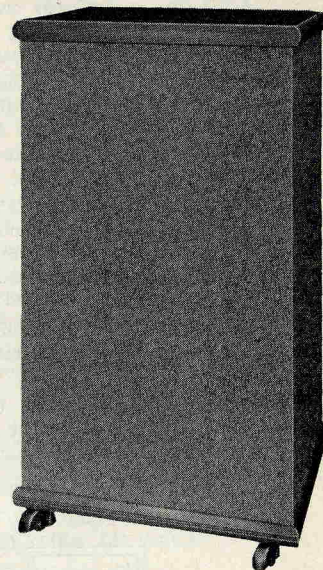


Enceintes-acoustiques avec amortissement mécanique des haut-parleurs *

par M. VAISSAIRE **



La restitution correcte des registres grave et extrême grave présente de sérieuses difficultés.

En effet, le déplacement que doit effectuer le diaphragme, pour produire un niveau acoustique suffisant, devient appréciable, même pour des haut-parleurs de grand diamètre correctement chargés.

La suspension ne permettant qu'une elongation limitée, et sa raideur augmentant quand on l'éloigne de sa position d'équilibre, le déplacement du diaphragme n'est plus proportionnel au courant traversant la bobine mobile, et il en résulte une distorsion sensible.

Le remède à cet état de chose serait évidemment l'emploi de haut-parleurs possédant une très grande surface de diaphragme ou plusieurs haut-parleurs de diamètre normal, couplés électriquement et acoustiquement ; ce qui revient sensiblement au même.

Malheureusement, l'expérience montre que l'emploi de haut-parleurs à très grande surface de membrane, avec des enceintes de dimensions acceptables, s'il augmente bien le rendement quantitatif dans le grave, conduit à une qualité musicale désastreuse.

En effet, les pressions acoustiques élevées qui en résultent ont pour effet :

- 1° de déformer la membrane, d'où distorsion.
- 2° de faire vibrer les parois de l'enceinte, d'où coloration catastrophique.

Une augmentation de la rigidité et un alourdissement de ces dernières apporte une certaine amélioration. Cependant, étant donné la surface importante des parois, une vibration même de très faible amplitude de celles-ci suffit à dénaturer sensiblement le timbre de la reproduction et le rendu des transitoires graves.

Seule, une enceinte en maçonnerie très épaisse et lourde est capable de donner satisfaction à ce point de vue ; mais sa construction est évidemment onéreuse et, de plus, la fixation des haut-parleurs pose un certain nombre de problèmes difficiles à résoudre, si on veut conserver tous les avantages dus à l'inertie et à la rigidité de l'enceinte.

En ce qui concerne la distorsion causée par la déformation du diaphragme sous l'effet de la pression acoustique, seule une réduction de cette dernière permet d'en venir à bout.

D'où il résulte qu'il faut soit augmenter le volume, soit prévoir des événements de décompression ; ce qui revient au fonctionnement du type bass-reflex.

Dans ce cas, on obtient une charge acoustique élevée du haut-parleur à *certaines fréquences* ; ce qui en améliore le rendement, mais le dispositif étant sélectif par conception, la charge acoustique devient très faible à d'autres fréquences, d'où déplacements de grande amplitude de la membrane et distorsion importante.

L'établissement d'une enceinte selon les procédés classiques consiste en fait à placer ces bandes de fréquences défavorisées de telle sorte que l'audition musicale globale soit aussi agréable que possible et il n'est pas niable que des résultats intéressants aient été obtenus de cette manière.

Si toutefois on alimente l'enceinte à partir d'un excellent amplificateur attaqué par un générateur sinusoïdal d'audio-fréquences, on constate, même à niveau relativement faible, des bandes de fréquences affectées d'une distorsion très supérieure à celle produite par un amplificateur des plus médiocres ; sans parler de vibrations à fréquence moitié ou multiples du signal.

C'est à supprimer ou tout au moins à atténuer fortement ces défauts qui dénaturent les timbres et produisent la coloration que nous nous sommes attachés ; car si de nombreuses enceintes possèdent une réponse satisfaisante en étendue, des progrès très importants nous semblent souhaitables en ce qui concerne la propreté de la restitution.

Faisant abstraction des coffrets miniatures qui, s'ils présentent un intérêt commercial certain, ne sauraient satisfaire dans l'état actuel de la technique, les audiophiles exigeants ; nous avons recherché la réalisation d'une enceinte moyenne (120 dm³) qui descende au moins à 40 Hz, sans distorsion ni coloration.

Ce dernier point ne pouvant se déterminer par la mesure, des essais multiples et laborieux ont été nécessaires pour obtenir des résultats que nous jugeons actuellement satisfaisants puisque la réponse dans le grave s'étend régulièrement jusqu'à 35 Hz avec une coloration et une distorsion bien inférieures à celle des enceintes classiques de volume double.

L'excellence de la qualité obtenue avec ce modèle moyen (référence C. 64) nous a incité à appliquer le même principe à une enceinte de grandes dimensions (référence D. 64) qui s'est avérée supérieure dans le grave à ce que nous avons eu l'occasion d'entendre jusqu'à présent.

La réponse dans le grave s'étend régulièrement jusqu'à 30 Hz avec la même propreté.

* Demande de Brevet n° 946.066.

** Directeur de la Société « Audiotecnic ».

Conception des enceintes avec amortissement mécanique des haut-parleurs

Afin de satisfaire à la condition de faible déplacement des membranes, nous avons essayé différents groupements de haut-parleurs couplés acoustiquement de façon à obtenir le maximum de surface active compatible avec les dimensions de l'enceinte.

Ces essais très délicats en raison de la subjectivité de l'appréciation n'ont pu être menés à bien que par la confection de 2 enceintes semblables au départ et modifiées par retouches successives, l'une des deux servant de témoin pour juger du gain ou de la perte de qualité résultant de la modification.

Le type de haut-parleurs qui a été définitivement retenu est un elliptique 21×32 cm spécial, résonnant entre 30 et 35 Hz à l'air libre.

L'équipement pour le grave de l'enceinte « C. 64 » se compose de 4 haut-parleurs de ce type groupés en série-parallèle ; ce qui représente une surface de membrane équivalente à un H.P. de 58 cm.

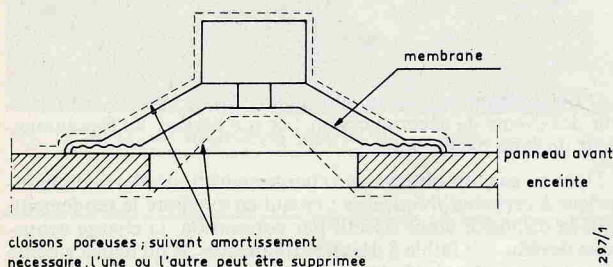


Fig. 1

Le problème de l'enceinte a été plus difficile à résoudre les modèles fermés ou à événements que nous avons essayés ayant révélé des résonances incoercibles malgré des parois très rigides et différents types d'amortissement. La suppression de la paroi arrière, tentée presque en désespoir de cause nous a mis sur la bonne voie, car aussitôt la reproduction devint beaucoup plus agréable et naturelle avec toutefois une pointe de résonance vers 70 Hz ; celle-ci put être supprimée par un remplissage de fibre absorbante non tassée.

Dès cet instant la qualité du grave était équivalente à celle d'une enceinte classique de dimensions bien supérieures avec une coloration et une distorsion inférieure ; ce qui était déjà très intéressant.

Fig. 2. — Montage pour essai en impulsion.

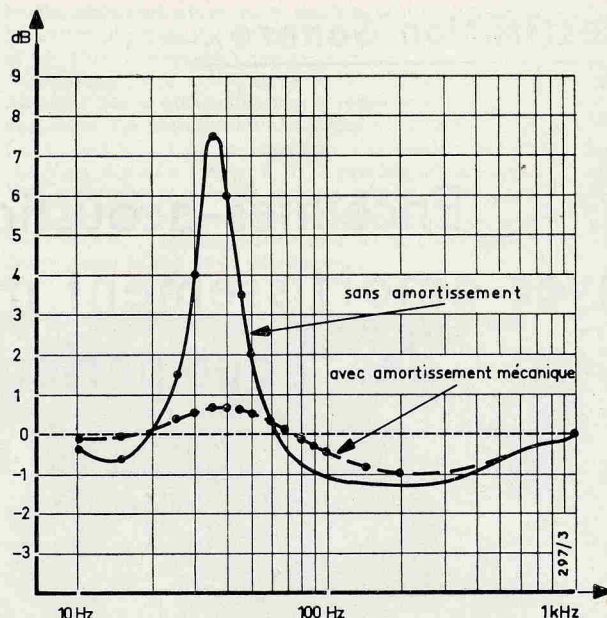
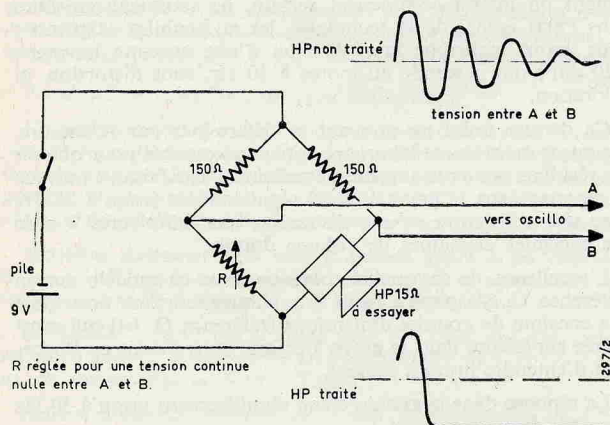


Fig. 3. — Tension aux bornes de la bobine mobile.

Cependant le rendu des transitoires graves ne nous satisfaisait pas encore et l'amortissement électrique s'avérant insuffisant en raison sans doute de mouvements de la membrane indépendants de ceux de la bobine mobile, nous avons songé à amortir mécaniquement les haut-parleurs de grave.

Nous sommes parvenus à ce résultat en enfermant chaque haut-parleur dans une enceinte poreuse, formant résistance acoustique, réalisée par un feutrage textile (fig. 1).

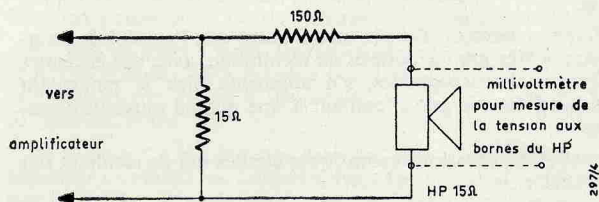


Fig. 4. — Montage pour la mesure de résonance.

L'efficacité en a été déterminée en appliquant au haut-parleur une impulsion de courant continu à travers une résistance élevée de manière à éviter tout amortissement électrique.

Alors que le haut-parleur non traité réagissait par une oscillation amortie de 5 à 6 alternances, il a été possible, par un choix approprié de la densité du matériau poreux, de parvenir à une réponse composée d'une impulsion unique (fig. 2).

L'audition de l'enceinte équipée avec des haut-parleurs munis de leur résistance acoustique a montré une amélioration spectaculaire de la qualité dans le grave se traduisant par la suppression du trainage et du reste de coloration qui subsistaient avec les haut-parleurs non traités.

Il devient presque impossible de mesurer la fréquence de résonance (voir fig. 3) la tension aux bornes de la bobine mobile, relevée à l'aide du montage de la figure 4, avant et après traitement amortissant d'un haut-parleur non monté sur enceinte.

C'est ce procédé d'amortissement qui fait l'objet de notre demande de brevet

L'équipement pour le grave de l'enceinte D. 64, basée sur le même principe, comprend 9 haut-parleurs de 21×32 cm groupés en série-parallèle ; ce qui représente une surface membrane équivalente à celle d'un H.P. de 85 cm.

Un avantage important de l'emploi de haut-parleurs multiples est la répartition de la puissance modulée appliquée à chaque appareil qui travaille ainsi pratiquement sans distorsion.

L'essai auditif des deux modèles d'enceintes à l'aide d'un générateur et d'un amplificateur de très haute qualité ne permet pas de détecter de résonances parasites ni de distorsion dans la bande utile.

Le modèle C. 64 supporte 20 watts à 35 Hz sans distorsion

audible, tandis que le modèle D. 64 permet de rayonner la même puissance à 30 Hz.

L'amortissement mécanique appliqué aux haut-parleurs de médium, bien que moins spectaculaire, conduit à un rendu beaucoup plus agréable auditivement et semble rendre la réponse plus linéaire. C'est pourquoi nous l'avons également appliqué à ces hauts-parleurs.

Enfin, le filtre répartiteur à 3 voies, dont l'importance est trop souvent sous-estimée, a été déterminé avec beaucoup de soins, en ce qui concerne les fréquences de coupure et les niveaux respectifs des différents haut-parleurs.

Pour terminer, signalons que ces enceintes qui sont susceptibles de rayonner une puissance très importante sans distorsion, fonctionnent parfaitement à un niveau d'appartement sans perte de qualité.

Compte rendu des conférences prononcées devant la Société des Electriciens

le 30 avril 1963

L'ACOUSTIQUE ET LE PROGRÈS INDUSTRIEL

par M. L. AUTESSERE,

Chef de Département

à la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France

La nocivité des bruits n'est plus à démontrer ; les Pouvoirs Publics, les Industriels ont conscience de la lutte à mener, tant pour protéger le travailleur que le particulier à son domicile. Pour l'Electricité de France, ces préoccupations ne sont pas nouvelles puisque des services spécialisés étudient depuis longtemps le phénomène de la transmission sonore.

Ce sont les différents aspects techniques et physiologiques de ce phénomène que M. AUTESSERE a brossés dans un tableau synthétique qui regroupe les travaux des physiiciens, des ingénieurs et des médecins : il est devenu en effet nécessaire qu'une collaboration technique étroite s'établisse entre ces trois spécialités scientifiques afin de fonder les deux domaines d'exploration, celui de l'objectif (la mesure) et celui du subjectif (la sensation).

La Médecine du Travail n'est d'ailleurs pas étrangère à l'analyse objective de la transmission sonore et à l'étude des répercussions sur la sécurité du travail puisqu'elle sera directement intéressée à un projet de réglementation en cours.

Après avoir rappelé les lois physiques fondamentales qui régissent le phénomène acoustique (loi de distance - loi de masse - influence du local), le conférencier a surtout développé le fonctionnement de l'oreille humaine, considérée comme transducteur mécanique doublé d'un transducteur nerveux dont le rôle est encore mal connu, en raison de l'interaction avec la perception cervicale.

La partie la plus intéressante de l'exposé était probablement celle concernant la nocivité des bruits pouvant amener chez des sujets, trop longtemps exposés, de véritables lésions. On savait que les sons aigus étaient plus gênants que les sons graves, les sons purs plus fatigants que les sons complexes. Il est prouvé aujourd'hui que des sons d'intensité moyenne, mais prolongés, peuvent engendrer une perte auditive ; l'oreille moyenne ne jouant plus son rôle réflexe de limiteur d'amplitude. Selon QUINOT, médecin du Travail, le signal d'alarme d'une hypoacousie serait le rapprochement des courbes audiométriques de conduction aérotympanique et de conduction osseuse, hypoacousie d'abord limitée aux fréquences moyennes, puis étendue vers les sons graves. L'évolution de la surdité révélée par des audiogrammes successifs fait apparaître que l'oreille semble réagir aux bruits avec deux constantes de temps, l'une très courte (1/10 à quelques secondes) qui intéresserait l'action réflexe du muscle du marteau, lors d'un changement rapide de la pression sonore ; l'autre de l'ordre de l'heure. Ces deux processus sont réversibles à condition de ne pas dépasser certains niveaux critiques.

En conclusion, l'auteur a souligné qu'une meilleure connaissance de la variation du seuil d'audibilité, surtout aux fréquences extrêmes, permettrait de fixer avec précision les limites de niveau sonore acceptable. L'Ergonomie, science nouvelle, définie comme « l'organisation du travail à la mesure de la physiologie humaine » se doit d'accorder à l'acoustique une place importante.

LA CONSTRUCTION DES MACHINES ET LES PROBLÈMES DE BRUIT

par J. MATTEI

Ingénieur E.N.S.T.

Une des meilleures méthodes de lutte contre le bruit industriel consiste à agir sur la source elle-même. Ce problème d'importance pour l'Electricité de France a été étudié dans le détail par M. MATTEI. Après avoir validé le principe de la mesure des pressions sonores, ce dernier a exposé les méthodes permettant d'établir la carte des niveaux de bruit dans le cas de plusieurs machines (courbes d'équi-niveau) et le niveau de bruit d'une machine seule selon un contour normalisé (contour NEMA aux U.S.A.).

Les deux principales sources de bruit auxquelles l'E.D.F. doit faire face sont les ventilateurs, les transformateurs et les moteurs. Pour les premiers, la théorie permet d'établir une formule simple d'après laquelle le niveau de puissance sonore serait proportionnel à la puissance septième du diamètre des pales et à la puissance sixième de la vitesse de rotation. Ce bruit minimal dû à un écoulement non laminaire de l'air brassé n'est obtenu qu'après élimination des sources secondaires, parmi lesquelles les résonances acoustiques ou mécaniques (souvent à l'origine d'un son pur particulièrement gênant).

Pour les transformateurs, la cause essentielle du bruit est due à la magnétostriction des tôles. On y remédie partiellement au moyen de précontraintes mécaniques (traction exercée dans le sens du laminage pour des tôles à grains orientés) et de traitements thermiques (recuit entre 800 et 860 °C). Selon un calcul complexe que le conférencier se réserve d'explicitier ultérieurement, la puissance sonore rayonnée varie comme la puissance sixième des dimensions linéaires de la machine. On en déduit une proportionnalité à la puissance $3/2$ de la puissance électrique ou au carré de la masse de l'appareil.

L'influence de l'état de saturation du noyau a été mise en évidence, le niveau sonore étant réduit avec le coefficient de saturation.

Il reste d'autres sources de bruit dans le transformateur intéressant la construction proprement dite (joints, dispersions du flux, suspension, propagation dans l'huile). A retenir l'anecdote selon laquelle un constructeur conseillait de ne jamais transporter ses transformateurs couchés sous peine de constater une augmentation du bruit de fonctionnement.

Le bruit des moteurs électriques tient tout à la fois du bruit des ventilateurs et des transformateurs avec une prépondérance pour le premier effet. Seule une étude aérodynamique de l'écoulement au voisinage du ventilateur ainsi qu'une meilleure adaptation du ventilateur peuvent donc améliorer la situation ; quitte à faire tourner le ventilateur à une vitesse différente de celle du moteur.

Cette conférence était accompagnée d'illustrations propres à démontrer la gêne auditive créée par ces machines en fonction du spectre de leur émission sonore.

P. LOYEZ