

BULLETIN
DU CENTRE D'ÉTUDES
&
DE RECHERCHES MÉDICALES
DE LA S.F.E.C.M.A.S.

Septembre 1953.

L'AUDIOMETRE DYNAMIQUE.

par le Dr. TOMATIS

Directeur Adjoint du Laboratoire de recherches
de la S.F.E.C.M.A.S

L'audiologie, comme son nom l'indique, a pour but principal de déterminer, avec le plus de rigueur et de précision possible, le comportement auditif des individus.

En ce qui concerne son champ d'application à la thérapeutique elle se présente comme un moyen d'investigation très précieux.

En effet, les procédés de la statistique appliqués dans le cadre de l'audiologie ont permis d'établir un certain nombre de règles générales qui, le plus souvent, permettent au praticien de classer l'audiogramme du sourd examiné dans une catégorie bien définie et d'en tirer d'utiles conclusions quant au traitement à prescrire ou aux interventions chirurgicales à envisager.

D'autre part, il est maintenant possible, grâce à l'audiométrie, de prévoir une surdité non encore déclarée, et de la prévenir en remédiant en temps utile aux déficiences qui en sont la cause.

Ainsi, le développement des techniques de l'audiologie (audiométrie classique et test de plus en plus nombreux) marque un progrès très important dans la détection des troubles de l'audition.

Mais dans ce domaine, dont les possibilités s'affirment davantage chaque jour, bien des recherches restent à faire.

Il est incontestable que depuis quelques années de grands efforts ont été tentés et que des résultats plus qu'encourageants ont été obtenus.

Nous sommes toutefois obligés de constater qu'à l'heure actuelle, cette science commence seulement à se libérer du cadre des nécessités qui l'ont fait naître.

Jusqu'à présent, on s'est occupé simplement d'entreprendre des recherches anatomiques sur l'oreille, d'établir cette oreille dans des circonstances plus ou moins arbitraires, on a cherché à établir des rapports entre l'altération de telle bande du spectre sonore et telle anomalie du système auditif et on a finalement placé le problème de l'audition dans un cadre peut être un peu étroit (ce qui est d'ailleurs parfaitement normal à ce stade préliminaire).

Mais l'audiologie doit franchir maintenant les limites qui jusqu'ici lui ont été imposées et qui restreignent son champ d'application à l'oreille proprement dite, isolée de l'ambiance sonore extérieure. N'oublions pas en effet que la destination première de l'oreille est d'assurer une liaison entre le monde extérieur et l'individu.

Par conséquent, l'audiologie telle que nous l'imaginons comporte l'étude, non seulement de la transmission des vibrations sonores mais encore des circonstances dans lesquelles ces vibrations sont captées, puis de la transmission à travers le circuit auditif et enfin des répercussions sur sur l'individu de leur détection par le cerveau.

Or, nous estimons que l'audiométrie, telle qu'elle est conçue et pratiquée actuellement, c'est-à-dire par la détermination des seuils minima de perception, ne permet pas d'avoir la valeur réelle de l'audition d'un individu, autrement dit, la courbe de réponse véritable de son circuit auditif dans les conditions normales de perception auxquelles il est accoutumé.

Lorsque nous examinons un audiogramme, nous en déduisons que l'individu, isolé de tout bruit, perçoit normalement telle fréquence, qu'il a un déficit auditif à telle autre, mais nous ne pouvons en aucune façon nous rendre compte de la manière dont se comporte son oreille dans la vie courante.

Nous obtenons simplement une courbe de réponse particulière dans des circonstances qui sont pratiquement inexistantes en temps normal sauf pour certains cas de surdité assez accentués.

En effet, lors de l'établissement d'un audiogramme, le sujet examiné est plongé dans un profond silence. On note sur un graphique à quelle intensité il perçoit les différentes fréquences qu'on lui envoie dans l'une ou l'autre oreille.

Mais c'est là un examen purement quantitatif et qui ne permet aucune conclusion précise sur son comportement auditif normal.

Nous tenons à répéter ce que nous avons déjà exprimé au début de cet article, à savoir que nous ne cherchons nullement à nier la validité de l'audiométrie tonale telle qu'elle est actuellement pratiquée.

Pour tirer des lois statistiques de l'examen des audiogrammes, il est absolument nécessaire que ceux-ci soient établis dans des circonstances rigoureusement identiques, et il est bien évident que parmi ces circonstances, le silence représente celle qui est la plus simple à réaliser et qui offre le minimum de risques d'erreurs.

C'est pourquoi cette méthode a été la première à voir le jour. Sa simplicité et son caractère absolu permettant les études comparatives il était normal qu'elle s'impose et elle est à la base du développement actuel de l'otologie.

Mais nous pensons néanmoins que cet aspect de l'audiométrie n'est qu'un moyen de diagnostic, un procédé efficace de dépistage et de recherche reposant sur des bases solides bien qu'arbitraires: car il ne permet pas d'établir des conclusions valables sur l'état de l'audition puisqu'il isole l'oreille de son cadre réel.

Aussi notre but sera-t-il de chercher à déterminer le comportement auditif d'un individu dans les circonstances normales de son existence.

L'optique physiologique ayant une certaine avance sur l'audiologie, nous allons user d'une comparaison entre leurs éléments qui présentent des caractères communs, ceci afin de mieux préciser notre pensée.

Lorsqu'un ophtalmologiste examine l'acuité visuelle d'un individu, il cherche à savoir comment réagit l'œil de celui-ci, placé dans des conditions normales de visibilité. Et l'ambiance lumineuse de la salle d'examen sera constituée de préférence par de la lumière blanche c'est-à-dire par un mélange de toutes les fréquences du spectre visuel, à une intensité qui sera celle à laquelle l'individu est accoutumé.

Dans de telles conditions, l'examen permettra à l'ophtalmologiste de tirer des conclusions valables sur le comportement visuel courant du sujet examiné.

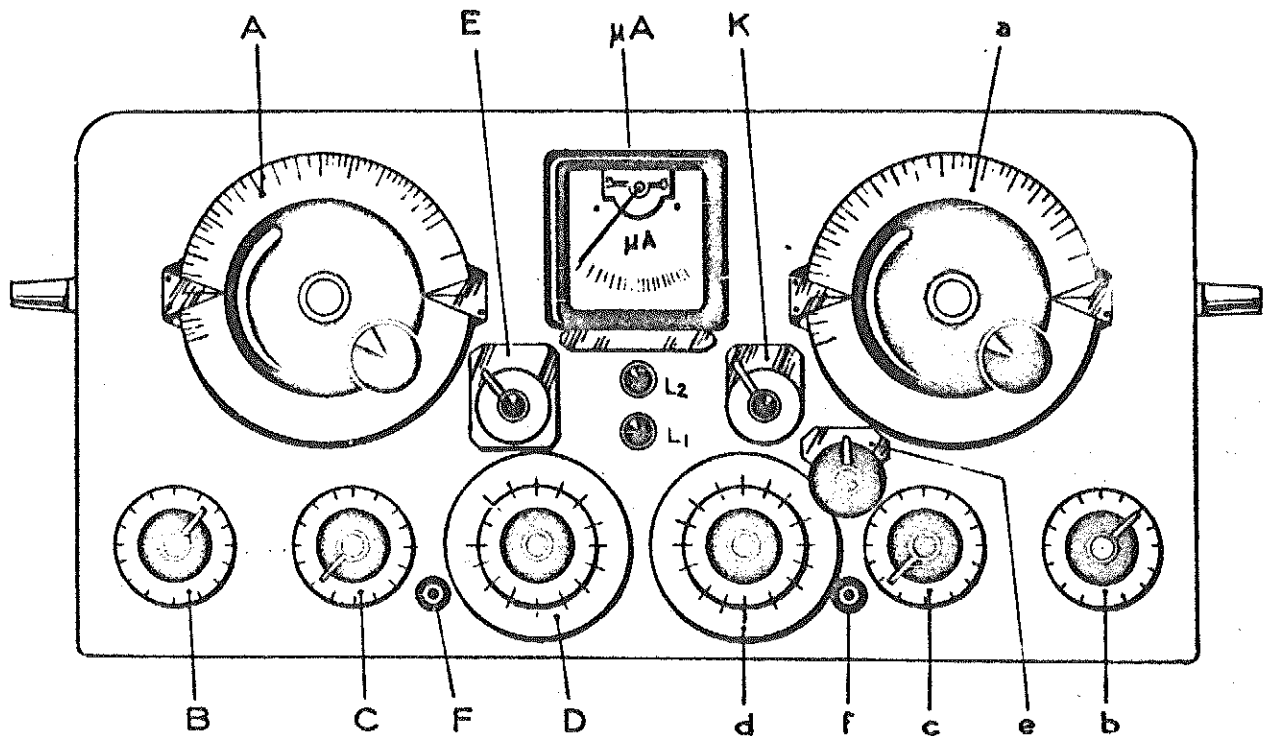
Imaginons maintenant que l'individu soit placé dans une chambre noire (absence de toute fréquence visuelle) et que l'on note à partir de quelle intensité lumineuse il devient capable de percevoir des plages lumineuses de couleurs différentes, c'est-à-dire de fréquences variant à l'intérieur du spectre visuel, qu'on lui présente successivement. Nous obtiendrons ainsi une "courbe de sensibilité de l'œil" aux différentes fréquences, mais cette courbe ne nous donnera en aucune façon la possibilité de préjuger du comportement visuel de l'individu dans la vie courante, de son astigmatisme ou de son hypermétropie ou de toute autre anomalie de sa vision.

Il en est exactement de même en ce qui concerne l'audiométrie.

L'audiogramme classique n'est que la courbe de sensibilité de l'oreille aux différentes fréquences sonores en l'absence de tout bruit de fond.

Ces différentes constatations nous ont amené à étudier un appareil susceptible de fournir des renseignements d'une valeur plus réelle, plus concrète sur l'audition, et qui permette, au cours de l'examen, de créer des circonstances sonores tendant à replacer l'oreille dans son domaine normal de fonctionnement.

SCHÉMA DE L'AUDIOMÈTRE DYNAMIQUE



LEGENDE DU SCHEMA

- | | |
|---|--|
| <p>A - Réglage de fréquence G_1</p> <p>B - Tarage à la fréquence 0 de G_1</p> <p>C - Réglage variable intensité G_1</p> <p>D - Réglage par points fixes intensité G_1</p> <p>E - Commutateur G_1, (G_2 ou Masking)</p> <p>F - Interrupteur à pression G_1</p>
<p>K - Commutateur 90 - 110 Db</p> <p>L_1 - Signal lumineux 90 Db</p> <p>L_2 - Signal lumineux 110 Db</p> | <p>a - Réglage de fréquence G_2</p> <p>b - Tarage à la fréquence 0 de G_2</p> <p>c - Réglage variable intensité G_2 - Interrupteur général</p> <p>d - Réglage par points fixes intensité G_2</p> <p>e - Commutateur $G_1 - G_2$ Masking</p> <p>f - Interrupteur à pression G_2 ou Masking</p>
<p>μA - Micro ampèremètre</p> |
|---|--|

Nous avons appelé notre appareil AUDIOMETRE DYNAMIQUE car il nous permet d'avoir, en quelque sorte, une valeur de l'audition et, puisqu'il n'est plus fait abstraction de toutes les perturbations extérieures et que l'excitation due à la fréquence pure se superpose à celles résultant du bruit de fond, l'oreille réagit dans ce cas comme elle en a l'habitude dans la vie courante. On sait que les audiomètres actuellement employés se composent principalement d'un générateur basse fréquence calibré, donnant des vibrations sinusoïdales acoustiques s'étalant de 128 c/s à 12.000 c/s et d'un jeu d'atténuateurs parfaitement étalonnés et permettant de transmettre chaque fréquence à un niveau sonore variable d'une façon connue de -10 + 100 db pour les conceptions aériennes.

En ce qui concerne les conceptions osseuses, la gamme des fréquences s'étale de 128 c/s à 4096 c/s et la marge d'intensité de - 10 à + 60 db (le zéro décibel indiquant par convention le niveau auquel une oreille normale perçoit chaque fréquence en l'absence de tout bruit de fond).

81.../...

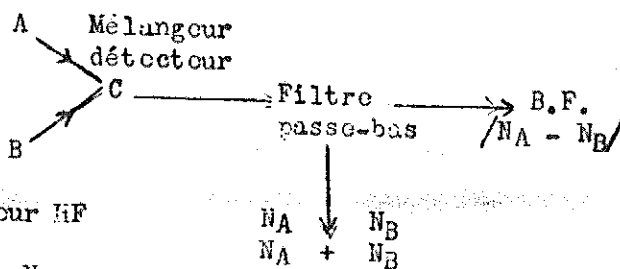
L'audiomètre plus perfectionné que nous avons réalisé se compose essentiellement des éléments suivants.

Deux générateurs BF à battements que nous appellerons G1 et G2. Rappelons pour mémoire le principe de fonctionnement d'un tel générateur. Un oscillateur HF fixe A de fréquence N_A et un oscillateur HF variable de fréquence N_B sont couplés à un mélangeur détecteur C. A l'intérieur de C, nous aurons donc les fréquences

$$N_A, N_B, N_A + N_B, /N_A - N_B/.$$

$N_A, N_B, N_A + N_B$ sont de la H.F. et par conséquent sont sans intérêt, on les éliminera à la sortie de C à l'aide d'un filtre passe-bas. Par contre, on peut ajuster les oscillateurs A et B de façon à ce que la fréquence différentielle $/N_A - N_B/$ soit de la B.F. que le filtre, convenablement réglé laissera passer. Si l'oscillateur B comporte un condensateur variable d'accord, il devient possible par la seule manœuvre de C.V. de faire varier la fréquence $/N_A - N_B/$ et de lui faire couvrir toute la bande des fréquences audibles.

Oscillateur HF fixe
fréquence N_A



Les générateurs G1 et G2 sont indépendants l'un de l'autre. Ils peuvent fournir chacun une tension sinusoïdale de fréquence ajustable entre 32 c/s et 17.000 C/s.

Pour chacun d'eux, un dispositif de tarage a été prévu qui permet par une action indépendante du CV d'accord, d'ajuster l'oscillateur variable de telle sorte que la fréquence entendue corresponde exactement à celle indiquée sur le cadran. Il suffit pour cela d'effectuer un réglage à la fréquence zéro. Un micro ampère, être indique par sa déviation l'impédance minimum d'une self parcourue par le courant BF; le maximum de déviation vers le zéro du microampèremètre signifie que $N_A - N_B$ change de signe et que l'on passe par la fréquence zéro.

Un générateur de bruit de fond G3 fournit un son complexe composé de nombreuses fréquences audibles et que l'on nomme souvent "bruit blanc", par analogie avec la lumière blanche. Dans la plupart des appareils, on se sert de l'agitation thermique à l'intérieur d'un tube de néon pour engendrer ce bruit. Nous avons préféré utiliser un autre procédé.

G3 se compose d'un amplificateur à grand gain dont la tension d'entrée se réduit au souffle d'une résistance de grande valeur placée dans la grille de la de la première lampe amplificatrice. Le souffle ainsi produit est amplifié normalement et fournit le bruit de fond recherché.

Un commutateur permet de sélectionner à volonté l'un ou l'autre de ces générateurs ou les grouper deux par deux ou tous les trois ensemble.

L'amplification des fréquences issues de chacun des générateurs est indépendante et un mélangeur alimente l'écouteur en lui envoyant des courants qui engendrent des sons parfaitement définis en intensité et en fréquence (cas de sons purs provenant de G1 et G2, en effet, pour G3 l'oscillation produite ayant une forme complexe, l'indication fournie par le microampèremètre n'est pas tout à fait rigoureuse et ne donne qu'une valeur approchée de la puissance émise).

Examinons maintenant les possibilités de cet appareil.

Tout d'abord, il permet d'obtenir une variation de l'intensité décibel par décibel de - 5 db à + 95 db, dans le cas d'utilisation normale.

En effet, à chaque générateur correspond un commutateur à points fixes permettant d'effectuer des variations de 6 db en 6 db entre zéro et 90 db.

D'autre part, à chacun de ces commutateurs se trouve associé un potentiomètre qui permet des variations progressives de - 5 db à + 5 db autour de l'intensité considérée, variations qui sont lues sur le cadran du microampèremètre préalablement étalonné.

Dans le cas de grande surdité, un commutateur permet d'obtenir une intensité plus forte et de monter jusqu'à 110 db. Dans ce cas, et pour les fréquences où cela est nécessaire, on se sert des 4 points fixes 72 db, 78 db, 84 db et 90 db qui se trouvent augmentés de 20 db chacun.

Grâce à cette possibilité de variation d'intensité progressive et continue, nous avons pu nous rendre compte que, contrairement à une opinion assez couramment répandue, l'oreille était capable de percevoir une différence d'intensité égale sinon inférieure au décibel, et qu'une telle différence était suffisante pour établir un seuil d'audition avec certitude.

L'examen audiométrique commencera par un relevé de l'audiogramme tonal classique qui nous fournira ce que nous conviendrons d'appeler désormais la valeur linéaire de l'oreille. Pour ce relevé, nous utiliserons le générateur G1 seul. Ensuite, nous chercherons à obtenir l'audiogramme dynamique proprement dit en envoyant simultanément à l'oreille un bruit de fond et la fréquence pure émise par G1.

L'expérience nous a montré qu'on avait intérêt à établir en même temps ces deux audiogrammes en notant sur un même graphique le seuil linéaire, puis le seuil dynamique relatifs à une fréquence donnée.

Le bruit de fond utilisé en général a une intensité de 35 db ce qui correspond à une ambiance sonore courante.

Mais on pourra tracer plusieurs courbes correspondant à des intensités différentes de bruit de fond, ce qui nous donnera la valeur dynamique de l'oreille pour chacune de ces intensités.

En particulier, il sera intéressant de tracer la courbe dynamique de l'oreille d'un individu en lui injectant un bruit de fond dont l'intensité sera celle à laquelle il est accoutumé, du fait de son métier par exemple.

Ces audiogrammes bénéficient d'une marge d'erreurs réduite, du fait de la précision dans l'établissement des seuils.

D'autre part, la faculté que l'on a de faire varier la fréquence d'une façon continue permet de "sonder" certaines bandes qui éveillent la curiosité de l'examineur par une anomalie quelconque.

Grâce à cet appareil, toujours en se servant de G1 et de G3, il devient aisé de déterminer les seuils de saturation de l'oreille.

Le nombre restreint d'audiogrammes dynamiques dont nous disposons pour le moment ne nous a malheureusement pas encore permis d'établir des hypothèses précises sur le comportement de l'oreille dans le bruit. Toutefois, les premières comparaisons effectuées tendent à prouver à quel point l'oreille réagit d'une toute autre façon lorsqu'elle n'est plus parfaitement isolée de l'extérieur.

En utilisant le générateur G1 seul, il est facile de déterminer les courbes de sélectivité de l'oreille à différentes intensités.

Enfin grâce à cet ensemble de valeurs physiologiques, il devient possible de réviser nombre de tests de fatigues auriculaires et d'en créer de nouveaux.

L'étude que nous venons d'effectuer sur ce nouvel appareil nous permet de prévoir les très nombreux services qu'il peut rendre dans le domaine de l'audiométrie. Nous avons d'ailleurs le projet de lui apporter quelques modifications afin de le rendre encore mieux adapté à son rôle qui est avant tout de replacer l'oreille en cours d'examen dans des conditions normales de fonctionnement.

Nous pensons donc compléter le dispositif de transmission par l'adjonction d'un vibreur qui excitera la paroi osseuse en même temps que l'écouteur transmettra les vibrations au tympan, car dans le domaine de l'audiométrie dynamique, il est essentiel de ne pas séparer les deux modes de conduction.

Un réglage fixe nous permettra de répartir l'intensité sonore qui sera fournie par chacun de ces générateurs de vibrations conformément à la réalité. Ainsi, nous obtiendrons la valeur dynamique globale de l'oreille.

Nous pensons également adjoindre à cet appareil une tête de lecture magnétique qui permettra d'effectuer des recherches beaucoup plus poussées sur les rapports qui se manifestent entre les fréquences fondamentales d'un bruit complexe (forge, chaudronnerie, moteur d'avion par exemple) et les audiogrammes, classique et dynamique des individus soumis d'une façon régulière à de tels bruits.

L'audiogramme classique sera effectué normalement.

Quant à l'audiogramme dynamique, il sera établi comme à l'ordinaire, mais en remplaçant le bruit de fond fourni habituellement par G3 par la restitution d'un enregistrement pris dans une ambiance sonore identique en nature et en intensité à celle à laquelle le sujet examiné est habitué.

Nous aurons ainsi trois sources d'éléments de comparaison : l'audiogramme classique, l'audiogramme dynamique pris dans des circonstances correspondant à la réalité et le spectre sonore du bruit traumatisant (que nous aurons préalablement analysé).

Nous sommes persuadés que par cette comparaison, nous obtiendrons des résultats intéressants dans le domaine des surdités professionnelles ainsi que des

.../...

indications précieuses sur les moyens éventuels d'y remédier.

Nous espérons avoir donné ici une idée de ce que l'on est en droit d'attendre de ce nouvel appareil et du principe qui l'a rendu nécessaire. Et nous pensons qu'ils pourront prochainement enrichir de chapitres nouveaux cette science toute neuve qu'est l'audiologie.