

J. DEWEVRE

LA CHAÎNE D'ÉCOUTE
PHONOGRAPHIQUE

DÉCEMBRE 1970

N° 52

GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE
FACULTE DES SCIENCES • TOUR 66 • PLACE JUSSIEU • PARIS 5'

Groupe d'Acoustique Musicale
Laboratoire d'Acoustique

Faculté des Sciences

Place Jussieu Tour 66, 5^e étage

BULLETIN N° 52

Adresse postale

9 Quai St Bernard PARIS 5^e

Réunion du 18 décembre 1970 sur le thème :

"LA CHAÎNE D'AUDITION PHONOGRAPHIQUE" avec M. J. DEWEVRE

M. le Doyen GAUTHIER, pris par ses obligations professionnelles n'a pu se joindre à nous.

Etaient présents :

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président
M. LEIPP Secrétaire Général; Melle CASTELLENGO, Secrétaire.

Puis, par ordre d'arrivée : M. J.S. LIENARD (Ingénieur Arts et Métiers); M. J. CLUYSE (Acousticien, ICET, Rixensart, Belgique); M. J. DEWEVRE (Rédacteur Revue du Son et Revue des Disques); M. G. LEBOS (Quartettiste); M. DUVAL (Etudiant Electronique); M. NAGAI (Acousticien, YAMAHA, Rokio); M. GEUENS (R.T.B., Professeur à l'IAD, Bruxelles); M. GILOTAUX (Directeur technique Pathé Marconi); M. KAUFMANN (Ingénieur, facteur de clavicins à Bruxelles); M. QUINIO (Ingénieur TITN); M. LELoux (RTB, Bruxelles); M. L. THE (Cor solo OPERA); M. TOURTE (Professeur honoraire au Conservatoire de Paris); M. GENET VARCIN (chimiste); Mme CHARNASSE (CNRS, Musicologie); M. ROMER (Musicologue, Zurich); M. F. FORET (Compositeur); M. GUIRAUD; M. BATAISSIER (Secrétaire général SIERE); Melle JARDIN (orthophoniste); M. LEGUY (Etudiant Ecole Sup. Elec); M. ARFIB; M. JOUHANEAU (Collège de France, CNRS); M. J.C. RISSET (agrégé de physique, musicien numérique); M. Dominique CHAILLEY (musicologue); M. RENAUD; M. DODONOFF (CNAM); Mme SOLA (ORTF); M. LANGEVIN; M. NAGLER (preneur de son, DETMOLD); M. TIMSIT (informatique); M. MONIERE (Centre de Calcul Analogique, CNRS); M. TEIL (Ingénieur CCA); Mme BOREL MAISONNY (Orthophoniste); Dr KADRI (orthophoniste); M. DEMARS (chercheur CNRS); M. DUBEAU (Etudiant); M. LEON (Conques Elipson); Dr POUBLAN (médecin biologiste); M. SURUGUE (Musée des Arts et Traditions populaires); Melle Monique PAILLÉ (Professeur de musique); M. ANDRE TALAMON; M. J.J. DUPARCQ (Directeur REVUE MUSICALE); M. TESTEMALE (Informaticien); M. R. DULAIRIER (Professeur); M. MUSSON (Direct. Adj. SCHOLA CANTORUM); M. GUILBERT (Ingénieur Télécom); Mme A. FULIN (Musicologie); M. MOUSSEAU (R.C.A. Paris); Melle MOLINARI (Conservatoire de Grenoble); M. GEUENS (Prof. IAD Bruxelles); M. J.J. BERNARD (Maitre de Conférence Fac. Sc. Paris).

Excusés : M. BLONDELET (Directeur des Ets Buffet Crampon, en voyage au Japon); M. Ch. MAILLOT (Lyon); M. Cl. CHARPENTIER; M. OUNA; M. FRANCOIS; M. CARCHEREUX; M. GUEN; Mme de CHAMBURE; M. AROM; M. ISRAELIEVITCH; M. TRAN VAN KHE; Mme BENICHOU; Mme STRAUS; M. CONDAMINES; Melle Gisèle BARREAU; M. DUFRESNES; M. CHENAUD; M. FAYEULLE; Melle COUF TIN; M. LEHMANN; M. CEOEN; M. PUJOLLE; M. PERIN (L); Dr DORGEUILLE; M. JESSEL; Melle E. WEBER.

PERIODIQUE : 6 numéros annuels.

Prix de vente : service gratuit

Imprimeur : Laboratoire de Mécanique Physique de la Faculté des Sciences de Paris.

Nom du Directeur : M. le Professeur SIESTRUNCK

N° d'Inscription à la Commission Paritaire : 46 283.

INTRODUCTION A LA CONNAISSANCE DE LA
CHAÎNE ELECTROACOUSTIQUE D'ECOUTE MUSICALE

par Jacques DENEVRE

Professeur d'Electroacoustique à l'Institut des Arts de Diffusion (Bruxelles)
Rédacteur à " La revue du Son " (Paris) et à " La revue des Disques " (Bruxelles)

A l'instar de M. de La Palice, on pourrait affirmer que la Musique et - partant - les techniques dites de la "Haute-Fidélité" s'adressent, au premier chef, au sens de l'ouïe. Or, il n'en est pas nécessairement ainsi puisqu'il est des musiciens pour avancer que "le son, c'est ce qui compte le moins", et des électroniciens pour croire que la seule qualité des circuits compte en électroacoustique. Or, la vocation de cette dernière est fondamentalement de mettre l'électronique - le moyen - au service de l'acoustique - le but - en passant obligatoirement par les organes-clés de transformation de l'énergie acoustique en énergie électrique, et inversement : les transducteurs. Il ne suffit pas de les concevoir; il faut encore savoir les exploiter. Le microphone ne porte pas, en lui, nos possibilités d'"écoute intelligente", et appelle un art de la prise de son. A l'autre bout de la chaîne, le haut-parleur serait-il son plus faible maillon ? Il est de bon ton de l'affirmer catégoriquement, et on lui attribue quasi toute la responsabilité des limitations du caractère "naturel" des transmissions musicales différées dans le temps et/ou dans l'espace : enregistrement sonore; radiodiffusion. Il y a là un profond malentendu, qui provient d'une comparaison systématique avec les mesures dites "objectives" que l'on conduit traditionnellement sur les amplificateurs, et dont un "échantillonnage" - tel le taux d'harmoniques - est normalisé, et offre l'incontestable avantage de la reproductibilité. Mais les notions subjectives - qui peuvent faire l'objet de constatations tout aussi scientifiques que celles des faits physiques - ne préoccupent guère le type d'audio-électronicien, travaillé par une obsession de "linéarité" totalement étrangère aux réalités architecturales et perceptuelles, qui voudrait avoir réponse à cette question de simple bon sens : "Comment pouvez-vous apprécier les incidences auditives de tel ou tel amplificateur, sinon au travers d'un haut-parleur ? ... En réalité, le haut-parleur est le maillon le plus important de la chaîne électroacoustique "matérielle", dont il est le "moyen d'expression" obligé de tout message électroacoustique. C'est à partir du transducteur de sortie qu'il faut tout envisager. En amont, les circuits électroniques doivent être à son service, non seulement en une fonction amplificatrice mais encore dans un indispensable rôle de correcteur éventuel. En aval, le haut-parleur (considéré comme un tout formé de plusieurs transducteurs élémentaires, de l'enceinte acoustique, et du filtre répartitionneur) est étroitement lié aux caractéristiques acoustiques du local d'écoute domestique, qui ne sont ni celles d'une salle de concerts, ni celles d'une chambre insonore de mesures. L'acquisition de l'équipement le plus élaboré et le plus coûteux ne peut résoudre le problème pratique de la haute-fidélité musicale, sans la recherche, par un acte de "sonorisation", complémentaire de celui de la "prise de son", d'une adaptation à la pièce de séjour (y compris une implantation optimale au sein de celle-ci). C'est que, contrairement à un canal acoustique naturel, le canal électroacoustique ne porte pas, en soi, la possibilité de transmettre les caractéristiques spatiales "physiques" d'une exécution musicale "vivante". Ce n'est que grâce à des procédés étrangers à la fidélité intrinsèque de la chaîne (en premier, la réverbération qui, du point de vue formant, est une distorsion) que l'on peut transmettre certaines informations évocatrices du milieu acoustique primaire. On obtient déjà une différenciation des plans sonores, en profondeur, en monophonie.

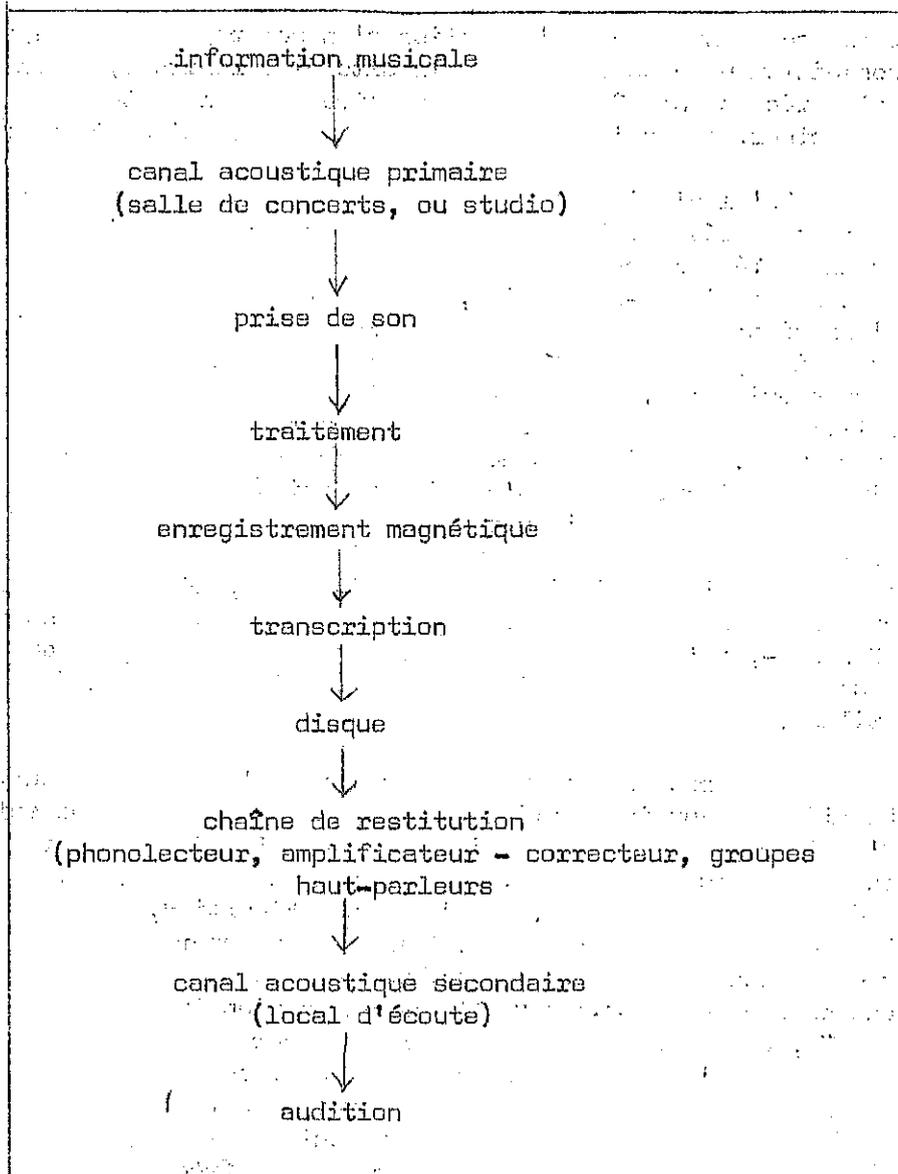
L'emploi de deux canaux de transmission, en stéréophonie classique, voire de quatre, en tétraphonie expérimentale, apporte, à des degrés divers et par des moyens qui peuvent être très différents, de nouveaux éléments de présentation spatiale qui, au-delà de la "mesure", accroissent le "naturel" d'une restitution. Ce qui n'implique

...../

pas l'obtention, dans le milieu acoustique secondaire qui est celui de l'auditeur "différé", l'identité physiquement illusoire à l'environnement original, mais l'illusion de la recreation d'un lieu musical, typique de ceux qui existent, ^{ceux-ci} sont d'ailleurs tous différents, influençant profondément et diversement les sonorités instrumentales individuelles et collectives. Définir la "haute-fidélité" comme l'obtention d'une copie-conforme, chez soi, de la salle de concerts, est d'autant plus une erreur que ce n'est pas esthétiquement souhaitable. En réalité, la fidélité ne peut aller au-delà de ce qu'a voulu le preneur de son, interprète-second, possédant la maîtrise de certains paramètres (dynamique, perspective auditive, ambiance acoustique) mais tributaire, des conditions de son écoute de contrôle, qui doivent d'approcher de celles de l'auditeur moyen, qui ne sont pas non plus conformes à l'écoute directe. Car, à l'autre extrémité de la chaîne, il y a une autre limitation fixée par les possibilités pratiques de sonorisation d'un local domestique, compte tenu acoustiquement de ses dimensions généralement assez exigées, de sa décoration, du mobilier, des vibrations parasites, et aussi des contingences en matière conjointe d'installation des haut-parleurs, au minimum une paire d'enceintes acoustiques en stéréophonie (voir plus loin). Ainsi, il apparaît que l'électroacoustique demeure très étroitement liée à l'acoustique architecturale; les recherches les plus récentes s'imprègnent, heureusement mais tardivement, de ce qui semble être un truisme. Mais les acousticiens architecturaux ont longtemps négligé le problème "mineur" de la pièce de séjour. Tout comme les audio-électroniciens errent encore, par simple ignorance acoustique, dans les problèmes de la sonorisation de grandes salles, qui ont cependant un immense avenir devant eux. L'électroacousticien se doit d'être acousticien tout court avant d'être électronicien (il sera généralement assez de par son habituelle formation de base); il pensera "circuités électroniques" dans la juste mesure des "besoins audibles". Technologie avancée d'une part; mais exploitation rationnelle, d'autre part; exactement comme on distingue en informatique, "hardware" et "software". A ce dernier volet se rattachent les supports de programmes musicaux - disques phonographiques qui conservent le premier rang, sous l'angle de la "qualité pratique", bandes magnétiques; émissions radiophoniques en direct ou à partir des précédentes qui alimentent la chaîne d'écoute, avec un a priori qualitatif, fonction à la fois de la réalisation par l'auditeur et de la sélection par l'utilisateur. Qu'on se dise bien qu'on ne peut retirer d'un support, plus d'informations qu'il n'en porte; c'est également un critère décisif du "degré" de "haute", fidélité; terme à prendre dans le sens d'une absence relative de distorsions, de déformations audibles. Avant analyse technique de celles-ci, on appréciera la "fidélité" par une notion simple de "sensation de naturel", sans gêne par des "informations parasites". Dans ce sens, le degré d'absence de bruit-de-fond des media de la musique enregistrée est un facteur absolument primordial. Et, en l'état actuel de la technique, l'utilisation des amplificateurs au sein d'une chaîne électroacoustique, qui se doit de faire également appel à leur souplesse en matière de traitement électronique de l'information acoustique, révèle comme paramètre sensible dominant, le rapport signal sur bruit, autrement dit le recul des bruits parasites par rapport aux signaux utiles. Ce qui n'est pas si simple lorsqu'il est question - exemple courant aujourd'hui, de porter une tension de l'ordre du millivolt, en provenance d'un phonocapteur, à une puissance d'une cinquantaine de watts; et ce, avec interposition de multiples circuits correcteurs.

Sur la base des trois attributs sonores fondamentaux - hauteur, intensité, timbre - et à l'exclusion de toutes considérations spatiales (déjà évoquées plus haut), examinons succinctement, le plus synthétiquement possible et sans entrer dans les détails technologiques ce qui se passe au cours des études de la transmission électroacoustique la plus simple, en remarquant au préalable que l'équipement d'écoute chez soi n'occupe, dans l'ensemble du processus, qu'une seule étape sur un minimum de six, les deux dernières étant particulièrement décisives :

...../



Ceci du point de vue de trois groupes significatifs de caractéristiques acoustiques :

- bandes passante, et équilibre spectral.
- gamme dynamique, du seuil de bruit au niveau maximal.
- distorsions de timbre, en régimes stable et transitoire.

En envisageant le support-type de musique enregistrée qu'est le disque, on constatera que ses aptitudes techniques s'élèvent aisément au niveau souhaité pour une écoute en "haute-fidélité".

Les progrès mécaniques dont bénéficient les tables de lecture phonographique ont pratiquement éliminé la dérive de vitesse de rotation (la précision est, en général, de 1 % ; mais, même avec une tolérance de ± 2 %, l'écart par rapport à la normale n'excède pas un comma) et les fluctuations totales (pleurage et scintillement) de celles-ci se maintiennent aisément dans les limites de la sensibilité différentielle de fréquence qui est, au maximum, de l'ordre de 0,25 % dans la zone la plus sensible de l'oreille; en enregistrement magnétique professionnel, (entraînement par moteur synchrone ou électriquement contrôlé,) un chiffre aussi bas que 0,04 % est obtenu. Les tourne-disques satisfont couramment à une norme de 0,2 %. Mais ils sont particulièrement sensibles, surtout en lecture stéréophonique, au "ronronnement", d'origine mécanique, aux très basses fréquences : C'est là le principal critère quali-

...../

tatif qui contribue à l'obtention d'un bon rapport signal/bruit global de la chaîne; conjointement avec celui des circuits électroniques, et en y ajoutant un "ronflement", très fréquemment dû à la liaison entre le phonolecteur et l'entrée de l'amplificateur-correcteur, lorsqu'on néglige la recherche de mises à la masse correctes.

Qu'il s'agisse de bande passante (une analyse spectrale de certains enregistrements peut révéler la présence effective d'informations dans les tierces extrêmes de 32 Hz et 16 kHz préalablement aisément inscrites d'ailleurs sur bande magnétique), ou de rapport signal-son-bruits, la gravure mécanique peut être égale ou supérieure à l'enregistrement magnétique (du moins sans recours à un dispositif de compression-expansion); ce qui n'empêche que l'on passe d'abord par la bande pour des raisons pratiques évidentes. En gravure directe, on pourrait presque conserver la dynamique naturelle; mais une telle performance serait, en réalité, mal accueillie par le mélomane en chambre. En raison du masque par le bruit ambiant d'où doivent émerger les pianissimos et, d'autre part, d'un niveau maximal "social", une gamme dynamique de 40 décibels est une limite pour l'écoute domestique. Le disque s'en accomode largement, et une lecture personnelle met mieux en évidence les nuances que lors d'une audition par le truchement d'une émission de radiodiffusion, même en modulation de fréquence. Quant aux distorsions de timbre, elles ont des causes tellement différentes - et qui s'enchevêtrent -, qu'elles échappent aux chiffres absolus, et qu'il vaut mieux s'en remettre à une notion de "distorsion audible", qui sera amenuisée par un bon phonolecteur, bien utilisé.

Deux règles fondamentales : force d'application suffisante, et propreté du disque. La fidélité aux informations transitoires semble nous satisfaire pleinement; plus d'ailleurs, sur des percussions pleines d'embûches théoriquement maximales que sur certaines attaques de cordes, ou des ensembles vocaux. Et, cependant, il s'agit d'un procédé purement mécanique. Si l'on pense "inertie", il faut faire immédiatement le parallèle avec celle de l'oreille. Son pouvoir séparateur temporel - qui n'est pas constant tout au long du spectre des fréquences; ceci est essentiel - exige un délai environ une seconde pour appréhender une intonation très grave. C'est qu'il faut, au sens de l'ouïe, quelques dizaines de périodes pour prendre conscience d'un événement sonore. En prenant l'exemple de la grosse caisse, qui est l'instrument qui requiert une extension maximale de la bande passante vers les fréquences basses pour que les sons caractéristiques provoqués par les mouvements de la membrane soient audibles, on trouve confirmation, par mesure au sonographe, de fréquences situées entre 30 et 40 Hz. C'est bien le seul instrument qui exige de descendre aussi bas; car les notes de pédale de l'orgue suivent le processus du fondamental subjectif obtenu à partir des intervalles entre harmoniques. Si la grosse-caisse n'est pas présente, ou si sa présence est considérée comme sans intérêt esthétique, on pourra se contenter d'une fréquence de coupure beaucoup moins basse : avec 80 Hz, une écoute critique ne révélera qu'une perte minime d'information sonore, et les timbales seront déjà nettement audibles. Du fait du pouvoir séparateur de l'ouïe de l'ordre de 1 s, dans le registre grave, on comprendra à la fois le peu d'importance de la notion de "transitoires" à ces fréquences, et le rôle essentiel de la réverbération. Ceci explique le besoin, dans une salle de concerts symphoniques, d'une durée minimale de réverbération d'environ 1,5 s, qui devra être réduite aux fréquences moyennes pour assurer une netteté suffisante. Et dans un local domestique, que va-t-il se passer ? Très heureusement, le couplage électroacoustique de deux milieux acoustiques fait que celui qui possède le temps de réverbération le plus long domine, et que ce temps n'est que peu réduit. Au départ, il est bien entendu que le local doit avoir au moins une dimension égale à la longueur d'onde correspondant à la fréquence la plus basse à transmettre, pour que le signal puisse s'y développer pleinement; on tolérera, au maximum une réduction à la demi-longueur d'onde, pour conserver un rendement suffisant : ce qui mène à 6 - 12 m pour 30 Hz. Une différence profonde d'une pièce de séjour, par rapport à une grande salle, c'est que ses résonances propres se manifestent plus haut dans le spectre et sont moins nombreuses. Elles se "détachent" ainsi, sous forme de "colorations", la zone généralement la plus critique étant l'octave 100-200 Hz. Au-dessous, la sensibilité auditive devient très faible; au-dessus, une absorption normale commence à se faire sentir; et, de toute façon, ce phénomène d'ondes stationnaires disparaît avant d'atteindre 1 kHz. Une implantation

judicieuse des enceintes acoustiques (beaucoup plus aisément réalisable avec les coffrets compacts dont on dispose aujourd'hui) est un préalable pour combattre l'établissement de fréquences propres dans le local : elles seront placées le plus près possible du mur de fond (le moins long), mais pas en encoignures ; les transducteurs de registre grave seront à un peu moins de 1 m de celles-ci. Pour les besoins stéréophoniques, la distance entre les transducteurs aigus des deux voies sera de l'ordre de 2,5 à 3 m. La hauteur est capitale ; poser une enceinte à même le sol est (à moins qu'elle ne soit conçue comme telle - genre colonne -, ou munie de pieds et inclinée) une source de déboires du point de vue "coloration", avec un sérieux danger de mise en vibration du plancher, avec risque de transmission jusqu'au tourne-disque. Il est simultanément logique, du point de vue des fréquences plus élevées, que le rayonnement s'opère "à hauteur d'oreilles" (un peu plus haut que celles d'un auditeur assis, soit une distance d'environ 1,25 m entre le transducteur aigu et le sol).

Dans le registre grave, le rayonnement d'une source sonore, telle qu'un haut-parleur, est isotrope. Le champ acoustique créé est essentiellement "diffus", et donc uniforme, sauf émergence de résonances propres marquées du local ; ceci, à partir d'une distance dite "critique", qui n'excède pas quelque 75 cm (contre dix fois plus, un maximum, dans une grande salle de concerts) et pour laquelle le champ direct émis par le haut-parleur n'est déjà plus égal qu'au champ diffus. Ce dernier, à une distance double (1,50 m, exemplativement) domine de + 6 dB le champ direct. L'effet de direction du haut-parleur augmente avec la fréquence ; son "facteur de directivité", qui caractérise le rayonnement effectif du haut-parleur par rapport au rayonnement sphérique théorique, dont la valeur idéale est de 2 (pas 1, car l'enceinte, étant à proximité du mur, n'a plus à transférer sa puissance acoustique que dans un hémisphère, plutôt que dans une sphère ; ce qui double, dès le départ, le rendement), ne se maintient que dans le registre médium (musicalement : 250 Hz - 1 kHz ; les techniciens emploient malheureusement souvent, d'une manière fort arbitraire, le même terme pour désigner les deux octaves suivantes : 1 - 4 kHz, celles de la sensibilité auditive maximale, que l'on qualifierait mieux par "zone de présence ; l'ensemble de cette dernière et du registre médium formant la "bande centrale" du spectre audible).

Lorsque la longueur d'onde devient comparable au diamètre du diaphragme, c'est-à-dire entre 1 et 2 kHz, pour des haut-parleurs de 30 à 20 cm, la directivité s'accroît fortement, si l'on ne prend pas de dispositions spéciales, ou si l'on ne transfère pas la fonction de rayonnement à un autre transducteur spécialisé, de plus petit diamètre. Ce transfert ne s'opère souvent qu'aux environs de 5 kHz, et c'est sans doute le fait de négliger la nécessité de maintenir un facteur de directivité très faible aux environs de 2 kHz (à l'instar de l'émission de la voix humaine) qui est responsable de la qualité médiocre (se traduisant par une sorte d'"effet nasal") de la plupart des haut-parleurs dans la région qui est cependant essentielle pour toutes les informations sonores. Ce défaut n'apparaît pas sur une courbe de réponse relevée dans l'axe : de deux transducteurs y offrant sensiblement la même régularité, celui qui émet le "pinceau" spatialement le plus étroit créera, en réalité, une "bosse de présence" exagérée, tandis que celui qui offre un large diagramme de rayonnement maintiendra une réponse conforme à ce qu'elle est dans l'axe jusqu'à une ouverture angulaire assez grande, sans modifier la distance critique d'égalité des champs direct et diffus. Si le facteur de directivité augmente, la "pénétration" du champ direct dans le champ diffus sera, très évidemment, d'autant plus importante : en passant à un facteur de 5, la distance critique passe à 1,5 m ; et un auditeur placé à 3 m dans l'axe du haut-parleur reçoit encore le champ direct dans une proportion de 2/1, alors que, dans une salle de concerts, cette proportion est de l'ordre de 10/1. Ce raisonnement milite en faveur à la fois de haut-parleurs présentant le plus faible facteur de directivité possible dans la "zone de présence" (il serait souhaitable que les constructeurs publient ce chiffre pour 2 kHz) et d'une installation des auditeurs à la plus grande distance possible des haut-parleurs, ce qui n'offre que des avantages du point de vue réalisme d'écoute (autrement dit : une illusion de salle). Une solution alternative peut être trouvée dans un dispositif à rayonnement indirect. Le mécanisme qui vient d'être exposé vaut pour la bande centrale du spectre acoustique. Le pouvoir séparateur temporel de l'oreille y est en moyenne de 30 à 40 millisecondes. Mais, au-delà de 4 à 5 kHz, le délai de perception se réduit

...../

encore, pour n'être plus que de l'ordre de quelques millisecondes aux fréquences extrême-aiguës. On sait que, dans cette région, les intonations ne sont plus perceptibles, et qu'il n'y a plus que les harmoniques les plus élevées des instruments traditionnels, les informations correspondant aux temps d'attaque bref, et les signaux impulsifs de la percussion. Les sons les plus courts auxquels il soit fait appel en instrumentation musicale sont ceux qui sont produits par les castagnettes et certaines notes du xylophone : 1 ms. On peut admettre, donc, que, dans l'extrême-aigu, il n'y a plus que des informations transitoires, qui s'y adaptent très bien au temps d'intégration de l'oreille, qui est fortement réduit. Mais cette dernière situation autorise-t-elle encore l'audition, dans cette région, à tirer parti d'éventuels sons plus ou moins stables et prolongés. On peut d'ailleurs difficilement se figurer l'existence de ceux-ci sous une autre forme que la réverbération ou un bruit erratique. Dans quelle mesure de pareilles informations existent-elles physiquement dans un programme et un lieu musicaux, et qu'en peut saisir le système auditif ? La question est ouverte; l'explication n'est pas aussi aisée qu'en ce qui concerne l'audition du registre grave.

Si la courbe de réponse d'une salle de concerts - relevée avec un bruit erratique, évoqué plus haut - affiche un affaiblissement considérable aux fréquences élevées. Mais quelle en est l'interprétation par l'oreille ? Car, il apparaît qu'en écoute musicale domestique, une atténuation de l'extrême-aigu n'est pas souhaitée au même degré. La prise de son est d'ailleurs quasi toujours entreprise (sauf les apports d'ambiance) dans le champ direct, en-deçà de la distance critique. En l'absence d'un éclairage acoustique théorique, on se tiendra, en ce qui concerne le niveau relatif adéquat aux fréquences élevées, à une règle pratique pour le réglage des chaînes d'écoute : la commande de registre aigu sera maintenue juste au-dessus de la position où apparaît, pour un programme déterminé, le bruit-de-fond. Il est, de toute façon, exclu qu'une faible information utile puisse en émerger dans la région haute de la gamme audible; et l'on aura ainsi exploité au maximum le rapport signal sur bruits du support, et les intentions du preneur de son, à défaut d'une mémoire sonore comparative qui n'a guère d'objet.

Les considérations subjectives qui précèdent - même celles qui ne sont encore qu'à l'état de questions qu'on peut se poser - se présentent comme dominant très largement la technologie proprement dite qui est conditionnée par ces préalables essentiels, et devrait être conçue dans ce sens, au grand bénéfice du rapport qualité/prix.

La qualité intrinsèque, les matériels audio proposés actuellement, la possèdent presque uniformément. Ils satisfont à des normes minimales de mesures. Elles constituent au moins une garantie contre des défauts majeurs. Mais, à fiches techniques équivalentes, il n'est nullement assuré que les résultats audibles seront ne fût-ce que comparables. Car il demeure l'influence décisive d'une installation logique d'adaptations correctes, de réglages judicieux, qui seuls peuvent sortir la "meilleure" chaîne électroacoustique de l'ornière des subtilités acoustiques "externes".

Jacques DEWEVRE.

...../

Fig.1

PROCESSUS DE "FIDELITÉ" EN MUSIQUE ENREGISTRÉE OU DIFFUSÉE

Interprétation electroacoustique des informations spatiales

Transmission dans le temps et/ou dans l'espace

Présentation spatiale des informations electroacoust.

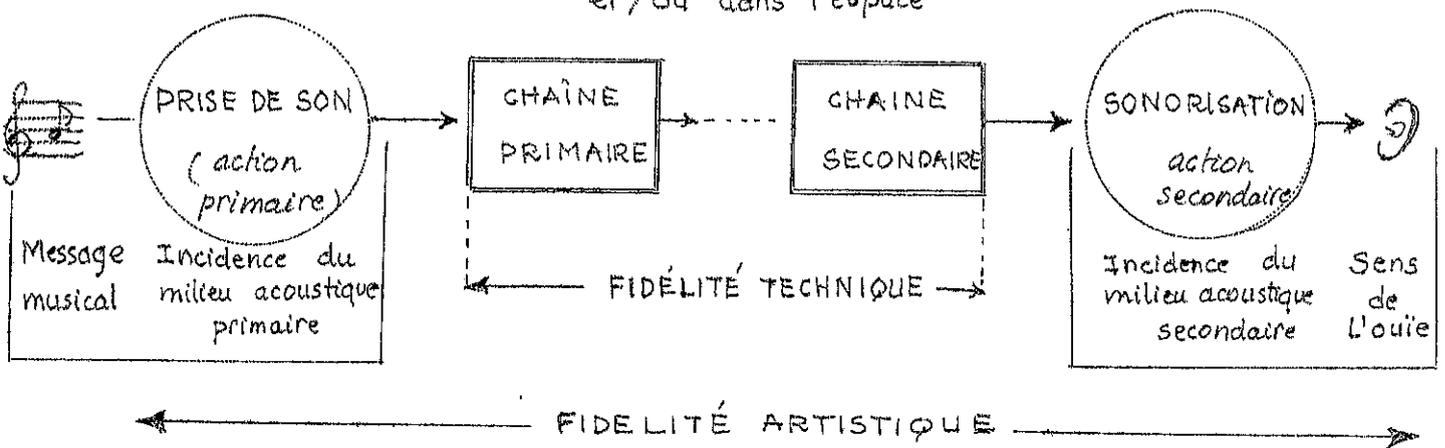
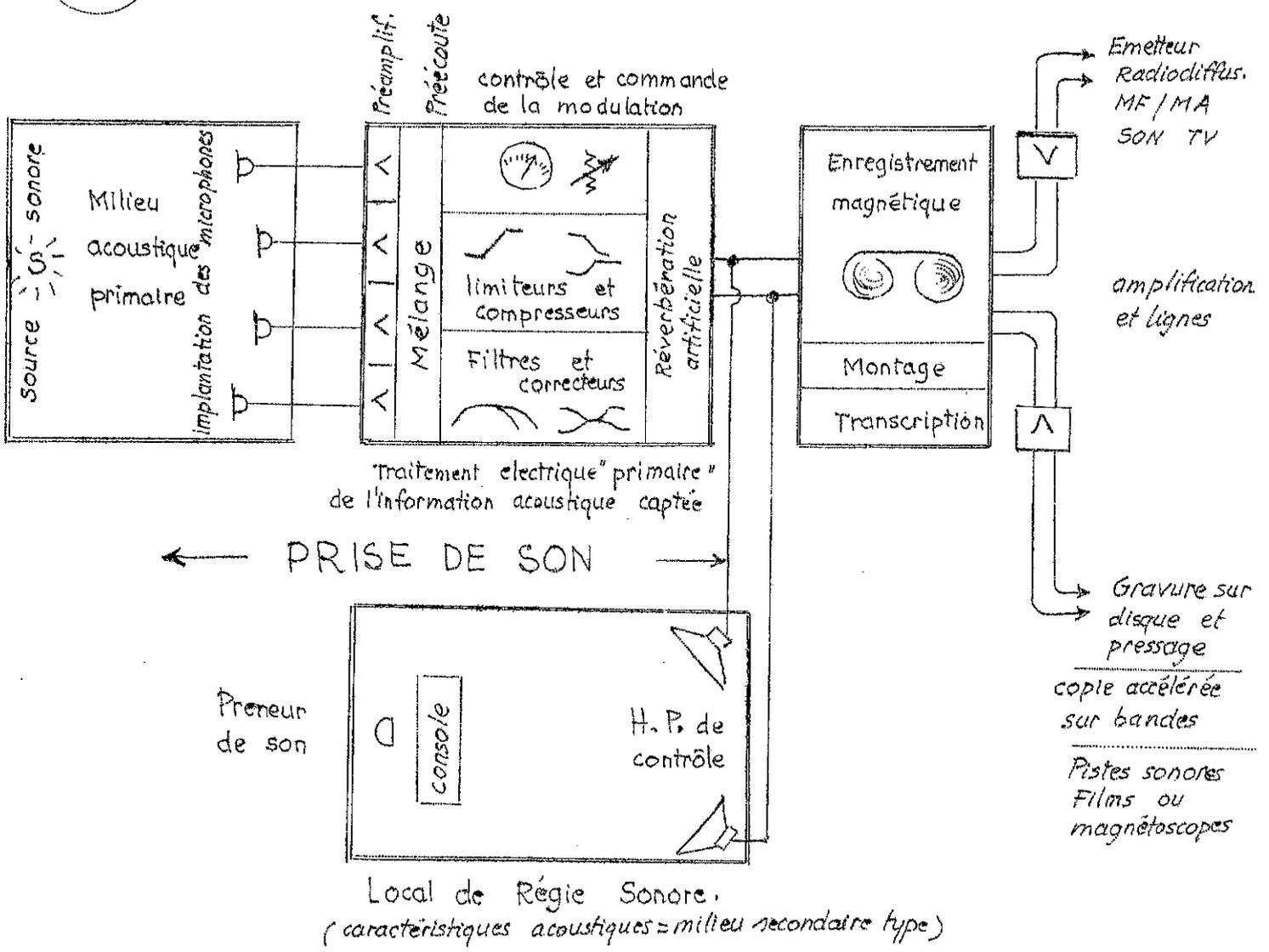


Fig.2

CHAÎNE PROFESSIONNELLE "PRIMAIRE" D'ENREGISTREMENT



PROGRAMMES

Réception de la radiodiffusion
 M.A. P.M.F.

Phonolecteur avec préampli correcteur

Enregistreur lecteur magnétique avec ampli correcteur

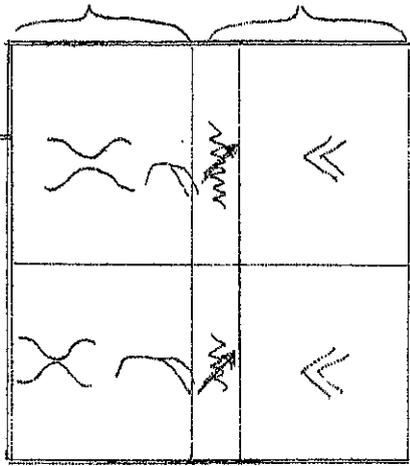
SON T.V.

Piste sonore Film Magnétoscope

Sélection

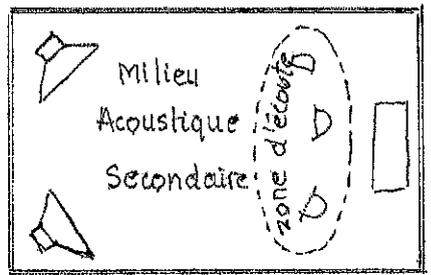
Préampli. correcteur

Amplificateur de puissance



Implantation des haut-parleurs

Equipement



Traitement électronique "secondaire" de l'information acoustique restituée

PIECE DE SÉJOUR

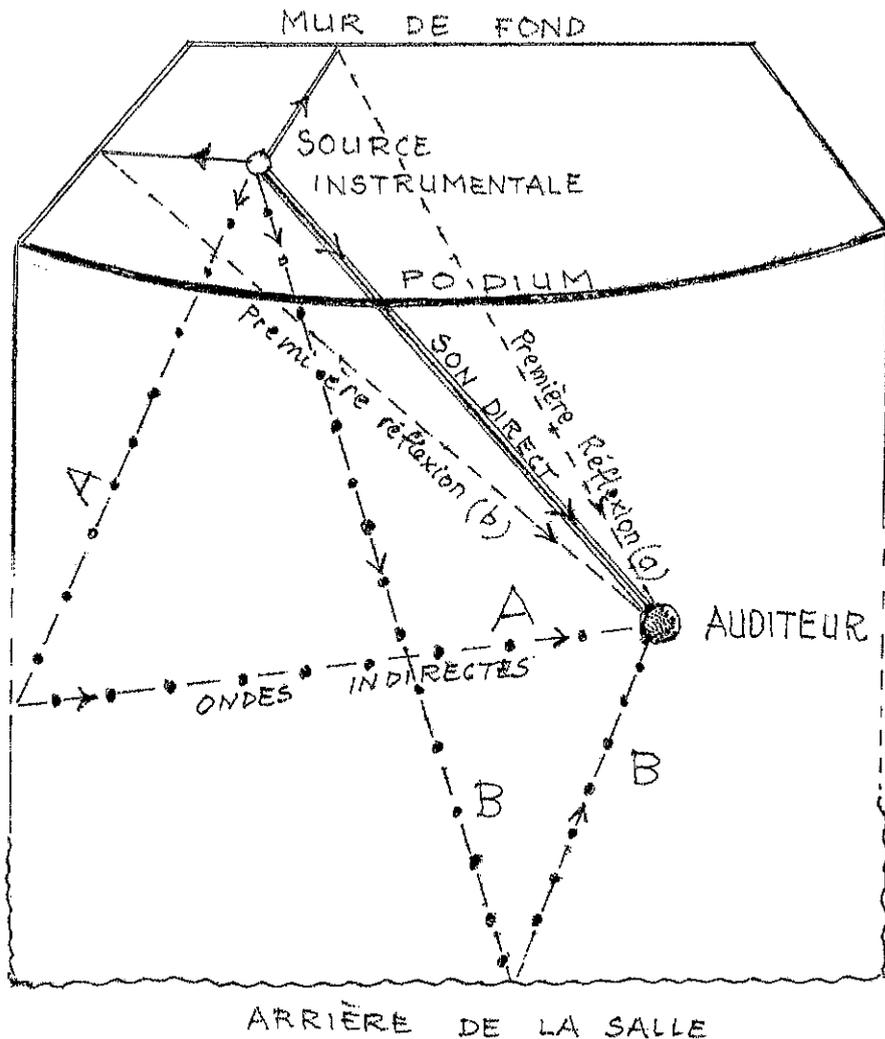
← SONORISATION →

Fig 3

CHAÎNE DOMESTIQUE ("secondaire") D'ECOUTE

Fig. 4

Dans une salle de concert, les premières réflexions (a) proviennent surtout du mur de fond, ou des parois latérales adjacentes (b) proches du podium. Ces premières réflexions dont le temps de parcours est beaucoup plus bref que celui des réflexions différées (ou des indirectes latérales (A) arrières (B) ou multiples, dont le temps de parcours est supérieur au pouvoir séparateur temporel de l'ouïe, aux fréquences considérées) qui forment le champ diffus et la réverbération, s'ajoutent au son direct (qui s'affaiblit de 6dB chaque fois que la distance est doublée) pour créer, en stéréophonie, aux fréquences élevées, l'information sur la position des sources.



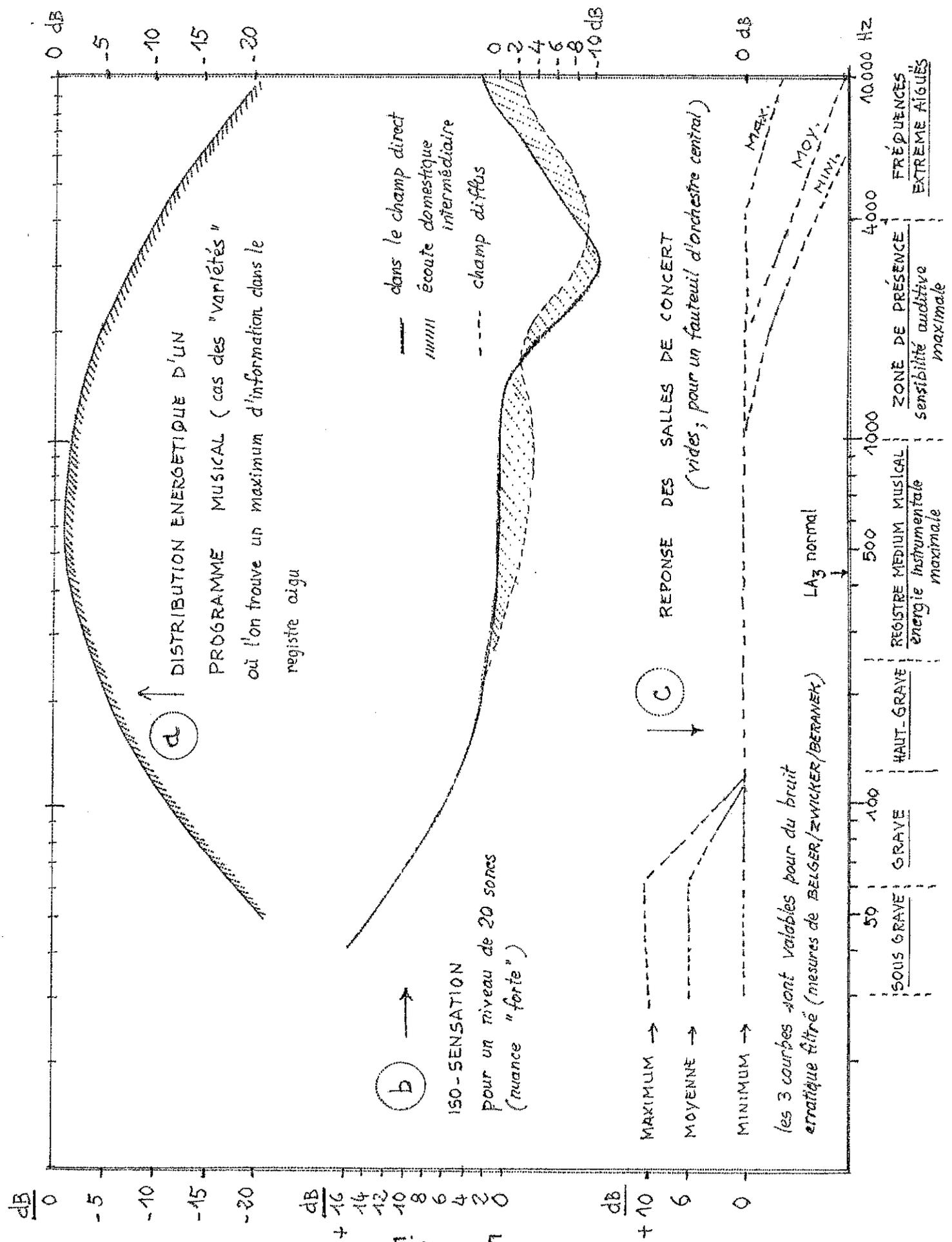


Figure 5

RAPPORT SIGNAL/BRUIT (PONDÉRÉ)

DES SUPPORTS DOMESTIQUES DE MUSIQUE ENREGISTRÉE

(D'après mesures des laboratoires C.I.B.S.)

Zone hachurée = distribution des crêtes d'information musicale, sur bande originale n'excédant pas 1% du temps.

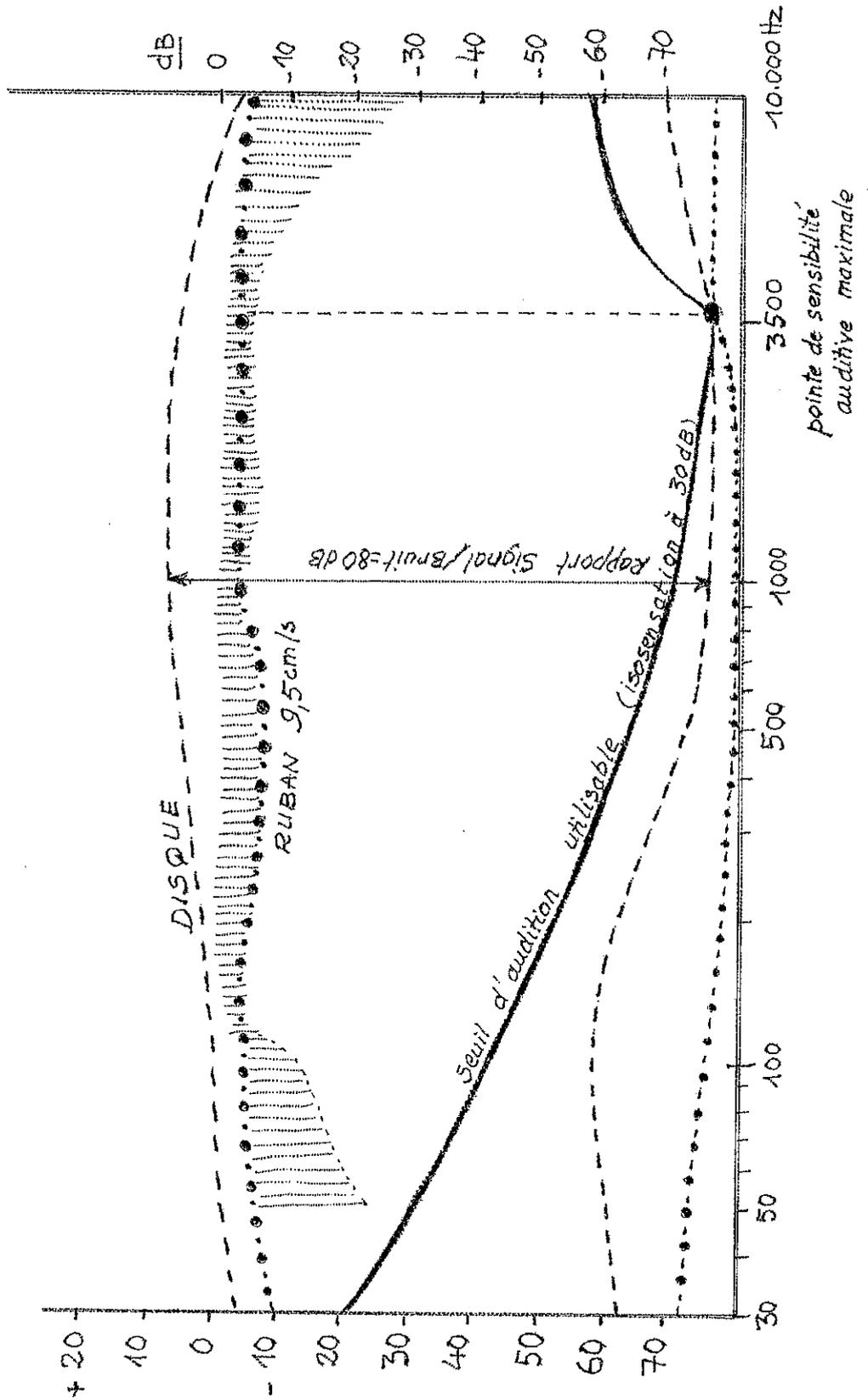


Figure 6.

DISCUSSION

résumée par E. LEIPP

M. LEIPP - Je remercie, au nom de tous, M. DEWEVRE de nous avoir fait bénéficier de son expérience dans le domaine des chaînes électro-acoustiques, phonographique en particulier. Voici posées de nombreuses questions, et pour ce qui me concerne, j'ai noté au fur et à mesure de nombreux points, dont chacun demanderait sans doute de longs développements.

Une fois de plus, je suis frappé par l'extrême complexité des problèmes que soulève la présence de l'homme avec ses "capteurs d'information" et son cerveau. Une fois de plus sont mises en cause les méthodes de la technologie acoustique, de la métrologie, en particulier, qui cherche à définir les qualités d'une chaîne d'écoute à l'aide de courbes de réponse, de relevés du pouvoir directionnel et de la réponse aux impulsions etc... Malheureusement l'"oreille" de l'auditeur normal n'est pas d'accord avec les conclusions technologiques.

Au fond, il n'y a pas à s'en étonner. Le technicien de l'électro-acoustique qui teste un ampli, un haut-parleur etc... utilise des appareils de physique qui lui fournissent des nombres et des diagrammes. Or, "l'oreille" ne fait pas des mesures : elle perçoit des formes acoustiques, des "gestalt" globales; notre système auditif est proprement un appareil permettant de "photographier" plus exactement de filmer les signaux acoustiques et de stocker, puis de traiter les images acoustiques ainsi réalisées, sans qu'il soit besoin de connaître les dimensions absolues des "êtres sonores" en présence. Ce qui est important ici, ce sont les rapports des grandeurs en cause, qui déterminent précisément les formes. Notre système auditif est bien organisé pour apprécier ces rapports (de hauteur, de temps, d'intensité) que les appareils et méthodes de la métrologie traditionnelle ne mettent pas du tout en évidence. On ne peut donc être surpris des difficultés que l'on rencontre lorsqu'on tente de faire la corrélation entre les nombres et diagrammes classiques et le jugement "subjectif" de l'auditeur.

Une difficulté supplémentaire vient encore du fait que les appareils de physique utilisés en métrologie sont réglés une fois pour toutes, alors que le système auditif, lui, s'adaptant continuellement sur le phénomène, voit ses propriétés se modifier continuellement, tant du point de vue courbe de réponse que constante de temps. J'ai longuement insisté là-dessus lors de notre réunion du GAM sur l'oreille moyenne et je pense qu'on ne réussira à définir objectivement la qualité d'une chaîne que lorsqu'on aura imaginé un système de "mesure" impliquant, à l'entrée, une simulation de l'oreille moyenne. Ceci ne présente pas de difficultés de réalisation technique actuellement. Je pense que l'adaptabilité du système auditif sur le phénomène détermine largement ce que vous avez appelé "l'écoute intelligente". En effet, l'adaptation en question est à la fois réflexe et volontaire. Dans le deuxième cas, le système auditif représente alors un filtre d'information réglable à volonté, permettant donc d'observer telle ou telle partie des phénomènes acoustiques à l'exclusion d'autres, physiquement présentes cependant.....

Dans un autre ordre d'idées, je ne puis qu'abonder dans votre sens lorsque vous faites une large part au local d'écoute. Il y a bien longtemps que nous avons fait des expériences sur le rôle de la salle dans la qualité d'un instrument de musique et de la parole. Nous savons que le local est une partie constitutive de l'instrument, déterminant souvent de façon décisive la qualité de celui-ci pour l'auditeur. D'où l'intérêt évident d'essayer un instrument de musique ou une chaîne (ce qui est la même chose) dans le local normal habituel et non dans une salle sourde ou un local très différent. D'où aussi l'utilité d'incorporer à la chaîne d'audition les moyens de réglage qui permettent de "compenser" plus ou moins les caractéristiques de la

...../

salle d'écoute ; niveau, aigu, grave etc... J'ai même suggéré, naguère d'incorporer, en plus, dans les chaînes d'audition un système réglable de réverbération artificielle (Festival International du Son 1964), qui permettrait à chacun d'"acomoder" ce qu'il écoute à son goût.

Pour ce qui est du problème des basses fréquences, je pense qu'il est trop souvent mal posé. Il est absolument indispensable de distinguer les deux types de "sons graves" ; ceux qui ont un fondamental objectif de basse fréquence très intense et les autres, où la sensation de fréquence grave vient de différentiels entre harmoniques de rang élevé, en l'absence de toute fréquence fondamentale importante (basses subjectives). Ce problème est connu depuis des siècles par les facteurs d'orgue, qui savent fabriquer des sons "graves" en associant des séries bien définies de petits tuyaux. MUTIN, successeur de CAVAILLE-COLL fit sur ce point des recherches systématiques au début de ce siècle (comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 1915). Il est bien évident que pour restituer correctement les instruments traditionnels à fondamentaux objectifs graves intenses (il n'y a guère que dans l'orgue et la grosse caisse) il faut une chaîne d'écoute avec des amplificateurs et des haut-parleurs susceptibles de produire effectivement des basses fréquences avec une amplitude considérable. Mais pour d'autres instruments graves, tels que le basson, qui ne fabriquent pratiquement que des fondamentaux "subjectifs" dans le grave, c'est bien inutile. L'expérience montre qu'avec un "transistor" ayant un haut-parleur de 7 ou 8 cm de diamètre, nous entendons très bien les sons graves du basson; mais pour les sons d'orgue et de contrebasse c'est une autre affaire ! On retiendra qu'une chaîne qui amplifie bien le grave, est souvent moins "bonne", car elle introduit des parasites tels le "ronflement" du secteur. Il vaut mieux ne pas avoir de "grave" objectif.

Le problème des basses fréquences objectives intenses se pose surtout avec les musiques expérimentales où l'on utilise souvent des fréquences objectives graves. Il faut alors nécessairement une chaîne dont la courbe de réponse descende très bas, sinon la musique en question est fortement dénaturée et perd beaucoup de son intérêt. La musique traditionnelle, par contre, peut se contenter d'une bande étonnamment étroite sans perdre de son intérêt....

Je remercie encore M. DEWEVRE d'avoir attiré une fois de plus l'attention sur certains points de terminologie. Qu'est-ce que le grave ? L'aigu ? le médium ? Pour un musicien le suraigu s'arrête à quelque 3500 Hz (limite aiguë du piano et de la petite flûte); le médium s'arrête vers 1000 Hz (do₅) Pour un électro-acousticien, la limite suraiguë est située vers 20 000 Hz, celle du médium vers 5000 Hz etc...! Il est donc important de préciser chaque fois de quoi on parle...

On pourrait faire des remarques identiques sur le mot "constante de temps" et j'attire l'attention une fois de plus sur un point qui me semble important. La constante de temps, telle que vous nous la proposez, avec sa formule classique, est une grandeur bien définie et fixe pour un appareil de mesure. Pour l'oreille, elle change continuellement du fait de l'adaptation, ce qui explique en partie la difficulté d'interpréter les documents acoustiques utilisés en métrologie des chaînes d'audition.

Enfin, pour terminer, un retour sur le problème des basses fréquences. Lors d'enregistrements systématiques sur les jeux d'orgues que j'ai faits naguère avec M. MEYER SIAT, j'avais bien observé les difficultés d'enregistrer par exemple un bourdon 16 pieds; pour les notes graves, le vibromètre s'affolait et "plafonne" alors que l'oreille n'entend rien ! Ceci pose clairement le problème de la perception extra-auditive des très basses fréquences. Cellés-ci ne sont sûrement pas perçues par les voies auditives normales; nous les "sentons" comme des différences périodiques de pression au niveau de notre thorax, nous les sentons parce que le banc sur lequel nous sommes assis vibre. Nous appréhendons ainsi de l'information supplémentaire, acoustique, mais relevant du sens du toucher.

...../

Enfin, mille autres problèmes sont soulevés, par exemple celui de la stéréophonie...

M. DEWEVRE : La stéréophonie offre à l'auditeur le soin de pratiquer une écoute intelligente, dans la mesure où il peut choisir à volonté, à droite ou à gauche ce qu'il veut entendre.

M. LEIPP : Je voudrais vous poser une question qui nous concerne tous. On dit souvent que le haut-parleur est le maillon le plus faible des chaînes d'audition. Or on sait que la force d'une chaîne est celle de son maillon le plus faible... Le haut-parleur est-il vraiment ce pelé, ce galeux... ?

M. DEWEVRE : Oui ! mais on oublie que le haut-parleur est couplé au local, et que celui-ci joue un rôle au moins aussi important

M. J.S. LIENARD : Le maillon le plus faible ne serait-il pas par hasard l'oreille.

M. LEIPP : Je croirais plutôt le contraire ! Notre oreille est un appareil puissamment "économique" et adapté à notre environnement acoustique "naturel". Son adaptabilité sur les phénomènes en fait un appareillage infiniment plus "fonctionnel" que tous nos appareillages électro-acoustiques de laboratoire réunis. A mon sens, doit être considéré comme "bon" l'appareillage qui est adapté au problème à résoudre, même s'il est apparemment imprécis ou peu fidèle au sens de la technologie électro-acoustique actuelle. De ce point de vue l'oreille humaine me semble nettement le maillon le plus parfait, le plus élaboré de la chaîne d'écoute....

M. DEWEVRE : Pour moi, le maillon le plus faible est le magnétophone. Il apporte des types de distorsion qui sont peut-être plus importants qu'on ne le pense. Pour s'en convaincre, il suffit d'écouter de vieux 78 tours qui ne sont pas passés par la bande magnétique. La qualité de la voix humaine, en particulier, est souvent remarquable.

M. LEIPP : C'est un problème qui nous a beaucoup intéressé. Mais ne pensez-vous pas tout simplement que cette qualité vient de ce que le preneur de son réglait avec sa gravure avec des micros et des amplis dont la "fidélité" correspondait à celle de la chaîne d'écoute. On réglait ainsi la prise de son en fonction de ce qu'entendait l'auditeur normal. C'est le contraire que l'on fait de nos jours où la prise de son utilise des micros et des amplis HI FI passant de 20 à 25000 Hz alors que les conditions de la chaîne d'écoute se font très généralement avec des chaînes passant de 200 à 6 ou 7000 Hz. On règle la prise de son pour des conditions qui ne sont pas celles de l'écoute : comment s'étonner de ce que les choses n'aillent pas très bien ?

M. DEWEVRE : De ce point de vue, je puis donner un seul conseil. Voulez-vous acheter une "bonne" chaîne ? Ecoutez-la dans les conditions d'écoute normale si possible.

M. LEIPP : Oui ! Vous tiendrez à la fois compte de votre oreille, de vos "goûts" et de votre local.

M. J.S. LIENARD : Je crois que vous avez bien fait d'insister sur le problème des définitions. En ce qui concerne la constante de temps, il existe des définitions variées, même pour les physiologistes. En tout cas cette affaire pose le problème de la perception des basses fréquences et du pouvoir séparateur de l'oreille.

M. GUIBERT : N'y a-t-il pas un rapport entre l'acoustique et l'optique ? Peut-on, en acoustique, parler de pouvoir séparateur ?

M. DEWEVRE : Les expériences faites par HAAS, réalisées en écoutant un signal avec deux haut-parleurs dont l'un peut être rapproché plus ou moins de l'auditeur, ont montré que le pouvoir séparateur temporel de l'oreille est voisin de quelque 30 ms.

Si la "distance" temporelle entre deux sons est inférieure à cette limite, on n'entend qu'un seul phénomène. Il y a donc bien un pouvoir séparateur temporel de l'oreille, qui varie d'ailleurs avec la fréquence.

M. GUIBERT : Et si les deux sont successifs n'ont pas la même fréquence ?

M. LEIPP : Je crois que la donnée de 30 millisecondes est une donnée très théorique, surtout si on veut bien admettre que la constante de temps de l'oreille varie constamment selon le contexte acoustique proche ou lointain d'un son réel donné. D'après nos observations avec les musiciens, cette "constante" serait beaucoup plus voisine de la milliseconde que de 30 ms... Il faut sans doute tenir compte de phénomènes de rémanence au niveau de la mémoire instantanée etc... En tout cas il n'est absolument pas évident que le fameux "effet de Haas" signifie quelque chose avec des sons réels complexes, évolutifs, incorporés dans leur contexte normal. Personnellement j'en doute beaucoup, mais des expériences systématiques resteraient à faire !

M. LELOUX : M. DEWEVRE, vous dites que la gravure sur disque est meilleure que l'enregistrement sur bande magnétique; mais on ne peut oublier que tous les disques sont d'abord enregistrés sur bande

M. DEWEVRE : Ce que je soutiens est facile à vérifier : sur les très bons disques actuels on entend couramment le bruit de souffle du début de l'enregistrement magnétique, dont on se passerait bien !

M. LELOUX : Je voulais simplement dire que lorsque nous achetons un disque, ce qui en sort est nécessairement moins bon que ce qui était sur la bande.

M. DEWEVRE : Bien sûr; mais cela prouve justement que le maillon le plus faible est l'enregistrement magnétique. Celui-ci constitue un moyen commode pour la gravure; c'est tout.

M. LELOUX : Je voudrais faire une deuxième remarque : je suis d'accord avec vous sur l'ensemble des points dans la mesure où l'on parle de monophonie, mais l'enregistrement stéréophonique pose des problèmes difficiles et mal résolus. Vous savez comme moi que nos vitesses de défilement ne sont pas strictement constantes; il se produit alors des décalages perceptibles entre les deux postes. Dans ces conditions, la source sonore enregistrée semble ne pas être fixe dans l'espace, ce qui est très gênant...

M. LEIPP : L'expérience porte-t-elle sur des sons sinusoïdaux ou sur des sons réels ? Je pense qu'il faut éviter les expériences avec sons sinusoïdaux : elles faussent les problèmes.

Tout cela est très intéressant. Je crois qu'il faudra un jour faire une réunion spéciale du GAM sur les problèmes spécifiques de la stéréophonie. D'une façon générale je suis frappé par le fait qu'on cherche à définir ici la qualité d'un enregistrement à l'aide de mots comme "bon", "mauvais", "meilleur" etc.. Il fut un temps où je me suis beaucoup préoccupé de définir la qualité des instruments de musique. Je dois avouer que malgré tous mes efforts je n'ai pu savoir exactement ce qu'est un "bon" ou un "mauvais" violon... Pour les uns, tel instrument est excellent. Mais le lendemain, pour le même sujet, tout a changé, alors que l'instrument n'a pas bougé. De toutes façons, un autre sujet apprécie comme "mauvais" ce que le premier a trouvé "bon". C'est un problème compliqué où interviennent le système auditif individuel, le conditionnement personnel de chacun, le local d'écoute. Ce n'est vraiment pas facile.

Pour ce qui est de la "qualité" d'un disque, nous savons qu'elle représente le résultat d'une "cuisine" électro-acoustique assez élaborée... et dont M. GILDAUX pourrait nous parler savamment. On pourrait à ce sujet reprendre une boutade

...../

de MOLES à un Festival du Son : " Qu'est-ce qui est bon ? Les pois en conserve ou les pois frais ? " Il est certain que cela peut se discuter. Finalement ce qui est bon, c'est ce que l'on aime; et définir ce que l'on aime et pourquoi on l'aime est bien difficile !

M. LELOUX : Je signale un fait d'expérience : en stéréophonie, il faut absolument des hautes fréquences, donc une bande passante large vers l'aigu. La raison nous échappe actuellement.

M. LEIPP : Voici une explication possible. Il est bien connu que le grave rayonne quasi sphériquement autour de la source alors que l'aigu est très directionnel. Si dans une pièce normale on installe une chaîne stéréophonique comportant deux haut-parleurs, l'un à droite, l'autre à gauche, on peut vérifier facilement que l'oreille gauche (ou droite) entend presque autant le haut-parleur de droite que celui de gauche en raison des réflexions sur les murs et le plafond. Ce ne sont certes pas les fréquences graves qui permettent de situer tel ou tel haut-parleur. Par contre, si la musique rayonnée comporte du suraigu la piste de droite par exemple, il me sera facile de repérer de quel haut-parleur sort ce phénomène. Si on filtre l'aigu, l'effet de localisation dans l'espace disparaît évidemment. Il s'agit donc en fait d'une conséquence de la directionnalité du suraigu. On peut cependant mettre en doute l'opportunité de faire des amplis et des haut-parleurs passant 30 000 Hz qui nous apportent surtout des bruits parasites ...

M. DEWEVRE : Le disque a une limite pratique de 16 kHz; mais pour une bonne écoute il faut un ampli allant plus loin. En effet, si vous écoutez ce disque avec un ampli dont la bande passante ne dépasse pas 16 kHz, on va raidir la pente d'atténuation globale, résultant de la somme disque + ampli. Le résultat sera déficient, surtout en stéréo.

M. LEIPP : Finalement, il est de toutes façons intéressant de disposer d'une "réserve" d'aigu, ne serait-ce que pour compenser la trop forte absorption de l'aigu de certaines salles ou la perte de sensibilité à l'aigu chez beaucoup de personnes, âgées en particulier... Et puis, il se pose des questions de bruit de fond, de mode, d'esthétique, quasi insolubles.

M. SIESTRUNCK : Visiblement, nous n'épuiserons pas ce soir, le sujet sur lequel M. DEWEVRE nous a pourtant donné beaucoup d'informations. C'est un sujet passionnant et important, dans la mesure où nous ne consommons plus guère que de la musique en conserve. Je remercie encore M. DEWEVRE de nous avoir communiqué une partie de sa longue expérience en ce domaine et d'avoir suscité ici des échanges d'idées et des réflexions dont nous tirerons certes tous grand profit ...

Paris, 28 Décembre 1970.