

III

Les réactions somatiques et psychiques au bruit industriel.

Par M. A. TOMATIS

(Paris).

Certes, c'est à l'oreille et à l'oreille seule que l'on pense quand il s'agit du bruit. N'a-t-elle pas été particulièrement conçue pour le percevoir, l'apprécier, le goûter ? N'a-t-elle pas été spécialement désignée pour entendre ?

Cette application stricte à la fonction même de l'oreille, cette restriction d'ordre physiologique, suscite néanmoins une gêne dans l'étude de la pathologie du bruit. Comment peut-on, en effet, envisager qu'un autre organe puisse être sensible, voire perturbé dans son fonctionnement dès qu'apparaît le bruit ? Est-ce à dire que nous serions capables d'entendre autrement que par l'oreille ? Hélas non, pas plus que nous ne saurions voir autrement que par l'œil.

Cependant tout, aujourd'hui, nous révèle que le bruit perturbe l'organisme entier. Tout nous prouve qu'il a dépassé les possibilités de l'oreille. Et si l'oreille garde le privilège d'entendre le bruit, elle n'est plus la seule à réceptionner le bruit industriel.

Ce dernier, il est vrai, n'est plus du bruit à proprement parler, tel que nous le comprenons, tel que nous le concevons, tel que nous le percevons mais un nouveau fléau qui échappe aux lois physiologiques normales de la perception.

Il n'est point, à vrai dire, de dénomination exacte pour le caractériser, pour le désigner. Aussi serait-il plus précis de ne parler que de *phénomènes vibratoires acoustiques industriels*. Cette terminologie plus physique aurait l'avantage de grouper, en elle seule, toutes les manifestations résultant des variations des différents paramètres de cette énergie vibratoire acoustique.

Les bruits, au sens original, les bruits humainement audibles, dirons-nous, occuperont leur place dans les phénomènes vibratoires tandis que l'hypertrophie monstrueuse de leurs paramètres, notamment de l'intensité, aboutira au bruit industriel.

L'oreille vis à vis de cet « Agent Physique » nouveau est la première housculée, la première ravagée, la première lésée. Elle est largement débordée, d'emblée saturée rapidement écrasée et ce que nous étudions sur elle, grâce aux facilités d'examens actuels, c'est son mode de comportement dans l'évolution de sa destruction plus ou moins rapide.

Mais cette destruction sera-t-elle sans dommage pour le reste de l'organisme ? Ne verrons-nous pas apparaître une lignée de signes cliniques et généraux traduisant l'atteinte auriculaire ? N'existe-t-il pas enfin des réactions somatiques et psychiques indépendantes de l'atteinte auditive ?

C'est pour répondre à ces différentes questions qui résument nos recherches actuelles que nous adopterons le canevas suivant : Réactions de l'oreille. — Réactions somatiques et psychiques dont le point de départ s'avère être secondaire à l'altération de l'audition. — Enfin les réactions apparemment indépendantes de l'atteinte de l'oreille.

Les réactions de l'oreille au bruit.

Elles sont connues dans leur évolution, elles sont déjà classiques. Elles aboutissent inéluctablement tôt ou tard, en fonction du temps d'exposition, en fonction de la qualité du bruit, en fonction de la sensibilité individuelle du sujet exposé, à la surdité professionnelle.

Cette surdité rapidement irréversible, si difficile à compenser, mutile l'audition sans la détruire complètement, en désarticule la voie d'entrée par destruction partielle du récepteur, modifie la courbe audiométrique sur un profil toujours identique et, somme toute, se caractérise par un rétrécissement du champ auditif.

Celui qu'elle frappera sera un sourd mais un sourd spécial. Ce sera un entendant qui ne comprendra plus rien.

La surdité professionnelle, largement développée par ailleurs, n'est que l'aboutissement du comportement de l'oreille au bruit. Est-ce à dire que l'oreille n'aura, tout au long de la destruction, aucune manifestation de défense ? Se laissera-t-elle anéantir purement et simplement sans révéler aucun signe de souffrance ? Bref, durant son séjour d'exposition aux ambiances sonores ne réagira-t-elle pas autrement que par une chute de la perception de ses aigus ?

Ce sont là des problèmes dont on peut aisément mesurer toute l'importance. S'il est vrai, qu'il existe des réactions auriculaires traduisant la souffrance auditive et s'il nous est possible de dépister le moment où l'oreille risque d'arriver à un stade au delà duquel les lésions sont irréparables, nous aurons alors acquis un élément considérable dans la lutte contre les méfaits du bruit.

Depuis quelques années, nous nous sommes attachés à ce problème, à savoir comment une audition normale au départ pouvait se comporter dans le bruit avant d'en subir des altérations définitives et importantes. Nous avons recherché le moment opportun d'intervenir. Nous avons essayé de mettre en évidence un *Signe d'alarme*.

Pour y parvenir, nous avons procédé à l'examen systématique mensuel de sujets dont les courbes audiométriques étaient normales. Après la période d'accoutumance acquise, nous avons observé une phase de latence plus ou moins longue dont la durée reste absolument imprévisible et pendant laquelle rien, au cours d'examen systématiques, n'apparaît sur la courbe audiométrique qui traduise la lésion prochaine. Pourtant on assiste bientôt à un véritable remaniement dans le mode de perception de l'oreille : la valeur globale de l'audition reste la même, tandis que s'amincit l'espace Air-Os.

Le rôle de défense de l'oreille moyenne est alors modifié. Il devient incapable apparemment de protéger l'oreille interne dans la transmission des sons. Le nerf auditif, tel qu'on le mesure en clinique grâce aux vibreurs, semble être sans protection, « à fleur de peau ».

La protection ossiculaire n'offrant plus, semble-t-il, une tension suffisante pour accomplir son rôle de réduction d'intensité, la tension de la membrane basilaire au voisinage de la base, c'est-à-dire au niveau du 4 000 Hz, augmentera dans des proportions telles qu'une destruction partielle par arrachage, par déchirement sera inévitable. Cette défaillance de la résistance ostéomusculaire de l'appareil de transmission que traduit le pincement puis le croisement des courbes Air-Os, est toujours observée. Elle prélude à la lésion traumatique à proprement parler de l'oreille interne, par son impossibilité à la protéger par son jeu de compensation jusque là considérable.

C'est le frein qui lâche, c'est la vanne qui saute, c'est l'ouverture béante. Quelle que soit alors la fréquence qui entrera si librement dans l'oreille interne, elle provoquera le coup de bélier hydraulique en milieu à pressions variables, qui arrache et déchire tout ce qui est à l'entrée, c'est-à-dire la membrane basilaire à sa base.

La base arrachée, il faudra attendre longtemps pour que les bords de cette brèche puissent se voir rognés à leur tour. La lésion, en effet, se stabilise rapidement.

Ainsi donc, il existe AUDIOMÉTRIQUEMENT un véritable *Signe d'alarme*. Il faut savoir le rechercher. Il faut y songer et redoubler d'examen lorsqu'on voit apparaître l'ébauche d'un amincissement de l'espace graphique Air-Os. C'est la preuve de la défaillance dans la défense au bruit, c'est la tradition d'épuisement du système ostéomusculaire dévolu à la caisse du tympan, c'est la limite au delà de laquelle l'oreille moyenne ne compensera plus, n'accommodera plus.

Combien de temps va durer cette phase ? Plus ou moins longtemps en fonction de l'importance du bruit ambiant, de sa continuité, de la durée des phases de repos et partant des possibilités de récupération éventuelle ; en fait, en fonction de tous facteurs susceptibles d'engendrer un désordre excessif sur un organe ostéo-musculaire épuisé.

Dans les ateliers du type des chaudronneries où l'ambiance sonore se manifeste de façon discontinue et n'excède pas 110 db dans son intensité globale, la phase d'alarme peut durer quelques semaines à quelques mois. Au contraire, auprès des bancs d'essais

de moteurs à pistons ou de réacteurs, cette phase d'alarme se voit considérablement écourtée et peut ne durer que quelques jours ou quelques semaines.

Cette phase est véritablement annonciatrice de dégâts importants sur l'audition. Elle apporte des éclaircissements importants à la physiopathologie de l'oreille. Elle traduit, avons-nous dit, un épuisement de l'appareil ostéo-musculaire. Elle est la preuve de l'effondrement du potentiel d'accommodation assurée par les muscles de l'étrier et du marteau.

Il ne faut voir là qu'une fatigue excessive purement musculaire telle qu'on pourrait l'obtenir sur des muscles exténués par la répétition trop fréquente d'un même mouvement ou le renouvellement d'une tension de trop longue durée; car le nerf auditif ne présente encore aucune lésion, puisque audiométriquement la courbe osseuse offre souvent une gêne considérable. La confirmation de cette hypothèse nous est donnée par la récupération rapide de l'audition lors de la mise au repos du sujet durant plusieurs jours dans le silence relatif.

On conçoit aisément qu'une oreille si largement et si soudainement démunie de son appareil de transmission, d'amplification, de réduction, de compensation puisse entendre trop, entendre douloureusement. On comprend que le bruit devienne pénible, métallique, insupportable. C'est là un phénomène d'hyperacousie douloureuse identique à celui recueilli au cours des paralysies faciales.

Autrement dit, le sujet arrivé à ce stade entend sans le secours de défense de son appareil ostéo-articulaire. Tout se passe alors comme si le tympan seul jouait un rôle de membrane mobile, sensible aux pressions acoustiques, reliée à la fenêtre ovale à laquelle il transmet les vibrations sans aucune intervention musculaire, par le seul jeu d'une transmission mécanique.

En effet, il est actuellement admis que le tympan et ses accessoires ostéo-musculaires représentent cet appareil merveilleux, cet assemblage miraculeux qui transporte l'énergie recueillie sur la paroi externe du tympan, la malaxe, en absorbe l'énergie essentielle, en restitue la dose exacte voulue, mesurée, pesée, sur la fenêtre ovale, avec une fidélité absolue, sans qu'on puisse parler de distorsion apparente.

Quel que soit le besoin de satisfaire notre esprit par une explication peut-être complexe mais ayant le mérite de tout concilier, une sorte de solution omnibus, on ne manque pas néanmoins de se trouver dangereusement assailli par de petits doutes, tels que la notion exacte du seuil de l'énergie absorbée, l'analyse réelle des paramètres de cette énergie, l'appréciation rigoureuse de l'intensité absorbée, la restitution exacte sans distorsion harmonique sensible d'une onde sonore complexe le long d'un système ossiculaire, membraneux et musculaire pour le moins compliqué.

Comment un système si ingénieusement conçu peut-il accumuler tant de fonctions si diverses et si diamétralement opposées? Peut-on espérer mécaniquement un montage capable de nous apporter tant de précisions satisfaisantes? Comment enfin ce système que tant d'explications solides ont voulu ériger en un appareil parfait quant à la souplesse de son jeu dans la transmission fidèle de la qualité d'un son, grâce à l'accommodation de ses antagonistes, peut-il poursuivre par enchantement, par habitude peut-être, une fonction identique en l'absence du rôle efficace du processus musculaire si capital semble-t-il?

N'est-il pas généralement admis que la transmission d'un son complexe n'est fidèlement effectuée que par le jeu de la musculature rendant les osselets solidaires grâce à une tension plus ou moins grande, plus ou moins élastique, plus ou moins appropriée.

Comment alors des sujets dont on connaît la fatigue auditive extrême, véritable parésie musculaire de l'oreille moyenne, n'entendent-ils pas que des bruits insolites, sans aucun rapport avec le bruit ambiant.

Faut-il continuer à considérer l'assemblage ossiculaire muni de ses ligaments, renforcé et rendu élastiquement solidaire par ses muscles antagonistes, comme un véritable pantographe fidèle dans ses reproductions, fidèle dans la projection de ses images homologues?

Ce sont là des problèmes dont l'étude analytique dépasserait le cadre de notre exposé mais nous retiendrons que l'importance de l'appareil ossiculaire a été mise en évidence en laboratoire à l'aide de miroirs placés le long de la chaîne des osselets et vus par lumière stroboscopique.

A vrai dire, peut-être ne s'agit-il là simplement que d'un ébranlement d'ensemble lié à la solidarité imposée avec le tympan, par le manche du marteau? N'y a-t-il pas là un jeu vibratoire semblable à celui obtenu chez l'ouvrier qui tient en main un marteau de rivetage ou un marteau pneumatique? Chez cet ouvrier, les muscles antagonistes lui donnent la notion de l'effort pour le bon maintien de son instrument. Il ne viendrait à l'esprit d'aucun chercheur d'admettre qu'il soit possible, en un point donné du corps de cet ouvrier, de restituer l'énergie absorbée avec les valeurs relatives exactes de ses différentes composantes. Pourtant un montage stroboscopique permettrait, à coup sûr, de suivre l'onde transmise le long de ses bras, de ses épaules et de son corps entier.

Pourtant la conception actuelle veut qu'une énergie E_1 , captée par le tympan se fauille le long de la chaîne des osselets sans craindre de changer de forme mais seulement en changeant de taille si besoin est. Ensuite cette énergie, devenue E_2 , se voit distribuée sur la membrane basilaire à l'aide de tourbillons courant dans la rampe vestibulaire qui déprime la membrane de Reissner et, par contre-coup, excite l'organe de Corti grâce à la membrane tectoria.

Telle est la théorie de BEKESY qui prime actuellement. L'étalement des fréquences se fait

sur la membrane basilaire à l'aide de tourbillon se déplaçant d'autant plus loin vers le sommet de la cochlée que le son est plus grave.

D'après CULLER et COPPEE, la notion d'intensité est également résolue par l'idée d'une dépression plus ou moins grande sur la membrane basilaire. Autrement dit, la membrane basilaire peut décomposer le son en ses différentes composantes et en apprécier l'intensité.

Nous nous trouvons ainsi en présence de deux appareils travaillant en symbiose. L'un transmet le son purement et simplement en l'adaptant. L'autre l'apprécie aussi bien en hauteur qu'en intensité.

Nos ouvriers en usine, dont les oreilles sont régulièrement et journellement plongées dans un bruit évoluant toujours dans les limites de l'intolérance, ne manquent pas de nous offrir maints sujets à réflexion. Nous nous proposons d'en citer quelques-uns. Tous répondent aux réactions de l'oreille au bruit :

a) Comment un ouvrier, déjà, ancien, habitué au bruit de sa machine, vivant avec elle depuis des années, des heures entières pendant la journée, est-il capable d'entendre la conversation de son voisin tandis que tout nouveau venu sera en proie à l'agression du bruit environnant ? Comment cet ouvrier dont l'audition est si perçante dans le bruit est-il un sourd dans la vie courante ? Ce fait est remarquable. Nous avons eu l'occasion de l'observer à différentes reprises. Il n'a pas manqué de frapper les spécialistes qui se sont penchés sur l'audition des mécaniciens de locomotive : la voix chuchotée n'est plus perçue depuis longtemps, la voix conversationnelle commence à être perçue difficilement tandis que, dans le bruit, sur sa machine, rien n'échappera à ce même sujet.

D'où vient cette nécessité de sommation de bruit pour atteindre un nouveau seuil, comme chez l'otospongieux ?

b) Nous parlons communément de différentes phases dans l'évolution de la surdité professionnelle. Nous savons qu'au départ se dessine un déficit plus important que celui qui subsistera plus tard. Pourquoi ? Nous admettons certes que le sujet s'accommode à son nouveau mode d'existence. Mais alors comment ?

c) Nous sommes régulièrement frappés par l'extrême tolérance et l'endurance de nos anciens ouvriers tandis que nos jeunes s'avouent rapidement incommodés par différents troubles. C'est parmi le personnel soumis aux méfaits des ambiances sonores effroyables des réacteurs que nous rencontrerons souvent de vieux ajusteurs, des anciens, des pionniers des bancs d'essais de moteurs à piston, dont les oreilles, certes endommagées, le sont considérablement moins que celles des jeunes recrues. Pourquoi et comment ?

Ces quelques questions que l'on peut multiplier à loisir, nous imposent une étude plus approfondie du mécanisme de l'oreille moyenne, ce qui nous permet, nous le verrons chemin faisant, d'en dégager des conclusions fort intéressantes dans la lutte contre le bruit.

L'oreille moyenne est celle qui va lutter contre le bruit car elle en possède les moyens par son jeu musculaire.

Deux muscles puissants sont à sa disposition pour assurer cette défense : l'un, le muscle du marteau, solidement amarré sur le côté interne de l'extrémité supérieure du manche du marteau; l'autre, le muscle de l'étrier aboutit à la partie postérieure de la tête de l'étrier.

Le premier, sous la coupe du nerf maxillaire inférieur peut entraîner le manche du marteau en arrière et, par là, entraîner une tension complémentaire du tympan. Le second, innervé par le facial, peut à son gré tirer à lui l'étrier, en arrière et en dehors.

Dans les positions extrêmes, les deux muscles sont antagonistes. La contraction importante du muscle du marteau entraîne la tête du marteau en dehors; le corps de l'enclume bascule en dedans poussant ainsi la platine de l'étrier dans l'oreille interne à la manière d'une porte, et vice-versa.

Cependant l'un et l'autre de ces muscles peut se contracter avec une certaine autonomie, une certaine indépendance grâce à la laxité des articulations intermédiaires marteau-enclume — (incudo-malléolaire) — et surtout enclume-étrier (incudo-stapédienne). On peut obtenir des mouvements du tympan n'entraînant pas une mobilisation de l'étrier, de même qu'un mouvement de prosupination de l'avant-bras n'entraîne pas nécessairement une mobilisation du bras et lui laisse son indépendance, tandis que, au contraire, un mouvement forcé de prosupination déchançera une rotation du bras, voire même de l'épaule.

Autrement dit, en régime normal, aucune répercussion d'un muscle sur l'autre. Seule subsiste une liaison spatiale. Par contre, en régime forcé, déplacement par entraînement.

Quels sont alors les rôles de ces deux blocs séparément (bloc incudo-malléolaire et étrier) ?

Le Bloc incudo-malléolaire a la possibilité de tendre le tympan comme on peut tendre la peau d'un tambour. Autrement dit, il peut l'accorder à volonté sur telle ou telle fréquence ou, plus exactement, sur telle ou telle bande passante, tout comme ferait un microphone ayant une membrane d'entrée à tension variable.

C'est ainsi qu'en relâchement complet, les graves passent électivement et une coupure du tenseur du marteau amène une impossibilité de voir pénétrer les sons dont les fréquences siègent au-dessus de 500 hertz. Par contre, la tension progressive du muscle du marteau voit cette bande passante s'élever et atteindre une zone optimale en fonction de la tension optima du muscle du marteau. Cette tension optima peut varier avec le sujet, avec sa fatigue, avec son âge, son affinité auditive, sa race.

Au contraire, la contraction du bloc de l'étrier sort la platine de sa chambre vestibulaire en l'attirant en arrière et en dehors autour d'un axe postérieur, à la manière d'une porte qui s'ouvre. Par levier, le manche du marteau sera poussé vers l'extérieur et la membrane tympanique se trouvera, du même coup, détendue.

Autrement dit, les deux muscles ont des réactions inversées. Le muscle qui protège l'appareil sensible par excellence, l'oreille interne, est le muscle de l'étrier.

Une dysharmonie dans le jeu de ces deux blocs peut perturber largement l'audition. Si nous tirons plus ou moins sur l'un ou l'autre des muscles commandant la position spatiale de chacun de ces blocs, nous arrivons, en positions extrêmes, à des modifications importantes dans la manière d'entendre.

Ainsi en résumé, l'oreille moyenne offre deux blocs osseux, l'un externe (incudo-malléolaire), l'autre interne (l'étrier), reliés entre eux par des ligaments mus par deux muscles indépendants quant à leur innervation, quant à leur jeu en régime de tension normale, antagonistes en position extrême.

Dire qu'il s'agit du jeu de deux muscles importants, solides, puissants, dans le fonctionnement même de l'audition, dire aussi de ces muscles qu'ils sont là pour défendre l'organe sensible, c'est attribuer à l'oreille moyenne toute la physio-pathologie qui régit les groupes musculaires antagonistes. C'est envisager un équilibre fonctionnel parfait; c'est aussi songer à la possibilité d'un déséquilibre important.

En équilibre fonctionnel parfait, deux muscles (ou même chacun d'eux séparément) peuvent se contracter chacun statiquement, sans déplacement, sans entraîner la contraction de son antagoniste. Ce n'est que par une contraction dynamique, aboutissant à la création d'un mouvement, d'un déplacement, que l'antagoniste subira alors une modification dans son élongation. Cette élongation d'ailleurs peut encore se faire sans contraction.

Un exemple sur un groupe musculaire fera mieux comprendre l'ensemble de ces possibilités. Prenons, par exemple, le groupe fléchisseur extenseur de l'avant-bras sur le bras. On sait que la flexion extension est déterminée par la contraction du groupe antérieur ou postérieur du bras. Pourtant, en position statique, l'avant-bras étant bloqué en une position déterminée, la contraction importante du groupe antérieur ne déclanchera pas nécessairement la contraction du groupe postérieur. Il suffit, pour s'en assurer, de supposer un poids élevé en flexion du bras par exemple. Plus ce poids augmentera, plus la tension musculaire des fléchisseurs croîtra, sans changement appréciable de la tension des extenseurs. De même, dans des conditions identiques, une modification de l'angle de flexion n'entraînera qu'une élongation différente des extenseurs sans pour autant en changer la tension.

On sait aussi ce que détermine la paralysie de l'un ou l'autre de ces groupes musculaires. A l'inverse, on connaît les dystrophies qu'engendre l'hypertrophie dysharmonieuse de ces groupes musculaires antagonistes. Le groupe le plus développé sera le plus fort bien entendu.

Dire aussi que tout dépend de deux groupes musculaires c'est ouvrir une porte à toute la kynésie musculaire, à la récupération fonctionnelle, à la possibilité d'amélioration du rendement, de la puissance appropriée. De même qu'il existe, que l'on crée des athlètes,

de même il nous est permis d'envisager de former des athlètes des muscles du marteau ou de l'étrier.

Hypertrophier ou gonfler un muscle, pour employer une terminologie de culturiste, est actuellement un jeu facile, simple, bien établi. Ce que nous avons essayé, c'est de déterminer cette hypertrophie possible des muscles de l'oreille moyenne.

L'élément essentiel du but à atteindre en face du bruit, c'est de protéger l'oreille interne, organe fragile par excellence, sensible au traumatisme sonore. Le groupe musculaire qui assure cette protection de manière élective, c'est le muscle de l'étrier. Il nous faudra donc créer des athlètes des muscles de l'étrier.

Plus ce muscle sera puissant, plus sa tension pourra être solide, plus le blocage de la platine pourra être assuré de manière ferme et ainsi plus grande sera la protection de l'organe sensible qu'est l'oreille interne.

Un écueil surviendra pourtant. Si cette puissance s'accroît considérablement, ce sera au détriment de la sensibilité, surtout de la sensibilité aux excitations de faibles amplitudes, c'est-à-dire en matière de pressions acoustiques, aux fréquences élevées. Elles passeront donc d'autant moins bien que notre muscle de l'étrier sera plus développé.

Défendue ainsi par le muscle de l'étrier, l'oreille offre encore une manière, non moins considérable, de se protéger; c'est d'ouvrir au minimum sa porte d'entrée. Ne pas ouvrir sa porte signifie, en l'occurrence, ne pas tendre la musculature du marteau et rendre au maximum la membrane tympanique dans l'impossibilité physique de vibrer. Pour se faire, il suffit de la détendre et cela au maximum, comme une membrane de tambour dont la tension s'effondrerait. Le tympan réagit à ce moment comme un filtre passe-bas.

Autrement dit, le jeu idéal de protection serait atteint s'il nous était possible d'engendrer une hypertrophie importante du muscle de l'étrier et d'obtenir de ce dernier une position spatiale en fonction d'une elongation minimum, position spatiale qui entraînerait le bloc incudo-malléolaire en position extrême de rotation externe, c'est-à-dire dans une position idéale ne permettant la pénétration que d'une bande fort limitée des sons, puisque n'excédant que difficilement 500 à 1 000 hz.

Certes, aux pressions supérieures surajoutées, c'est-à-dire aux intensités importantes, la membrane du tympan se trouvera excitée en régime forcé et laissera passer des sons qu'une physiologie normale bloquerait. Un biceps normal en contraction statique supportera quelques kilogrammes. Chez un athlète, nous l'avons vu, 40 à 60 kg peuvent encore être maintenus. Par contre, quel que soit le développement du biceps, quelle que soit sa puissance, un poids de 100 à 120 kg entrainera obligatoirement l'impossibilité de maintenir cet effort dans la position statique initiale.

L'idéal à atteindre aura donc pour but de déterminer :

- une musculature accrue du muscle de l'étrier,
- une position spatiale des deux blocs telle que la membrane du tympan puisse vibrer le moins possible.

C'est à ce problème que nous nous sommes attachés depuis longtemps. Si nous sommes capables de jouer sur ces deux facteurs, sans doute pourrons-nous former des sujets susceptibles de supporter le bruit, aptes à lutter contre lui.

Nous pratiquons couramment à l'heure actuelle cette ÉDUCATION AU BRUIT. Elle est rapide, elle ne demande jamais plus d'un mois. Elle dépendra simplement des possibilités musculaires de tel ou tel sujet. Certains fabriquent du muscle; le fait est bien connu. Il est courant de découvrir des musculatures exceptionnelles chez des sujets n'ayant jamais pratiqué aucun sport. Ce sont là des tempéraments musculaires. D'autres, au contraire, pratiquent avec méthode, avec assiduité, avec patience, des mouvements rationnels sans qu'aucun muscle n'arrive jamais à saillir de manière satisfaisante.

En matière d'oreille, les mêmes possibilités existent. On peut naître très musclé du muscle de l'étrier et, par là, être peu vulnérable au bruit. La récupération sera simple et rapide. Puis il existe le sujet dont la musculature sera perfectible, le sujet capable de fabriquer du muscle. Celui-ci, quelles que soient les épreuves de fatigue auditive à l'embauche, pourra être apte au bruit. Enfin, il existe l'inapte au « sport auriculaire », l'inapte à la culture physique auditive.

On voit alors combien les épreuves de fatigue auditive, quelles qu'elles soient (épreuves de PEYSER, THEILGUARD, WILSON, GREISEN, etc...) n'ont qu'une valeur relative. Elles ne donnent pas, comme on le conçoit couramment, une valeur de la fatigue de l'oreille en tant qu'appareil récepteur sensitif, mais bien une valeur globale des fonctions de cet organe et notamment la valeur de la tension musculaire, de sa puissance, de son endurance.

On comprend ainsi comment un sujet déclaré inapte aux épreuves de fatigue supporte très bien le bruit ultérieurement. Nous pouvons dire seulement, lors des épreuves de fatigue, que sa musculature est insuffisante et trop rapidement fatigable. En d'autres termes, les épreuves de fatigue seront surtout des épreuves de fatigue « dynamométrique » jouant sur la musculature de l'oreille moyenne.

L'ÉDUCATION DE L'OREILLE AU BRUIT

Elle est une véritable gymnastique de l'oreille; elle relève d'une culture physique imposant des mouvements bien précis, bien appropriés.

Le but à atteindre est, précisons-le à nouveau : muscler au maximum le muscle de l'étrier, détendre au maximum la membrane tympanique.

Muscler le muscle de l'étrier est chose facile. Il suffira d'augmenter progressivement le jeu des pressions acoustiques, c'est-à-dire offrir au muscle de l'étrier une tension de plus en plus importante grâce à des « poids » acoustiques de plus en plus grands.

Ceci est simple. Pour ce faire, il suffira donc de faire entendre à une oreille des bruits d'intensités croissantes.

Exiger un relâchement maximum de la membrane tympanique est une réalisation plus complexe. Il faut imposer au muscle du marteau une elongation maxima, c'est-à-dire demander une position externe extrême au bloc incudo-malléolaire par attraction du manche du marteau le plus en dehors possible. On le sait, on l'a vu, ce déplacement exagéré entraîne un recul de l'étrier en dehors du vestibule.

Comment y parvenir ? Physiologiquement et physiquement, ce but est atteint lorsque le tympan veut laisser passer les fréquences graves extrêmes. Son adaptation, son accommodation font que, pour qu'il soit possible de percevoir les sons dont la décomposition analytique ne possède pas de composantes aigües au-delà de 800 périodes, il doit exister un relâchement maximum au niveau de la membrane tympanique.

Nous voyons d'ailleurs, au cours de l'entraînement au bruit, que l'oreille augmente considérablement son adaptation à la perception des fréquences graves. Autrement dit, la perception des graves s'est accusée et, de ce fait, l'ensemble de l'appareil ossiculaire a atteint dès lors la position spatiale désirée.

Ces deux conditions étant posées, voici comment nous procédons pour résoudre ce problème. Grâce à un ensemble électronique, nous injectons dans une oreille un son dont les fréquences aigües sont entièrement éliminées pour un temps d'ailleurs très court mais variable à volonté, l'adaptation du tympan étant effectivement plus ou moins rapide suivant le sujet à éduquer. Cette adaptation aux sons graves est d'ailleurs toujours plus lente à obtenir que la perception des sons compris entre 800, 1 600 et 2 000 hz. On le conçoit aisément puisqu'il s'agit, pour l'oreille moyenne, d'imposer à ses blocs incudo-malléolaire et étrier une disposition bien déterminée qui, bien qu'étant pas une position anormale n'en est pas moins une position forcée. Faire le grand écart n'est pas non plus un mouvement anormal mais bien un mouvement forcé, tout au moins au départ.

L'injection de sons complexes, c'est-à-dire d'un bruit, filtrés par un jeu de passe-bas imposant l'abolition de tout timbre élevé, même de celui du bruit ambiant, déterminera la position souhaitée. Dès lors, cette position étant acquise, le muscle du marteau se présentera en elongation maxima, ce qui ne veut pas dire bien entendu qu'il sera relâché, détendu, sans tonus; tandis que le muscle de l'étrier se présentera dans son raccourcissement le plus poussé, ce qui ne signifie pas en pleine tension.

Cette mise en place musculaire étant atteinte, nous injectons au bruit global, très étalé. A l'écoute, le bruit semble passer du sombre au clair, de l'obscur à la lumière. Mais ce jeu de bascule de filtres se fera à une vitesse telle que l'oreille devra pratiquer une défense rapide avant même d'avoir pu modifier sa position spatiale. Le tympan restera donc dans sa position de détente un laps de temps très court mais suffisant pour accoutumer, en contraction statique, le muscle du marteau en elongation totale et le muscle de l'étrier en plein raccourcissement.

Ce phénomène répété régulièrement un grand nombre de fois habituera les muscles intéressés à travailler dans les positions bien déterminées. Nous y arrivons d'autant plus rapidement que les masses musculaires à créer, à modifier, à modeler sont petites et d'une obéissance extrême.

En pratique, le sujet à éduquer est placé devant un appareillage appelé « oreille électronique ». Il parle devant un microphone tandis que sa propre voix lui revient par un casque d'écoute. Lors de l'émission de chaque mot, surtout après chaque respiration, le jeu de filtre recherché se fait automatiquement et électroniquement. Le canal des graves est le seul à s'ouvrir au départ tandis qu'il s'évanouit de lui-même dès qu'un bruit à spectre étalé apparaît, la voix en l'occurrence.

Le sujet a une sensation non désagréable, à laquelle il s'accoutume très vite, sensation d'un son qui s'allume, d'une vie extérieure qui repart, d'un phénomène qui se réenclanche.

Au bout de quelques jours, lorsque nous atteignons une amplification très importante dépassant 100 db, le sujet parvient à se défendre d'autant mieux que son tympan est en état de non réceptivité maximum des bruits étalés c'est-à-dire en relâchement le plus complet possible, tandis que son muscle de l'étrier devient le plus raccourci et le plus tendu possible.

Nous arrivons ainsi à cette conclusion évidente :

Le meilleur moyen de ne pas souffrir du bruit est de ne pas l'entendre. Autrement dit, si paradoxal que cela puisse paraître, apprendre à un individu à se défendre contre le bruit, c'est lui apprendre à ne pas le percevoir.

Cette conception du jeu de l'oreille moyenne nous apporte des solutions satisfaisantes à nos problèmes usagers en fait jusqu'alors si déconcertants :

a) Nous comprenons mieux la susceptibilité individuelle au bruit. Elle répond, en partie, aux différentes possibilités musculaires de l'oreille moyenne. Ces dernières sont plus grandes chez le jeune. Elles le sont moins chez l'homme de 40 à 50 ans, ce que vérifie l'expérience.

b) La phase d'alarme dont nous avons longuement parlé, celle qui prélude aux lésions de l'oreille interne, est la manifestation de l'épuisement de l'ensemble musculaire. Elle surviendra lorsque notre sujet depuis longtemps exposé, mais épuisé, ne sait plus ne pas entendre le bruit.

c) L'ouvrier ancien, bien musclé, athlète du muscle de l'étrier, ayant atteint un relâchement excessif de la membrane tympanique ne répondra qu'à des sommations de pressions acoustiques importantes. Il entendra ainsi la conversation auprès de la machine dont il ne perçoit plus le bruit et dont il ne peut plus apprécier le « poids acoustique » ; poids acoustique qui écraserait tout nouveau venu, incapable de supporter la moindre pression acoustique excessive.

d) Les phénomènes dit l'adaptation s'interprètent de manière évidente, sans qu'il soit besoin d'en reparler. Ils vont de pair avec l'éducation au bruit.

Ainsi, pensons-nous, est-il d'un intérêt considérable d'éduquer les gens au bruit, de les éduquer dès l'embauche. Cette éducation bien conduite évite la lésion de départ, celle qui surgit au début, qui aboutit à l'installation d'un déficit permanent, celle qui, somme toute, résulte de la non adaptation musculaire de l'oreille moyenne laissant à découvert l'oreille interne.

L'oreille étant éduquée, le sujet devient donc désormais athlétiquement apte à se défendre contre le bruit. Mais cette hypertrophie musculaire n'est-elle pas sans inconvénients ?

En effet, plus la musculature sera forte, plus la sensibilité auditive de l'individu risque de décroître. Elle décroîtra d'autant plus que les pressions acoustiques seront de faibles amplitudes. Le pénétration des sons de faibles amplitudes, c'est-à-dire des fréquences élevées, se fera d'autant moins que la membrane tympanique sera plus détendue.

Ainsi donc nous apparaît un fait nouveau, désormais évident : celui du blocage de la perception des aigus, sans lésion nécessaire de l'oreille interne. Une musculature trop importante de l'oreille moyenne, en position de relâchement du tympan, joue un rôle de double filtre des fréquences élevées.

Aussi peut-on penser, à juste titre, que les surdités professionnelles n'apportent pas, avec leurs courbes si caractéristiques, la preuve absolue d'une lésion uniquement cochléaire, ce que confirme la clinique. Bon nombre de nos vieux metteurs au point, partis en retraite, ont des audiogrammes considérablement améliorés après avoir passé un an ou deux dans le calme relatif de la vie courante, et cela malgré leur âge excédant la soixantaine. Ce n'est certes pas leur nerf ou plus exactement leur organe de Corti qui a pu se réparer, qui a pu modifier sa structure, se régénérer. Mais l'inactivité de leur musculature de l'oreille moyenne désormais libérée des travaux excessifs des ambiances

sonores considérables entraîne une fonte musculaire augmentant alors la sensibilité auditive.

Ce fait se révèle plus frappant encore chez le jeune, après des vacances par exemple ou après une nuit de repos, après même un week-end au calme.

Nous avons volontairement soumis au silence permanent certains sujets pendant un mois, leur demandant de porter des boules protectrices dans les conduits auditifs externes, d'éviter tout bruit, d'éviter même de parler, la parole seule engendrant 100 db au niveau des lèvres.

Très rapidement, le V au 4 000 hz se voit comblé en partie. Ce qui en reste doit être attribué à l'oreille interne mais ce qui en reste seulement. Autrement dit, *avant de se prononcer sur une lésion professionnelle définitive, sera-t-il bon d'exiger une épreuve de repos contrôlé.*

On bien encore peut-on faire une sorte de contre-épreuve de l'éducation auditive, en habituant l'oreille à ne plus percevoir les sons graves, en jouant à l'inverse du procédé antérieur utilisé, effectivement, en exigeant d'emblée une tension complémentaire du tympan, en modifiant ainsi le rapport des tensions réciproques des muscles du marteau et de l'étrier, nous obtenons rapidement une modification spatiale des blocs incudo-malléolaire et étrier qui se déplacent vers l'intérieur. En imposant une bande passante comprise entre 800 et 2 000 hz, nous réalisons alors la tension normale de l'un et l'autre des groupes musculaires, retombant d'ailleurs dans les limites résonnantes les plus favorables de la membrane tympanique, dans une bande où l'impédance du tympan est la plus proche de l'impédance spécifique de l'air.

Là encore ce qui restera du comblement du V au 4 000 hz pourra alors être attribué à une lésion cochléaire définitive, mais là seulement.

Les réactions somatiques et psychiques dont le point de départ s'avère être l'atteinte auditive.

Nous grouperons intentionnellement les réactions somatiques et psychiques que nous rencontrerons en présence d'un bruit d'usine dont les limites restent encore mesurables pour l'oreille, non sans dommages il est vrai.

Non sans dommages locaux, puisque l'oreille voit son champ d'étalement auditif considérablement modifié dans sa structure; non sans dommages pour l'organisme tout entier.

La sensibilité extraordinaire, sans égale, la susceptibilité excessive de l'appareil auditif expliquent avec quelle importance, avec quelle acuité, vont surgir les signes d'intolérance à cette intoxication douloureuse qu'est le bruit. Leur manifestation s'en trouvera considérablement accrue pour peu qu'une dystonie neuro-végétative soit le terrain sur lequel elle évolue : les bourdonnements et les sifflements d'oreille sont les premiers signes locaux dont l'étiologie est directement rattachée à l'agent vulnérant. Les céphalées, allant jusqu'à s'accompagner de nausées, traduisent l'exacerbation d'une excitation péniblement supportée, à peine tolérée.

C'est la fatigue qui s'inscrit en tête des troubles les plus fréquemment rencontrés, lassitude que rien ne peut vaincre, lassitude que rien ne justifie. Tout semble normal. La clinique reste muette, l'appétit est conservé, le sommeil lourd. Aucun argument ne plaide en faveur d'une « intoxication au bruit ». Bientôt pourtant cette lassitude s'accompagne d'un amaigrissement souvent spectaculaire, considérable, toujours aussi mystérieux que la fatigue, dans son étiologie. BOURDON l'a bien décrit dans ses travaux sur les effets nocifs du bruit et, dès 1952, lors du Congrès O. R. L. sur la surdité professionnelle, il y insistait déjà.

Seule une note apportée par le laboratoire permettra d'établir, bien faiblement il est vrai, une ébauche de diagnostic étiologique; on note une accélération de la vitesse de sédimentation sans explication clinique, une éosinophilie sans argument étiologique valable.

D'autre part, l'amaigrissement peut atteindre une chute vertigineuse, de l'ordre de plusieurs kilogrammes par mois.

La seule vérification étiologique jusqu'alors valable de ce syndrome « fatigue-amaigrissement » réside en la rapidité déconcertante des réparations en cas de mise au repos, souvent en deux ou trois semaines, à l'exception de la sédimentation qui reste accélérée. Si la reprise de travail en milieu bruyant est trop précoce, le syndrome reprend de façon identique.

Tandis que le bruit ambiant continue ses effets destructeurs sur l'oreille, la perception — on l'a vu — se modifie, se transforme dans sa qualité; le champ auditif s'altère par destruction d'une large bande des aigus. Il ne reste qu'une sorte de passe-bas. Les bruits deviennent plus mats, les aigus et notamment les harmoniques disparaissent, l'altération affecte le timbre, la qualité brillante de l'excitation sensorielle auditive s'émousse. Seuls subsistent des sons sourds, mats, blancs, sans reliefs, ternes, lassants, sans attraits, étouffants. L'incompréhension de toute conversation apparaît. La parole devient un magma informe de sons confusément mêlés, indistincts, d'allure inarticulée, l'ensemble aboutissant à la perception d'une sorte de milieu sonore aux limites non palpables, mal définies.

Entendre sans comprendre. C'est à cette infirmité monstrueuse qu'aboutit la surdité professionnelle.

Il n'est guère de supplice plus socialement désespérant que cette excitation permanente de l'oreille toujours à l'écoute, toujours à l'affût d'un mot, d'une phrase dont la plupart des syllabes ne sont qu'un mélange insolite de phénomènes inconnus.

Mieux vaudrait ne rien entendre. L'oreille en total repos souffrirait beaucoup moins et n'obéirait alors qu'à des sommations plus fortes, à des intensités plus grandes mais dont le développement analytique serait toujours linéaire. Dans la surdité professionnelle, rien de tel. Plus la sommation sera forte, plus la distorsion sera accusée, plus la gêne sera importante.

Le *psychisme*, on s'en doute, suivra fidèlement le schéma auditif. Il sera d'autant plus affecté que l'isolement progressera, traduction régulière d'un rétrécissement auditif plus important. Au surplus, à cette atteinte si pénible, si déconcertante, si décevante à chaque épreuve, journallement répétée, s'ajoute l'existence d'une vie éteinte, sans l'éclat de bruits chauds, chatoyants, brillants, exaltants. Nous avons besoin, l'organisme a besoin de percevoir des sons lumineux. Ce phénomène nous paraît capital. Il nous est pénible de vivre en chambre sourde, non pas que nous manquions d'aération comme le manifeste l'oppression que l'on éprouve dans un tel milieu, mais parce qu'entendre clair impose un mode respiratoire absolument différent.

C'est au laboratoire que nous devons ces constatations, que nous pouvons avancer avec tant de certitude.

Il est difficile certes, de juger de la modification du psychisme d'un sujet au cours de son travail, durant des années, mais la pratique des filtres nous permettant de réaliser à loisir une surdité professionnelle à tous les stades, nous apporte des preuves immédiates et frappantes.

Dès que le déficit des aigus imposé devient manifeste, nous assistons instantanément à une modification de la voix qui s'altère, s'aggrave, devient plus difficile à produire, prend un timbre sourd, guttural, exige un appui laryngé normal. Parler devient pénible, impose un effort important. L'arbre trachéo-laryngé soumis aux pressions qu'impose ce dysfonctionnement se met à sécréter. Les cordes sont rouges. L'enrouement ou, tout au moins, la voix éraillée fait place au timbre clair antérieur. En même temps, on observe un bouleversement du mode respiratoire qui devient court, insuffisant. Le gril costal s'affaisse. L'ampliation thoracique semble se cantonner au minimum, tandis qu'une sensation de blocage respiratoire trahit une sorte d'angoisse, d'oppression indescriptible mais indiscutable. Souvent aussi le rythme cardiaque se ralentit. La tension s'affaisse.

Ensemble répondant exactement à ce manque d'enthousiasme, cet isolement dont nous parlions plus haut, cette sorte de vie à minimum, sans incitation, sans influx nerveux d'aucune sorte.

La contre-épreuve de cette expérience est facile à réaliser par l'adjonction d'une amplification n'affectant que les harmoniques élevées, imposant alors une audition à l'inverse de celle obtenue lors de la surdité professionnelle. Les aigus sont renforcés au détriment des graves. Tout s'allume alors, le visage s'éclaire, le sourire apparaît, la respiration devient ample, large, voluptueuse même, la vie semble facile, agréable, la parole s'écoule avec aisance, l'envie de chanter explose, le pouls s'accélère. Tout illustre, dans le comportement, la joie de vivre.

La palette auditive est d'une richesse incommensurable dans ses contre-réactions grâce à son vaste réseau d'anastomose nerveuse et sympathique. Les relais sont multiples, les incidences nombreuses, les interférences variées à l'infini. Tout peut se ren-

contrer depuis le simple agacement jusqu'à la crise épileptiforme (crise audigène de FRINCKS, BUSNEL, CHAUCHARD).

Elle explique un nombre incalculable de phénomènes quotidiens dont l'absence nous fait comprendre davantage dans quel tunnel sombre vit le sujet frappé de surdité professionnelle.

C'est de l'excitation auditive et de l'excitation d'une certaine bande bien limitée que naissent certaines exaltations exagérées, un certain enthousiasme, certaines envolées. Nous avons pu, à volonté, les provoquer ou les supprimer chez les musiciens et notamment chez les compositeurs.

Les possibilités offertes par l'étude des contre-réactions de l'audition sur la participation de l'individu au monde extérieur, sur sa vie sociale, sur son dynamisme physique, sur son potentiel d'activité, mériteraient à elles seules un développement très important mais elles nous entraîneraient trop loin dans le cadre de ce travail.

Les réactions somatiques et psychiques indépendantes de l'atteinte auditive.

En existent-ils ? — Sont-elles concevables ? — Peut-on envisager une autre porte d'entrée que l'oreille ? — Il n'en faut pas douter.

L'oreille a été conçue on l'a vu, pour analyser, pour canaliser le bruit, pour le transformer en sensation auditive, mais elle ne peut le faire que dans un champ bien limité. Elle est largement dépassée en cela par le bruit industriel.

GRANDPIERRE et GROGNOT ont à maintes reprises largement insisté sur le syndrome général dû aux bruits. BUGARD groupait un faisceau clinique sous le nom de syndrome traumatizo-sonore.

C'est en laboratoire que GROGNOT nous a apporté les preuves les plus frappantes des méfaits des vibrations acoustiques dont les hautes intensités dépassent considérablement le cadre auditif. Il suffit de rappeler ses recherches sur l'animal mis en présence d'une sirène à ultrasons : la mort survient à 160-170 décibels.

Actuellement, le même auteur arrive à des conclusions presque identiques sur les infra-sons de hautes intensités (180-190 db) identiques, s'entend, non pas dans leur mode d'action certes, mais quant à l'incompatibilité de la vie en leur présence.

Les résultats obtenus dans la zone auditive seraient probablement équivalents s'ils étaient conduits à de même conditions d'intensités.

Pour mieux comprendre comment un phénomène sonore peut-être dangereux, pour mieux saisir son effet nocif, son action toxique, pour mieux déterminer son mode de pénétration dans l'organisme, nous devons l'analyser, en dissocier, en dépouiller ses différents paramètres.

QU'EST-CE QUE LE BRUIT ? Tel est donc le problème clef. De ses solutions dépendront la coordination des signes cliniques jusque là épars en une symptomatologie confuse, et la découverte d'une thérapeutique appropriée, adaptée sans tâtonnements.

Certes, c'est en physiologiste et en médecin que nous aborderons ce problème, sans en négliger la part physique. Nous essaierons de pénétrer la structure intime du bruit, car c'est en elle que réside « l'agent pathogène ».

On sait que l'onde sonore résulte d'un ébranlement vibratoire qui se propage de proche en proche à une vitesse finie pour chaque milieu à une température donnée.

Cette propagation se fait sans modification de ce milieu; elle met en jeu des surpressions infiniment petites souvent à l'échelle moléculaire et ce n'est que par réaction d'une molécule sur l'autre que le son se propage. Deux facteurs on le conçoit permettront de transmettre l'impulsion de départ dans de bonnes conditions; la masse des molécules et la distance qui sépare chacune d'entre elles. Il s'agit en effet d'une transmission de coude à coude. On le voit, la mise en œuvre de ce processus ne s'exerce que sur des valeurs si petites que le travail engendré est négligeable. Il n'y a pratiquement pas de transformations de cette énergie en chaleur notamment : le phénomène est dit adiabatique.

Comment donc un pareil ensemble, qui ne met en jeu que des facteurs physiques si minimes peut à un moment donné devenir un élément toxique ? On comprend mal comment une molécule, pratiquement sans poids, sans masse, du moins à notre échelle, puisse agir en agent traumatisant lors d'un ébranlement si minime.

Observons néanmoins de plus près notre molécule de masse; elle va sur l'impulsion de la force se déplacer dans une direction, elle rompt ainsi son équilibre. Elle reprendra ensuite sa position initiale, non sans quelques hésitations autour du point d'équilibre, dénommées oscillations.

Ainsi les molécules d'alentour bénéficiant d'une impulsion de bon voisinage offriront un phénomène d'oscillations identiques à une vitesse qui dépend de la cohésion moléculaire du milieu.

Si notre impulsion de départ a été infiniment petite, mais suffisante pour engendrer l'oscillation d'une seule molécule, les voisines seules situées de part et d'autre recevront la transmission de l'ébranlement qu'elles transmettront à leur tour et ainsi de suite.

Mais si l'impulsion augmentait, si la force devenait plus grande et si la cohésion intermoléculaire est suffisante, si notre coude à coude se joue musclé et serré, l'amplitude de l'oscillation moléculaire ne tendrait pas à accroître, et ce ne serait plus une seule molécule mais deux ou dix ou cent, des milliers peut-être qui seraient ébranlées, et cela par la même impulsion. Ce n'est plus donc un phénomène purement moléculaire et c'est une « tranche moléculaire » qui peut-être en déséquilibre; pourtant le jeu intermoléculaire, de molécule à molécule, se poursuit identique, sa présence s'avère même indispensable. Autrement dit, on voit apparaître immédiatement deux ordres de phénomènes, concomitants reconnaissant la même origine, liés au même ébranlement et dont le mécanisme intime est d'une importance capitale à saisir pour nous médecins.

L'un, le premier, fait de réactions intermoléculaire, ne dépend que de la taille de la molécule et du « liniment » qui les lie entre elle. Autrement dit, il ne dépend que de l'élasticité du couple de deux molécules. Il a une vitesse bien finie en fonction du couple; plus cette mobilisation de proche en proche est facile plus la propagation sera rapide.

Ce phénomène vibratoire moléculaire n'est autre que le phénomène vibratoire acoustique.

L'autre, le second, est celui qui ne devra sa naissance qu'à des amplitudes plus grande de l'impulsion départ. Il répond à un véritable ébranlement d'une « tranche moléculaire ». Son apparition est d'autant plus rapide, d'autant plus importante que le milieu est peu cohérent, autrement dit, plus le coude à coude est serré, moins l'ébranlement en masse est possible, plus au contraire le soutien réciproque est imprécis, sans solidité, plus est fragile la parcelle de l'édifice moléculaire.

Ainsi donc deux phénomènes sont apparus, l'un moléculaire, l'autre agissant sur une « tranche moléculaire ». Mais cette tranche moléculaire qu'est-elle sinon la masse elle-même? Aussi dirons-nous d'elle qu'elle est « massique ».

Quelques exemples permettront de mieux assimiler cette notion qui nous est apparue essentielle dans la pathologie due au bruit.

a) Un son est produit à la surface de l'eau. Il émane de l'air, atteint la surface liquide, s'y réfracte en partie, sa vitesse change. Il quitte en effet, un milieu à élasticité moléculaire grande, celle de l'air, pour pénétrer dans un milieu dont l'élasticité intermoléculaire est considérablement moins grande. Sa vitesse va croître. Ce son émis d'abord à faible intensité, voit son intensité s'accroître à volonté, progressivement. Longtemps rien n'est apparent en surface, puis la ligne de surface devient imprécise, un léger mouvement ondulatoire s'ébauche au point d'application de notre « faisceau sonore », bientôt de petites vagues apparaissent, enfin l'eau gicle en tous sens.

Que s'est-il passé? — Dans les débuts, seules les molécules ont transmis le message, à une vitesse différente puisque le support moléculaire changeait, mais par la suite à mesure que la surpression atteignait une certaine valeur, une tranche moléculaire d'eau, c'est-à-dire, une certaine masse d'eau a subi un ébranlement. C'est-à-dire, une vibration traduisant une onde de pression qui se propage à son tour à une vitesse absolument indépendante de la vitesse du son.

b) Prenons un autre exemple: une barre d'acier dont on fait tinter une extrémité grâce à de petits coups de marteau se laisse traverser par l'onde sonore à une vitesse très grande puisque elle atteint 5 100 mètres-seconde. Rien d'apparent sur la surface du métal. Pourtant si les coups deviennent plus importants, plus violents, le son qui est émis le long de la barre reste le même dans sa vitesse, tandis que des déformations apparaissent sur la surface martelée, déformations qui peuvent à l'extrême rester définitives si le coup a été assez violent. Là aussi deux phénomènes apparus: l'un moléculaire, l'autre massique.

c) Enfin plus démonstratif encore l'exemple obtenu en remplaçant la barre de fer par une barre de caoutchouc. Le son ne se transmet que fort peu, tandis que le marteau, s'enfoncé dans la masse avec une aisance déconcertante.

De ces exemples que l'on peut multiplier se dégagent les notions de l'onde acoustique et de l'onde massique.

L'onde acoustique n'est autre que l'expression de la transmission du son; sa réalisa-

tion n'est engendrée, on l'a vu, que si une molécule sous l'impulsion d'une force extérieure, a pu rompre sa position d'équilibre momentanément et transmettre fidèlement cette perturbation vibratoire à son voisinage.

Mais puisqu'il s'agit d'un mouvement vibratoire, autour d'un point d'équilibre, puisqu'il s'agit d'un milieu dans lequel les distances sont bien définies, il y a sans doute apparition d'une « résonance ». Cette dernière, on le sait, veut apparaître lors de tous mouvements vibratoires; elle répond aux conditions les meilleures, les plus aisées, celles liées aux déperditions de moindre énergie, aux rendements les plus élevés.

Cette résonance à l'étage moléculaire a tôt fait d'apparaître pour se transmettre de proche en proche. Nous l'appellerons résonance moléculaire, ou mieux résonance spécifique du milieu.

C'est d'elle que naît le son spécifique de chaque milieu; ainsi, qu'une feuille de tôle tombe, elle engendre un bruit, mais indépendamment du son complexe qui a pu être créé, nous avons pertinemment reconnu qu'il s'agissait d'un morceau de tôle. Nous avons reconnu le timbre propre. Il en est de même du fer, du cuivre, de l'airain, du bois, etc...

Cette résonance moléculaire est donc suffisante pour créer un son dans un milieu, pour le propager, mais elle est aussi nécessaire car elle est le vecteur de toute autre onde vibratoire acoustique; c'est elle qui transportera toute autre fréquence que la fréquence propre liée au système résonantiel moléculaire.

C'est pourquoi, quelle que soit la fréquence émise, imposée à un corps en vibration, nous reconnaitrons immédiatement la sonorité spécifique de ce corps: ainsi, si une corde de violon est en métal ou en matière organique, sur une même note, malgré le renforcement de la caisse de résonance propre au violon, nous saurons reconnaître la résonance spécifique du corps initial en vibrations.

Supprimer ce phénomène résonantiel moléculaire, c'est supprimer le vecteur, le support de l'onde vibratoire acoustique, c'est anéantir tout le phénomène.

C'est donc ce vecteur résonantiel spécifique qui a une vitesse finie pour un milieu déterminé, à une température donnée et cela quelle que soit l'impulsion entretenue dès le départ, autrement dit quelle que soit la fréquence du son émis. C'est ce que vérifie l'expérience.

L'onde massive, n'est autre que le phénomène vibratoire tel que nous l'entendons à notre échelle. Sa propagation, son absorption, sa réflexion, sa réfraction sont autant de facteurs qui vont la caractériser. Les conditions de rendement maximum font apparaître sa résonance. Cette dernière sera, certes, fonction du milieu, mais aussi de son volume, de sa forme, de son modèle, de sa tension.

Les énergies déclanchées par nos deux phénomènes n'ont rien de comparable: en milieu moléculaire, les masses mobilisées par des forces infimes ne donnent naissance qu'à des énergies négligeables, tandis que l'ébranlement massive aboutira à des dégagements d'énergie d'autant plus importants que la masse déplacée sera grande, que la force appliquée c'est-à-dire, l'amplitude sera considérable, et qu'enfin la vitesse focale fonction de la fréquence et de l'amplitude sera plus élevée.

Ainsi instruits sur le mécanisme intime de la propagation de l'onde sonore nous pourrions aisément en comprendre les méfaits. Le son, lui-même, ou même le phénomène vibratoire surajouté, parasite dirons nous, peut devenir à des intensités suffisantes un élément gênant, voire toxique, incompatible avec un mode de vie.

C'est intentionnellement que nous avons schématisé à l'extrême notre description, il est bien évident que sur le plan physique tout est plus complexe et ce que nous désignons par phénomène moléculaire se place à un stade structural plus important, infiniment plus grand certes que le plan moléculaire réel, mais tellement encore plus petit que l'ensemble vibratoire massive. D'autres phénomènes vibratoires, moléculaires, sont en le sait le substratum sur lequel évoluent des mouvements vibratoires permettant une vie au stade des quanta pour atteindre des masses immenses comme c'est le cas du mouvement sidéral.

Toute vie, toute expression de vie n'est que phénomène vibratoire, le Temps lui-même ne sera qu'une vibration dont la période est infinie agissant sur masse diluée à l'extrême.

Toute masse étant l'expression d'une concentration de Temps, la Masse infinie, ramassée, réunie, supprime le Temps.

$$\bullet \text{ TEMPS } \times \text{ MASSE } = \text{ Cte } \bullet$$

Ainsi tout phénomène vibratoire ne fait que moduler sur un phénomène vibratoire pré-existant, toute structure vibratoire nouvelle se batit sur des éléments déjà construits de l'inf-

niment petit à l'infiniment grand, chacun de ces systèmes recherchant son équilibre maximum dans sa résonance propre.

Ainsi tout corps qui entre en vibration peut avoir une déperdition d'énergie à sa surface qui laissera apparaître un son par transmission moléculaire. Ce dernier évolue dans l'espace qui nous intéresse c'est-à-dire dans l'air. S'il rencontre un autre corps, l'organisme en l'occurrence, il use de ses moyens de transformation : il se réfléchit, se réfracte.

C'est sa réfraction qui nous intéresse, car elle est son mode de pénétration. Elle met en vibration acoustique le milieu traversé et laisse apparaître, on l'a vu, une onde vibratoire ou onde de pression dès que l'on s'éloigne du seuil normal, dès que l'on atteint une intensité élevée.

Seront d'autant plus lésés les tissus qui se laissent moins pénétrer ou du moins ceux qui offrent le plus de résistance à la propagation de l'onde, ceux qui sont en somme les plus absorbants, cette absorption entraînant une transformation de l'énergie « in situ » en énergie calorique. Cette dernière sera d'autant plus considérable que le mouvement focal sera plus important, c'est-à-dire que la fréquence sera plus élevée et l'amplitude plus grande. C'est ainsi que le tissu nerveux est le premier atteint car il est le plus fragile et le plus absorbant, tandis que le tissu osseux, par exemple, facile à traverser par l'onde vibratoire, n'en subira que peu de dommages.

L'absorption peut-être énorme, on l'a vu, sur les animaux mis en expérience par GROGNIOT : la vie est incompatible à partir d'un certain seuil pour une fréquence donnée. Il semble qu'il y ait une constante entre la fréquence et l'intensité,

$$\text{FRÉQUENCE} \times \text{INTENSITÉ} = \text{Cte}$$

pour définir le seuil d'absorption limite compatible avec la vie. Cette constante définit, en fait le travail, focal de la masse en vibration.

On conçoit tous les désordres tissulaires qu'un pareil phénomène peut engendrer : cavitation, coagulation, brûlure pour les fréquences élevées; mise en vibration en masse avec déperdition moindre en chaleur mais désordre mécanique par mobilisation exagérée pour les fréquences graves. Enfin désordre plus intime, désordre cellulaire. Il n'est pas exclu, en effet, qu'une cellule soumise à des fréquences capables de perturber en permanence sa structure, d'en modifier sa statique, sa dynamique, son métabolisme, ne puisse en aucun moyen entraîner l'apparition d'un phénomène mitotique anormal. Il serait intéressant d'établir des statistiques sur l'apparition possible de néoplasie de l'augmentation grandissante du bruit et de connaître les fréquences capables de porter le plus d'avantages à l'anarchie cellulaire.

Conclusion.

C'est là un immense sujet que nous venons d'aborder. Il s'agissait de grouper, en effet, dans un seul article, une somme de travail dont on peut mesurer l'étendue.

Nous pensons néanmoins avoir réussi à montrer toute l'importance que revêt la pathologie du Bruit et combien il est temps de s'en informer, combien il est pressant de s'en alarmer, combien il est urgent de s'en défendre.