

L'AUDIOSCAN

Audioscan: A High definition Audiometry Technique Based on Constant Level Frequency Sweeps; A New Method with New Hearing Indicators

C. MEYER BISCH

15 Novembre 2009

Résumé.

La résolution des données fournies par l'audiométrie tonale classique à fréquences fixes est limitée au nombre de fréquences testées. L'électronique numérique permet maintenant de maîtriser les difficultés du balayage fréquentiel à niveau contrôlé. La technique Audioscan, qui repose sur la détection d'encoches, même très étroites, permet d'obtenir une courbe audiométrique continue. La technique Audioscan permet de définir des indicateurs de perte d'audition contenant plus d'information et d'augmenter la puissance diagnostique de l'audiométrie. Les applications en clinique et en dépistage de l'audiométrie de haute définition sont prometteuses.

Introduction

Classiquement, l'audiométrie liminaire tonale en conduction aérienne repose sur une technique de recherche des seuils d'audition à certaines fréquences fixes. Cette technique, qui a peu évolué depuis les années cinquante, donne des valeurs pour seulement 6 à 11 fréquences, ce qui limite considérablement son pouvoir de résolution dans les anomalies d'expression fine.

Le développement récent de l'électronique numérique permet actuellement d'être plus exigeant et redonne vie au concept d'audiométrie de haute résolution fréquentielle. Békésy avait introduit en 1947 un concept dont les applications sont toujours restées limitées, mais dont le principe permettait une audiométrie automatique par encadrement [1]. Dans cette méthode, le sujet maintient le bouton réponse appuyé tant qu'il entend un son et le relâche dès qu'il ne l'entend plus. Le son est présenté avec une intensité croissante quand le sujet n'entend pas, et avec une intensité décroissante dès que le sujet appuie sur le bouton. Après un nombre d'excursions suffisant, le seuil est déterminé par encadrement. Dans l'audiométrie à fréquences fixes, une temporisation fait passer à la fréquence suivante. La norme ISO 8253 1 [2] définit très précisément de quelle façon doit être calculé le seuil d'audition ainsi mesuré. Si on fait varier la fréquence en continu, assez lentement (par exemple 30 s pour une octave), en même temps que le niveau, on peut obtenir un audiogramme de haute définition en dents de scie.

Le fait que le balayage en fréquence se poursuit alors que le sujet n'entend pas et que le niveau augmente risque d'entraîner une erreur de mesure qui peut être grande (fig. 1 C).

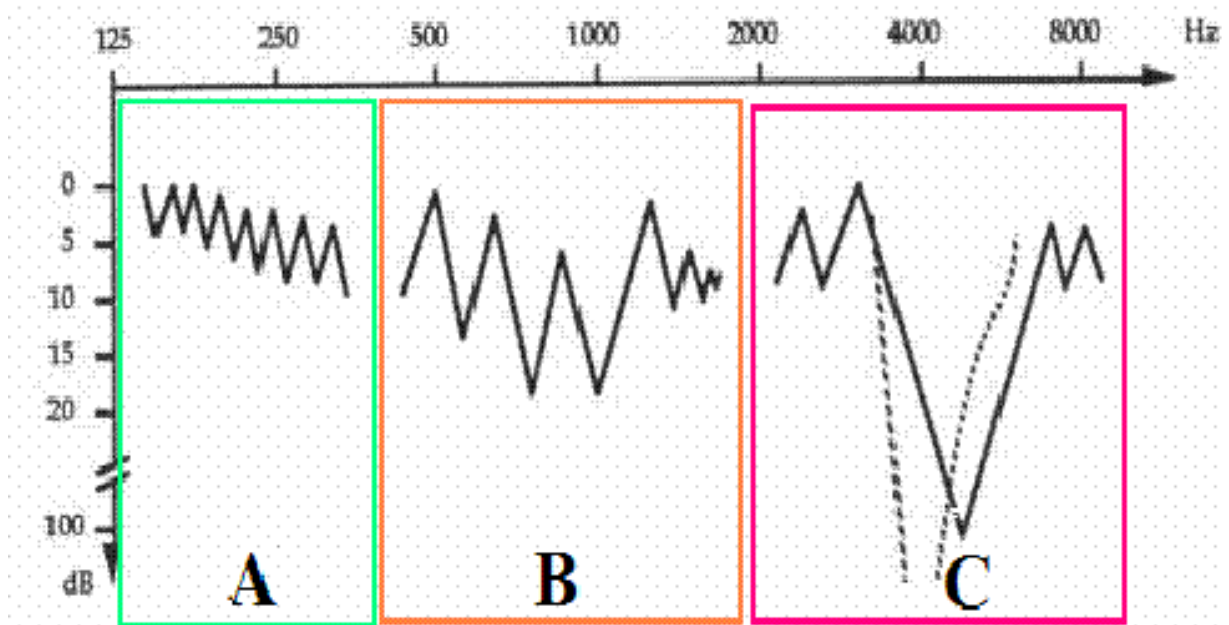


Fig. 1 Audiométrie de Békésy à fréquence glissante. Cette technique donne théoriquement un audiogramme qui concerne les fréquences intermédiaires. En A, la réponse permet une relative précision de l'audiogramme. En B, les oscillations sont si amples que les seuils d'audition sont difficiles à déterminer. En C, la technique du double balayage a "sauté" une partie de l'encoche dessinée en pointillés.

En fait, le défaut essentiel de la technique par encadrement pour une recherche de seuil réside dans la notion même des seuils ascendants et descendants. Une audiométrie liminaire doit choisir un procédé et s'y tenir.

La méthode Audioscan est fondée sur le concept du balayage fréquentiel à niveau constant [4] en dB HL [5]. Elle permet d'obtenir 64 fois plus de valeurs qu'en audiométrie à fréquences fixes, ce qui augmente considérablement sa précision et sa sensibilité. Ainsi, la méthode Audioscan permet de détecter des atteintes auditives minimes, comme des encoches étroites situées entre les fréquences habituellement testées.

Objectifs et principes de la technique Audioscan

La précision des résultats d'un examen audiométrique dépend en grande partie des conditions de l'examen. Certains facteurs acquièrent une grande importance lorsqu'on recherche la fiabilité; citons notamment l'environnement sonore, la familiarisation du sujet avec la technique (qui peut d'ailleurs avoir l'effet inverse lors de l'expertise de sujets très entraînés), la fatigue auditive, l'état d'éveil, la qualité du casque audiométrique et le bon couplage oreille écouteur, etc...

La qualité de l'audiométriste permet non seulement un contrôle satisfaisant de la plupart de ces facteurs, mais aussi une bonne application de la méthode de recherche

des seuils d'audition.

Malgré toutes ces précautions, la précision reste limitée sur les deux axes de l'audiogramme: par le nombre des fréquences testées, par l'incertitude intrinsèque, physiologique, qui entoure la définition d'un seuil d'audition pour une fréquence donnée, dont on considère qu'elle est de l'ordre de 5 dB [2]. En attendant les perspectives de mesure en routine de la sélectivité fréquentielle, nous pouvons déjà améliorer significativement la précision sur l'axe des fréquences en testant d'avantage de points dans la zone 125 / 8000 Hz, puis en l'étendant aux hautes fréquences.

Puisque la précision en niveau peut difficilement être améliorée alors que la dimension fréquentielle doit l'être il est logique de proposer un balayage des fréquences à la place de celui des niveaux, le balayage devenant "horizontal" au lieu d'être "vertical".

Au total, les objectifs poursuivis pour cette nouvelle technique audiométrique sont les suivants:

- améliorer la précision dans le domaine fréquentiel,
- conserver une durée d'examen acceptable dans les cas où la précision est requise (ce qui élimine les surdités importantes et les grosses presbyacousies pour lesquelles la détection d'encoches est sans intérêt),
- automatiser l'examen pour limiter les variations inter opérateurs (mais il subsiste la phase d'explication et celle de mise en condition du patient),
- améliorer la restitution des résultats par un traitement graphique et numérique.

Description de la technique Audioscan

La technique Audioscan repose sur un balayage fréquentiel (125/16000 Hz) continu à niveau constant. Les plages de fréquences balayées et les niveaux explorés sont commandés automatiquement par un système programmé asservi à la réponse du sujet examiné. La logique de l'algorithme est fondée sur la détection d'encoches auditives, puis sur leur exploration en fréquence et en intensité.

On effectue un premier balayage fréquentiel à un niveau de départ constant (par exemple 0 dB HL). Le sujet tient un bouton réponse sur lequel il appuie tant qu'il entend, et qu'il relâche quand aucun son n'est perçu comme dans les autres méthodes automatiques. Si, lors de ce balayage, le sujet entend tout le temps, l'audiogramme est une droite (qui dépend du niveau de départ) et l'examen est terminé (fig. 2 A).

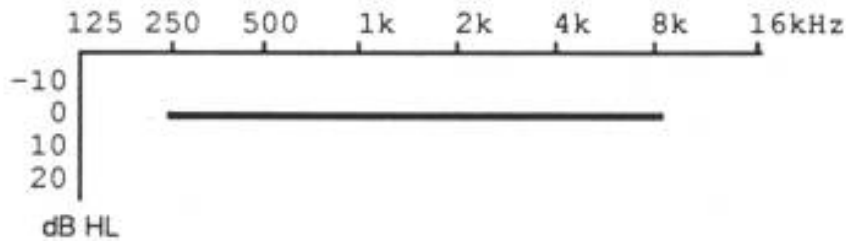


Fig. 2-A - Balayage de toutes les fréquences à un niveau constant en dB HL.

Il a duré entre 1 et 2 minutes par oreille selon le réglage de certains paramètres (fréquences de début et de fin, vitesse de balayage). Si les bords d'une encoche sont détectés, les fréquences correspondantes (f_1 et f_2) sont mémorisées, la fréquence centrale, f_m , est calculée par le microprocesseur. Il s'agit d'une moyenne géométrique car l'échelle est logarithmique (fig. 2 B).

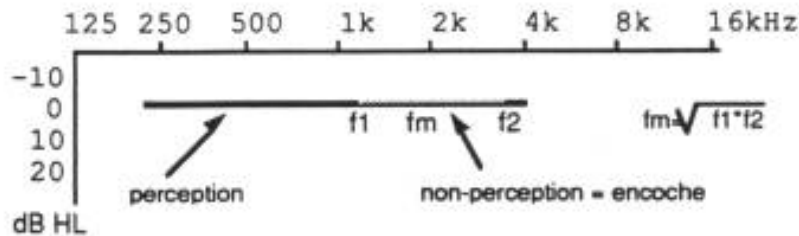


Fig. 2-B - Les zones de non-perception correspondent aux limites d'une encoche.

Fig. 2 B Les zones de non perception correspondent aux limites d'une encoche.

Le microprocesseur commande un nouveau balayage à partir de cette fréquence (donc d'une zone de non perception), mais avec un niveau supérieur de 5 dB par exemple. On détermine les nouveaux bords de l'encoche à ce niveau. Par itérations successives, l'encoche est dessinée avec précision (fig. 2 C).

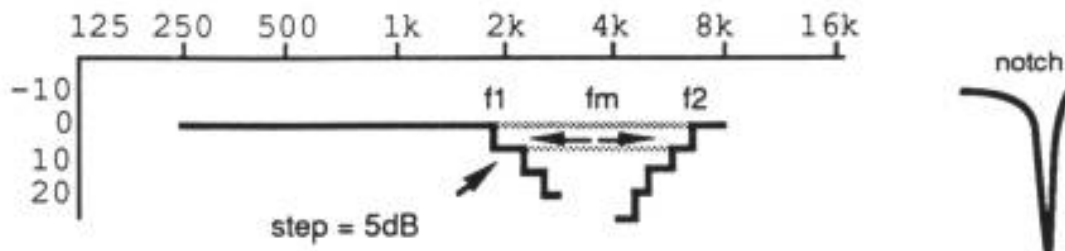


Fig. 2-C - Pas à pas, l'audiogramme est construit avec ses encoches.

Fig. 2 C Pas à pas, l'audiogramme est construit avec ses encoches.

La précision de l'audiogramme ainsi réalisé peut être très grande, elle dépend de la vitesse du balayage (en pratique de 10 à 20 secondes par octave), et du pas de progression en niveau (en pratique 5 dB).

La durée de l'examen audiométrique est fonction du degré de précision désiré, et de la gravité du déficit. En moyenne, un examen de dépistage préventif dure entre 6 et 10 minutes pour les deux oreilles.

La sensibilité de la mesure a été comparée aux résultats obtenus avec la méthode de Békésy à fréquences fixes, méthode automatique parmi les plus utilisées en dépistage de prévention [Chantal Laroche & Raymond Héту, Université de Montréal: communication personnelle]. Les résultats sont excellents puisque les corrélations sont de l'ordre de 0.9 aux fréquences conventionnelles.

Le résultat est donné sous la forme de courbes imprimées en même temps que certains indicateurs de perte auditive calculés automatiquement par le système et un audiogramme de référence fonction du sexe et de l'âge, pour faciliter l'interprétation des résultats.

Considérations techniques sur Le balayage à niveau constant

Si le principe du balayage fréquentiel à niveau constant est simple en lui même, l'application des contraintes de la courbe physiologique d'iso-sensation au seuil d'audition [6] entraîne des difficultés électro-acoustiques qui ne pouvaient pas être résolues à l'aide d'une électronique analogique. En effet, l'obtention d'un niveau constant en dB HL (iso sensation) oblige à disposer d'une dynamique d'amplification / atténuation de plus de 50 dB, (différence minimale entre 125 et 1000 Hz: 40 dB) uniquement pour cette correction physiologique. Ceci est obtenu à l'aide de plusieurs étages d'atténuation contrôlés par un microprocesseur qui applique les données d'une courbe physiologique interpolée stockée dans une mémoire morte.

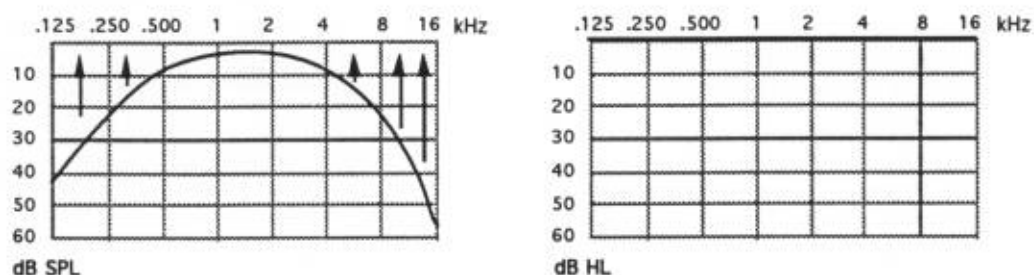


Fig. 3 - La transformation des décibels SPL en décibels HL nécessite des performances d'amplification/atténuation proches de 50 dB en l'absence de tout bruit.

Fig. 3 La transformation des décibels SPL en décibels HL nécessite des performances d'amplification atténuation proches de 50 dB en l'absence de tout bruit.

Le balayage à niveau constant va donc mettre en œuvre, à chaque changement de

fréquence et en temps réel, un ajustement de niveau qui doit se produire sans aucun bruit audible. Cela est encore compliqué par la prise en compte de la courbe de réponse de chaque écouteur qui est introduite dans des mémoires réinscriptibles au moment de l'étalonnage de la chaîne de mesure [7].

Bien entendu, cet étalonnage ne peut être que automatique puisqu'il concerne plusieurs centaines de fréquences (448 de 125 à 16 000 Hz). Il est aussi contrôlé par le microprocesseur selon les instructions d'un programme spécialisé, grâce à la réponse d'un sonomètre intégré à l'appareil, selon le schéma de la figure 4.

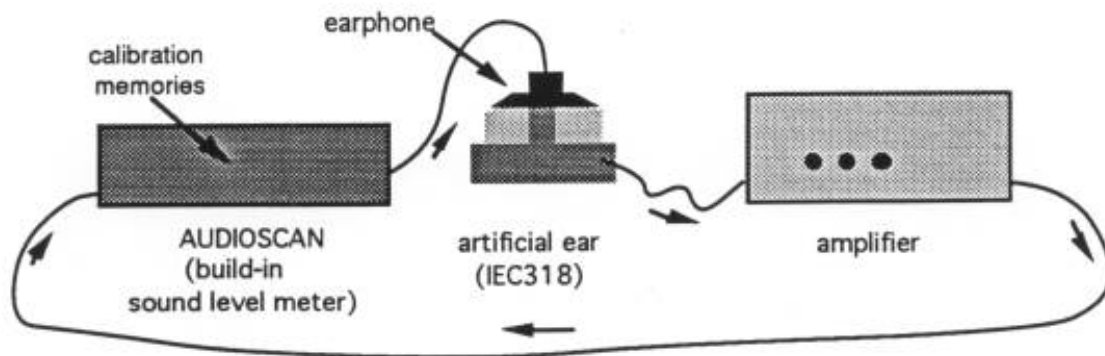


Fig. 4 - Chaîne calibration automatique permettant l'étalonnage de 449 fréquences.

Fig. 4 Chaîne calibration automatique permettant l'étalonnage de 449 fréquences.

Un des avantages de cette technique obligée de calibration réside dans le fait qu'il est possible de disposer de plusieurs jeux de mémoires adaptés à différents écouteurs audiométriques. Pour passer d'un type d'écouteur à l'autre, il suffit de sélectionner la mémoire de calibration adaptée.

Notons que la méthode du balayage à niveau constant est difficilement applicable avec un bruit de masque dont le niveau devrait aussi théoriquement changer en fonction de la fréquence explorée et de l'audiogramme de l'oreille controlatérale. Au delà des difficultés techniques d'une telle réalisation, le déroulement de l'examen deviendrait difficile à comprendre pour le sujet.

Ces considérations nous ont fait éliminer l'examen en conduction osseuse utilisant la technique Audioscan, puisqu'on ne peut pas envisager un tel examen sans masking. Par ailleurs, si une encoche audiométrique a été détectée en conduction aérienne, il est possible d'en contrôler les dimensions en conduction osseuse, même dans les fréquences intermédiaires (64 par octave) qui sont toutes accessibles en mode manuel.

Une autre difficulté vient de l'extension aux hautes fréquences (supérieures à 8 kHz) pour lesquelles la norme ISO 389 [6] ne donne pas les "zéros de référence". Il est pourtant essentiel de pouvoir poursuivre l'exploration à niveau constant au delà de 8 kHz, au moins chez les jeunes. En attendant que la commission ad hoc de l'ISO ne fixe ces zéros, nous avons choisi d'utiliser les valeurs proposées par FAUSTI et al. [18]. Sur une série d'une centaine de jeunes des deux sexes, otologiquement sains et sans antécédent (définition de la norme), nous avons pu vérifier que l'utilisation de ces valeurs n'était

pas irréaliste (résultats non publiés à ce jour).

Commandes

Les commandes se font à l'aide d'un clavier et d'un bouton réponse. Quatre touches fonctions dont l'affectation est indiquée sur l'écran dans différents menus permettent:

- de configurer l'appareil (choix de la langue, divers paramètres d'installation...
- de lancer les programmes d'étalonnage
- d'initialiser les paramètres des examens par défaut (plages de fréquences, niveaux de départ, type de son, pas de progression en niveau, diverses fonctions d'affichage et d'impression...),
- de choisir la méthode de test (Audioscan, manuel, Békésy).

Pour la méthode Audioscan, les paramètres suivants peuvent être contrôlés:

- niveau de départ (entre 10 et +50 dBHL),
- fréquences de début et de fin (entre 125 et 16 000 Hz),
- pas de progression en niveau (1 à 20 dB),
- vitesse de balayage (de 7 à 30 secondes pour une octave),
- type de son (pulsé ou continu).

Le déroulement du test peut être suivi en temps réel sur l'écran graphique. Les résultats sont donnés sur le même écran en fin d'examen selon diverses modalités d'affichage, peuvent être imprimés sur l'imprimante thermique intégrée ou transférés sur un système informatique via une sortie RS232.

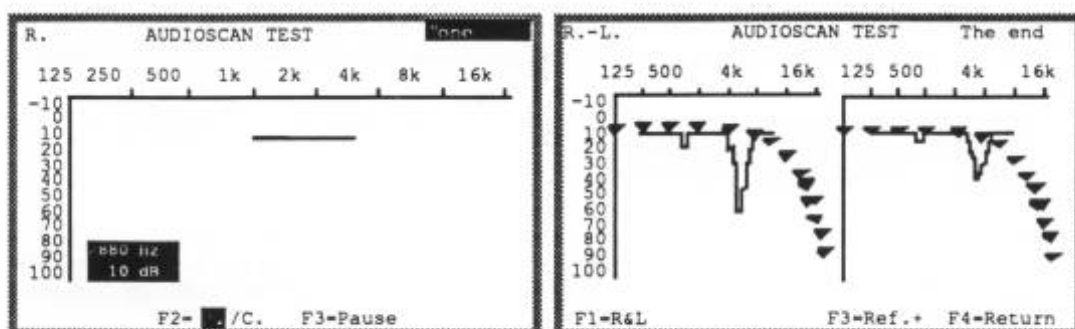


Fig. 5 - Ecrans d'Audioscan au début et à la fin du test.

Fig. 5 Ecrans d'Audioscan au début et à la fin du test

Le déroulement de l'examen est entièrement automatique, contrôlé par le

microprocesseur de l'appareil selon un programme préétabli et paramétré par l'utilisateur.

Procédure

Pour optimiser la durée de l'examen et éviter de longs balayages à un niveau trop faible, le programme commence par une recherche rapide d'un seuil aux fréquences fixes habituelles. Pour cela, il présente successivement tous les sons pendant 3 secondes puis, en l'absence de réponse, augmente le niveau de 5 dB (ou un pas programmé) et recommence jusqu'à l'obtention d'une réponse.

Le son est alors présenté à 1 kHz et le balayage s'effectue vers les hautes fréquences. Arrivé à la fréquence maximum, le son de 1 kHz est de nouveau présenté avant le balayage vers les basses. L'examen se poursuit selon l'algorithme décrit plus haut.

Si le patient a appuyé trop longtemps sur le bouton alors qu'il n'entendait plus le son, le balayage suivant, partant de la zone de non-perception, corrigera cette erreur en effaçant le tracé jusqu'à la réponse réelle. En cas d'erreur par défaut (le sujet n'a pas appuyé sur le bouton alors qu'il entendait), le balayage suivant permettra de rattraper l'oubli avec une erreur limitée au pas de progression (5 dB par exemple).

Les deux oreilles sont explorées successivement avec une commutation automatique quand la première est achevée. En l'absence d'ordre contraire, l'appareil propose de commencer par l'oreille droite, suivant les recommandations de la norme.

Il est possible à tout moment d'interrompre le test, puis d'en modifier les paramètres, de le reprendre, de le recommencer ou de l'arrêter prématurément.

Avantages et applications

Le gros avantage de la méthode audioscan tient dans la finesse de détection des encoches auditives, qui n'a jamais été atteinte jusqu'alors. Il est possible, bien entendu, de dessiner des encoches situées à n'importe quel endroit du spectre fréquentiel entre 125 et 16000 Hz, ce qui constitue une nouvelle source d'information très importante.

En clinique, ceux qui utilisent l'audiométrie haute définition savent que, après la diminution du pouvoir de sélectivité fréquentielle (difficile à réaliser actuellement en pratique courante), c'est la détection des encoches étroites dans la zone 3 à 8kHz qui est le signe le plus précoce d'atteinte auditive chez les sujets exposés au bruit ou aux substances ototoxiques (aminosides, chimiothérapie, etc ...).

D'autres indications justifient l'audiométrie de haute définition: bilan après méningite, baro-traumatismes, complications des intoxications oxy-carbonnées, récupération d'une surdité brusque, efficacité de certains traitements, etc... Meredith et al. ont même pu mettre en évidence des atteintes auditives infra cliniques évocatrices d'une surdité héréditaire récessive chez certains membres d'une famille de sourds [9].

Dans ces conditions, l'interprétation d'une courbe audiométrique ne peut plus se fonder sur la seule lecture des seuils d'audition à certaines fréquences, mais sur la

caractérisation des encoches qu'il faudra pouvoir identifier et décrire. Comme les méthodes d'audiométrie de haute définition sont automatiques et donnent des résultats graphiques, il est intéressant d'y appliquer des méthodes de traitement informatisées permettant une aide à l'interprétation de ces résultats.

Traitement de l'information

Le premier travail consiste à « capturer » les données émises par l'audiomètre via une ligne série (RS 232). Leur mise en forme dans un fichier standardisé permettra leur traitement quelle que soit la méthode audiométrique (Békésy à fréquence glissante et Audioscan), étant donné que les informations transmises sont finies.

Seuils d'audition.

La définition des seuils d'audition a été clairement précisée par l'ISO 8253 [2] en ce qui concerne la méthode de Békésy à fréquences fixes, mais la technique de moyennage décrite ne peut pas s'appliquer au balayage fréquentiel. Nous avons vu plus haut la difficulté de fixer un seuil d'audition pour une fréquence donnée en cas d'excursions de grande amplitude.

Dans le même ordre d'idée, la technique Audioscan peut conduire à des résultats dont l'interprétation n'est pas immédiate en termes de seuils à fréquences fixes. Par exemple, il peut se produire que la valeur du seuil d'audition mesurée à 3000 Hz soit de 0 dB alors qu'elle sera de 25 dB quelques dizaines de Hertz plus loin.

Les techniques de lissage permettent de déterminer des valeurs plus réalistes à des fréquences déterminées. Il est toujours possible de forcer le résultat sur le multiple de 5 dB le plus proche de façon à ne pas modifier les habitudes d'interprétation et tenir compte de l'incertitude relative de la mesure.

Une des techniques de réduction de données est fondée sur le calcul d'indicateurs de perte auditive, habituellement compositions arithmétiques pondérées ou non de certains seuils d'audition. Leur calcul est particulièrement simple dès lors que les données sont traitées par un calculateur numérique. Ces indicateurs, sont employés pour simplifier l'interprétation dans un but de dépistage (Indicateur Précoce d'Alerte, Perte Auditive Moyenne ...), pour effectuer des comparaisons entre oreilles, suivre l'évolution, ou à des fins médico légales.

Caractérisation des encoches

On considère que l'information contenue dans un audiogramme est notamment liée à la présence d'encoches, c'est à dire de baisses des seuils d'audition limitées à une zone de fréquences définie. Cette notion est intuitive et demande à être définie à l'aide de critères plus précis, de façon à concevoir des algorithmes programmables sur ordinateurs.

Nous proposons de caractériser les encoches à l'aide des indices suivants (Fig. 6):

- définition de la "ligne de base",
- amplitude,
- niveau absolu,
- localisation en fréquence (f_c),
- largeur à 50% de l'amplitude ($f_b - f_a$),
- et éventuellement aire.

Il est à noter que le niveau de base dépend beaucoup des conditions d'examen, en particulier de l'environnement sonore... alors que le niveau absolu est plus reproductible quand les conditions d'examen sont modifiées.

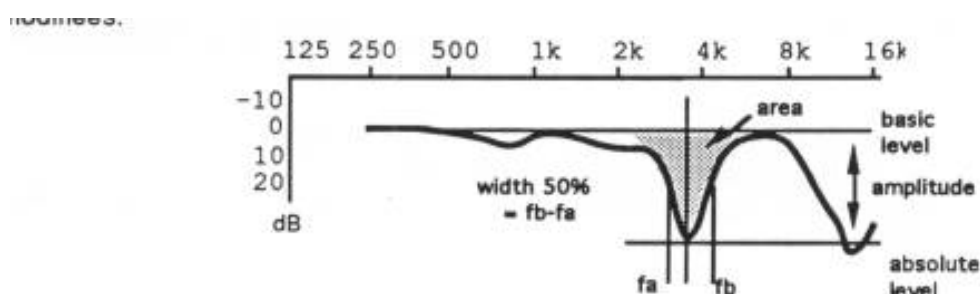


Fig. 6 - Une encoche peut être caractérisée par certains paramètres réducteurs de données.

Ces paramètres doivent permettre de comparer l'évolution des encoches dans le temps, soit sous l'effet de l'âge ou des traumatismes sonores, soit sous l'effet d'une thérapeutique (surdités brusques) ou d'un ototoxique.

Il a été montré dans une étude exploratoire réalisée à Montréal [Chantal Laroche et Raymond Héту, communication personnelle] que la reproductibilité de certains de ces paramètres était bonne, chez un même sujet examiné avec la méthode Audioscan.

En fait, les choses sont complexes en raison notamment des problèmes d'unités liées à l'échelle logarithmique des fréquences. Ainsi, la largeur d'une encoche ne peut pas être exprimée en Hz, car cette grandeur est trop liée à sa localisation, et il faut lui préférer des fractions d'octave. Les mêmes observations peuvent être faites à propos des aires.

En attendant la mise au point des algorithmes de détermination automatique de ces paramètres, il faut se résoudre à travailler "à la main", ce qui n'est pas entièrement satisfaisant. Malgré l'intérêt de cette nouvelle approche nous avons essentiellement, dans nos différentes enquêtes pour l'instant, utilisé les indices moyens décrits ci dessous.

Autres Indices.

Nous avons vu que l'interprétation des audiogrammes est souvent aidée par l'usage d'indicateurs qui sont en fait des compositions pondérées des seuils d'audition à

certaines fréquences fixes. Certains privilégient les hautes fréquences (dépistage), d'autres les fréquences conversationnelles (indices de gêne socio-acoustique, indices médico légaux).

En audiométrie de haute définition, on peut envisager une intégration des données qui permette le calcul d'indicateurs moyens "mi" d'une grande finesse, autre manière de réduire les données, de caractériser l'information.

Les indices "mi" correspondent à des indices moyens sur une plage de fréquences. En effet, puisque Audioscan donne 64 points de mesure par octave, il est possible d'en faire la moyenne, ce qui tient compte aussi des encoches situées entre les fréquences fixes:

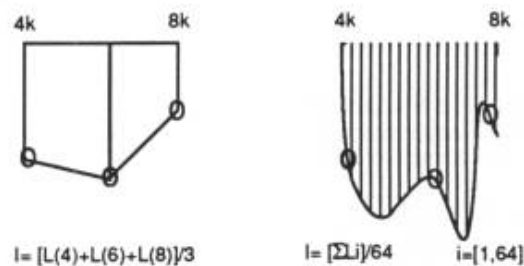


Fig. 7 - The usual hearing-loss indicators are based on fixed-frequencies levels (left). These indicators may be calculated using all the intermediate frequencies, increasing their contained information (right).

L'indicateur 1 calculé à partir des seuils (Li) d'un audiogramme à fréquences fixes (Fig. 7 à gauche) ne peut pas tenir compte de l'allure de la courbe audiométrique entre ces fréquences contrairement aux indices moyens qui contiennent autant d'information que l'aire de la courbe (Fig. 7 droite). (L niveau).

A titre d'illustration, nous pourrions proposer le découpage suivant, pour tenir compte de l'intérêt diagnostique des diverses zones de fréquences (Fig. 8):

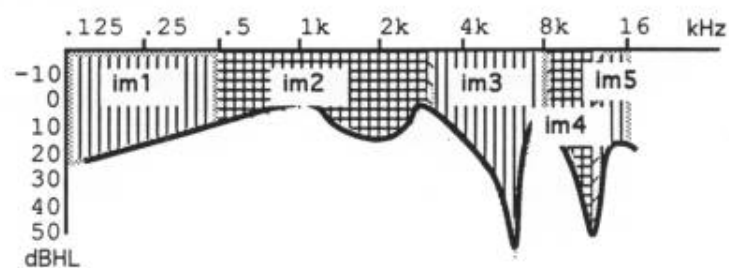


Fig. 10 - To illustrate the interest of "imi", we have divided the audiogram in different areas corresponding to different diagnosis areas.

Sur cet audiogramme non irréaliste, la zone im1 correspond aux basses fréquences; elle est très sensible à l'environnement sonore. La zone im2 est à peu près la zone conversationnelle. Une encoche dans cette région n'est pas rare. Il semble que ce soit la zone privilégiée des atteintes congénitales. La zone im3 (3-8kHz) est celle des traumatismes sonores, des atteintes professionnelles. On peut observer ici des encoches

extrêmement étroites, de l'ordre de quelques centaines de Hertz seulement. Très souvent, on constate une remontée vers 8kHz, puis une nouvelle chute centrée sur 10 ou 11 kHz (im4). L'effet de l'âge atteint très vite la zone im5.

Ceci illustre enfin une dernière possibilité de l'informatique en tant qu'assistance à l'interprétation. En effet, il est possible pour chaque paramètre de fournir des valeurs "théoriques", ou "prédites", correspondant au sexe et à l'âge, avec leur intervalle de variation.

Les fonctions décrites ci dessus existent rassemblées dans un logiciel ("illa") actuellement fonctionnel sur micro ordinateur (Windows). Ce logiciel permet la capture des données, leur mise en forme, leur enrichissement et leur restitution sous formes graphiques et numériques, avec possibilité d'exportation en mode texte.

Conclusion.

L'audiométrie de haute définition fréquentielle Audioscan, fondée sur une méthode automatique de recherche des seuils d'audition à niveau constant, est susceptible d'apporter une information nouvelle dans l'exploration de la fonction auditive. Ses limites sont liées, comme dans de nombreux examens subjectifs, à l'attention du sujet et à une définition adaptée des paramètres de l'examen.

La sensibilité et la précision de l'examen Audioscan permettent l'accès à des informations numériques nouvelles (indices moyens, caractéristiques des encoches) pour autant qu'on sache les extraire des courbes audiométriques qui sont dessinées en continu. La précision des algorithmes mis en œuvre est de nature à aider le diagnostic de l'audiologiste, à quantifier les pertes auditives en dépistage, en clinique ou en prévention, à faciliter la surveillance des sujets exposés aux ototoxiques et/ou aux traumatismes sonores.

Références.

1 Von Békésy G: *A new audiometer. Acta Otolaryngologica* 1947; 35: 411 422.

2 ISO 8253 1, *Acoustics Audiometric test methods Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry. International Organization for Standardization* 1989.

3 Portmann M, Portmann C; in *Précis d'audiométrie clinique. Paris, Masson, 5e éd. 1978.*

4 Van Dishoeck HAE: *The continuous threshold or detailed audiogram for recording stimulation deafness. Acta Oto Laryngol.* 1948;Suppl. 78:183 92.

5 Meyer Bisch C., *Inventeur, Brevet INRS N089 080397*

- Meyer Bisch C: *Audiométrie liminaire tonale par balayage fréquentiel asservi. Un nouveau concept, de nouvelles questions. Congrès Français d'ORL, Paris, 1989, 02 05/10, Proceedings.*

6 ISO 389: *Acoustics Reference zero for calibration of audiometric equipment Pure tone*

and air conduction audiometers. International Organisation for Standardization 1985.

7 IEC 318: An IEC artificial ear, of the wideband type, for the calibration of earphones used in Audiometry. International Electrotechnical Commission 1970.

8 Fausti S A, Erickson D A, Frey R H, Rappaport B Z, Schechter M A: The effects of noise upon hearing sensitivity from 8000 to 20000 Hz. J. Acoust. Soc. Am. 1981; 69:1343-49.

9 Meredith R, Stephens D, Meyer Bisch C, Reardon W, Sirimannat T: Audiometric detection of carriers of Usher's syndrome type II. Journal of Audiological Medicine 1992; 1: 11-19.

Interprétation de quelques résultats

Les résultats obtenus jusqu'à présent montrent qu'un certain nombre de sujets asymptomatiques présentent des encoches parfois très étroites (quelques centaines de Hertz) mais dont la profondeur peut atteindre 50 ou 60 dBHL.

Ces encoches peuvent être bilatérales et centrées sur la même fréquence. Un deuxième examen répété quelques jours plus tard les reproduit facilement. Les tracés observés suggèrent que ces encoches, sous l'effet des divers agresseurs de l'environnement (bruit, ototoxiques) et de l'âge vont évoluer en augmentant leurs amplitudes et leurs largeurs, jusqu'à ce qu'elles deviennent détectables à l'audiométrie traditionnelle. La mesure des seuils d'audition aux fréquences intermédiaires 3 et 6 kHz n'a-t-elle pas fait découvrir des pertes d'audition focalisées (apparemment) sur ces fréquences et jusqu'alors ignorées ?

Automatique et sensible, très précise en niveau et en fréquence, la technique audiométrique haute résolution par balayage fréquentiel asservi apparaît bien adaptée à l'examen de dépistage préventif, puisqu'elle permet la description d'encoches auditives qui n'ont jamais pu être observées avec une telle finesse.

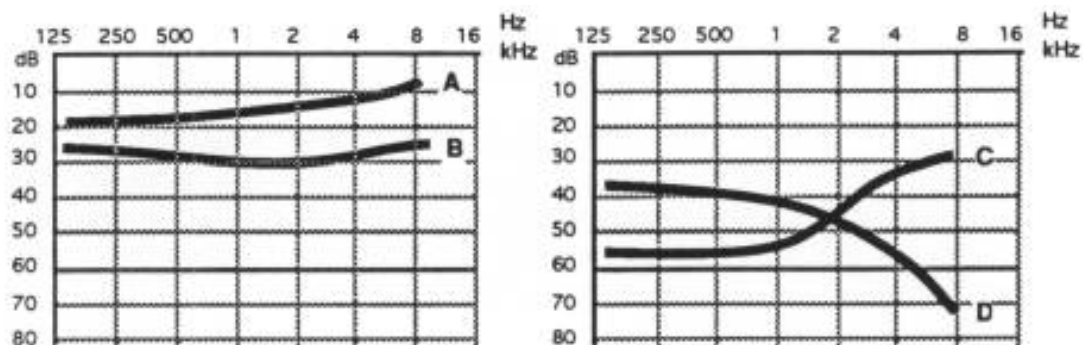
Nous allons tenter de présenter quelques règles permettant d'interpréter les audiogrammes, en sachant qu'il existe des variations, et que seules l'expérience et la prise en compte d'autres examens complémentaires pourront permettre une interprétation.

Surdités de transmission pures

Il s'agit en fait d'une translation de la courbe audiométrique selon l'axe des intensités (vers le bas). Elles sont dues, comme l'indique leur appellation, à un obstacle mécanique à la transmission du son de l'oreille externe vers la cochlée.

D'une façon très schématique, les courbes audiométriques correspondant à ces surdités ont certains points communs:

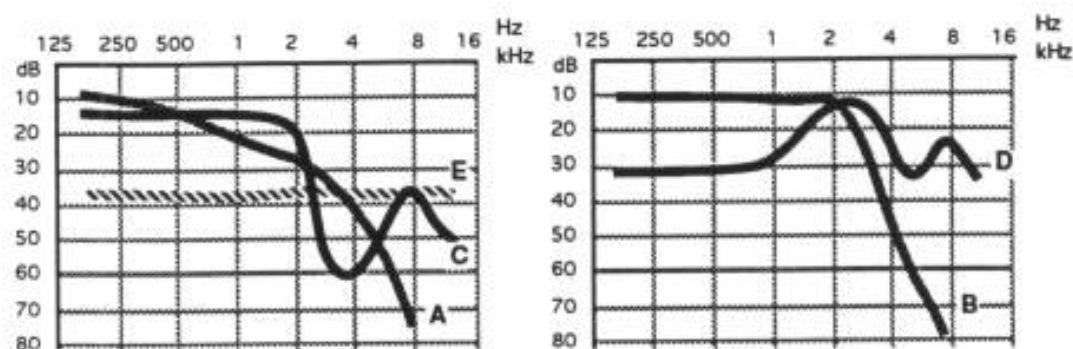
Elles sont en général limitées à 60 dBHL quelle que soit la fréquence. Sinon, il faut admettre une surdité de type mixte. Elles sont d'allure relativement plate (A, B). Elles peuvent être inclinées vers les graves (atteinte plus importante) (C). Elles peuvent être modérément inclinées vers les aigus chez les sujets plus âgés (presbyacousie) (D).



L'audiogramme en conduction osseuse (CO), dans ces cas, permettra de confirmer le diagnostic. Le Weber sera latéralisé du côté atteint. Le Rinne est négatif. L'impédance acoustique de l'oreille est toujours modifiée, mais ses variations sont fonction du type de dysfonctionnement.

Surdités de perception pures

Leur traduction audiométrique pourra prendre de multiples formes puisque, ici, c'est l'organe de perception, la cochlée, qui ne fonctionne plus normalement. Or, les atteintes de la cochlée peuvent être très différentes selon la fréquence testée. Il existe même des phénomènes complexes qui aboutissent à une distorsion du son et empêchent la "compréhension" du signal sonore.



Schématiquement, on peut distinguer les courbes suivantes:

Baisse vers les aigus avec graves conservés; Il peut s'agir de la presbyacousie classique (A), dont l'allure de la courbe est donnée par Audioscan® en fonction de l'âge.

Il peut aussi s'agir d'une atteinte importante des aigus, pouvant parfois se présenter

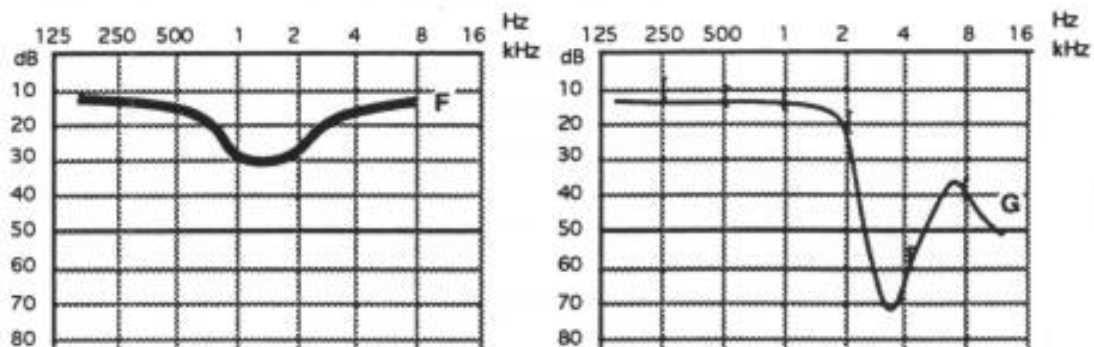
sous l'aspect d'un "mur" de coupure des aigus (B) presque vertical.

Présence d'une encoche plus ou moins étroite dans la zone 3-8 kHz. Il s'agit souvent d'une atteinte oto-traumatique sonore ou ototoxique (C).

Si les graves sont abaissés "en plateau" jusqu'à 750 Hz environ, il faut suspecter un artefact dû à un niveau sonore trop élevé dans la cabine audiométrique (D). Sauf dans certains cas particuliers (tir au fusil, dentistes), l'atteinte sono-traumatique ou ototoxique est bilatérale.

Dans certaines maladies de Ménière, on trouve une courbe horizontale (E).

Parfois, la courbe est "en cuvette" centrée sur 1000 ou 2000 Hz (F). On rencontre cette allure de courbe dans les atteintes congénitales ou familiales. Cet aspect est généralement bilatéral.



Dans tous les cas, les valeurs de seuils mesurés en conduction osseuse (CO) se superposent presque à la courbe de haute définition, montrant bien l'origine non mécanique de la surdité.

Dans les surdités de perception pures, le tympanogramme est généralement normal. Le Weber est localisé du côté de l'oreille saine.

Il est fréquent, dans les traumatismes sonores découverts chez les jeunes adultes, d'observer une relativement bonne conservation des seuils autour de 8 kHz, avec une nouvelle chute autour de 12 kHz.

Dans les surdités de perception d'origine ototoxique, l'atteinte débute presque toujours au niveau des hautes fréquences, et ne respecte pas le 8 kHz. La pente est régulièrement descendante de 2 kHz vers les HF.

Surdités mixtes

Ces surdités sont extrêmement fréquentes et sont la conséquence de l'évolution d'une oreille dont l'histoire a pu comporter des épisodes pathologiques variés et de natures différentes.

L'oreille se comporte comme un intégrateur des diverses agressions qu'elle aura subies

depuis sa formation.

Les courbes audiométriques enregistrées dans les surdités de type mixte peuvent revêtir des aspects extrêmement variés puisqu'ils seront la composition des courbes précédemment décrites.

L'examen en conduction aérienne et l'examen en conduction osseuse ne donnent pas les mêmes seuils aux différentes fréquences.

Il est plus rare que ces surdités soient exactement symétriques, et leur exploration devra faire appel à des examens fonctionnels variés.