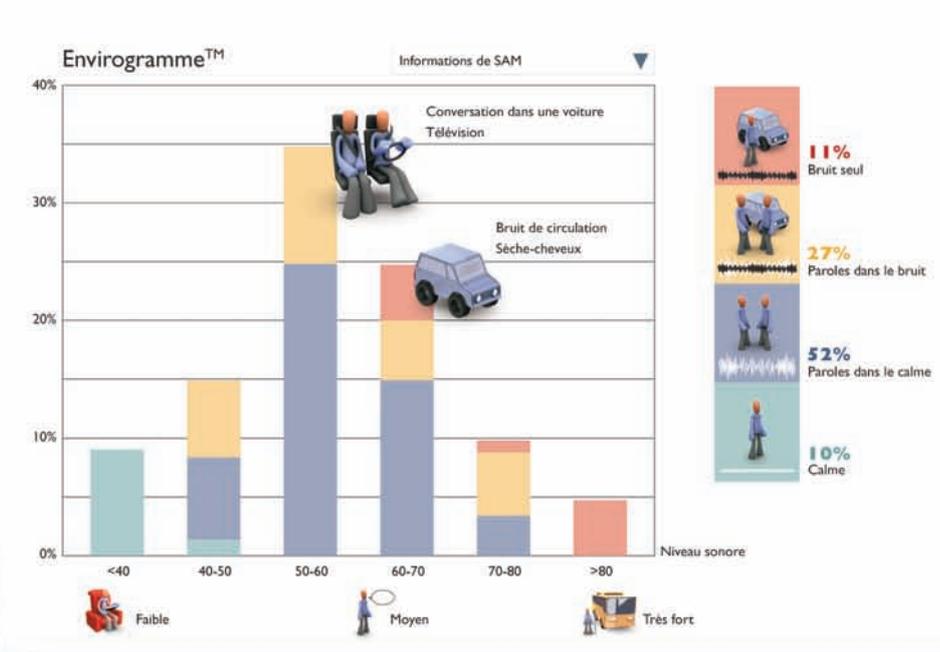
- 1) x est l'intensité que l'on recherche pour une fréquence donnée.
- 2) si la meilleure oreille est une perception, alors bien évidemment Rinne = 0
- 3) puisque x est l'intensité du point étudié, ce point doit rester invariant si on augmente l'intensité du masque de 5 dB supplémentaires ; s'il baisse à mesure de l'augmentation du masque, il est très suspect d'être un fantôme !
- 4) bien évidemment, toutes les valeurs sont exprimées en dB HL.

Oticon ♦ Syncro



SAM

Un ami si intime qu'il peut vous raconter leur vie !



SAM (Sound Activity Meter) est un *Enviromètre* capable de vous fournir un véritable *Envirogramme™*, reflet exact du style de vie quotidien de votre patient.

Discrètement, objectivement et automatiquement, il enregistre des informations précieuses sur la spécificité de l'environnement sonore propre à chaque utilisateur. Ces données sont ensuite intégrées dans le logiciel Genie ou eCaps pour garantir une adaptation hyper-personnalisée et anticiper les attentes de cette nouvelle génération de patients.

Avant l'adaptation d'Oticon Syncro, confiez SAM à votre client pendant quelques jours. Lors de sa prochaine visite, SAM vous racontera sa vie.



L'IMPÉDANCEMÉTRIE

Jean-Claude OLIVIER

ORL

4 avenue Guy de Maupassant

13008 MARSEILLE

26

« Il n'existe pas une forme de pathologie de l'oreille dans laquelle l'impédancemétrie n'apporte de renseignements utiles. »

A ces mots, à la fin des années 60, l'incrédulité se peignait sur les visages d'auditeurs plutôt sceptiques. Et pourtant c'était vrai. Tout au plus pouvait-on exclure de cette affirmation les pathologies du conduit, encore que...

Reprenons donc à la base.

« Impédance » :

En latin « impedimentum » = empêchement, obstacle.

L'impédance, c'est la force qui s'oppose au passage d'une vibration, quelle que soit sa nature (électrique, mécanique, acoustique etc...). Qui s'oppose donc au passage d'un phénomène alternatif. Sans vibration, pas d'impédance, tout au plus une résistance :

- je tire un objet sur le sol, il n'y a pas de vibration mais un simple frottement : il y a résistance.
- je frappe une corde de piano, il y a vibration : il y a impédance.

Cela veut dire que, dans l'impédance, outre la **RÉSISTANCE** due aux frottements, intervient un autre facteur qu'on appelle la **RÉACTANCE** car il s'agit alors d'une réaction à la mise en vibration, et cette réaction n'est pas la même selon le système auquel s'applique la vibration.

Impédance = Résistance + Réactance

La réactance est fonction de la fréquence, et n'est donc pas la même dans les graves et les aigus. Elle dépend en effet de la masse et de la rigidité de l'objet vibrant.

- Or la masse a un effet dominant (un effet « contrariant ») sur les aigus dont elle entrave la transmission: un matelas est difficilement mis en vibration par un mouvement de fréquence élevée.
- La rigidité a un effet dominant (« contra-

riant») sur les graves dont elle entrave la transmission : une barre métallique fixée aux deux bouts n'est guère portée à osciller mollement sous l'effet d'une agitation de fréquence lente. Quand les effets contraires de masse et de rigidité s'équilibrent, on se trouve dans les conditions optimales de vibration : c'est la fréquence de résonance.

Donc, Impédance = Résistance liée aux frottements + Réactance liée à la masse et à la rigidité.

Dans l'oreille les dysfonctionnements sont essentiellement régis par le facteur de rigidité. Les frottements et le facteur de masse interviennent, mais proportionnellement peu.

Mais alors pourquoi dans nos mesures, qui sont des mesures d'impédance de l'oreille moyenne, utilisons-nous surtout le terme de compliance qui n'a pas été évoqué jusqu'ici et qui veut dire ni plus ni moins qu'élasticité ?

Qu'on ne soit pas rebuté par les quelques lignes qui vont suivre. Une fois lues, elles pourront être oubliées.

La compliance (ou élasticité) n'est autre que l'inverse de la rigidité. On a pris l'habitude de parler ainsi. Mais c'est la bouteille à moitié pleine ou à moitié vide, rien de plus. On change de mot pour exprimer la même chose. Et comme dans le fonctionnement de l'oreille, c'est le facteur rigidité qui est le plus important, lorsqu'on parle d'impédance, on pense souvent compliance, prenant donc la partie pour le tout...enfin...pour l'inverse du tout. Ouf !

Ici, pour compliquer le charabia (notre jargon comme diraient les journalistes), ajoutons que d'autres termes viendront peut-être vous heurter à l'occasion. Car :

- si **Impédance** = résistance + réactance (masse et rigidité), c'est que « compliance » a aussi ses compagnons de jargon.
- de fait, si l'on regarde de l'autre côté du miroir,

Admittance = conductance + susceptance
 (Admittance : inverse de l'impédance)
 (Conductance : inverse de la résistance)
 (Susceptance : inverse de la réactance)

laquelle susceptance est elle-même la combinaison de l'inverse-de-l'effet-de-masse et de la compliance.

Pourquoi faire ici cette énumération et cet étalage de science, simplement parce que certains fabricants appellent leur impédancemètres des admittancemètres. Pas d'émotion, pour nous c'est pareil.

Comment en est-on arrivé à ces machines apparemment si simples et qui peuvent rendre tant de services ? C'est là qu'il faut revenir un peu à l'historique de l'affaire.

HISTORIQUE DE L'AFFAIRE

L'idée de déterminer la manière dont l'oreille « accueille » le son, lui bloquant ou lui facilitant le passage, ne date pas d'hier. Des appareils comme le « pont » acoustique de Metz ou celui de Zwislocki, d'usage souvent compliqué, insérés dans le conduit et alimentés par un son-test, comportaient de l'autre côté un dispositif mécanique réglable par lequel on établissait en quelque sorte une balance. C'était la balance de Roberval appliquée à l'impédance de l'oreille. Quand les valeurs affichées du côté réglable équivalaient à celles de l'oreille, on les lisait sur les échelles graduées de l'appareil.

Mais il s'agissait en l'occurrence d'une oreille « statique ».

L'idée de génie fut d'une part de créer un équivalent électronique de ces machines, et d'autre part de comprendre qu'il était bien plus intéressant de faire varier l'impédance de l'oreille en la soumettant à certaines contraintes. Les mesures faites à l'occasion de ces variations (mobilisation du tympan par des changements de pression et altération de la rigidité tymano-ossiculaire par la mise en jeu du réflexe stapédien) devaient se révéler infiniment plus « porteuses » que les précédentes pour l'étude clinique.



Figure 1. Knud Terkildsen

Le Deus ex machina de cette révolution fut l'aimable Knud Terkildsen (fig.1) qui, dans son hôpital de Copenhague, à la suite des travaux d'Otto Metz, et avec l'aide essentielle de Scott Nielsen le physicien et de Poul Madsen le fabricant, fut à l'origine vers la fin des années 60 (mais il y travaillait déjà dès la décennie précédente) du premier impédancemètre clinique digne de ce nom. Et, merveille des merveilles, cet appareil permettait d'emblée de faire tout, je dis bien TOUT, ce que des machines plus sophistiquées, plus automatisées, plus informatisées ont permis de faire par la suite; pas nécessairement en mieux d'ailleurs, parfois malheureusement en moins bien... Oui je sais, vous pensez là que j'ai l'attitude de l'Ancien répétant à qui veut l'entendre : « de mon temps... ». Eh bien, je prends le risque de cette critique.

Terkildsen nous a quittés prématurément en 85 et me laisse le souvenir de longues et enrichissantes journées de travail passées au Rigshospitalet. J'étais jeune ORL mais le hasard m'avait mis très vite sur la piste de ce nouveau moyen d'exploration. C'est ainsi que le premier appareil importé en France arriva à Marseille en 1969. Il y en avait peu dans le monde à ce moment là, mais la traînée de poudre n'allait pas tarder à s'allumer.

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

Tout repose sur l'idée simple qu'un son injecté dans le conduit met en vibration le tympan et les osselets, mais qu'une partie est renvoyée en écho par le « mur » tympanique.

Et cet écho est donc fonction de l'impédance (« impedimentum/obstacle ») du système: tympan bien sûr, mais aussi ce qui lui fait suite.

Si l'on soumet le tympan à une contrainte, ou disons pour faire plus simple si on le fait bouger, l'écho se modifie en fonction de la dureté de l'obstacle.

On le fait donc bouger de deux façons :

- soit en le soumettant à une pression variable (qui va dans la pratique de +200 à 500/600 mm d'eau). C'est la tympanométrie
- soit en envoyant dans l'une ou l'autre oreille un son d'intensité suffisante pour entraîner une contraction réflexe du muscle de l'étrier. Dans ce dernier cas, la contrainte est indirecte puisque consécutive au raidissement de la chaîne ossiculaire. C'est le réflexe stapédien.

L'appareil d'impédancemétrie comporte donc :

d'un côté :

- une sonde étanche placée dans le conduit. Elle envoie un son-test de 220 ou 226 Hz (son grave puisque l'oreille moyenne est essentiellement pilotée par la rigidité) et elle est reliée à un dispositif de mesure de l'écho (voltmètre dans les appareils anciens à cadrans, écran digital dans les appareils modernes).
- elle est reliée à une pompe qui permet de modifier la pression d'air.
- elle comporte aussi un écouteur incorporé capable d'envoyer des stimulations sonores pour le réflexe stapédien ipsilatéral (voir plus loin)

de l'autre côté :

un écouteur audiométrique pour les stimulations controlatérales.

Autant dire qu'il n'y a aucune commune mesure entre les effets du « gonflage / dégonflage » du tympan et le retentissement infiniment plus faible que peut avoir à son endroit la contraction minuscule du minuscule muscle stapédien. Mais l'impédancemètre dispose d'ajustages d'amplification qui s'adaptent à la demande.

Sur les premiers appareils on pompait à la main, comme les Shadoks, puis la pompe devint électrique. On dessinait les graphiques à main levée en suivant la course des aiguilles; puis survinrent les tables tra-

çantes à plume, puis les écrans, éventuellement avec mini imprimante. Le choix d'amplification était manuel, puis devint automatique. Les premiers appareils étaient placés à côté des audiomètres qui délivraient eux-mêmes les stimulations fortes pour le réflexe stapédien, puis le générateur du stimulus s'intégra à l'impédancemètre.

Mais la structure de base était adulte dès la naissance et rien n'est à reprendre de ce qui fut dit au début.

INTÉRÊT ACTUEL ET PASSÉ DES MESURES D'IMPÉDANCE DE L'OREILLE MOYENNE

Quelques applications des mesures d'impédance qui nous furent très utiles ont aujourd'hui un intérêt plus théorique, car des techniques d'exploration ont vu le jour par la suite, qui en ont réduit l'intérêt. Certaines pourront néanmoins être mentionnées brièvement car elles sont susceptibles d'éclairer des aspects physiopatho-

logiques de dysfonctionnements particuliers et les rendre ainsi plus compréhensibles. Elles occuperont donc à l'occasion de petites portions de l'exposé à côté des « incontournables ».

La Tympanométrie

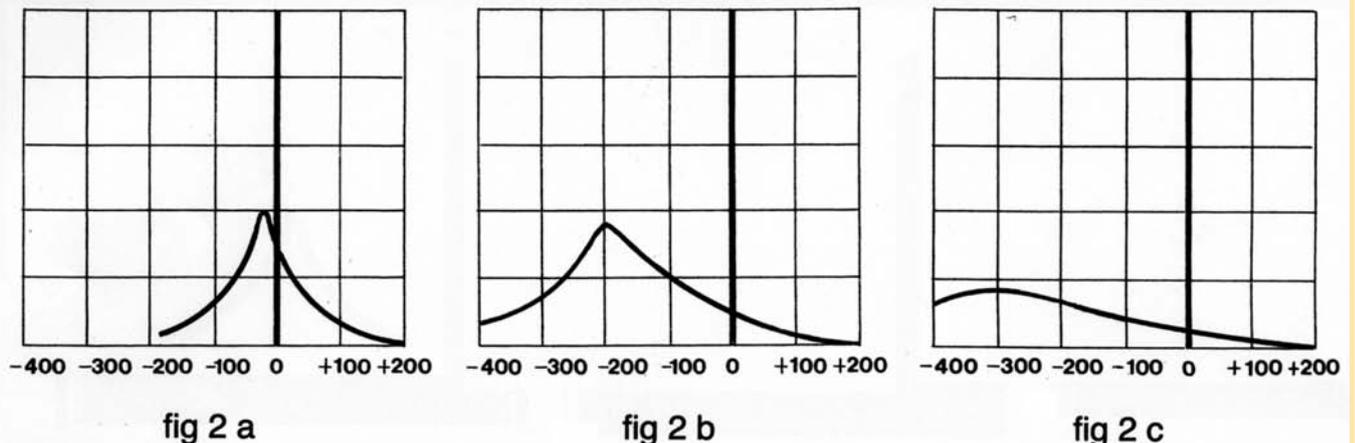
La tympanométrie fait partie des piliers inamovibles.

Son principe et sa finalité : évaluer la souplesse du tympan, donc sa compliance.

En gonflant et en dégonflant la cavité du conduit fermée par l'embout, on le tend ou on le détend et on mesure l'évolution concomitante de l'écho recueilli, ce qui dessine le tympanogramme. Les pressions sont portées en abscisses doubles, positives vers la droite, négatives vers la gauche; la compliance en ordonnées.

Il y a trois types classiques de tympanogrammes :

- le normal, en forme de Tour Eiffel qui n'aurait pas grandi (fig. 2 a): le pic de compliance est à zéro ou en est proche, signifiant que la pression est la même en deçà et au delà du tympan.
- le tympanogramme en dépression (fig. 2 b), où le pic se « politise » en se déplaçant vers la gauche (pressions négatives), montrant que la caisse est mal aérée par la trompe d'Eustache.
- le tympanogramme en dôme ou plat



Figures 2a, 2b, 2c. Tympanogrammes (a : normal / b : dépression / c : rigidité)

(fig. 2 c), qui traduit une immobilité du tympan. Il signe presque toujours la présence d'un épanchement dans l'oreille moyenne (sur lequel le tympan fait « ventouse ») le plus souvent dû à une otite séro-muqueuse, parfois à un hémotympan, à apprécier selon le contexte.

Mais dire « classique » c'est penser aux exceptions.

Il y a donc des tympanogrammes atypiques évidemment plus rares, et s'il semble utile de les mentionner c'est parce qu'ils peuvent parfois étonner l'utilisateur.

Exemples :

- le tympanogramme à clocher très élevé. Pour le coup, il devient « Tour Eiffel » véritable. Il est le signe d'une flaccidité excessive du tympan (état cicatriciel) ou d'une discontinuité du système tympano-ossiculaire (fracture d'un osselet par exemple). ATTENTION ! les tympanogrammes tracés à la main, à partir des appareils à cadrans, encore nombreux en fonction, montrent facilement ces pics géants. Les appareils récents, pour lesquels on n'a pas encore inventé les écrans élastiques, sont obligés de « tasser » artificiellement les ordonnées pour pouvoir loger le graphique. Il faut donc être attentif aux valeurs affichées de ces ordonnées et ne pas se fier à la simple forme du dessin si l'on ne veut pas commettre d'erreur. Râçon du progrès...

- le tympanogramme « baladeur », dont le pic change de place selon les pression introduites dans le conduit. Il est dû à des micro-perforations formant clapet qui ne laissent passer l'air que quand on les « force ». Le tympanogramme ne témoigne alors que de la pression (ou dépression) d'air qu'on a soi-même installée dans le conduit.

- les tympanogrammes « ondulés ». Parfois plus ondulés en pression positive que négative : ils sont dus à l'existence d'une tumeur vasculaire battante dans la caisse. Si elle n'est pas totalement envahissante, seule la surpression initiale met le tympan à son contact. Mais cette peu seyante ondulation ne se voit que si le

déroulement des pressions est opéré à petite vitesse. Il est des impédancemètres « fulgurants » qui ne la montrent pas.

- les tympanogrammes à double pics, dus le plus souvent à des modifications tympaniques : le tympan, de structure hétérogène, rencontre ses meilleures conditions de souplesse pour deux situations différentes dans le rapport de pressions « dedans-dehors ».

- les tympanogrammes déformés, presque toujours révélateurs de cicatrices, possibles après tympanoplasties.

- les tympanogrammes qui passent « sous l'horizon », décelables avec les appareils manuels, inapparents avec les appareils automatiques, vus parfois dans les otites séro-muqueuses.

Vous resterez peut-être longtemps avant de constater ces bizarreries, mais lorsque vous les rencontrerez, vous saurez les identifier.

Question subsidiaire :

Le tympanogramme permet-il de juger de l'état ossiculaire ? Statistiquement oui ; pratiquement non.

Statistiquement oui parce que si l'on prend en compte un grand nombre d'otospongiose, on constate que les valeurs verticales des tympanogrammes (hauteur du pic, donc chiffrage de la compliance) sont plutôt basses. Si l'on fait de même pour les ruptures de chaîne, les valeurs seront élevées.

Mais trop de facteurs parasites peuvent entrer en ligne de compte, à commencer par l'état du tympan lui-même, et être donc causes d'erreurs.

En revanche, de tels aspects prennent une signification si on les associe au contexte d'examen (réflexe stapédien - audiogramme), et évidemment au contexte clinique.

Et maintenant : quelques applications secondaires.

L'ÉTUDE DE LA FONCTION TUBAIRE

Etude grossière :

Faire une manœuvre de Valsalva ou éventuellement son contraire (épreuve de Toynbee), et voir si la pointe du tympanogramme se déplace.

Etude fine :

Mettre le conduit en surpression, ce qui du même coup comprime l'air de la caisse. En même temps, faire effectuer quelques déglutitions. Une trompe bien perméable laisse alors fuir un peu d'air vers le pharynx et le tympanogramme tracé ensuite se décale vers les pressions négatives. Faire de même en mettant le conduit en dépression: la caisse est alors elle-même en dépression et un peu d'air y pénètre lors de la déglutition. Le tympanogramme se déplace cette fois-ci vers les pressions positives.

Mais :

- ce test, qui en pareil cas témoigne d'une trompe parfaite, n'implique pas que celle-ci soit défectueuse s'il est négatif.

- les déplacements du pic tympanométrique sont minimes, et si on les voyait bien à l'ère des tables traçantes, il n'en est pas de même sur les écrans digitaux, à la résolution plus faible.

LES PERFORATIONS TYMPANIQUES

Voilà, direz-vous, les limites de l'impédancemétrie. Que non !

*** La manométrie tubaire (pas à proprement parler une impédancemétrie).**

Rappelons-nous que nous disposons d'une pompe. Il est donc facile de faire une manométrie tubaire, passive ou active :

- passive en faisant monter la pression, pour voir si la trompe laisse filer de l'air vers le pharynx (dans le sens inverse, cela ne marche pas, car une dépression collabe la trompe).
- active, en installant dans le conduit (donc dans l'oreille moyenne) une faible surpression (puis dans un second temps une faible dépression), dans des limites insuffisantes pour que la trompe soit forcée, et en faisant effectuer quelques déglutitions. On voit ainsi sur le manomètre si les pressions se rétablissent ou pas.

*Les perforations inapparentes.

Parfois, des tympans taquins recèlent des perforations cachées, qu'elles soient microscopiques, ou qu'elles soient dans un angle peu visible, ou qu'elles soient cachées dans des replis cicatriciels.

En pareille circonstance, le tympanogramme n'est pas réalisable, car le conduit communique avec la caisse, et la cavité que la sonde « voit » devant elle est alors bien plus grande que celle d'une oreille externe intacte (2 cc environ). Or, comme l'impédancemètre fournit une mesure du volume, il témoigne de l'existence d'un trou si le chiffre dépasse 2 cc.

LE RÉFLEXE STAPÉDIEN

Preamble

La contraction du muscle de l'étrier, si tenue soit-elle, entraîne un raidissement de la chaîne ossiculaire, laquelle se communique au tympan. Cette modification de la tension tympanique est minime; mais comme on l'a déjà dit les appareils savent s'adapter et déceler d'aussi légers phénomènes.

Ce réflexe se déclenche sous l'effet d'une stimulation sonore forte (en moyenne entre 70 et 95 dB - fig. 3 a). Il est bilatéral, la stimulation d'une oreille entraînant une contraction des deux muscles stapédiens. C'est un réflexe qui se boucle dans le tronc cérébral, avec le nerf auditif pour voie afférente et le nerf facial (qui innerve le muscle de l'étrier) pour voie efférente.

Le casque comporte donc d'un côté la sonde qui mesure la compliance, et de l'autre l'écouteur audiométrique par lequel est envoyée la stimulation controlatérale. Nous parlerons donc d'oreille-sonde, et d'oreille-écouteur. Rappelons que la sonde comporte elle même un écouteur interne destiné à créer le réflexe par voie ipsilatérale.

En règle générale, on recherche le réflexe par stimulation controlatérale. Une oreille constitue donc l'organe de stimulation (oreille-écouteur) et l'autre l'organe de détection (oreille sonde). Si l'on teste par voie ipsilatérale, l'oreille-sonde cumule les deux rôles.

Le réflexe ipsilatéral, qui est utile surtout si le controlatéral ne fonctionne pas et permet de s'assurer que l'organe effecteur n'est pas en cause, peut être entaché d'artéfacts en raison d'interférences entre la tonale de sonde et le stimulus sonore. Sachons le, et soyons prudents avec certains appareils de dépistage qui ne travaillent qu'en ipsilatéral.

Conditions nécessaires à l'obtention du réflexe.

Pour exploiter le réflexe stapédien, encore faut-il qu'il soit décelable. Plusieurs conditions à cela :

- un muscle présent et contractile
- une chaîne mobile
- une audition suffisante pour que la stimulation atteigne le niveau de déclenchement.

Ajoutons à cela que l'arc réflexe doit être normalement fonctionnel, ce qui est bien le moins pour un réflexe.

Il faut aussi que le sujet soit calme, ne parle pas, ne mâche pas etc...

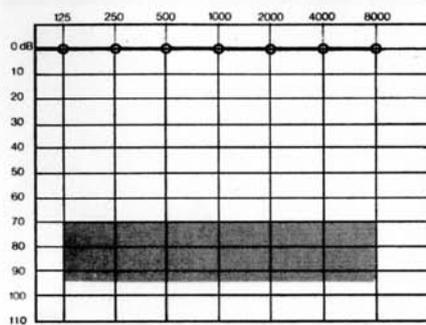


fig 3 a

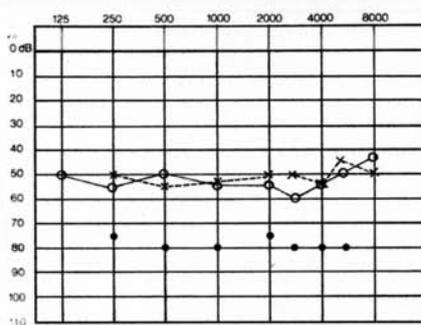


fig 3 b

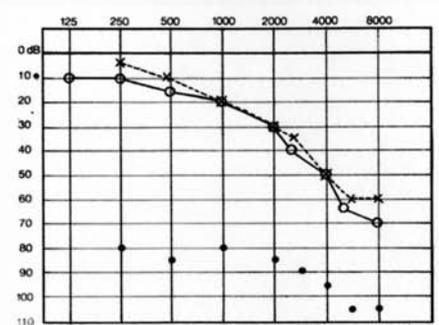


fig 3 c

Figures 3a, 3b, 3c. Réflexe stapédien (a : zone de normalité / b : recrutement / c : recrutement dans les aigus)

Il faut enfin que le tympan soit en condition de mobilité optimale. On recherche donc le réflexe en situation d'équipression conduit-caisse (pic du tympanogramme). A vrai dire, on a souvent intérêt à introduire un petit décalage en pression négative (- 50 mm d'eau), ce qui tend très faiblement la membrane, évite un éventuel balotement, et donne un réflexe plus pur. C'est surtout vrai si le tympan est flaccide. Un conseil donc : essayer de voir si votre impédancemètre automatique prend cette précaution. Sur un appareil manuel, vous n'aurez aucun problème pour le faire vous-même.

Lecture du réflexe :

Ici encore règne la guerre des anciens et des modernes. Enfin, presque.

- soit on surveille sur le cadran le déplacement d'une aiguille. Lorsque le doigt appuie pour envoyer le son de stimulation, l'aiguille dévie avec un léger temps de latence, aisément perceptible à l'oeil.
- soit on regarde un écran digital et la ligne de base qui s'infléchit vers le bas.

Pour avoir beaucoup pratiqué les deux, ma préférence va nettement au premier système, en particulier chez les jeunes enfants pour lesquels il est tellement plus facile de surveiller l'indispensable stabilité initiale de l'aiguille avant d'envoyer le son. Devant un écran vierge, en revanche, on ne sait jamais, en appuyant sur le bouton, si l'on est dans les conditions optimales de « calme impédancemétrique ».

La traduction graphique du réflexe est pourtant utile dans certaines applications, pour lesquelles il est bon d'avoir l'image de la réponse.

Utilisation clinique

1) Renseignements concernant l'oreille-écouteur (l'oreille-sonde étant présumée normale)

Nous allons citer les tests possibles dont l'intérêt est toujours actuel. D'autres n'ont d'intérêt qu'historique.

1-1 cophose ou surdité profonde :

Bien sûr, pas de réflexe puisque l'oreille-écouteur n'entend pas. S'il s'agit de vérifier la réalité d'une surdité unilatérale (simulations), on s'assure du fonctionnement normal de l'oreille-sonde par une stimulation ipsilatérale.

1-2 hypoacousie de perception :

* **Lésions cochléaires - recherche du recrutement - test de Metz (fig. 3 b et c).**

Entre les seuils audiométriques et les seuils stapédiens, l'intervalle se rétrécit, parfois considérablement (on a pu en voir de 20 dB ou même moins dans des cas d'exception). Ce n'est que logique puisque l'oreille recrutante entend à haute intensité aussi fort qu'une oreille normale (parfois même plus fort et en général avec diplacousie), en conséquence de quoi les seuils stapédiens ne changent guère de place (qu'on se souvienne de l'excellent test de Fowler, si utile dans les surdités unilatérales ou très asymétriques, et qui montre très bien le même phénomène de rattrapage).

C'est un test de localisation cochléaire pour le praticien, et un test important pour l'audioprothésiste car, complété par la recherche des seuils d'inconfort, il participe à la connaissance de la dynamique auditive.

*Lésions rétro-cochléaires

- A l'inverse, une surdité perceptive sans pincement de l'intervalle seuils auditifs-seuils stapédiens (ou sans réflexe stapédien controlatéral alors que le réflexe ipsilatéral est bien là) fait fortement suspecter une lésion rétro-cochléaire. Evidemment, les Potentiels Évoqués sont là essentiels, qui peuvent montrer une éventuelle composante rétro-cochléaire, même en présence de recrutement. Ils s'imposent dans les pertes asymétriques, sans être forcément nécessaires dans les surdités symétriques. C'est l'art du clinicien de savoir y recourir à bon escient (on ne mésestimera évidemment pas l'IRM).
- le phénomène d'adaptation (fatigue auditive pendant la stimulation) - test

d'Anderson- Barr. Cherchons le réflexe à 1000 Hz, 10 dB au dessus du seuil, et laissons la stimulation durer 10 secondes. La réponse musculaire persiste inchangée pendant tout ce temps SAUF si c'est le VIII qui est impliqué et non la cochlée. Auquel cas cette contraction se dégrade de plus de la moitié en 5 secondes. On confirme à 500 Hz en cas d'anomalie, jamais avec un son plus aigu car le processus d'adaptation y est physiologique. Ici, ce n'est pas le muscle qui se fatigue, c'est le nerf : « Je veux bien laisser passer un peu d'influx, nous dit le VIII au fond de l'oreille, mais pas trop longtemps car je suis malade... » Ce test est moins utilisé depuis l'avènement des Potentiels Évoqués. C'est dommage car il est simple à faire et vite fait. ...

* Exploration des surdités de l'enfant

Tout le monde utilise les Potentiels Évoqués et c'est bien normal. Tout le monde sait aussi qu'ils n'explorent que les aigus.

Alors pourquoi si peu se servent-ils de la recherche du réflexe stapédien au bruit blanc alors que c'est un examen majeur si l'on sait que les seuils du réflexe stapédien au bruit blanc n'obéissent pas à la règle du recrutement ?

Pour faire simple, voyons ce qui se passe en présence d'un son pur dans une atteinte cochléaire : les cellules ciliées externes déficientes n'assurent plus leur effet de filtre amplificateur et, à mesure que l'intensité augmente, la sollicitation de l'organe de Corti, qui atteint directement les cellules ciliées internes, déborde au delà de la zone spécifique qui lui est normalement « allouée ». On trouve là la définition même du mot recrutement et l'explication de la déformation sonore qu'est la diplacousie. Mais un bruit blanc, qui contient toutes les fréquences, ne peut déborder sur rien puisqu'il occupe d'emblée toute la place.

La conséquence est qu'il existe un parallélisme entre les seuils stapédiens au bruit blanc et le niveau d'audition.

Alors là, il faut faire un effort : il est important de connaître son propre impédancemètre pour construire un graphique, qui pourra être légèrement différent selon les caractéristiques et l'étalonnage de l'appareil. Pour cela, dans toutes les surdités cochléaires rencontrées, on porte en ordonnées la perte moyenne (500-1000-2000), et en abscisses le niveau du réflexe au bruit blanc. Au bout d'un certain temps va se dessiner un nuage de points compris entre deux parallèles.

Allons... si l'on est fatigué, il n'est pas interdit de prendre pour base le graphique prêt à consommer que j'utilisais moi-même (fig. 4).

Il est, dès lors facile de voir:

- qu'un seuil à 75 dB (ou moins) veut toujours dire « audition normale » (500-1000-2000)
- qu'un seuil à 100 dB (ou plus) veut toujours dire « perte d'audition »
- qu'un seuil entre 75 et 100 dB nous met dans un état énervant d'interrogation.

(des seuils non atteints peuvent confirmer la suspicion d'une surdité importante, mais soyons sûr alors qu'aucun problème

d'oreille moyenne ne bloque le réflexe).

Pour les valeurs égales ou supérieures à 100 dB, à défaut de donner avec précision le niveau de perte, elles permettent de définir une zone d'évaluation qui sera comparée avec les résultats des autres tests. Rappelons nous en effet que chez les jeunes enfants, il faut toujours additionner les résultats de plusieurs procédures différentes. La fiabilité des conclusions est à ce prix.

En outre :

Si cette procédure démontre une forte suspicion de perte auditive et si les seuils stapédiens aux sons purs sont partiellement amputés (par exemple avec des seuils plongeants sur 250, 500 et 1000 Hz et inexistant au delà), ce renseignement additionnel conforte l'idée d'une perte prédominant dans les aigus.

Ici, ce ne sera pas abuser de votre patience que d'évoquer un procédé de dépistage auditif éclair. Le fast-food du dépistage en quelque sorte:

- 1) on place la sonde
 - 2) on ne fait pas de tympanogramme
 - 3) on envoie un bruit blanc de 75 dB.
- Si le réflexe est présent, c'est que :

- 1) le tympanogramme est normal (pas de réflexe s'il n'y avait pas d'équipression)
- 2) l'audition des fréquences conversationnelles est normale.

Total de la prestation : quelque chose comme 30 secondes. CQFD.

2) Renseignements concernant l'oreille-sonde.

On va rechercher si le réflexe est présent, absent, ou modifié.

Disons tout de suite pour ne pas y revenir que la stimulation est classiquement controlatérale, mais que si le réflexe n'est pas obtenu, une stimulation ipsilatérale peut permettre d'exclure une anomalie de l'oreille-écouteur.

2-1 Les hypoacusies de transmission

Le plus souvent le réflexe est indécélable. Mais il y a des nuances.

- cas d'un tympan rigide

La recherche du réflexe n'est pas très utile si le tympanogramme est plat ou en dôme. Il s'agit le plus souvent d'une otite sérumuqueuse et la détection risque fort d'être bloquée.

Néanmoins, il arrive que le réflexe reste décelable dans de simples processus cicatriciels ne concernant que le tympan lui-même et s'accompagnant d'un tympanogramme arrondi. En pareil cas l'audition est subnormale voire normale.

- cas d'un tympanogramme en dépression

Si le réflexe n'apparaît pas, c'est vraisemblablement qu'il existe un peu de liquide dans la caisse. S'il existe c'est qu'il ne s'agit que d'une dysperméabilité tubaire sans conséquence.

- cas d'un tympanogramme normal

Une hypoacousie de transmission sans anomalie du tympanogramme et sans réflexe stapédien est fortement évocatrice d'une otospongiose. Le profil de la perte auditive et l'existence d'une encoche de Carhart confortent souvent le diagnostic, sans parler même de l'histoire clinique.

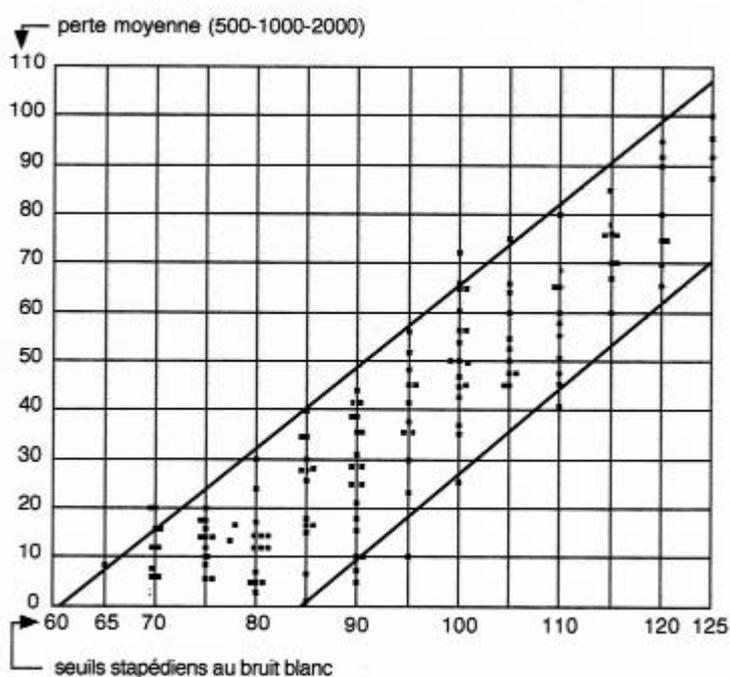


Figure 4. Relation entre la perte moyenne et les seuils stapédiens au bruit blanc

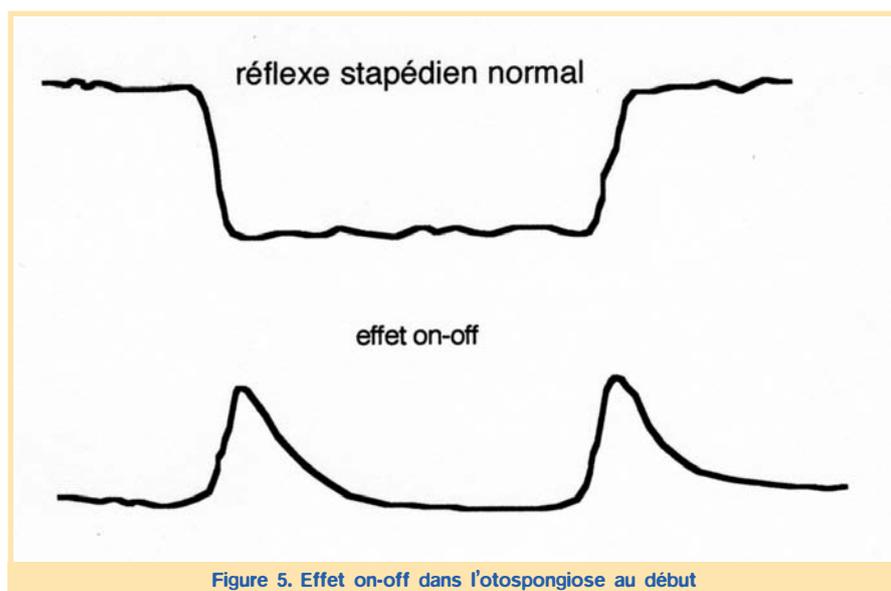


Figure 5. Effet on-off dans l'otospongiose au début

Effet on-off :

Encore plus significative est la présence d'un effet on-off (fig. 5) coexistant avec une légère hypoacousie, parfois même sans perte auditive mesurable. Rappelons que l'effet on-off est caractérisé par une double déflexion se faisant au début et à la fin de la stimulation sonore, dans le sens inverse d'un réflexe normal. Son mécanisme est discuté mais sa présence témoigne clairement d'un début de fixation de l'étrier, à un stade insuffisant ou à peine suffisant pour créer un début d'hypoacousie. (Notons que l'on peut voir des effet on-off hors otospongiose dans des cas très rares et donc trompeurs. Ce n'est pas le lieu de s'y étendre ici)

- cas particulier de la fracture des branches de l'étrier.

La fracture siégeant au delà de l'insertion du muscle, il y a tout à la fois hypoacousie de transmission, tympanogramme normal (ou élevé), et réflexe décelable. Cela, dans un contexte de traumatisme, est très évocateur.

2-2 Paralysies faciales

Le réflexe est absent (sauf si la lésion, sur le trajet du nerf, siège au-delà de son passage dans l'oreille moyenne).

Un réflexe qui reparait après avoir été aboli est un signe de récupération de bon aloi.

3) Lésions centrales

Si la boucle nerveuse est altérée par une lésion du tronc cérébral, on peut observer une conservation des réflexes stapédiens lors des stimulations ipsilatérales, tandis que les réponses sont absentes par stimulation controlatérale, car le circuit ne « croise » pas.

CONCLUSION

Tout n'est pas dit dans ce court exposé concernant les extensions, variations, développements, perfectionnements de l'impédancemétrie de base. Les techniques marginales ou « extra » ordinaires ont essentiellement un intérêt de recherche, soit qu'il s'agisse de procédés exigeant un matériel particulier, soit que les procédures soient trop longues ou trop complexes pour entrer raisonnablement dans le cadre d'examen cliniques courants.

Les progrès se font souvent par bonds grâce à l'apparition de procédés nouveaux. Nous nous sommes d'abord contentés de l'acoumétrie, puis est venue l'audiométrie tonale, puis l'audiométrie vocale. L'impédancemétrie est née ensuite, l'électrocochléographie a préparé le chemin des potentiels évoqués et les otoémissions sont arrivées enfin, en attendant

d'autres découvertes. L'impédancemétrie a été une étape. Elle a offert aussitôt tout son potentiel, et même si certaines procédures ont été supplantées grâce aux renseignements fournis par des explorations nouvelles, il ne faut pas la réduire à la simple tympanométrie comme on le fait parfois. Dans l'éventail de nos batteries de tests, les champs d'application utiles restent riches.

Bibliographie

O. Metz - The acoustic impedance measured in normal and pathological ears - Acta otolaryng. suppl.63 - 1946

K. Terkildsen - En ny metode till paavising af de intra-aural muskelreflexer - Dansk otolaryng. Selsk. Forh. 30 -1957

J-C. Olivier - Les mesures d'impédance en audiométrie - Cahiers de la CFA 1° et 2° édition augmentée (1971 et 1979)

J. Jerger - Handbook of clinical impedance-audiometry - American Electromedics Corp. (1975)

J-J. Valenza et G. Freyss - L'impédancemétrie - Cahiers d'ORL et Ed. Audipha (1975)

A. Feldman and L. Ann Wilber - Acoustic Impedance and admittance - The measurement of middle ear function- William and Wilkins (1976)

J-C. Olivier - L'audiométrie, techniques spéciales - Encyclopédie Médico-Chirurgicale - (1982)

M. Negrevergne - Chapitre sur l'impédancemétrie - Précis d'Audiométrie Clinique, M. et Cl. PORTMANN 1988

F. Legent - Manuel pratique des tests de l'audition - Ed. Masson 1988

ACURIS™
Life



ACURIS Life
La technologie a du charme



ACURIS Life

Fin, discret et très efficace,
2,7 grammes de pure technologie.

Circuit numérique 4^{ème} génération

Puce de 3 Giga Hz développée et
fabriquée par Siemens pour un
traitement du signal avec des
débruiteurs et des algorithmes de
détection de l'environnement
encore plus performants.

Grande autonomie

Pile 312, offre 140 heures d'utilisation.

e2e, technologie de communication sans fil

Les deux aides auditives communiquent
entre elles en parfaite synchronisation
pour reconstituer l'audition en relief et en
stéréo comme le fait notre cerveau.
En option, une télécommande nouvelle
génération fonctionnant en émission et
en réception est disponible.

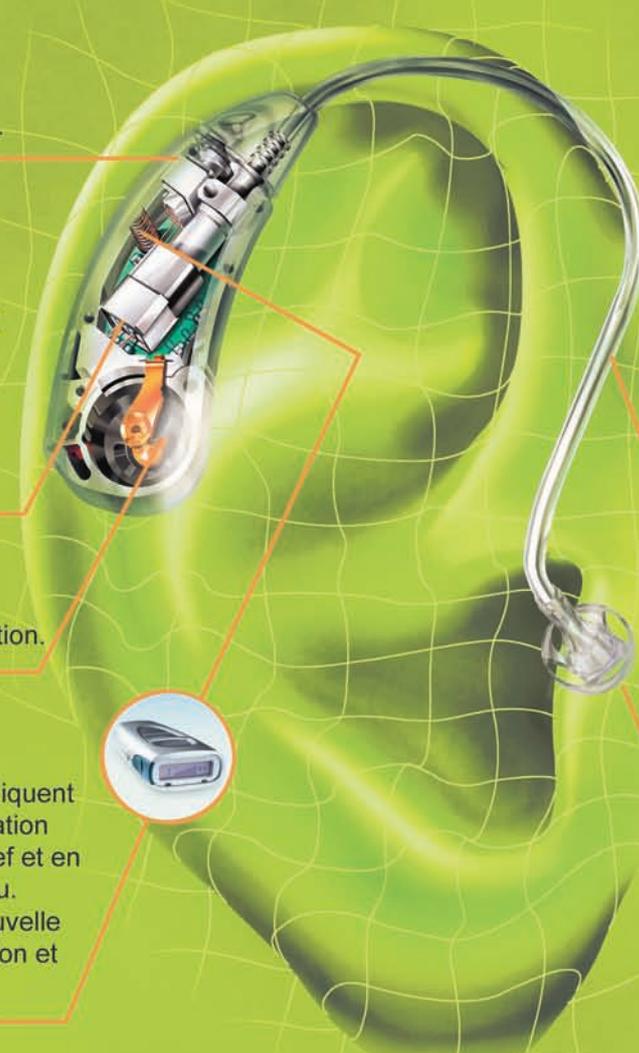


Micro Tube

quasi invisible, permet un appareillage
sur mesure et très discret !

Embout souple

flexible, anti-occlusion, très
confortable.



ACURIS™ Life

Le seul appareillage ouvert équipé de la technologie e2e

Le design fluide et l'ergonomie très confortable d'ACURIS Life le rendent invisible.

ACURIS Life est la solution pour :

- les pertes d'audition légères à moyennes (perte d'audition entre 25 dB et 50 dB)
- les pertes sur les hautes fréquences (type pente de ski).
- et reste idéal pour les 1^{ères} appareillages.

LES POTENTIELS ÉVOQUÉS AUDITIFS EN PRATIQUE QUOTIDIENNE

Il existe trois catégories principales de *potentiels évoqués auditifs* (PEA), désignés en fonction de leur délai d' apparition par rapport à la stimulation sonore :

- les PEA précoces, survenant dans les 10 premières millisecondes suivant la stimulation. Ils sont originaires du nerf auditif et du tronc cérébral.
- les PEA semi-précoces (ou de latences moyennes), survenant entre 10 et 50 ms après la stimulation. Ils sont d'origine thalamique.
- les PEA tardifs, survenant au-delà de 80 ms. Ils sont d'origine corticale.

De tous les PEA, les plus communément utilisés sont les *PEA précoces* (PEAP), encore appelés *potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral* (PEATC), ou *Brain Stem Evoked Response* (BSER), ou encore *Brain Stem Evoked Response Audiometry* (BERA). C' est à eux que nous consacrerons la plus grande partie de cet article. Ils ont été décrits dans les années 1970 par Jewett et sont rapidement devenus un examen essentiel de l' exploration des hypoacusies, notamment unilatérales. Jusqu' aux années 1990, c' était l' examen le plus apte à dépister précocement le neurinome de l' acoustique.

Trente ans après sa mise au point, les instances administratives viennent de diminuer la cotation de cet examen. Cela veut-il dire qu' il n' a plus la place importante qu' il avait dans les explorations otologiques ou bien, n' avons-nous pas suffi-

Martine OHRESSER

ORL - CREFON (Centre d'Explorations
Fonctionnelles Oto-Neurologiques)
10, rue Falguière
75015 Paris

Jean-François MOTSCH

iSnS
(Ingénierie des Signaux NeuroSensoriels)
Université Paris 12 Val de Marne.
61, av. du Général de Gaulle,
94010 Créteil Cedex

1 HISTORIQUE

Un potentiel évoqué (PE) est la réponse électrique évoquée par la stimulation d'un système sensoriel faisant décharger de façon synchrone une large population de fibres afférentes.

En 1930, Wever et Bray découvrent l'existence d'une activité électrique synchrone d'un stimulus acoustique et en 1939 Davis met en évidence des modifications de l'électroencéphalogramme (EEG) humain lors de l'application d'un stimulus acoustique.

En 1951, Dawson et en 1958, Geisler mettent au point la technique du moyennage synchrone et en 1967, Sohmer et

Feinmesser décrivent les différentes composantes de l'électrocochléogramme. C'est en 1970 que Jewett décrit les PEA chez un sujet humain en réponse à un clic rectangulaire de 100 ms. Il le caractérise par sept ondes survenant dans les neuf premières millisecondes qui suivent la stimulation. Une électrode était placée sur la mastoïde et une au vertex. Le nombre de réponses sommées était, en général, supérieur à 1000.

En 1974, Hecox et Galambos décrivent l'intérêt des PEAP dans le dépistage de la surdité chez les bébés et les prématurés et en 1978, Eggermont et Don tentent de rechercher des réponses spécifiques en fréquence.

En 1981, Moeller à partir d'enregistrements peropératoires, approfondit la connaissance des générateurs des différentes ondes.

2 MÉTHODE

Le recueil des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral est très simple dans son principe (Figure 1). Il l'est moins en pratique quotidienne même si nous disposons, depuis longtemps maintenant, de matériels optimisés pour leur recueil et de manière fiable.

La principale difficulté tient au fait que les PEAP sont d'amplitude très faible, quelques centaines de nanovolts, noyés dans un bruit de fond d'amplitude très supérieure (plusieurs centaines de microvolts), constitué de l'activité électro-encéphalographique, à laquelle se surajoute l'activité électro-myographique puisque l'on recueille ces potentiels très à distance de leur lieu d'émission, à travers les espaces méningés, la boîte crânienne, les muscles d'insertion céphalique et cervicale et le cuir chevelu. Le rapport signal sur bruit est donc négatif et de ce fait toujours défavorable. Cela impose de faire preuve d'une grande rigueur dans la réalisation de cet examen pour obtenir le meilleur rapport signal sur bruit possible :

- Soigner la mise en place des électrodes en découpant soigneusement la peau, en positionnant correctement les électrodes, notamment au vertex.
- Veiller à travailler sur un patient le plus détendu possible : confortablement ins-

tallé, allongé sur un lit, la tête reposant sur un oreiller de façon à relâcher les muscles de la nuque pour éviter le myogramme. On lui aura expliqué l'examen et son caractère non traumatique de façon à diminuer l'angoisse. Il sera installé dans la pénombre ou l'obscurité et invité à se relaxer le plus possible, voire à s'endormir. Ces précautions ayant été prises, il est exceptionnel chez l'adulte qu'il soit nécessaire de recourir à une sédation. Nous envisagerons plus loin le cas particulier de l'enfant.

Les PEAP correspondent à la réponse d'une partie des voies auditives à une stimulation sonore. Cette activité peut être enregistrée à distance de son lieu d'émission si l'on emploie un stimulus bref apte à synchroniser les réponses neuronales. Le stimulus le plus apte à favoriser cette réponse est le clic. C'est le stimulus que l'on utilise en pratique quotidienne. Il s'agit d'un signal impulsionnel à spectre fréquentiel large. Cependant, du fait qu'il y a plus d'énergie sur les aigus que sur les graves et, du fait de la conformité du clavier cochléaire, avec les aigus codés à la base, on stimule de façon privilégiée la zone 2 000 à 4 000 Hz. Dans certaines applications, on peut aussi utiliser des sons purs. Dans ce cas, il s'agit de tone bursts, son pur de durée raccourcie. Généralement, la stimulation est présentée à la fréquence de récurrence de 20 par seconde.

Pour extraire la réponse du bruit de fond, on fait appel à la technique classique du

moyennage. Cette technique, universelle pour le recueil d'activités neuronales, consiste à accumuler les réponses à des stimulus répétitifs. On stimule l'oreille à intervalles réguliers. On enregistre ensuite le signal amplifié en provenance des électrodes. Lorsque l'on accumule (somme) les réponses, le signal utile augmente d'amplitude tandis que le bruit diminue. Le rapport signal sur bruit est d'autant meilleur que le nombre d'accumulations est grand.

Ceci n'est possible que si l'on fait deux hypothèses : la première que le bruit de fond est aléatoire et de moyenne nulle et la seconde que chaque réponse est identique à la précédente. Or, ces hypothèses ne sont pas constamment satisfaites : le bruit n'est pas de moyenne nulle et la réponse n'est pas toujours identique, notamment dès que l'on aborde les pathologies rétro-cochléaires qui génèrent des réponses désynchronisées. Néanmoins, le moyennage est une technique universellement utilisée car elle a le mérite de la simplicité. En ce qui concerne les PEAP, les résultats sont bons sur la plupart des pathologies endocochléaires.

Pour avoir une réponse de bonne amplitude et analysable correctement, il faut généralement accumuler de l'ordre d'un millier de clics.

La réponse est obtenue en plaçant une électrode sur chaque mastoïde (électrode négative) et une autre sur le vertex (électrode positive). Une électrode de masse est placée sur le front (Figure 1).

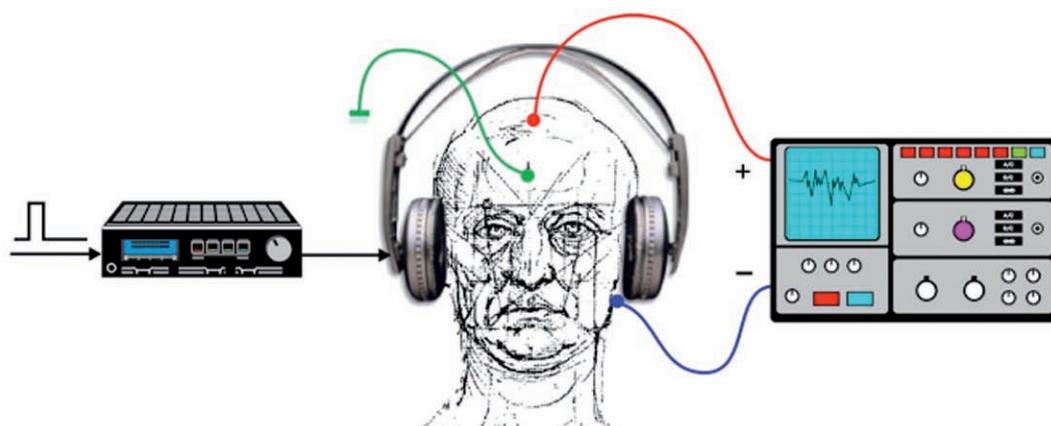


Figure 1. Principe du recueil des PEAP

Certains utilisent une électrode sur le lobe de l'oreille. Les électrodes autocollantes sont généralement mal adaptées à cette situation. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser des électrodes transcutanées mais piquer le lobe de l'oreille est un peu douloureux. C'est la raison pour laquelle, nous avons toujours utilisé des électrodes collées sur la mastoïde.

En revanche, au vertex, l'électrode collée n'est pas un bon choix, car soit elle colle insuffisamment et le contact est de mauvaise qualité, soit elle colle beaucoup et il est ensuite très difficile de la retirer des cheveux. Un meilleur recueil est obtenu en utilisant des électrodes transcutanées pour le vertex dont la mise en place est cette fois totalement indolore. Il s'agit, bien sûr, d'électrodes à usage unique.

Avant de commencer le recueil des potentiels, il faut s'assurer que les conditions techniques sont satisfaisantes. Il y a essentiellement deux éléments à vérifier : le premier est l'impédance des électrodes. Les matériels actuels permettent d'accéder à ce renseignement, la plupart du temps par un système de LEDS dont le passage au vert garantit une impédance satisfaisante. Le deuxième point est de regarder la trace directe qui correspond à l'EEG du patient et qui s'affiche généralement sur l'écran. Elle ne doit pas être de trop grande amplitude. Certains systèmes mesurent et affichent cette amplitude.

3

ANALYSE DES PEAP

Les PEAP reflètent l'activité de l'oreille interne, du nerf auditif et d'une partie du tronc cérébral. Ils sont composés essentiellement de cinq ondes désignées de I à V (Figure 2). L'origine de ces différentes ondes a longtemps prêté à discussion. On s'accorde généralement pour admettre que les ondes I et II reflètent l'activité du nerf auditif, l'onde III celle des noyaux cochléaires, l'onde IV du complexe olivaire supérieur et l'onde V du lemnicus latéral. C'est du moins le schéma qui prévôt en pratique clinique courante. Néanmoins, il s'agit d'une approximation puisqu'il est probable qu'à une onde ne corresponde pas un générateur unique mais un ensemble de générateurs qui déchargent simultanément. Au contraire, de nombreuses autres populations neuronales jouent un rôle dans la perception du signal sonore, mais ne sont pas détectées car elles ne possèdent pas une orientation ou une synchronisation avec le stimulus favorable.

Il a parfois été décrit des ondes VI et VII, surtout observées chez l'animal, plus rarement observées chez l'homme et dont l'origine serait le colliculus inférieur.

Le PEAP du sujet normal est tout à fait stable, en forme, en amplitude et en latences. Il est parfaitement reproductible dans des conditions de veille ou de sommeil. C'est un examen objectif du fonctionnement auditif car il ne dépend pas de la participation du patient.

L'analyse d'un PEAP moyenné en clinique courante consiste à identifier les différentes ondes et à mesurer leur latence par rapport au stimulus sonore. La latence est fonction de l'intensité de stimulation et donc du degré de surdité. Plus l'intensité diminue, plus les latences augmentent et plus l'amplitude des ondes diminue. En diminuant l'intensité sonore, on perd progressivement les premières ondes, mais on conserve l'onde V jusqu'à 10 à 20 dB du seuil auditif sur la zone 2000 à 4 000 Hz (Figure 3).

Les latences des différentes ondes peuvent être un peu différentes d'un matériel de recueil à l'autre. On peut admettre qu'à forte intensité, c'est-à-dire à 80 dB du seuil auditif par exemple, les latences de ces différentes ondes sont les suivantes chez l'adulte : pour l'onde I 1,5 à 2 ms, pour l'onde II 2,5 à 3 ms, pour l'onde III 3,5 à 4,2 ms et pour l'onde V 5,3 à 6 ms.

Plus intéressants encore que les latences, car invariants avec la stimulation sonore, sont les délais I-III et I-V, que l'on peut considérer, en première approximation, comme représentant les temps de conduction entre les ondes I et III et I et V. le délai I-III est de 1,8 à 2,0 ms et le délai I-V est de 3,8 à 4,1 ms.

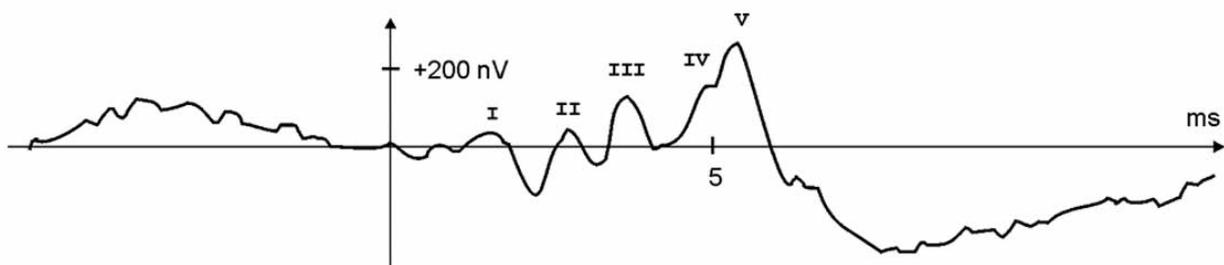


Figure 2. PEAP moyenné

Les cinq ondes constituant un PEAP normal (filtrage : 16 Hz / 16 kHz, électrodes vertex/mastoïde, gain 200 000, 2 000 cycles, rapport signal sur bruit : - 30 dB).

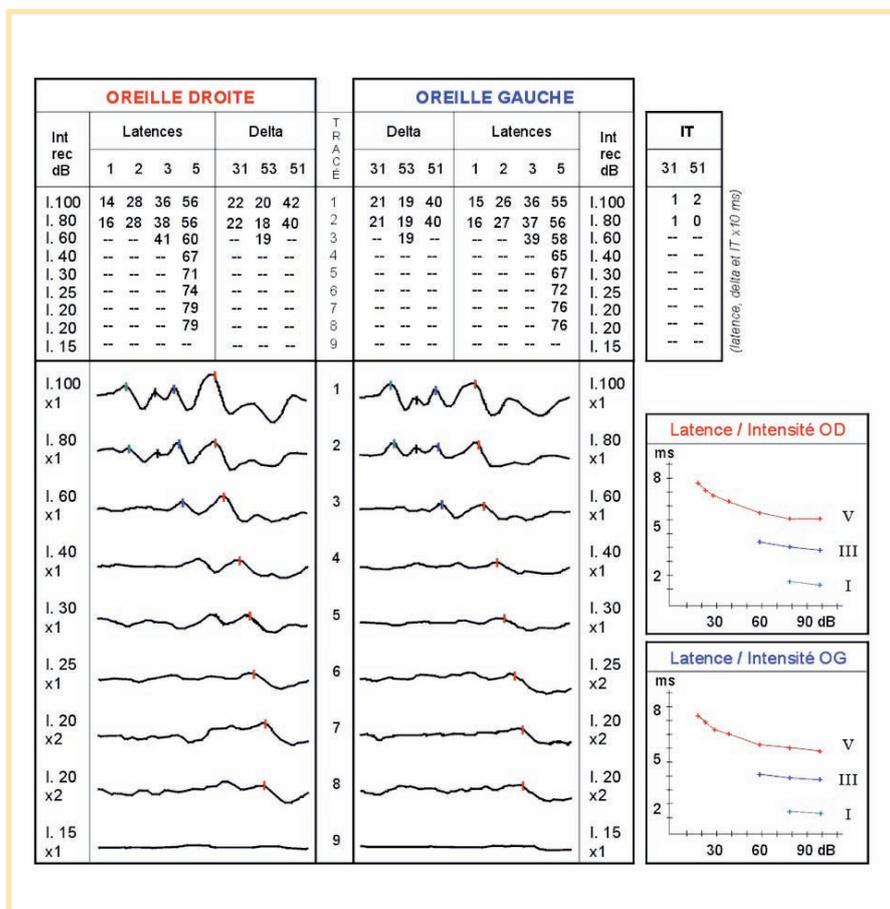


Figure 3. Évolution du PEAP en fonction de l'intensité de stimulation
Évolution des PEAP droits et gauches avec l'intensité sonore. Les différents paramètres sont indiqués latences des différentes ondes, delta I-III et I-V et IT. Les courbes latences-intensité sont tracées pour les deux côtés.

Plus intéressante encore que les délais I-III et I-V, la différence interaurale de temps de conduction est le critère essentiel (IT I-III et IT I-V pour inter aural time). Elle ne doit pas excéder 0,3 ms. Un IT supérieur oriente vers une atteinte rétrocochléaire. Il s'agit là d'un paramètre particulièrement intéressant car indépendant d'une éventuelle surdité.

Cependant, tous ces paramètres nécessitent la présence de l'onde I or, elle n'est recueillie que pour des intensités supraliminaire et elle est souvent absente en cas de surdité, rendant le calcul des temps de conduction impossible. C'est là une des limites de la méthode.

L'amplitude de la réponse était jusqu'à présent un élément d'analyse assez secondaire. Le seul élément important à prendre en compte était le rapport d'amplitude entre les ondes I et V qui, chez le sujet nor-

mal est de 1/2. Dans certaines atteintes du tronc cérébral en effet, on peut observer une détérioration, voire une inversion de ce rapport d'amplitude. Depuis quelque temps, les critères d'analyse des potentiels évoqués retenus par l'ANAES comportent la quantification de l'amplitude de la réponse. C'est un élément qui est actuellement donné par la majeure partie des appareils. C'est une quantification dont la pertinence est difficile à apprécier. Plusieurs questions se posent : quelle ligne de base prendre pour le 0 d'amplitude, quelle conséquence diagnostique accorder aux variations d'amplitude, en dehors du rapport I-V précédemment mentionné par exemple ?

L'analyse des potentiels évoqués inclut la réalisation d'une courbe latence/intensité (Figure 3). On ne doit pas se limiter aux réponses obtenues à forte intensité mais diminuer progressivement l'intensité de la

stimulation sonore jusqu'à voir disparaître la réponse. La plupart des matériels actuels tracent automatiquement cette courbe. C'est à forte intensité que l'on a les potentiels évoqués les plus complets où l'on peut donc espérer avoir les cinq ondes de bonne amplitude, facilement identifiables mais, il faut faire très attention aux intensités sonores que l'on utilise, des traumatismes sonores ont été décrits à plusieurs reprises. Il est donc recommandé de ne pas s'élever au-delà de 80 dB en cas d'audition normale ou de surdité légère. On ne dépassera ce niveau qu'en cas de déficit supérieur à 50 dB.

4 INDICATIONS DES PEAP

Elles sont au nombre de trois : le diagnostic topographique d'une surdité, la détermination objective du seuil auditif sur les aigus et le diagnostic d'une pathologie du tronc cérébral.

4.1. Le diagnostic topographique d'une surdité

En cas de surdité unilatérale, les PEAP sont l'examen essentiel pour déterminer l'origine endo ou rétrocochléaire de la surdité. En cas de surdité endocochléaire, les temps de conduction restent normaux ainsi que les deltas I-III et I-V et les IT I-III et I-V.

S'il s'agit d'une surdité fortement recrutante, comme c'est le cas des maladies pressionnelles par exemple, ou encore d'un déficit tonal de profil horizontal, on pourra conserver des PEAP anormalement « beaux » jusqu'à des intensités juxtaliminaire, avec par exemple conservation des cinq ondes jusqu'à 10 dB du seuil. Ceci permet de souligner une fois de plus qu'il est important d'observer le comportement du PEAP jusqu'au seuil et de ne pas se contenter de deux intensités supraliminaire.

La Figure 4 donne un exemple de PEAP de type endocochléaire.

En revanche, en cas d'atteinte du nerf auditif, on peut observer un allongement des délais I-III et I-V, une onde V significativement allongée, des IT supérieurs à 0,3 ms (0,4 ms si le déficit auditif est supérieur à 65 dB), voire l'absence de réponse pour des intensités pourtant supraliminaire. La Figure 5 montre un PEAP de type rétrocochléaire. On ne peut prédire la taille de la tumeur sur l'importance des signes rétrocochléaires ipsilatéraux. On peut également observer des anomalies rétrocochléaires sur l'oreille controlatérale à un neurinome du VIII soit parce que la tumeur est très volumineuse ou encore parce qu'elle se développe dans l'angle ponto cérébelleux.

Toutes les mesures standard assurent une détection à 99 % des tumeurs extracanales et des tumeurs intracanales de plus d'un centimètre de diamètre. En revanche, la détection est de 63 à 93 % suivant les équipes pour la détection des tumeurs intracanales inférieures à un centimètre.

Qui dit anomalies rétrocochléaires aux PEAP ne veut pas dire pour autant neurinome. Tout d'abord, en cas d'anomalies rétrocochléaires associées à une IRM normale, il est souhaitable de renouveler les PEAP un an plus tard et, en cas d'aggravation des signes rétrocochléaires, de refaire une IRM. Un certain nombre de névrites, y compris d'expression purement vestibulaire, peuvent s'accompagner de signes rétrocochléaires du côté atteint, voire d'anomalies bilatérales.

Des anomalies rétrocochléaires bilatérales peuvent également s'observer au cours de certains troubles métaboliques, diabète par exemple, de certaines presbyacousies où domine l'atteinte centrale, certaines pathologies dégénératives, maladie démyélinisante notamment. Dans de tels cas, il est utile de renouveler les PEAP régulièrement pour suivre l'évolution de la maladie.

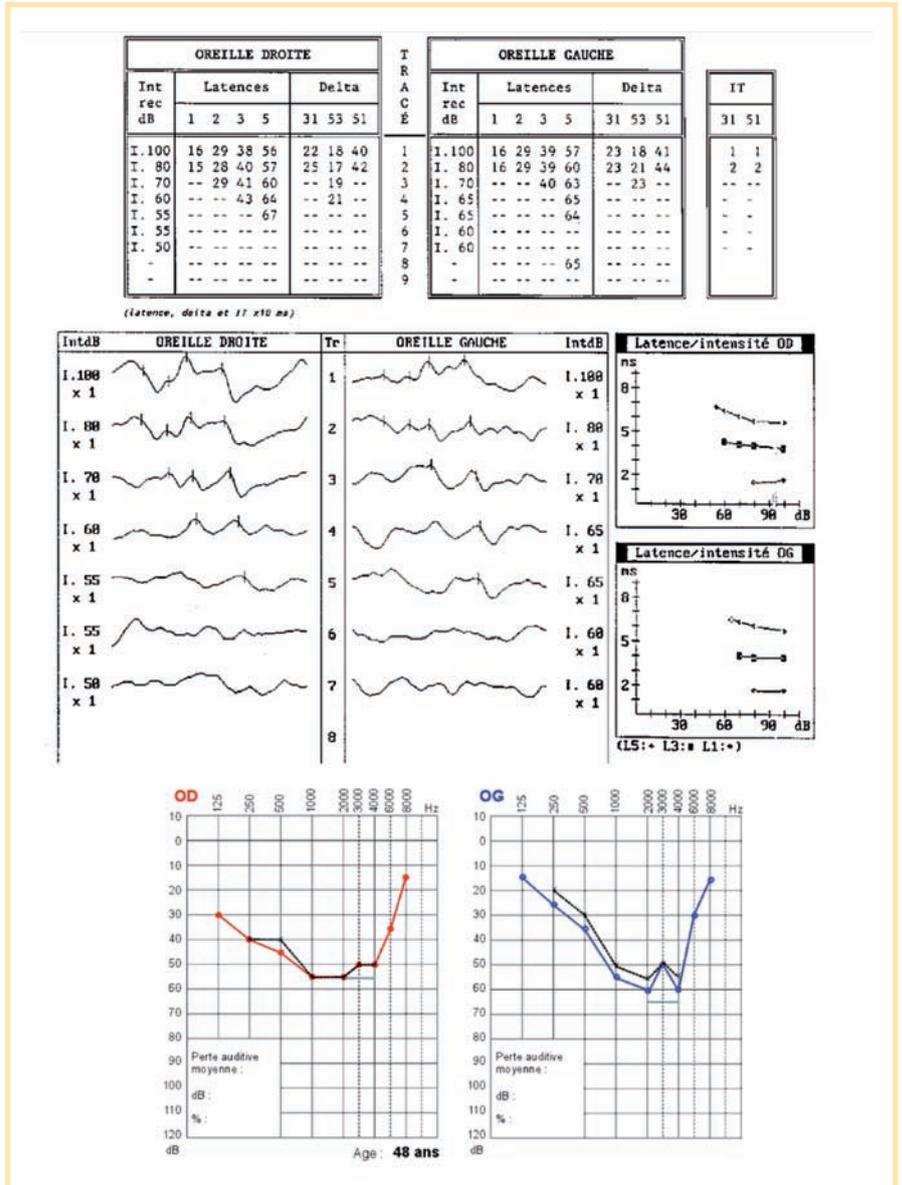


Figure 4. Audiogramme et PEAP de type endocochléaire. Malgré l'importance de la baisse d'audition, toutes les ondes des PEAP sont identifiables et sont de latence normale. Il en est de même des deltas I-III et I-V ainsi que des IT. On peut obtenir une réponse jusqu'à 5 à 10 dB du seuil moyen sur la zone 2 000 à 4 000 Hz, ce qui témoigne d'un net recrutement.

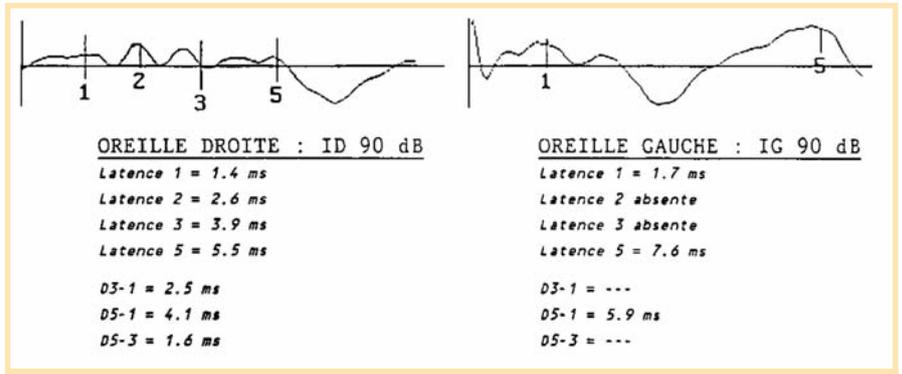


Figure 5. PEAP de type rétrocochléaire. Il s'agit d'un neurinome du VIII gauche qui remanie profondément le PEAP avec un allongement de latence de l'onde V à 7,6 ms, avec allongement notable du délai I-V à 5,9 ms.

4.2. La détermination objective du seuil auditif

Comme on l'a dit plus haut, on peut obtenir des réponses de PEAP jusqu'à 10 à 20 dB du seuil sur la zone 2 000 à 4 000 Hz. Si l'on veut obtenir une estimation du seuil auditif sur des fréquences médianes ou plus graves, il faut s'adresser à d'autres types de potentiels évoqués. Malheureusement, ils sont généralement de mise en œuvre plus difficile et plus longue que les potentiels précoces.

Cette détermination objective du seuil sur les aigus n'est qu'approximative car elle dépend d'un certain nombre de facteurs : du niveau de maturation des voies auditives, des conditions techniques, qui doivent être excellentes si l'on veut s'approcher très près du seuil, du profil du déficit tonal, de l'importance d'un éventuel recrutement, la présence ou non d'un éventuel facteur transmissionnel, par exemple.

Le cas particulier de l'enfant : les PEAP sont détectables à partir de la 27/28^{ème} semaine gestationnelle, mais avec un seuil élevé : à la 29^e semaine de 40 dBHL, à terme à 20 dBHL. Ils ont des latences allongées : à la 29^e semaine, l'onde V a une latence de 9,4 ms, alors qu'à terme elle est de 7,3 ms. Une maturation très rapide a lieu dans les heures qui suivent la naissance. C'est vers l'âge de 18 mois à 2 ans que l'on obtient des valeurs identiques à celles de l'adulte. La figure 7 montre les PEAP d'un enfant de 2 mois.

4.3 Les pathologies du tronc cérébral

Nous avons déjà évoqué les pathologies démyélinisantes, mais il peut s'agir aussi du diagnostic d'une atteinte isolée du tronc cérébral de nature vasculaire ou tumorale et qui atteint les ondes les plus tardives des potentiels précoces notamment le complexe IV-V. On peut observer un allongement de l'onde V ou encore une inversion du rapport d'amplitude avec l'onde I.

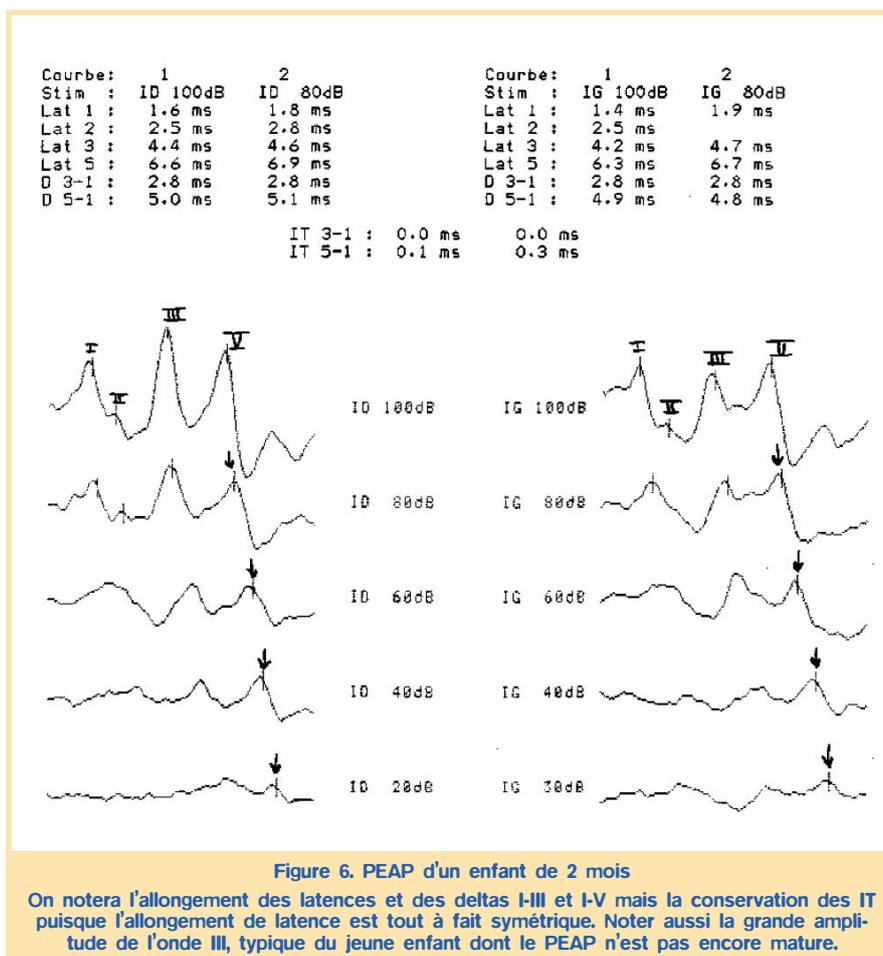


Figure 6. PEAP d'un enfant de 2 mois

On notera l'allongement des latences et des deltas III et I-V mais la conservation de l'IT puisque l'allongement de latence est tout à fait symétrique. Noter aussi la grande amplitude de l'onde III, typique du jeune enfant dont le PEAP n'est pas encore mature.

5 UNE ALTERNATIVE AU MOYENNAGE : LA DYNAMIQUE TEMPORELLE DU TRONC CÉRÉBRAL (DTC)

La technique du moyennage est basée sur des hypothèses dont on a vu plus haut qu'elles n'étaient pas toujours valides. Elle est très bien adaptée à l'analyse d'un processus stable, comme l'est le PEAP normal

ou endocochléaire. Elle l'est en revanche beaucoup moins lorsqu'il s'agit d'un processus très variable, ce qui est typiquement le cas des pathologies rétrocochléaires qui se caractérisent par une désynchronisation, permanente ou temporaire, des réponses. Il a donc été cherché d'autres méthodes de recueil et d'analyse qui rendraient les PEAP plus performants dans ce domaine. L'une de ces techniques est celle de la Dynamique temporelle du tronc cérébral (DTC) que nous avons élaborée dans les années 1980. Elle est basée sur une méthode de reconnaissance de forme qui permet, par comparaison avec différents modèles de PEAP, d'aboutir à partir de quelques accumulations à une estimation du PEAP du patient. La deuxième étape est de rechercher ensuite ce PEAP dans l'EEG et d'en faire une estimation toutes les 800 ms. Ceci aboutit à une visualisation de l'évolution du PEAP au cours du temps.

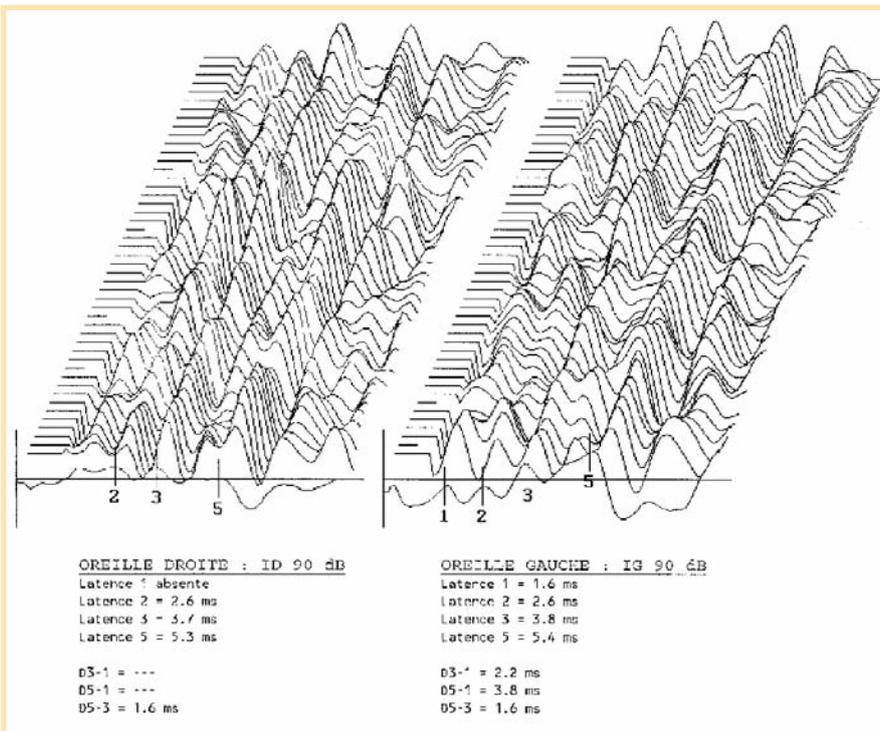


Figure 7. DTC normale

Chaque tracé est un PEAP estimé en 800 ms. On remarque la parfaite stabilité des tracés au cours du temps, tant en forme qu'en amplitude ou en latence. Cette technique est beaucoup plus riche d'informations que le seul tracé obtenu par moyennage. De plus, les latences et les temps de conduction sont déterminés de façon automatique par le logiciel d'analyse des PEAP, indépendamment d'un opérateur. Il est affranchi des erreurs ou imprécisions qui peuvent être celles d'une reconnaissance subjective.

La Figure 7 montre une DTC normale : on constate une excellente stabilité du PEAP en latence, en forme comme en amplitude. Cette estimation du PEAP toutes les 800 ms alors qu'il faut au moyennage généralement environ une minute avant d'obtenir un tracé, rend cette technique plus efficace pour le diagnostic des pathologies rétro-cochléaires, notamment débutantes, qu'il s'agisse de tout petits neurinomes ou de pathologies du tronc cérébral peu étendues. La figure 8 montre des DTC obtenues chez un patient atteint d'une maladie démyélinisante avec une petite atteinte du tronc cérébral.

6 PERSPECTIVES DES PEAP

Comme on l'a déjà évoqué, dans les années 1980, les PEAP ont rendu possible la détection des petits neurinomes et sont

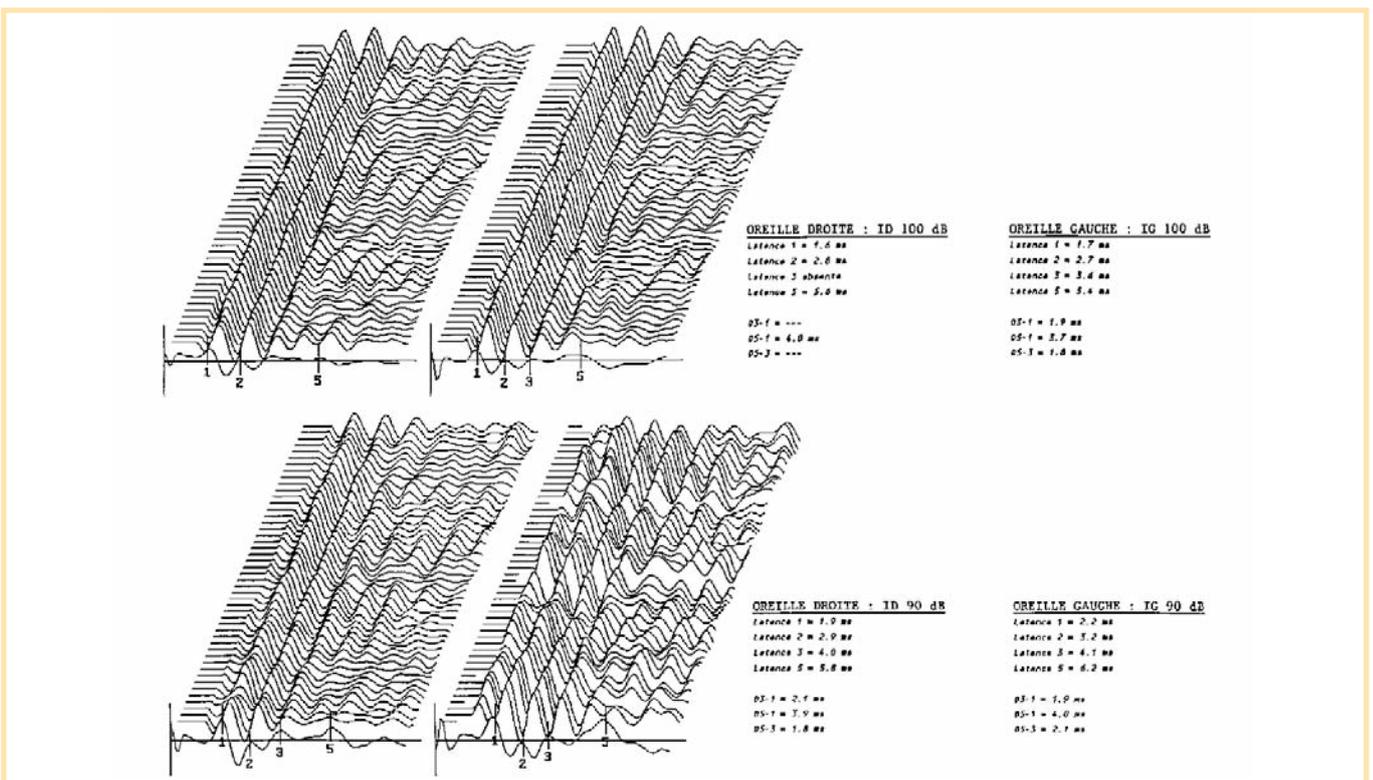


Figure 8. DTC d'un patient atteint d'une maladie démyélinisante

Petite atteinte du tronc cérébral chez un patient atteint d'une maladie démyélinisante. On remarquera la parfaite synchronisation des ondes I, II et III et, au contraire l'aspect anarchique au-delà. Le moyennage ne montrait qu'une inversion du rapport d'amplitude I-V sur certains tracés.

rapidement devenus l'examen le plus efficace pour leur diagnostic. Parallèlement, la chirurgie a fait de grands progrès, est devenue plus efficace et plus sûre : c'est « l'âge d'or des PEAP ». Il prend fin dans les années 1990 où l'IRM atteint un pouvoir de résolution théorique qui lui permet de détecter des tumeurs de 2 mm. Son efficacité diagnostique devient supérieure à celle des PEA et cela nous amène à nous interroger sur la place actuelle et future des PEAP dans notre batterie d'explorations fonctionnelles.

Cette suprématie de l'IRM doit d'abord être tempérée par le fait qu'il n'est pas toujours facile d'avoir accès à ce type d'imagerie, tout particulièrement si l'on pense aux patients des régions pour lesquels cela peut représenter un déplacement important. La neuroradiologie a par ailleurs un coût très nettement supérieur à celui des PEAP.

Par ailleurs, est-il véritablement envisageable de faire une IRM devant chaque surdité unilatérale ? Il faut plutôt remettre les PEA à leur juste place dans les explorations fonctionnelles : ils ne sont qu'une partie du bilan auditif de base d'une surdité unilatérale et en cas de PEA normaux il faut savoir s'alerter devant des distorsions de compréhension vocale, parfois n'apparaissant que pour des intensités supraliminales, de l'élévation de seuil de certains réflexes stapédiens par exemple et, dans ces cas-là ne pas hésiter à poursuivre par l'IRM.

Par ailleurs, notre conception du traitement des neurinomes est en train de changer du fait de notre capacité à les détecter de bonne heure. Les PEAP trouvent maintenant leur place dans le suivi des petites tumeurs que l'on n'opère pas d'emblée. Ce suivi est assuré conjointement par l'IRM qui en donne une photographie à l'instant « t » et les PEAP qui sont susceptibles de mettre en évidence une perturbation de la fonction. Les deux aspects sont complémentaires : savoir si le neurinome entraîne ou non un retentissement sur la fonction est un élément important à considérer dans l'indication chirurgicale.

Le monitoring per-opératoire :

Les progrès conjoints du dépistage des neurinomes et des possibilités de la chirurgie permettent d'espérer être de plus en plus conservateur de l'audition lors de l'ablation des neurinomes. Le monitoring per-opératoire consiste à enregistrer en continu les PEAP au cours de l'intervention dans le but de dépister en temps réel l'apparition d'anomalies témoignant d'une souffrance du système auditif et/ou du tronc cérébral. Il est ainsi possible d'alerter le chirurgien sur un geste qui apparaît dangereux pour la conservation de l'audition.

Les PEAP en régime permanent (Steady State Potentials) :

La détermination objective du seuil auditif, fréquence par fréquence est un but poursuivi de longue date auquel les PEAP ne répondent pas, pas plus que les oto-émissions. Les potentiels semi-précoces sont de recueil et d'analyse très difficiles, les potentiels évoqués corticaux sont, eux, de réalisation trop longue pour s'imposer en pratique courante. Les potentiels évoqués auditifs en régime permanent ou Auditory Steady State Evoked Potentials, communément appelés Steady State (Sasha John et Picton), ont pour but d'aboutir à la réalisation d'un audiogramme objectif. Ils sont obtenus en réponse à plusieurs stimuli modulés en amplitude présentés simultanément. On extrait les réponses en pratiquant une analyse spectrale du signal recueilli. On observe alors deux pics qui correspondent respectivement à la fréquence testée plus la fréquence de modulation et à la fréquence testée moins la fréquence de modulation. On peut suivre l'évolution de ces pics avec la diminution de l'intensité de stimulation. La dernière intensité capable de générer des réponses détermine le seuil auditif à la fréquence testée.

LES AUTRES POTENTIELS EVOQUES AUDITIFS

7.1. Les potentiels semi-précoces (ou de latences moyennes)

Ils n'ont pas connu le développement et le succès des PEAP. Alors que pour ces derniers, il s'est dégagé au long des années un consensus sur les caractéristiques de la stimulation et du filtrage qui permettent d'obtenir les réponses les plus fiables, il n'y a pas eu d'évolution semblable pour les semi-précoces.

Ces potentiels intéressent l'otologiste car ils sont susceptibles de donner une estimation du seuil auditif sur 1 000 Hz, ils seraient donc un bon complément aux PEAP dans la détermination objective du seuil auditif. Pour ce faire, nous utilisons les mêmes électrodes que pour les potentiels précoces. Le stimulus est constitué de tone bursts de 1 000 Hz, avec un temps de montée et de descente de 1 ms et un plateau de 4 ms, à la fréquence de récurrence de 3 à 5 coups par seconde. Le filtrage utilisé est un filtre passe-haut de 10 Hz, de pente 12 dB par octave et un filtre passe-bas de 3 000 Hz et de même pente.

Dans de bonnes conditions techniques, des réponses sont obtenues jusqu'à 30 à 40 dB du seuil sur le 1 000 Hz, sous forme d'un complexe désigné par Na-Pa qui proviendrait du thalamus et de l'aire corticale primaire. Na est recueillie entre 16 et 30 ms après la stimulation et Pa, de 30 à 40 ms. Un exemple en est donné Figure 9. Il existe aussi une réponse dite N0-P0 qui survient entre 10 et 15 ms et qui est en rapport avec l'activité des muscles rétro auriculaires.

Le problème principal de leur obtention est qu'ils sont parasités par les potentiels myogéniques et diminués, voire annulés, par la sédation et le sommeil qui pourtant rendraient leur extraction plus facile.

7.2. Les potentiels cognitifs ou P 300

Ce sont des potentiels tardifs, d'origine corticale, consistant essentiellement en une grande onde positive survenant à 300 ms, provenant vraisemblablement de nappes corticales mises en jeu lorsqu'on demande au sujet d'être attentif à certaines caractéristiques de la stimulation, comme la survenue d'un stimulus aléatoire au sein d'une stimulation répétitive dont il peut être différent en fréquence et/ou en intensité. Le même type de réponse peut être obtenu par une stimulation visuelle ou auditive. Ces potentiels sont donc indépendants des caractéristiques du stimulus, contrairement à tous ceux que nous venons d'envisager. On dit qu'il s'agit de potentiels dits liés à l'événement. Ils sont un peu en dehors de la stricte spécialité de l'otologie et s'adressent surtout au diagnostic des troubles cognitifs dégénératifs où l'on peut observer un allongement de leur latence voire leur disparition. Ils peuvent aussi être intéressants pour confirmer l'atteinte haut située devant des tests auditifs centraux perturbés par exemple.

7.3. La Négativité de Discordance

Plus communément connue sous son nom anglais de MisMatch Negativity (MMN), la Négativité de Discordance utilise le même type de stimulation (technique du Stimulus Déviant - en anglais Oddball Paradigm -) que l'étude de l'onde P300. Il s'agit aussi d'un potentiel lié à l'événement. Mais, il ne demande aucune attention particulière du sujet. Sa présence signifie seulement qu'il a été constaté une différence acoustique entre un son standard et un son déviant.

La MMN présente une très grande variabilité dans sa forme et on ne peut en fait se baser que sur sa présence ou son absence (ni sa latence ni son amplitude

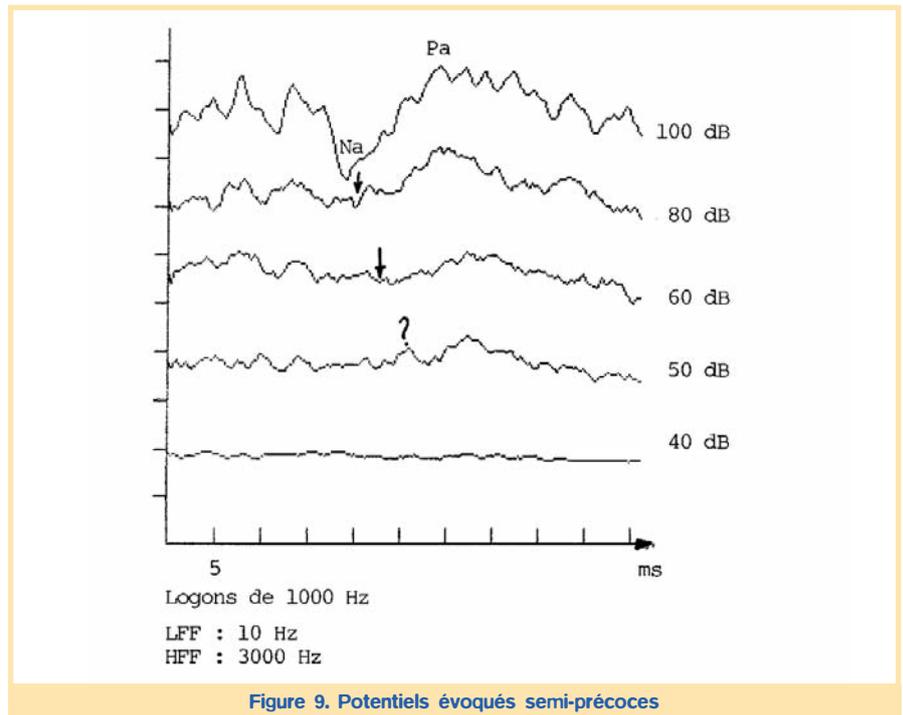


Figure 9. Potentiels évoqués semi-précoces

n'ont d'utilité actuellement reconnue). Elle se présente comme une onde négative dont le maximum se situe aux alentours de 100 à 200 ms.

C'est la seule onde cognitive à détection automatique, mais ses applications cliniques restent actuellement limitées (la présence de la MMN chez un patient comateux est de bon pronostic, mais son absence n'a pas de signification pronostique).

8 CONCLUSION

Les potentiels évoqués sont souvent comparés et opposés aux possibilités de l'IRM. S'il s'agit de les limiter au diagnostic du neurinome de l'acoustique, le combat est pour eux perdu d'avance. Mais c'est faire preuve d'une vision bien réductrice de les envisager sous cet unique aspect alors qu'ils sont capables de tester l'ensemble des voies auditives, dans différentes conditions, de stimulus ou d'attention, par exemple. Au moment où nous décryptons de plus en plus les processus centraux d'analyse du signal de parole, que les

tests centraux de l'audition prennent une place grandissante dans nos explorations, il ne faut pas laisser de côté tous les potentiels que nous avons à disposition car ils testent la fonction et, à ce titre seront toujours complémentaires de l'image. Le nouveau défi qui les attend est au contraire de se mesurer à l'imagerie fonctionnelle qui arrive. Ils doivent être pour cela de plus en plus performants. Entraînons-nous à les utiliser tous avec rigueur et méthode.

Bibliographie

Nous rappellerons succinctement quelques synthèses récentes :

Paul AVAN - Exploration Fonctionnelle Objective des Voies Auditives - Editions Médicales Internationales, (1997).

Jean-Michel GUERIT - Les Potentiels Evoqués - Masson, Paris. (1998).

PICTON TW et al. - Human auditory steady-state responses - International Journal of Audiology 2003; 42:177-219

CHIAPPA KH - Evoked Potentials in Clinical Medicine - Raven Press (New York)

KATZ J - Handbook of Clinical Audiology - Ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia (2002).

SWISS+EAR

La perfection de l'adaptation ouverte



Aussi parfait qu'une montre Suisse, SwissEar™ respecte encore une fois la tradition de l'excellence de Bernafon, le fabricant Suisse de Solutions auditives innovantes.

SwissEar™ associe les meilleures solutions d'adaptation ouverte et la technologie des systèmes auditifs Bernafon pour réaliser la perfection d'une adaptation ouverte.

- **Meilleure compréhension de la parole dans le bruit**
- **Excellente qualité sonore**
- **Tenue parfaite, discrets et confortables à porter**
- **Flexibilité du port à long terme**
- **Adaptation rapide et précise**
- **Pour vous, une opportunité de développer vos activités**

SWISS+
Engineering

bernafon®

Innovative Hearing Solutions

Prodition S.A.
37-39, Rue Jean-Baptiste Charcot
92402 Courbevoie cedex
France
Tél. 01 41 88 00 80

www.bernafon.com

ARNAUD COEZ REJOINT L'ÉQUIPE DES CAHIERS DE L'AUDITION



Les Cahiers vont être amenés à modifier progressivement leur collaboration avec des professionnels. Il est normal de vous rendre compte au fur et à mesure des

modifications de l'organigramme. Dans ce cadre, nous avons demandé à Arnaud Coez de nous rejoindre en tant que co-rédacteur dans l'équipe de rédaction des Cahiers. Arnaud a une double formation, d'une part il est docteur en pharmacien et, d'autre part, il est titulaire d'un diplôme du CNAM permettant l'exercice de l'audioprothèse. Outre sa collaboration de praticien avec E. Bizaguet, il effectue actuellement un travail de recherche au CEA. Il est par ailleurs associé à l'équipe d'enseignement du

CNAM et bien sûr, membre du Collège. Nous lui souhaitons la bienvenue et le remercions par avance pour la lourde charge de travail qu'il a accepté de partager avec nous.

FORMATION DES PROFESSIONNELS DE L'AUDIOLOGIE PROTHÉTIQUE

Le Collège se mobilise depuis des années pour obtenir une amélioration sensible du niveau de formation des professionnels de l'audiologie prothétique. Le résultat attendu vise naturellement à améliorer la qualité des prestations des professionnels. Ce travail se concrétise par un enseignement post-universitaire annuel très suivi et la publication des Cahiers. Cette masse de travail très importante à laquelle collabore les meilleurs spécialistes a pour but de mettre à niveau les professionnels attachés à un exercice

sérieux de leur profession. Certains voudraient faire croire que cette profession n'est exercée que par des «presse-bouton». C'est regrettable, très regrettable d'autant plus que les personnes qui distillent ces avis sont informées par des gens dont certains sont diplômés mais n'ont qu'une expérience virtuelle et très lointaine de la profession !



ELI par Starkey : Le premier module bluetooth pour aide auditive. ELI se connecte sur les contours d'oreille par l'intermédiaire du sabot audio. Il fonctionne aussi avec tous les appareils (intras et contours non-compatible euroconnecteur) doté d'une bobine téléphonique.

LOI SUR LE HANDICAP

La loi sur le handicap est-elle un piège pour les malentendants ? C'est bien la question qu'on peut se poser lorsqu'on sait que l'AGEFIPH a réduit son aide aux personnes sourdes faisant l'acquisition d'aides auditives. Jusqu'au 31 décembre 2004, cet organisme pouvait apporter une aide qui



allait jusqu'à 800 euros par prothèse auditive pour toute personne en activité dans une entreprise privée (le public ayant ses propres filières). Depuis le 1^{er} janvier cette aide est tombée à 170 euros par prothèse ! A ce jour, l'administration de la santé et des affaires sociales se contente de dire que la décision de l'organisme en question est une décision unilatérale. Cette réponse ne résoud rien pour les personnes sourdes et à faible revenu. Il faudra bien pourtant trouver une réponse adaptée parce qu'on imagine difficilement qu'on peut trouver un travail et le conserver sans entendre correctement. Par ailleurs c'est peut être aussi l'occasion de rappeler que la gêne sociale ne commence pas à 80% de perte !

FORMATIONS COMPLÉMENTAIRES TOUJOURS PLUS

La culture économique qui est la nôtre nous permet-elle toujours de bien comprendre les choix qui sont faits par les Anglo-saxons ?

Je n'en suis pas si sûr. Certaines critiques venant de professionnels eux-mêmes suggèrent que bien souvent le collègue en fait trop ! Ceux-là devraient se tenir au courant des dernières décisions prises par l'Academy of Dispensing Audiology dont les instances dirigeantes ont décidé de ne



plus accepter dans leurs rangs de professionnels qui ne sont pas titulaires d'un doctorat en audiologie (AuD, diplôme qui pourrait s'apparenter, plus ou moins, à un titre d'ingénieur docteur).

Pour ceux plus âgés qui n'ont pas pu entreprendre ce type de formation à l'époque de leurs études, ils devront s'inscrire dans une telle formation qu'ils pourront faire au moins partiellement à distance.

Actuellement il y a 55 universités qui offrent une telle formation sur le territoire américain. Cette évolution a été encouragée par le département du travail compte tenu de l'évolution de la démographie et de la nécessité de répondre au mieux dans ce domaine à la demande croissante.

C'est sans doute une bonne approche pour être toujours à la hauteur des attentes que la population peut avoir envers des professionnels

paraît si peu crédible qu'elle n'a aucune chance de se réaliser. C'est bien ce qui s'est passé dans ce cas précis. Le projet reste bien en perspective pour 2007... Le coût moyen d'une carte est évalué à 3,5 euros et il faut y ajouter au minimum 1 euro pour y apposer la photo et ce pour une durée de 4 ans et il faut 50 millions de cartes !

PROJET CARTE SESAM VITALE 2



Encore un de ces projets exemplaires qui part à la poubelle. Le tout, quand on fait de la politique, c'est de laisser croire qu'on fait quelque chose. Et c'est tellement mieux d'en parler avant, surtout quand l'idée

VACCIN CONTRE LA MALADIE D'ALZHEIMER ?

On recense aujourd'hui environ 850 000 personnes atteintes de cette maladie en France. Il y a à peu près 150 000 nouveaux cas chaque année. Un essai international de vaccination devrait être lancé en janvier 2006 et il devrait concerner à court terme plusieurs centaines de personnes.

En France les centres concernés





sont : La Pitié-Salpêtrière, Bordeaux, Nice et Montpellier. Même si les neurologues semblent s'intéresser de près à cette « expérience » de vaccination, ils restent tout de même très prudents quant aux résultats du fait que la première expérience réalisée en 2001 avait posé de graves problèmes et avait été interrompue. A suivre.

**CONNAISSEZ-VOUS
L'EVB ?**

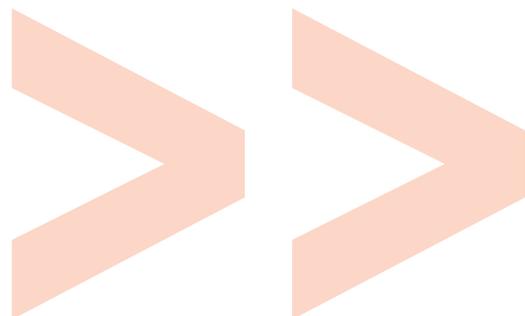
Lors de la dernière réunion du Collège, nous avons suggéré la mise en place d'une réflexion sur différents thèmes.

Le premier d'entre eux devrait

porter sur l'EVB (Evidence-based medicine) adaptée à l'exercice prothétique. Cette pratique très anglo-saxonne se donne comme objectif d'améliorer les pratiques de l'exercice des professionnels de santé en les comparant à des référentiels de bonnes pratiques. Pour ce qui concerne la France, celles-ci seront édictées par la Haute Autorité de la Santé (HAS). Pour les professionnels que nous sommes, il est hors de question de se laisser dicter des pratiques qui aboutiraient à des résultats du type de ce qui a été formulé à propos des classes de prothèses auditives, travail pour le moins scandaleux et dont on ne connaît toujours pas les auteurs à ce jour... Le modèle de décision tel qu'il est conçu au travers de l'EVB - qui vise à une démarche qualité - stipule que pour prendre en charge correctement une pathologie, il faut s'inspirer de ce que la littérature scientifique apporte dans

une situation comparable pour définir la meilleure conduite à tenir. Bien sûr, il y a comme toujours plusieurs façons d'appréhender ce type de démarche. L'une d'entre elles peut être de souligner la contrainte sous-jacente à de telles pratiques. A cela nous répondrons que de telles exigences existent déjà et qu'il est aujourd'hui hors de question de se tenir à distance des obligations de moyens, en particulier de moyens intellectuels, dans l'exercice professionnel et il ne faut pas voir dans l'EVB autre chose que cette pratique qui est entrée en vigueur en France officiellement pour les médecins depuis le 1^{er} juillet et fait suite à la loi du 13 août 2004 (loi instituée par l'assurance maladie). Ce type de pratique va concerner toutes les personnes qui approchent des patients.

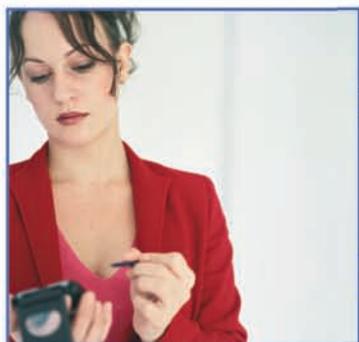
François Degove



Kit téléphone Bluetooth® pour aide auditive...

ELI

avec technologie  Bluetooth



Faites entrer vos patients dans le monde de la communication sans fil...



Le module ELI utilise le mode de communication sans fil le plus répandu au monde : la technologie Bluetooth®.

ELI permet de connecter une aide auditive et un téléphone portable et d'offrir ainsi un moyen moderne de communication aux personnes appareillées.

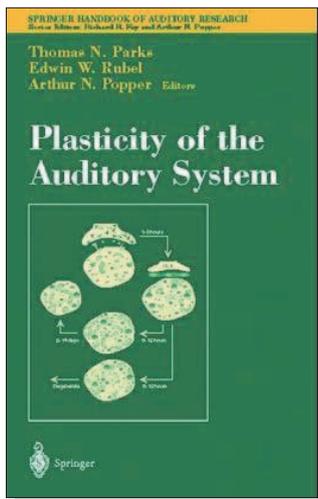
L'utilisateur reçoit ses appels téléphoniques directement dans son aide auditive grâce au module ELI.

Pour plus d'informations sur le module ELI, visitez le site www.eli-audition.com ou www.starkeyfrancepro.com.

www.eli-audition.com

PLASTICITY OF THE AUDITORY SYSTEM

T. N. PARKS, E. W. RUBEL,
R. R. FAY, A. N. POPPER EDS
SPRINGER 2004, 323P.



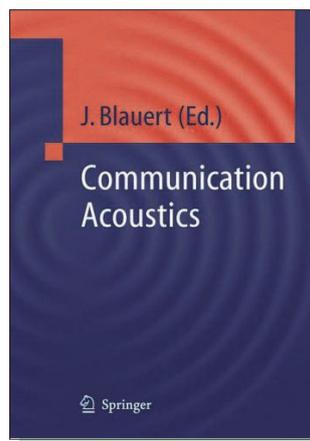
Nous sommes maintenant habitués à présenter les ouvrages de cette série qui sont des synthèses très sérieuses de questions qui touchent l'ensemble de la recherche sur le système auditif. Le résultat est une mise à disposition sous forme d'un ouvrage de volume limité de points de vue qui peuvent être partiels et qui, de toute façon, n'ont pas l'ambition d'être exhaustifs sur des sujets aussi vastes et difficiles. Dans cet ouvrage, l'idée de base est de mettre en évidence les mécanismes fondamentaux du développement par lesquels le système auditif se constitue en tant que tel durant son développement normal. L'un des intérêts d'une connaissance approfondie de cette phase est une optimisation de la réponse possible lorsqu'une surdité apparaît dès le plus jeune âge. Dans sa pre-

mière partie, l'ouvrage est consacré à une revue de l'ensemble des 6 chapitres qui le suivent ainsi qu'à une définition possible du concept de plasticité neurale. Dans le chapitre 2, c'est le développement du noyau cochléaire qui est abordé. Dans le chapitre 3, l'auteur s'attache à montrer comment le complexe olivaire supérieur se développe et surtout à quel point cette neurobiologie du développement est subtile et complexe. La stabilisation sélective accompagne et résulte d'une activité de développement préalable très complexe dont l'absence ou l'altération contrarierait le bon fonctionnement de ce complexe essentiel. Le chapitre 4 aborde le traitement binaural de l'information et souligne que ce développement serait lié entre autres au changement de dimensions de la tête et aux autres modifications induites soit par les différentes formes sonores droite/gauche, soit par des pathologies asymétriques. Le chapitre 5 reprend les résultats de la littérature concernant l'enregistrement neuronal chez le vivant (en particulier chez l'oiseau) ce qui permet une meilleure appréciation du fonctionnement du système auditif face aux résultats obtenus après anesthésie. Le chapitre 6 se concentre sur les modifications neuronales observées en fonction des saisons et des modifications hormonales. Les modifications semblent ne pas simplement toucher la morphologie mais aussi la pharmacologie et la physiologie. Enfin, le

chapitre 7 est consacré à certains aspects de la plasticité chez les insectes.

COMMUNICATION ACOUSTICS

J. BAUERT (ED.)
SPRINGER 2005 379P.



Pour qui aime la littérature, il est possible de se procurer un ensemble de textes de Hermann Hesse dans lesquels il parle de la vieillesse et de l'approche de la mort, des textes souvent graves mais pas tristes. Voici un ouvrage qui concerne les spécialistes de l'audiologie prothétique au plus haut point. En effet, la communication acoustique a trait aux sciences de l'information, de la communication et à l'ensemble de la technologie qui s'y rattache. L'un des aspects les plus intéressants de ce livre est qu'il a été conçu pour des étudiants de bon niveau qui veulent comprendre certaines questions de manière synthétique tout en ayant une bibliographie soigneusement sélectionnée pour ne pas perdre de temps dans des lectures inutiles.

Cette particularité en fait, entre autre et au passage, un ouvrage à commander par les bibliothèques universitaires. Chaque chapitre, précise l'auteur, a été relu par 3 co-auteurs et par 2 personnes extérieures à l'équipe, ce qui montre une volonté indiscutable d'obtenir un travail sérieux. L'ouvrage comprend 13 chapitres dont certains intéresseront d'évidence des lecteurs assidus que nous connaissons. Ainsi, le 1^{er} chapitre traite de l'analyse et de la synthèse des scènes auditives, le chapitre 2 aborde l'adaptation évolutive dans la communication auditive - les signaux que nous envoyons sont-ils normalement taillés sur mesure pour une personne dont les caractéristiques de l'organe de réception sont elles-mêmes adaptées à la tâche de décodage qui va lui incomber ? Le but de ce chapitre est de montrer qu'il y a une forme de convergence dans l'organisation des organes sensoriels de l'audition tant chez les vertébrés que chez les insectes. Parmi les chapitres qui nous intéresseront particulièrement, nous pouvons noter celui traitant de la conduction osseuse, celui à propos de l'audition binaurale, celui sur la qualité du son et la psycho-acoustique, celui sur les aides auditives, celui sur l'évolution des technologies digitales ainsi que ceux consacrés à certains aspects audio-visuels de la communication parlée bref de quoi recenser sérieusement le contenu de la culture acoustique de bien des lecteurs qui s'apercevront

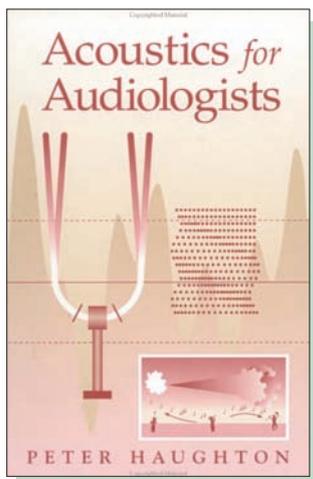
au passage combien il est important que les étudiants actuels aient une bonne connaissance de l'acoustique et des bases de la physiologie de la perception.

ACOUSTICS FOR AUDIOLOGISTS

P. HAUGHTON

ACADEMIC PRESS 2002 ; 432P.

Encore un ouvrage traitant d'acoustique, direz-vous ! Eh bien oui, et celui-ci nous paraît tout à fait intéressant puisqu'il s'adresse à une population qui a un besoin impérieux de



réponses à un certain nombre de questions propres à l'audiologie qui ne sont accessibles que par la compréhension de la physique acoustique. Ce livre est écrit par un enseignant à destination de ses étudiants

de l'université de Hull en Grande-Bretagne. Cette synthèse est d'autant plus intéressante que le niveau de l'audiologie, telle qu'elle est pratiquée outre manche, nous paraît être plutôt bon, du moins dans une partie non négligeable des centres universitaires. Dans cet ouvrage, on y trouve des informations précises et rigoureuses sur des questions telles que la mesure des niveaux sonores, la calibration du matériel et en particulier du matériel qui sert à calibrer, mais aussi bien sûr des audiomètres, l'acoustique des cabines etc... Le tout étant accompagné, pour chaque chapitre, de données chiffrées précises, de normes, de discus-

sions rapides sur les méthodes et les normes y compris à propos de l'audiométrie vocale et de sa calibration dans les audiomètres, de problèmes ou exercices destinés aux étudiants ainsi que d'informations concernant certaines relations mathématiques que l'auteur a essayé de limiter au strict minimum pour ne pas entraîner le lecteur hors de son champ de prédilection. Là aussi, il nous semble important de souligner que ce type d'ouvrage devrait être mis à disposition des enseignants et il devrait bien inspirer les enseignants français.

François Degove ■

Restez dans la course avec + Audio !
100% compatible et interfacé

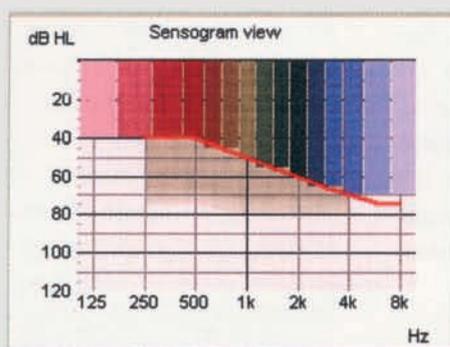
Laboratoire + Audio - Informatique
 (C. Elcabache ou C. Vial)
 4 rue Gambetta - 89100 SENS
 Tél : 03 86 83 89 29

La différence numérique Widex

[Le Sensogramme]

Audiométrie in situ plus précise que jamais et unique en audioprothèse

- Seuils mesurés directement via l'aide auditive dans l'oreille du malentendant.
- Sensogramme axé sur 4 bandes principales pour simplifier le processus de mesure : 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz.
- Possibilité d'élargissement du Sensogramme sur 14 bandes, pour un affinement de réglage dans des situations particulières. Un intervalle d'un tiers d'octave, de 250 Hz à 8000 Hz assure un maximum d'exactitude pour toute perte d'audition.
- Les signaux test du Sensogramme sont des impulsions modulées en fréquence automatiquement réglées sur la largeur de bande critique correspondant à la fréquence centrale de chaque bande.



Le Sensogramme est pour l'audioprothésiste l'assurance d'une adaptation réussie dès la première visite avec la possibilité supplémentaire d'affiner le réglage pour des cas particuliers.



Senso Diva
La première aide auditive de haute définition au monde

**CYCLE DE FORMATION
POST-UNIVERSITAIRE
ANNÉE 2005
10ÈME E.P.U.**

**PHONÉTIQUE ACOUSTIQUE ET
PERCEPTION DE LA PAROLE**

Le Collège National d'Audioprothèse met en place, avec le concours des Directeurs d'Enseignement de l'Audioprothèse en France, un cycle de formation post-universitaire sur deux années.

Le thème de l'Enseignement Post-Universitaire sera cette année « **Phonétique acoustique et perception de la parole** », et en 2006 « **Mesures et correction auditive de la perception de la parole** ».

L'Enseignement Post-Universitaire 2005 aura lieu **les Vendredi 9 et Samedi 10 Décembre 2005** dans les locaux de la **CITE DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE** au Centre des Congrès de LA VILLETTE 30, avenue Corentin Cariou à PARIS (19ème) et sera rehaussée par une exposition des industriels fabricants et importateurs de matériels d'audioprothèse et d'audiophonologie.

Le pré-programme est le suivant :

Vendredi 9 Décembre 2005

8 H 00
ACCUEIL DES PARTICIPANTS

8 H 45 - 9 H 00
INTRODUCTION A L'E.P.U. 2005
X. RENARD, Lille
Président du Collège National d'Audioprothèse

9 H 00 - 11 H 00
PRODUCTION DE LA PAROLE
Anatomie et physiologie de la phonation
Dr C. RUAUX, Oto-Rhino-Laryngologiste,
Phoniatre, Rennes

11 H 30 - 12 H 00
PHONÉTIQUE ARTICULATOIRE
G. BESCOND, Orthophoniste, Rennes

12 H 00 - 12 H 30
ACOUSTIQUE DE LA PAROLE
X. RENARD, Lille
F. LEFEVRE, Rennes

14 H 00 - 15 H 30
ACOUSTIQUE DE LA PAROLE (suite)
X. RENARD, Lille
F. LEFEVRE, Rennes

15 H 30 - 16 H 00
ENVELOPPES TEMPORELLES
DE LA PAROLE
H. BISCHOFF, Paris
E. BIZAGUET, Paris

16 H 30 - 17 H 30
DONNÉES FRÉQUENTIELLES ET
TEMPORELLES DE LA PERCEPTION
DE LA PAROLE
B. AZEMA, Paris
C. RENARD, Lille

17 H 30 - 18 H 00
BOUCLE AUDIOPHONOLOGIQUE,
Boucle audiophonatoire. Lecture labiale.
G. GUILLARM, Audioprothésiste,
Orthophoniste, Rennes

Samedi 10 Décembre 2005

8 H 30
ACCUEIL DES PARTICIPANTS

8 H 45 - 9 H 45
IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT
SUR LE SIGNAL DE PAROLE
(Débit, distance, bruit, réverbération,
téléphone, télévision)
B. HUGON, Paris
S. LAURENT, Lorient

9 H 45 - 10 H 45
NEUROPSYCHOACOUSTIQUE DE
L'AUDITION NORMALE
(Apport de l'imagerie fonctionnelle
cérébrale. Traitement cérébral du signal,
différences inter-individuelles et selon l'âge)
A. COEZ, Paris

11 H 15 - 12 H 30
IMPACTS DE LA PERTE AUDITIVE
SUR LA PERCEPTION DE LA PAROLE
- altérations quantitatives : audibilité,
inconfort
J. JILLIOT, Callian
A. VINET, Paris
F. LE HER, Rouen

14 H 00 - 15 H 15
IMPACTS DE LA PERTE AUDITIVE
SUR LA PERCEPTION DE LA PAROLE
(suite)
- altérations qualitatives : acuité
fréquentielle, acuité temporelle
C. RENARD, Lille
B. AZEMA, Paris

15 H 15 - 15 H 45
IMPACTS DE LA PERTE AUDITIVE
SUR LA PERCEPTION DE LA PAROLE
(suite)
- confusions phonétiques
R. FAGGIANO, Caen
F. LEFEVRE, Rennes

16 H 15 - 17 H 15
NEUROPSYCHOACOUSTIQUE
DE L'AUDITION ALTÉRÉE
(Apport de l'imagerie fonctionnelle
cérébrale. Traitement cérébral du signal,
différences inter-individuelles et selon l'âge)
A. COEZ, Paris
E. BIZAGUET, Paris

17 H 15 - 17 H 30
SYNTHÈSE, CONCLUSION ET
INTRODUCTION À L'EPU 2006
X. RENARD, Lille
F. LEFEVRE, Rennes

*Pour tout renseignement,
merci de contacter Danièle KORBA*
COLLÈGE NATIONAL

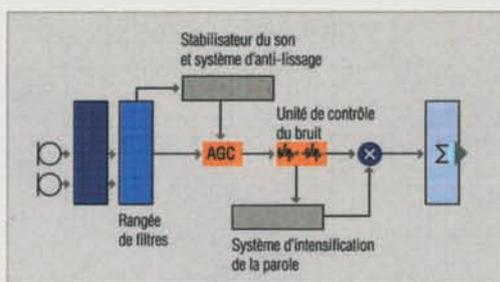
D'AUDIOPROTHESE
50, rue Nationale BP 116
59027 LILLE cedex
Tel : 03 20 57 37 37
Fax : 03 20 57 98 41
E-mail : College.Nat.Audio@wanadoo.fr

La différence numérique Widex

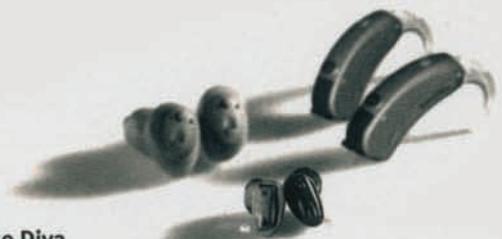
[Réduction du bruit et intensification de la parole]

Une caractéristique qui assure le meilleur confort d'écoute en toute situation

- L'algorithme de réduction du bruit entre en action à des niveaux d'entrée élevés pour préserver l'intelligibilité de la parole, tout en réduisant l'effet de masquage produit par le bruit.
- La distribution des niveaux du signal d'entrée est analysée dans les 15 canaux afin de pouvoir évaluer le rapport signal/bruit.
- Canaux d'un tiers d'octave avec une définition allant jusqu'à 50 dB/octave.
- Système d'intensification de la parole (SIS) qui favorise la parole et réalise une analyse du rapport signal/bruit sur chacune des bandes, pour ensuite redistribuer l'amplification sur chacun des 15 canaux.
- Un champ d'action ultra flexible assurant la meilleure intelligibilité et le meilleur confort d'écoute possible.



La caractéristique Réduction du bruit et intensification de la parole, caractéristique unique à Senso Diva, assure le confort du malentendant, en particulier dans le bruit. Le malentendant peut porter son appareil toute la journée sans éprouver de fatigue.



Senso Diva
La première aide auditive de haute définition au monde

DIPLOME D'UNIVERSITÉ D'AUDIOPHONOLOGIE ET OTOLOGIE DE L'ENFANT ANNÉE 2005-2006

SERVICE D'ORL PÉDIATRIQUE ET
DE CHIRURGIE CERVICO-FACIALE
HÔPITAL D'ENFANTS
ARMAND-TROUSSEAU

Directeur d'enseignement :
Pr E.N. Garabédian

Responsables de l'enseignement :
Dr N. Loundon,
Dr L. Moatti (audiophonologie),
Pr. F. Denoyelle, Dr G. Roger (otologie)

Ouvert aux médecins ORL, phoniâtres,
médecins de centres spécialisés,
orthophonistes, audioprothésistes,
psychologues, professeurs de sourds,
instituteurs spécialisés.

Comportant un tronc commun obligatoire
d'audiophonologie et une option otologie
réservée aux médecins ORL.

Organisation de l'enseignement :
Sur 9 vendredis entre novembre 2005
et juin 2006 (cours théoriques et cours
pratiques) avec clôture par examen écrit.

Frais d'inscription : 580 € (Internes :
430 €). Agrément Formation Permanente.

Renseignements :

Sécrétariat
Tél : 01 44 73 67 83 ou 01 44 73 61 86
Fax : 01 44 73 61 08

Clôture des inscriptions :
15 novembre 2005

DIPLOME D'UNIVERSITÉ D'AUDIOPROTHÈSE IMPLANTÉE

UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE

Responsable :
Pr. B. Meyer

Public visé :
Titulaires du diplôme d'Etat de docteur en
médecine, internes nommés aux concours
et inscrits au DES d'O.R.L., CES d'oto-rhino-
laryngologie, titulaires du diplôme d'un
pays étranger permettant d'exercer la
médecine dans ce pays et pouvant justifier
d'une compétence en O.R.L., titulaires
d'un diplôme d'orthophoniste ou étudiants
en orthophonie, titulaires d'un diplôme

d'audioprothésiste ou étudiants audiopro-
thésistes, étudiants de 3ème cycle en
G.B.M. et au moins titulaires d'une
maîtrise, les étudiants d'un diplôme d'IUT,
d'électronique ou informatique, étudiants
élèves d'Ecoles d'Ingénieurs.

Objectif :

Apprendre les principes de biocompati-
bilité des matériaux implantable.

Apprendre le fonctionnement des
prothèses implantables d'oreille moyenne.

Apprendre le fonctionnement des
implants cochléaires, les méthodes
chirurgicales, les indications, les traite-
ments du signal acoustique, les résultats.

Contenus :

Physiologie des voies auditives,
Perception de la parole,
Conséquences des surdités profondes,
Biomatériaux et biocompatibilité,
Prothèses acoustiques implantables de
l'oreille moyenne,
Implants cochléaire,
Traitement du signal acoustique et sonore,
Réglages des différents appareils,
Rééducation,
Caractéristiques de l'enfant,
Coût et prise en charge.

**VOS IDÉES, VOS SUGGESTIONS, VOS REMARQUES
nous sont indispensables pour que
les "Cahiers de l'Audition" puissent traiter
les sujets qui vous tiennent à cœur.**

**Merci de nous écrire aux "Cahiers de l'Audition"
12, ter rue de Bondy - 93600 Aulnay sous Bois**

Organisation matérielle :

Formation en 3 modules de 3 jours
- enseignement théorique : 80 heures
- enseignements dirigés : 10 heures

Calendrier :

1^{er} module : 24, 25 et 26 novembre 2005
2^e module : 15, 16 et 17 décembre 2005
3^e module : 26, 27 et 28 janvier 2006

Clôture des inscriptions pédagogiques :
le 31 octobre 2005

Validation :

Diplôme d'université délivré à l'issue d'un examen écrit.

Frais de participation : 915 €.

Contact pédagogique :

Mme D. Anne Fontaine
Hôpital Saint-Antoine
Secrétariat du service O.R.L.
184, rue du Faubourg Saint-Antoine -
75012 Paris
Tél. : 01 49 28 26 65
ou 01 49 28 26 69
Fax : 01 49 28 21 37



DIPLOME D'UNIVERSITÉ RÉÉDUCATION VESTIBULAIRE

UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE

Public visé :

Titulaires du diplôme d'état en médecine français, ORL, Neurologues, Ophthalmologiste, titulaires d'un diplôme de kinésithérapeute, titulaires d'un diplôme de psychomotricien, d'orthoptiste.

Objectif :

Former les praticiens à la compréhension des mécanismes périphériques et centraux de la plasticité neuronale, lors d'une maladie vestibulaire et apprendre à rééduquer ces troubles. Divers points de vue théoriques et pratiques doivent apporter aux candidats les outils d'une élaboration personnelle de la pratique de la rééducation vestibulaire.

Contenus :

Organisation et physiopathologie du système vestibulaire sur l'équilibre global du sujet. Compensation vestibulaire et plasticité cérébrale. Méthodes de rééducation vestibulaire et ateliers pratiques.

Organisation matérielle :

3 modules de 3 jours
Cours théoriques : 48 heures
Cours pratiques : 12 heures

Calendrier :

1^{er} module : 24, 25 et 26 novembre 2005
2^e module : 15, 16 et 17 décembre 2005
3^e module : 26, 27 et 28 janvier 2006

Clôture des inscriptions pédagogiques :
le 31 octobre 2005

Validation :

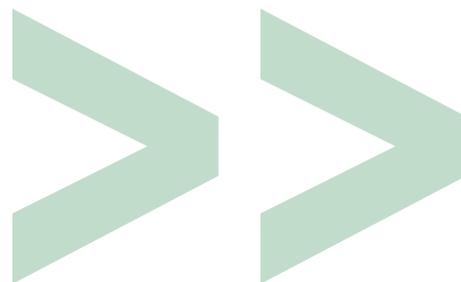
Diplôme interuniversitaire délivré à l'issue d'un examen écrit et d'un mémoire.

Frais de participation :

900 €.

Contact pédagogique :

Mme D. Anne Fontaine
Hôpital Saint-Antoine
Secrétariat du service O.R.L.
184, rue du Faubourg Saint-Antoine -
75012 Paris
Tél. : 01 49 28 26 65
ou 01 49 28 26 69
Fax : 01 49 28 21 37 ■



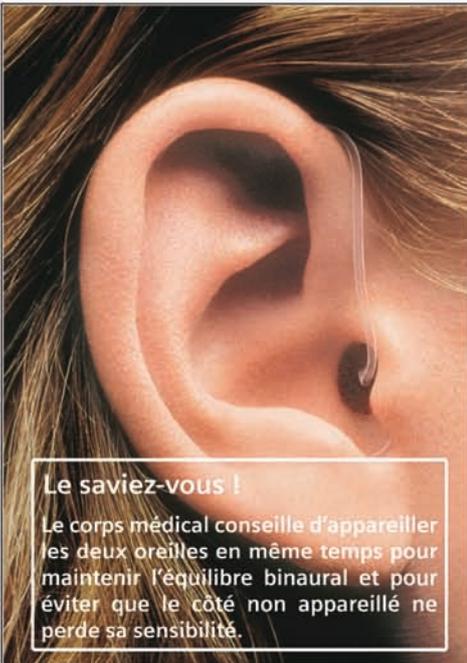
OFFRE D'EMPLOI

POSTE D'AUDIOPROTHESISTE

Département des Bouches du Rhône
recherche un(e) audioprothésiste pour poste de responsable sur deux centres.

Salaire motivant.

Contact : 06 25 42 20 28



Le saviez-vous !

Le corps médical conseille d'appareiller les deux oreilles en même temps pour maintenir l'équilibre binaural et pour éviter que le côté non appareillé ne perde sa sensibilité.

En France, 10 millions de français connaissent des difficultés d'audition. Ce phénomène naturel nous concerne tous. Il s'appelle la presbycusie. Dès les premiers symptômes, il est capital de réagir rapidement. Plus on attend, plus il est difficile de revenir à un niveau d'audition optimal et de communiquer avec son entourage. La perte d'audition se révèle être alors un vrai handicap dans la vie quotidienne. On rencontre ainsi des difficultés pour reconnaître aussi bien l'origine d'un son, que pour comprendre un interlocuteur dans le bruit. Cela conduit à un isolement social et parfois à une certaine forme de dépression.



Siemens lance ACURIS,™ la solution auditive en relief*



ACURIS
Mini contour

ACURIS Intra profond

Synchronisation automatique des 2 oreilles

Les nouvelles aides auditives apparues depuis quelques années sur le marché sont devenues beaucoup plus fiables, performantes et leur taille a diminué considérablement. Elles offrent un son très naturel et une meilleure séparation de la parole par rapport aux bruits de fond gênants.

Grâce à la puissance des microprocesseurs Siemens, elles peuvent analyser les sons et les ajuster automatiquement à l'environnement. Aujourd'hui, l'intelligence artificielle des aides auditives numériques fabriquées par Siemens permet donc des performances remarquables et une intelligibilité optimale de la parole même dans les environnements très bruyants. Cela leur permet aussi de prendre en permanence les décisions adéquates en fonction des situations dans lesquelles l'utilisateur se trouve.

L'audition bouge avec ACURIS,™ Nouveau Système Auditif Intelligent

ACURIS, inventé par Siemens, est le 1^{er} système équipé de la technologie sans fil e2e. Avec e2e, ces nouvelles aides auditives peuvent désormais communiquer entre elles pour reconstituer l'audition en relief comme le fait

ACURIS révolutionne les standards de la correction auditive. Il est doté d'un circuit numérique très puissant (3 Giga Hz) à la pointe de la technologie pour un traitement du signal instantané. Avec ses débruiteurs et ses algorithmes de détection de l'environnement, il offre le meilleur de la haute technologie Siemens dans un boîtier compact et design. ACURIS reconnaît les différentes situations sonores dans lesquelles l'utilisateur se trouve et adapte en permanence ses réglages.

Retrouvez plus d'information sur :
www.siemens-audiologie.fr

Siemens 1^{er} fabricant d'aides auditives dans le monde, conçoit et fabrique des circuits numériques de très haute technologie afin de permettre à des millions de personnes de retrouver le plaisir de communiquer et de partager les bons moments de la vie

SIEMENS

ACURIS assure ainsi la meilleure compréhension quel que soit le type d'environnement pour une audition agréable et équilibrée, sans aucun sifflement de Larsen.

La manipulation d'ACURIS est simple et conviviale, il n'y a pour ainsi dire aucun réglage à effectuer puisque ACURIS peut fonctionner en mode tout automatique. Si l'utilisateur le souhaite, il peut, pour encore plus de précision, ajuster le programme et le son de ses ACURIS grâce à la télécommande ePocket.

***Avec e2e, les deux aides auditives communiquent entre elles en parfaite synchronisation pour reconstituer l'audition en relief comme le fait notre cerveau.**

ACURIS est disponible chez les audioprothésistes, spécialistes de la bonne audition.

Témoignages :

« Depuis 6 mois je retourne au restaurant et je n'ai plus peur de discuter avec les autres. Avec ACURIS™ Life, je redécouvre le plaisir de communiquer. » Juin 2005

« Avec ACURIS, tout devient plus clair et les malentendus ne sont pour moi qu'un mauvais souvenir » Février 2005

Emulateur D'Audition



Ouvert



Unique



Discret



Positif



STARKEY FRANCE

23 rue Claude Nicolas Ledoux Europarc 94045 CRETEIL CEDEX

Tél. 01 49 80 74 74 • Fax 01 49 80 04 92 • www.starkeyfrancepro.com • www.starkey.fr