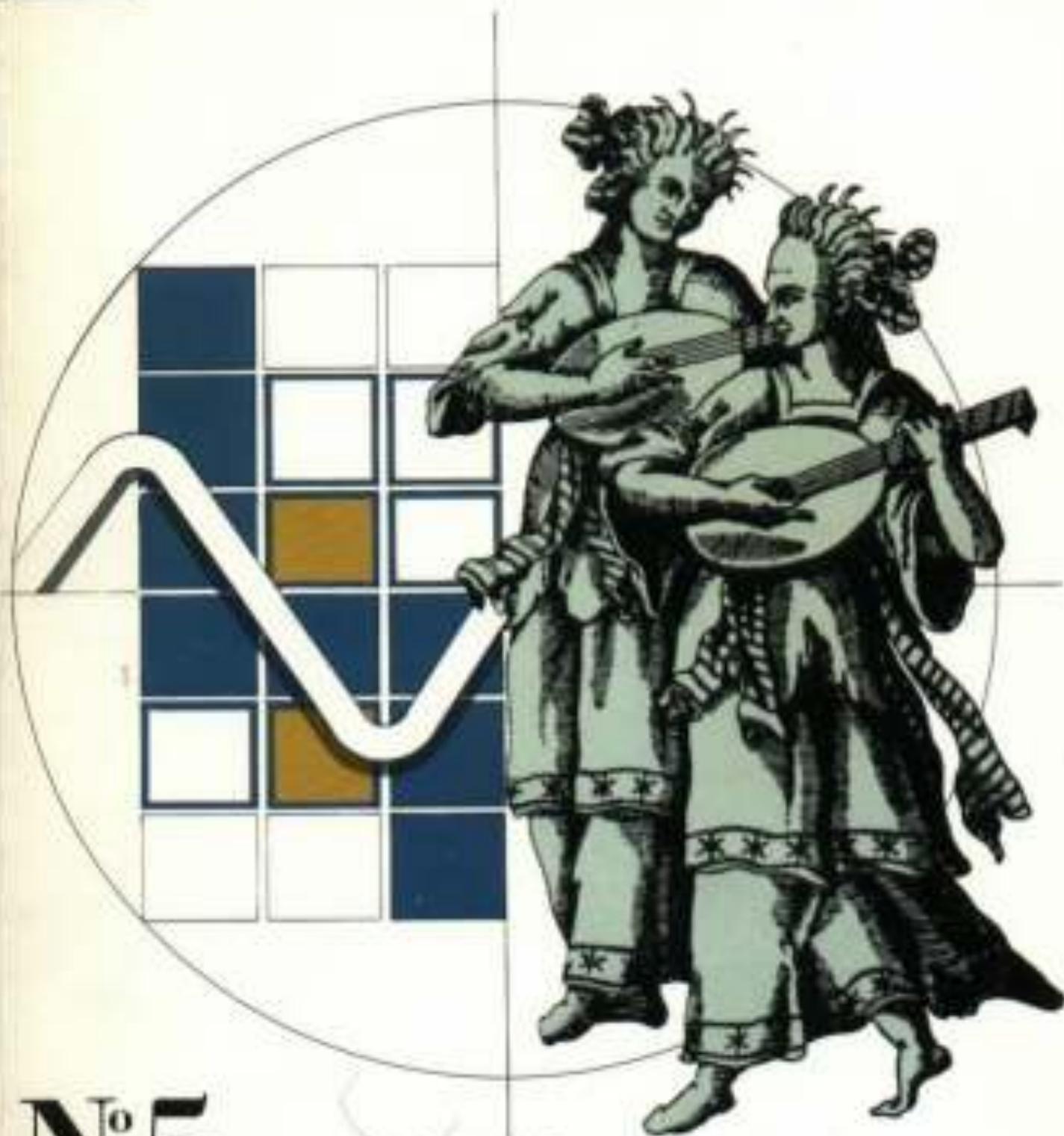


L'AUDIOPHILE



N°5

Juin 1978
prix 17 f

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Le préamplificateur Kanéda

2^e partie : Améliorations et Réalisation

Jean Hiraga

Dans le numéro 3 de l'Audiophile, le préamplificateur Kanéda a été décrit et très nombreux ont été les lecteurs intéressés. Nous les remercions vivement. Quelques modifications, ne touchant toutefois que quelques composants, le circuit d'alimentation, ont été apportées au circuit, dans le but d'une amélioration à la fois subjective et technique.

Ici quelques détails sur le montage, les composants, la disposition des éléments dans le châssis vont être décrits dans le but de simplifier la tâche aux lecteurs désireux de monter cet appareil.

CIRCUIT IMPRIME

Aucune modification n'a été apportée au circuit imprimé, sinon que deux versions sont disponibles, le modèle A et le modèle B.

Le modèle A

C'est exactement celui décrit dans l'Audiophile N° 3. Les résistances variables sont de marque Alps, dont une version de haute qualité en entrée (étage FET

d'entrée). La résistance variable série de 2 kohms est à film métallique sur stéatite.

Modèle B

Très proche du modèle A à la différence de quelques composants très sélectionnés. Le premier étage RIAA comporte en entrée le transistor 2SK 43-2 (utilisé aussi sur le pré-préamplificateur décrit dans ces pages). Il apporte un léger supplément de gain pour un niveau de bruit identique.

Résistances variables, résistances fixes

Sur l'étage d'entrée RIAA, le FET d'entrée, les résistances de drain (27 kohms), la résistance variable doivent être sélectionnés en coefficient de température. Les résistances Philips, tolérance 2% sont utilisées ici, vu leur excellent coefficient de température (20 à 30 PPM/°C max.).

Pour les résistances variables : trois modèles sont disponibles.

Marque Cosmos : RGP, 2 kohms; convient à tous les circuits sauf en entrée, étage RIAA. Film métallique sur stéatite.

Marque Cosmos : GPF, 200 ohms et 2 kohms : prix moyen et excellente caractéristique de température. Convient à tous les étages.

Marque Cosmos : RA 12P, 200 ohms et 2 kohms; production très récente, destinée à concurrencer les produits Copal. Présentation très similaire aux résistances variables Copal. Coefficient de température maximum : 10 à 30 PPM/°C. Prix plus élevé, mais inférieur aux produits Copal.

Copal : N 13T, NX 13T : 200 ohms, 2 kohms; présenté dans l'Audiophile N° 3. Excellente stabilité thermique (10 à 20 PPM/°C max.).

Spectrol 63P, 200 ohms, 2 kohms. Prix assez élevé, excellentes caractéristiques de stabilité thermique. Se situe en niveau entre Copal et la série Cosmos RA 12P. Coefficient de température moyen : 15 à 25 PPM/°C.

Disons pour avoir une idée plus précise à ce sujet que les résistances au carbone aggloméré ont un coefficient de température de l'ordre de 1000 à 2000 PPM/°C, et que les résistances à film métallique de qualité ont un coefficient de température de l'ordre de 150 à 200 PPM/°C.

La qualité subjective n'est pas mise en jeu ici et pour cette raison, certains circuits du préamplificateur Kanéda utilisent des résistances au carbone aggloméré, (endroits où les effets des variations de température sont sans aucune gêne).

Condensateurs du circuit RIAA

Sur la carte A comme sur la carte B, ils sont de type au polystyrol, appairés et ajustés à 1% de tolérance. Sur option, les intéressés peuvent se procurer les

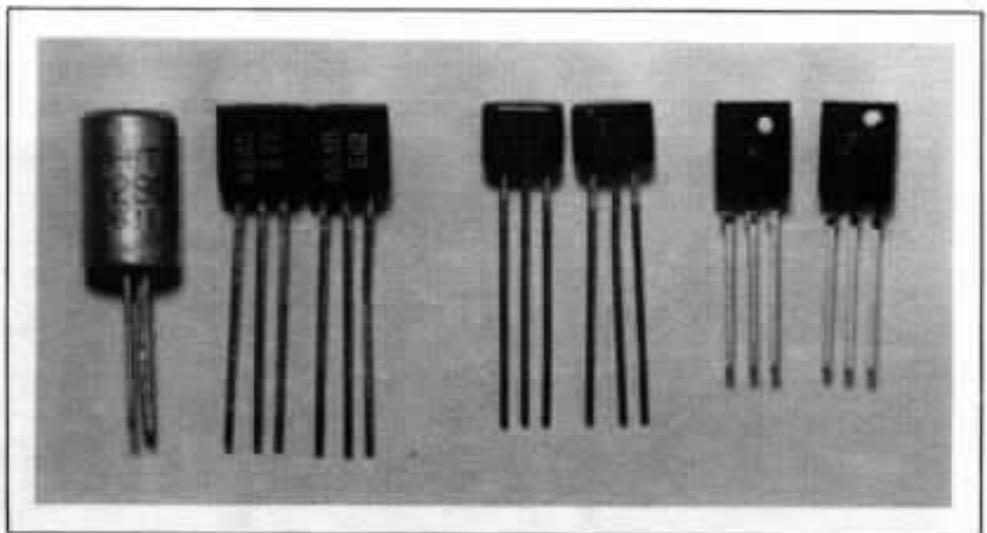


Fig 1 - Jeu de transistors
de gauche à droite : 2 SC 984
2 SA 640 et 2 SK 30 AG R et 2 SK 43-2

condensateurs Soshin de série S.E. La série S.E., professionnelle n'est réalisée que sur commande et utilise un mica de très haute qualité et très grande homogénéité. Les micas sont argentés, découpés soudés, et pressés sous vide, formant un bloc très compact aux contacts sûrs (puisque soudés directement au lieu d'être aggrafés ou sertis). L'ensemble est ensuite imprégné d'un isolant à l'époxy. Il ne faut donc pas confondre en condensateurs au mica les quatre variétés existantes: mica non argenté, mica argenté, mica S.E. et mica imprégné (Dipped Mica), dont la qualité subjective,

le prix sont très différents. La variété la plus chère est la série S.E. C'est aussi celle qui donne les meilleurs résultats auditifs, sans l'addition de condensateurs en parallèle pour améliorer une certaine partie du spectre (grave, extrême aigu). La série S.E. ne peut, à cause de son prix de revient, se réaliser que pour des petites valeurs, soit de l'ordre de 10 pF à 10000 pF.

Condensateur de liaison

Le seul condensateur de liaison existant dans le circuit Kanéda, celui de 0,4 μ F, valeur donnant le meilleur équilibre subjectif est un

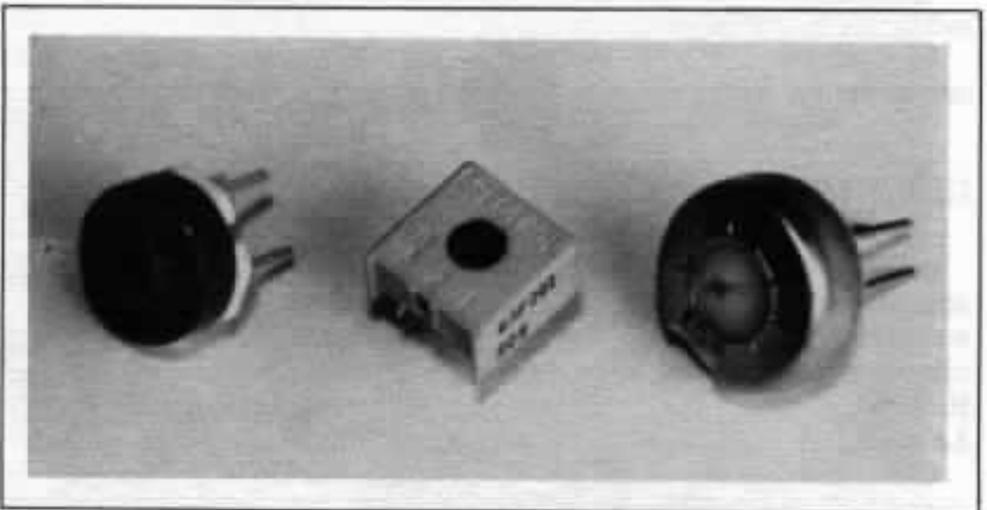


Fig. 2 - Les divers modèles de résistances variables de gauche à droite
COSMOS RGP, SPECTROL 63P, COPAL N. 13 T.

point très important du circuit. En aucun cas il ne faut le remplacer par une valeur de $1 \mu\text{F}$ ou $0,22 \mu\text{F}$. On ne peut non plus le remplacer par un vulgaire condensateur au papier ou au mylar, même de bonne qualité.

Deux séries sont disponibles, la série Stack et la série «Très haute qualité». Les différences techniques jouent sur l'inductance parasite, la résistance des contacts armatures/connexions de sortie, la rigidité mécanique des armatures. Considérée comme une très forte exagération vu la qualité exceptionnelle; les différences ressenties à l'écoute restent néanmoins frappantes et l'amélioration ressentie en passant d'un condensateur au mylar, par exemple, à un condensateur au mica concerne la transparence du son, le taux de distorsion subjectif (surtout dans l'aigu), la grande clarté et fermeté des graves et graves médiums.

La différence de prix entre un condensateur au mylar et un condensateur au mica est importante. Le prix d'une paire de condensateurs de valeur $0,4 \mu\text{F}$, série très haute qualité correspond en effet exactement au prix de la carte imprimée B, montée et réglée. Mais il s'agit d'un luxe qui en vaut largement la peine.

Les amateurs moins fortunés pourront utiliser, à la place des condensateurs au mica Soshin, un condensateur hybride composé de plusieurs condensateurs montés en parallèle, soit :

ITT/PMT $0,22 \mu\text{F}$ 400 V,
Papier huilé: $0,1 \mu\text{F}$, isolement 500 V,
Polystyrol, 20 nF , 200 V ou 250 V,
Mylar Shizuki $0,068 \mu\text{F}$, 200 V,
ou encore :
ITT/PMT: $0,1 \mu\text{F} + 0,22 \mu\text{F}$ 400 V,
Mica argenté $0,1 \mu\text{F}$ Zeus, 500 V.



Fig. 3 - Condensateur au Mica SOSHIN



Fig. 4 - Sélecteur d'entrée rotatif.

CONTACTEURS, INVERSEURS, POTENTIOMETRES

Les composants qui suivent ont été supprimés, pour des raisons de :

- prix de revient
- câblage et capacités parasites
- grandes améliorations subjectives
- résistances de contact

1 - Sélecteur d'entrée phono : il s'agissait du sélecteur figurant entre l'entrée phono et l'étage d'entrée RIAA, couplé mécaniquement au sélecteur d'entrées. La prise phono (une seule au lieu de deux) se trouve donc reliée directement au circuit imprimé, par un fil non blindé très court (fil Léonische 1 mm^2 , L:1,5 cm).

2 - Contrôle de balance. Les deux potentiomètres en série apportaient une disymétrie, même dans la série MN (court-circuit des pistes au centre pour éviter une atténuation de 3 dB, courante sur les potentiomètres logarithmiques, inversés) ainsi qu'une très légère perte de qualité subjective (dans la bande 30 Hz - 500 Hz). Ils ont été remplacés par deux potentiomètres de niveau, séparés mécaniquement et placés côte à côte. Sur le châssis disponible séparément (courant juin 1978), un système mécanique de trois galets dont un central monté sur ressort et levier, permet la synchronisation mécanique des deux potentiomètres avec possibilité de déverrouillage instantané. Ce système très simple et fiable évite le potentiomètre de balance sans en perdre l'avantage. La même technique se retrouve sur le fameux magnétophone professionnel Nagra IV stéréo.

On peut donc, pendant le déverrouillage équilibrer les voies. Les deux potentiomètres de volume étant couplés mécaniquement il suffit de toucher l'un des deux potentiomètres pour régler le niveau sans perdre l'équilibre. Il est entendu que les deux potentiomètres sont des modèles appairés et que plusieurs versions existent, depuis les modèles Alps de prix très abordable aux modèles de haute qualité tels que les «Detent volums» à 45 plots ou les Allen Bradley séries audio.

3 - Inverseur niveau normal bas niveau : Il figurait sur le circuit de l'Audiophile N° 3, placé juste avant la commande balance. Il permettait en passant par une résistance de 470 kohms, d'atténuer le niveau (changement de disque, de source etc). Cet inverseur a été également supprimé. Le seul inverseur restant est celui direct/bande, nécessaire pour l'enregistrement. Cet inverseur est de taille importante comportant trois circuits. La partie centrale est mise à la masse pour améliorer la

diaphonie. Les parties extérieures ont des contacts de chacun 250 V/25 A ce qui paraît être une grosse exagération mais qui est nécessaire pour préserver les qualités de ce préamplificateur et améliorer sa fiabilité dans le temps.

ALIMENTATION

L'alimentation régulée proposée, bien qu'excellente et très supérieure à la majorité des produits commercialisés, même de haut de gamme, a été finalement supprimée après de longs essais, tests subjectifs, tests aveugles.

La nouvelle alimentation : utilise un condensateur d'entrée, juste après le pont de diodes (capacité 250 V 8 A) de valeur 2200 μF , une self spéciale et un condensateur de très forte valeur, soit 39000 μF 35 V (deux pour l'alimentation symétrique). A cause de ces modifications, le châssis, sa réalisation, perçage, etc, n'ont pu respecter la livraison prévue pour mai 1978. Cependant le nouveau châssis sera disponible en juin 1978.

La self de filtrage : est de type double, comportant un système exclusif et breveté de double bobinage dont un inversé, dont le but est d'annuler le passage du courant continu dans les tôles, d'améliorer l'inductance, et d'annuler le résidu alternatif. Ce système est également très efficace pour le filtrage des tubes triodes à chauffage direct. La résistance de cette self est faible, soit quelques 20 ohms ce qui fait chuter la tension après filtrage à 33,5 V. Notez que le circuit peut travailler sans différences audibles entre $\pm 31,5$ V et ± 37 V.

Avantages subjectifs de la nouvelle alimentation

Des essais faits avec un condensateur de qualité classique valeur 10000 μF , utilisé seul donnaient plus de dynamique dans le grave mais un peu plus de distorsion

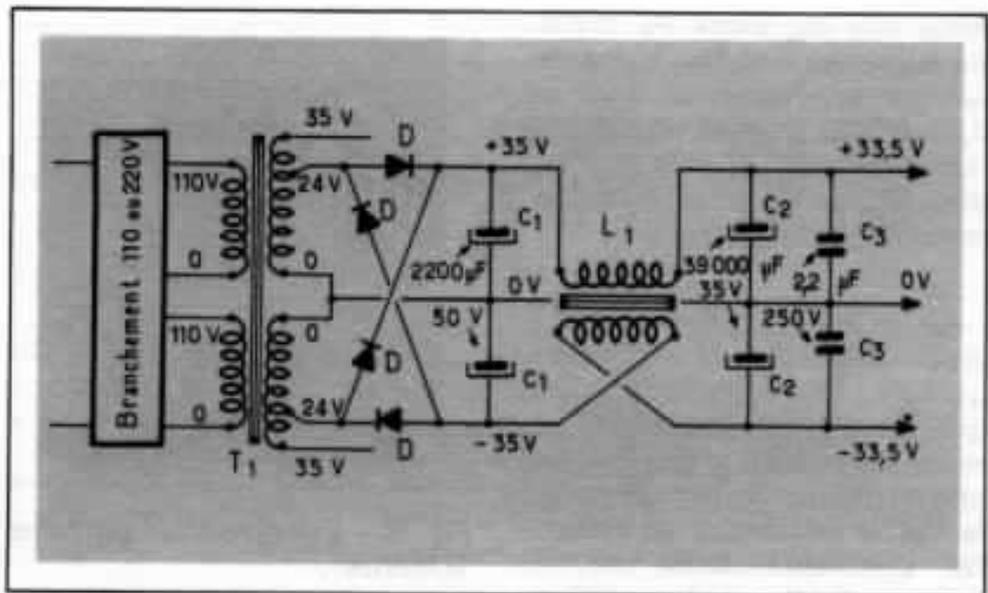


Fig 5 - Schéma de la nouvelle alimentation.

T1 : Transformateur Millerioux

B. 1350 B ou STB 12

D. : Pont de diodes, 250 V 8 A.

C1 : 2200 μF , 50 V

C2 : 39000 μF , 35 V, Computer grade

C3 : 2,2 μF , 250 V, ITT PMC/2R. Polycarbonate.

L1 : Self de filtrage double à bobinages inversés.

dans l'aigu. La mise en parallèle, sur ce condensateur, d'un autre condensateur au mica (0,1 μF), au mylar ou polypropylène (ITT PMC 2R; 2,2 μF) améliorerait déjà notablement la qualité de l'aigu. Cependant, malgré une perte sensible de dynamique (disques 45 tours, gravure directe etc) dans le secteur grave médium plus particulièrement, le médium aigu restait bien plus pur, fin et détaillé avec l'alimentation régulée Kanéda (version améliorée). Pour conserver l'avantage du supplément de dynamique et les qualités de l'aigu de l'alimentation régulée, il a été nécessaire de monter un filtrage en pi, avec selfs de filtrage en tête, suivi de capacité importante. Ce condensateur de qualité professionnelle (computer grade) possède le gros avantage d'une résistance série très faible et d'un courant de décharge élevé. De capacité 39000 μF , son diamètre est de 7,8 cm et sa hauteur 13,5 cm hors tout. Ces deux condensateurs sont montés côte à côte à

plat sur le châssis et fixés par deux bandes de serrage. Ils sont reliés par une plaque de cuivre (masse) d'où partent les fils de masse. Les fils de masse, et ceux de l'alimentation, + et - sont d'origine Léonische 2,5 mm², repérés par les couleurs bleue et rouge. Un condensateur au polycarbonate, ITT/PMC 2,2 μF est monté sur ces condensateurs.

MONTAGE ET REGLAGES

Le montage dans le châssis original ne pose que peu de difficulté et d'habilité. Il est cependant nécessaire de bien savoir souder.

Les soudures à faire, à partir de la carte imprimée, montée et réglée, sont :

Alimentation, interrupteur, fusible, filtrage, sélecteur d'entrée, potentiomètres, condensateurs au mica de liaison, et prises Cinch.

La carte imprimée est fixée sur le châssis par cinq entretoises métalliques avec vis et écrous de 3 mm, (la hauteur des entretoises

est de 10 mm). Cette opération est à faire en *dernier lieu*, après soudure des fils de sortie, entrée, masse et alimentation, ainsi que filtre de contour.

A fixer d'abord :

Les prises Cinch, le transformateur d'alimentation, les condensateurs de filtrage, les potentiomètres.

A fixer ensuite :

Les condensateurs au mica de liaison, les potentiomètres, inverseur direct/bande, inverseur direct/contour, interrupteur.

L'interrupteur, si difficile à atteindre peut être fixé après soudure.

Les condensateurs au mica sont fixés après soudure complète de la carte imprimée. Ils sont montés symétriquement et à plat au dessus et centre de la carte imprimée, pour réduire au minimum la longueur des connexions.

Le sélecteur d'entrée est fixé à l'arrière, entre les prises Cinch, pour réduire à 2 ou 3 cm la longueur entre le sélecteur et les prises d'entrées. Une longue tige de \varnothing 6 mm traverse le châssis pour atteindre la face avant, en passant par une bague de centrage (côté face avant). La fixation entre la tige et le sélecteur se fait à l'aide d'un mandrin perforé.

Les condensateurs au mica sont fixés sur le châssis par l'intermédiaire d'un profilé en aluminium percé fixant également deux parties du circuit imprimé.

Précautions :

Vérifier le bon fonctionnement de l'alimentation avant de la relier au circuit imprimé. Un court-circuit éventuel de l'alimentation est très dangereux et à éviter. Le bloc d'alimentation comporte en sortie 12 fils, soit 4 pour la masse, 4 pour le + et 4 pour le -.

Fils blindés

Il n'y en a pas, sauf ceux reliant les potentiomètres. Ceux-ci ont un fil de masse relié *directement au circuit imprimé*. Le fil blindé



Fig 6 - Condensateur de filtrage utilisé dans la nouvelle alimentation 39000 μ F, 35 V Computeur grade.

est composé de deux fils Léonische torsadés, dont la masse n'est pas reliée du côté *potentiomètre*.

Les fils reliant l'entrée phono, réduits à une longueur de 1,5 cm environ n'ont pas à être blindés. Le point de masse du châssis se trouve entre les prises Cinch, en bas entre les prises d'entrée phono. Il relie les deux masses du circuit imprimé, côté RIAA, (input).

Réglage final

Il n'est pas nécessaire si la carte imprimée est préréglée. A la sortie de l'étage RIAA (avant le condensateur de 0,4 μ F et juste après la résistance de 390 ohms, soit donc le point indiqué output sur la carte imprimée), la dérive en continu doit être de 0 V vis à vis du point de masse. Cette dernière vérification doit être faite avec des sondes n'ayant pas de risques de court-circuit avec les composants voisins. Un réglage éventuel (ne retoucher que la résistance de 200 ohms, côté RIAA) doit être fait très lentement, en mettant successivement le voltmètre en position 10 volts, 5 volts, 1 volt,

100 millivolts courant continu. Il est possible d'annuler totalement cette dérive en continu. Toutefois, la présence du condensateur de sortie protège contre ces dérives, qui ne doivent pas dépasser 0,1 volt.

Il est conseillé de placer le préamplificateur à *droite* de la table de lecture si possible.

Une légère fuite de la masse (au toucher, tournevis au néon) provient d'une prise secteur inversée ou d'une mauvaise masse. Dans ce cas connecter une par une chaque prise tout en mesurant la tension entre une vraie masse et le châssis du préamplificateur.

Ronflement, bruit de fond, souffle

Il ne doit pas se manifester, du moins lorsque les prises d'entrées sont débranchées. Lorsque l'entrée phono est reliée (réduction du niveau du souffle) le bruit de fond ou un léger ronflement ne doit pas se manifester non plus. Un ronflement éventuel peut provenir :

- du câble reliant le bras au préamplificateur,
- du câble passant au dessus d'un transformateur,
- d'un câble mal blindé ou à tresse blindée peu serrée,
- d'une mauvaise mise à la masse de la table de lecture ou du bras,
- d'un phonolecteur ou un porte cellule mal blindé ou à la masse non reliée,
- de la prise secteur de la table de lecture (inversée) ou du fil secteur passant trop près de l'entrée phono,
- du transformateur d'entrée (cellule à bobine mobile) mal positionné et captant les inductions parasites.

Transformateur pour cellule à bobine mobile

Le branchement de la masse d'un transformateur pour cellule à bobine mobile doit être sauf exceptions, effectué comme suit :

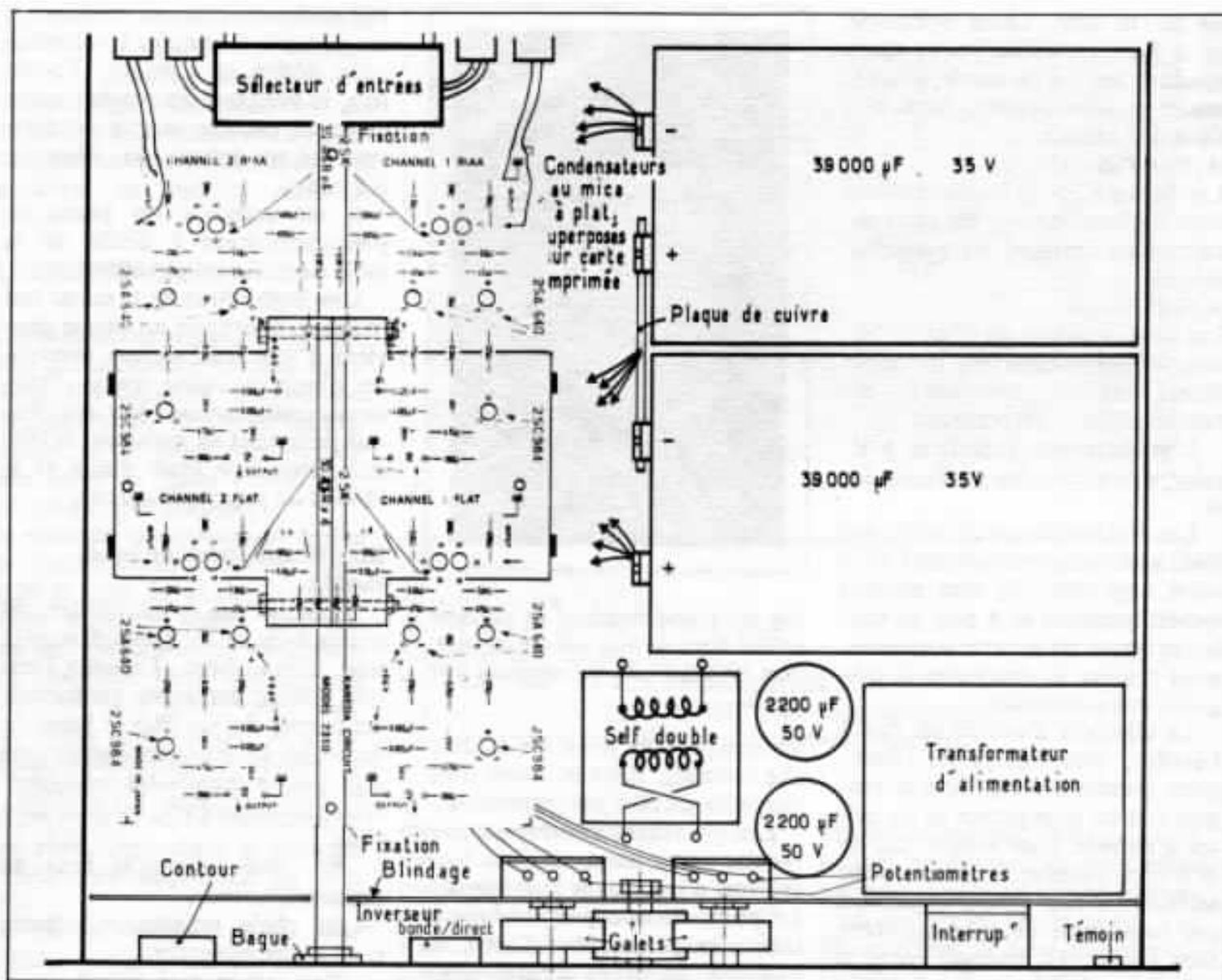


Fig 7 - Implantation détaillée.

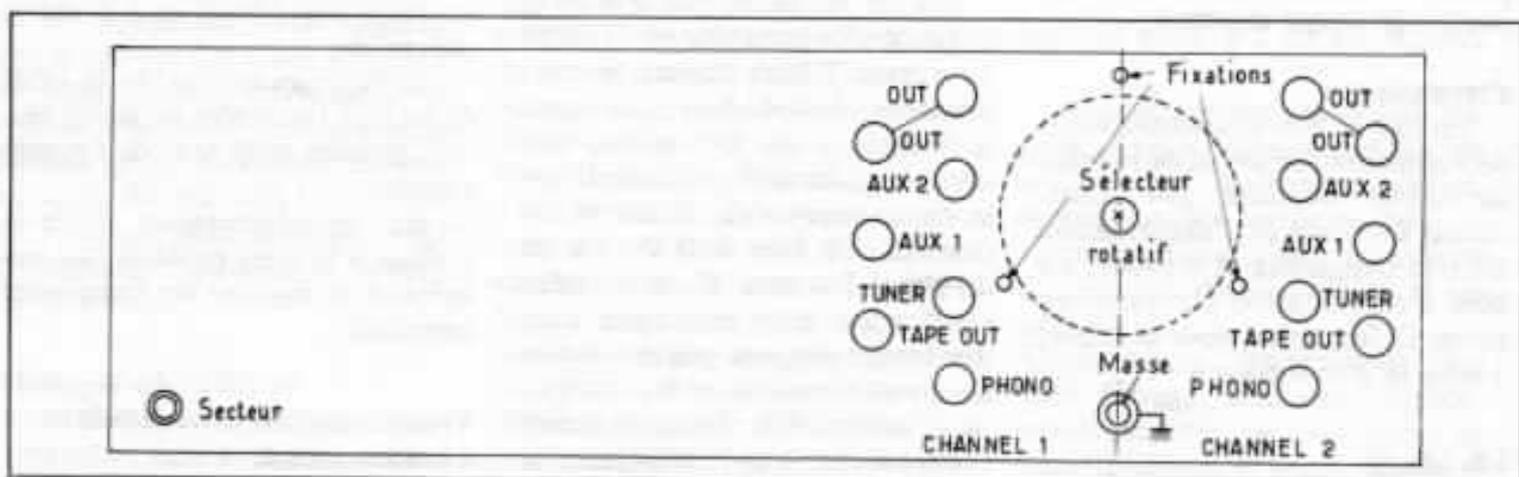


Fig 8 - Face arrière. Emplacement des entrées et sorties.
 Cette disposition limite au plus court la longueur des fils de connexions.

masse de la platine et du bras reliée à la masse du transformateur. Masse du transformateur reliée à la masse du préamplificateur *par un fil séparé*. Fils blindés entre transformateur et préamplificateur reliés normalement (prises Cinch).

Un ronflement peut également provenir du *câble* reliant le bras de pick-up au transformateur, ronflement que l'on peut confondre avec un mauvais blindage du transformateur. Il faut dans ce cas soit raccourcir le fil au minimum, soit entourer celui-ci d'une tresse de cuivre de gros diamètre que l'on fixe ensuite et que l'on relie à la masse du côté masse du transformateur.

Dans tous les cas, ce problème de masse peut être résolu, ce n'est qu'une question de temps.

Sur les rangements à étagères les inductions parasites de transformateurs du voisinage peuvent se manifester, surtout lorsque placés au dessous ou au dessus du préamplificateur ou de la table de lecture.

Un bon moyen d'y remédier sans retoucher, sauf exception à l'emplacement des divers mailons, est de fixer sur le dessous des étagères des feuilles de cuivre, épaisseur 0,8 à 1,5 mm, donc faciles à découper, que l'on relie ensuite à la masse du préamplificateur. Ce moyen, peu onéreux, est très efficace. De même un rack métallique doit être autant que possible relié à la masse.

Le préamplificateur Kanéda ne comporte pas de prises secteur commandées sur la face avant, pour les autres mailons. Ceci est peu pratique mais est avantageux sur de nombreux autres points.

Filtre de contour

Il s'utilise à bas niveau et son effet est très réussi. En passant de la position linéaire à contour (3 positions) on ne doit pas entendre de «clic», clic qui serait alors dû à une légère *dérive en continu de l'étage linéaire*. Ceci est dû au fait

que la contre-réaction est appliquée en *continu* et injectée à l'entrée symétrique. Refaire dans ce cas le réglage pour obtenir une tension nulle à la *sortie* du préamplificateur (dérive en courant continu). Noter que le réglage de cet étage est plus simple et beaucoup plus stable à cause de son gain moins élevé.

Ajoutons que ces réglages ne se font qu'une fois pour toutes et qu'il n'est donc *pas nécessaire* de faire des retouches par la suite.

Pour terminer, ce préamplificateur devrait satisfaire les amateurs et musiciens les plus difficiles. Sa tension de sortie élevée permet une adaptation à tous les amplificateurs. Il sera suivi, ultérieurement, d'un filtre actif trois voies Kanéda et aussi d'un amplificateur Kanéda classe A, modifiés dans le style du présent préamplificateur, il est en étude depuis 1975.

Les très nombreux lecteurs intéressés par cet appareil et ayant contacté l'auteur et la revue de l'Audiophile sont ici remerciés pour leur participation.

MILLERIOUX et Cie
187 - 197, Route de Noisy le Sec
93230 ROMAINVILLE

Pour répondre aux questions de nombreux lecteurs concernant le préamplificateur Sunsey Minimum, nous leur signalons qu'ils peuvent se le procurer :

- soit en écrivant directement au Japon (en français) à la Sunsey Enterprise Co LTD
4 - 1 - 16 Hachiman - Dori
Fukiai-Ku
KOBE - 651 JAPAN.

- soit par l'intermédiaire d'un revendeur agréé «Centre de consultation Audiophile».

Pour des raisons de fabrication nous n'avons pu dans le n°4 pour l'article sur le Tweeter Ionique Realon, remercier M. Klein pour la collaboration qu'il a apporté à la rédaction.



Plasma du tweeter ionique Realon

M. Klein dirige le Laboratoire de Physique des gaz ionisés à l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires au Commissariat à l'Energie Atomique de Saclay. C'est sans aucun doute l'un des plus grands spécialistes au monde des gaz ionisés. L'«effet Klein» témoigne de l'apport qu'il a fait à ce domaine de la physique.

**Page non
disponible**

Un pré-préamplificateur

Pour cellules à bobine mobile

Jean Hiraga

Au début de la haute fidélité des années 50-60, les phonolecteurs à bobine mobile étaient encore rares. Actuellement, il existe, dans le haut de gamme, de nombreux modèles disponibles, que les lecteurs connaissent dans leur grande majorité.

L'impédance des bobines, suivant les modèles, était répartie entre quelques ohms et plusieurs dizaines d'ohms, ce qui exigeait l'insertion d'un transformateur d'impédance. Pour chaque modèle, il existait la plupart du temps un transformateur approprié en fonction des caractéristiques. De même certains transformateurs, dits universels possédaient plusieurs possibilités d'adaptation pour différentes cellules.

Bien que, plus récemment, la vogue des pré-préamplificateurs ait repris avec vigueur, grâce aux nouveaux circuits et aux nouveaux transistors, le prix de revient très élevé de ces adaptateurs a incité les divers fabricants de transformateurs à réaliser des «supertransformateurs», dont la bande passante, le niveau de distorsion sortent tout à fait de l'ordinaire, ainsi que le prix !

Quant à savoir, entre le pré-préampli et le transformateur, quel est le meilleur, c'est une autre histoire, que seul le temps et les progrès techniques dans cette voie sauront trancher. Mais ce n'est pas le but de cet article. Les lecteurs trouveront ici, un circuit de pré-préamplificateur original et ultra simple, d'un prix de revient abordable, et aux performances dignes des meilleurs appareils du marché.

Les pré-préamplificateurs : une évolution ultra rapide

Depuis plusieurs années il existe des circuits, des appareils commercialisés, permettant d'adapter les cellules électrodynamiques aux préamplificateurs. Malheureusement bien souvent on devait leur reprocher un niveau de bruit trop élevé (dû aux transistors de l'époque), des distorsions dans certains cas, etc. Aux USA, la firme Mark Levinson fut la première à proposer un pré-préamplificateur de performances aussi poussées. Cette firme provoqua ainsi, particulièrement au Japon, un mouvement auquel les techniciens ne purent répondre qu'après plusieurs mois de retard. Il fallait en effet non pas imiter tout simplement mais réaliser des composants passifs et actifs de performances très élevées : condensateurs, transistors, résistances à très faible bruit...

C'est ainsi qu'après deux années le Japon s'est trouvé muni de nouveaux composants, cette fois à la hauteur du fameux JC-1 Mark Levinson. Du côté transistors, Sony tout d'abord, NEC, Hitachi, réalisèrent plusieurs types de transistors à très faible bruit et hautes performances. Cette évolution très rapide ne laissa pas indifférents les fabricants et fervents du transformateur. Au Japon Fidelity Research lançait son FRT-3 et FRT-4, transformateur toroïdal universel. Supex, Grace, Coral, Entré, Denon, commercialisaient leurs nouveautés. Quelques spécialistes du transformateur tentaient de reprendre le dessus avec les «super-transformateurs», tels que Vérion aux USA, Audio Note, Anzai, Tamura, Luxmann, Kanno pour le Japon.

Certes, la qualité avait sérieusement augmenté mais le prix aussi, surtout quand il dépasse celui des cellules de haut de gamme.

Au Japon, Technics fut le premier à proposer à très bas prix (entre le 1/3 et le 1/4 de la moyen-

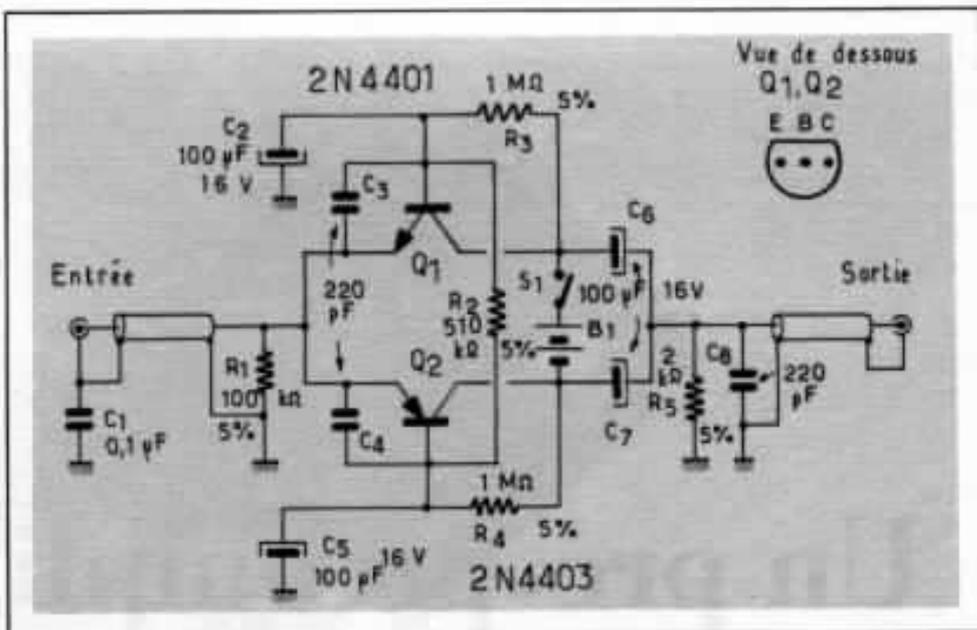


Fig. 1 - Circuit d'après la Revue Américaine AUDIO (Février 1978).

Remarquer l'utilisation de l'alimentation flottante, ce qui permet l'annulation du condensateur d'entrée.

Le prix de la paire de transistors 2N4401/2N4403 ne serait que de 2 Dollars.

ne) une cellule à bobine mobile et un prépréamplificateur, aux références 300MC et SU-300MC. Mais la réalisation artisanale d'un tel prépréamplificateur ne serait certainement pas aussi abordable.

QUELQUES CIRCUITS DE PRÉ- PREAMPLIFICATEURS

Nous vous présentons quelques circuits. Dans la revue américaine Audio, Février 1978, M. W. Marshall Leach décrivait un circuit utilisant une paire complémentaire NPN/PNP avec alimentation flottante. Le but de cette alimentation flottante était de pouvoir supprimer le condensateur d'entrée, de relier directement la bobine de la cellule au circuit, pour éviter le passage de courant transitoire au moment de la mise en marche. Ce courant transitoire peut passer à des valeurs importantes (cas de condensateurs d'entrée de forte valeur). Sur préamplificateur et transformateur d'entrée, la présence de ce condensateur peut ainsi magnéti-

ser les tôles de ce transformateur, ou même celles d'une cellule à aimant mobile (cas d'un préamplificateur relié directement à une cellule à aimant mobile). Le circuit de M. W. Marshall Leach est donc très intéressant et les lecteurs pourront s'adresser à la maison en question, vendant cet appareil en kit à un prix dérisoire.●

Le circuit Ochiai, lui, est un circuit japonais, basé sur le circuit Kanéda, c'est à dire utilisant une paire FET à grand grain (transistor AD 840) suivi d'une autre paire FET. Ces deux étages sont de type différentiel, et sont reliés directement, sans condensateur de liaison.

Le circuit Shibazaki est, lui, dérivé des circuits Ochiai, Kanéda, Technics et Yamaha. Très sophistiqué, il utilise en entrée le transistor 2SK 43 monté en différentiel. Il s'agit en réalité de trois paires montées en parallèle, astuce desti-

●Renseignements complémentaires en s'adressant à l'Audio-ophile.

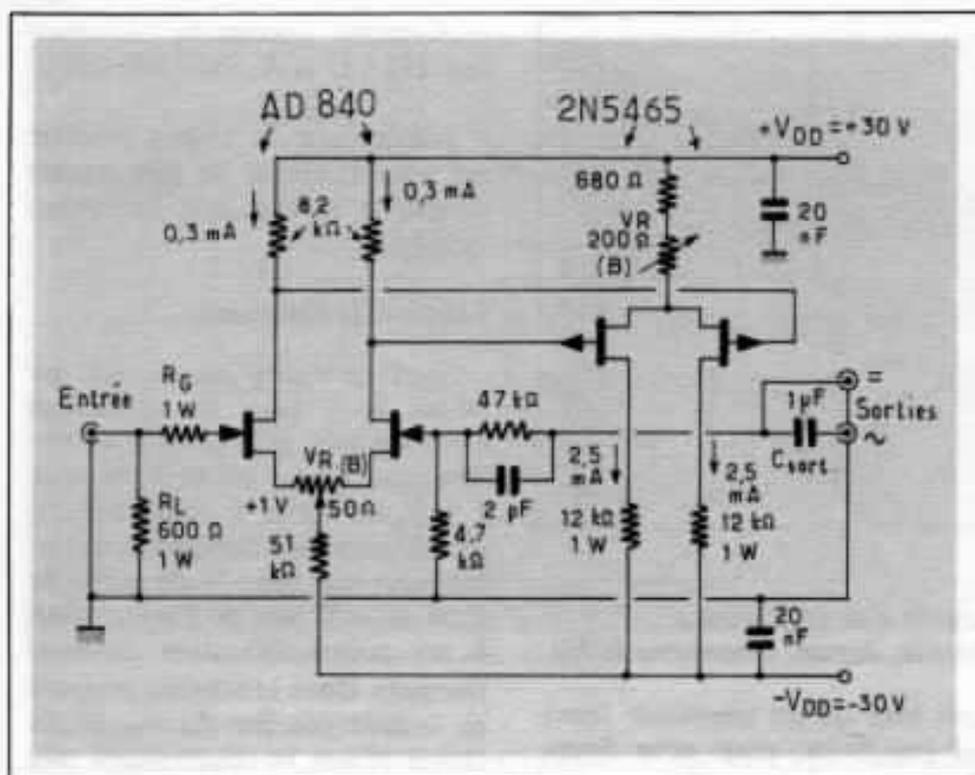


Fig 2. - Circuit Ochiai
 (1 FET différentiel en entrée, 1 autre FET différentiel, couplé en direct en sortie.)
 Remarquer la contre réaction source/gate (47 kΩ + 2 pF).

née à réduire le bruit (noise figure) au maximum. Les sources sont reliées à un régulateur de courant (ici un FET de type 2SK 30AGR). L'étage de sortie est composé d'une paire PNP différentielle. Le tout est relié en courant continu, sauf la sortie, isolée par un condensateur.

Un troisième circuit, également de type Ochiai, est une réplique du schéma Kanéda avec cependant trois paires différentielles en entrée, une paire FET et une sortie en source follower. Notez que les deux circuits Ochiai présentés ici n'utilisent pas de régulateur de courant, pour une raison de supériorité subjective (dynamique, etc...) déjà détaillée dans l'analyse du préamplificateur Kanéda. Ces trois circuits sont pratiquement les bases de tous les préamplificateurs japonais.

On peut déjà en tirer quelques conclusions :

— Sauf utilisation de circuit à alimentation flottante du genre

Marshall Leach, il est préférable d'utiliser des transistors à effet de champ en entrée.

— Le fait de monter en parallèle plusieurs FET en entrée diminue le niveau de bruit mais apporte une perte de définition due aux dispersions (même légères) de caractéristiques ainsi qu'aux capaci-

tés parasites multipliées.

— Sauf de rares exceptions, un circuit simple est préférable et apporte une meilleure définition (problèmes de stabilité dynamique, distorsion transitoire d'intermodulation, etc).

— De très bons transistors permettent, sans avoir recours à l'utilisation en parallèle, d'accéder à un niveau de bruit suffisamment bas pour rester totalement inaudible.

— L'alimentation, sa structure, la qualité de ses composants, joue beaucoup sur la qualité subjective.

LE CIRCUIT PROPOSE

Dérivé du circuit Maki, il utilise un seul transistor à effet de champ.

Ce transistor, le seul, est extrêmement difficile à sélectionner pour une raison de «gm» élevé, nécessaire pour obtenir le gain nécessaire, soit entre 20 et 30 dB suivant le circuit et le phonolecteur utilisé. Cette augmentation de gm, s'accompagne dans la grande majorité des cas d'une fuite dans la gate, catastrophique dans ce cas, ainsi que d'une augmentation de bruit.

Parmi de nombreux transistors,

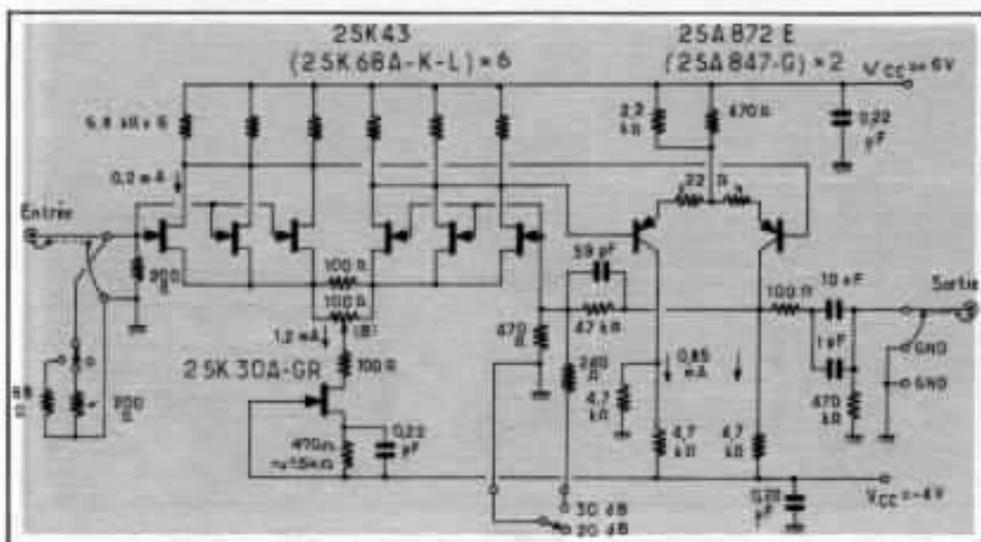


Fig. 3 - Circuit très sophistiqué Shibazaki -
 3 paires 2 SK 43 en entrée différentielle, un régulateur de courant dans le circuit sources, un couplage direct sur étage PNP différentiel.

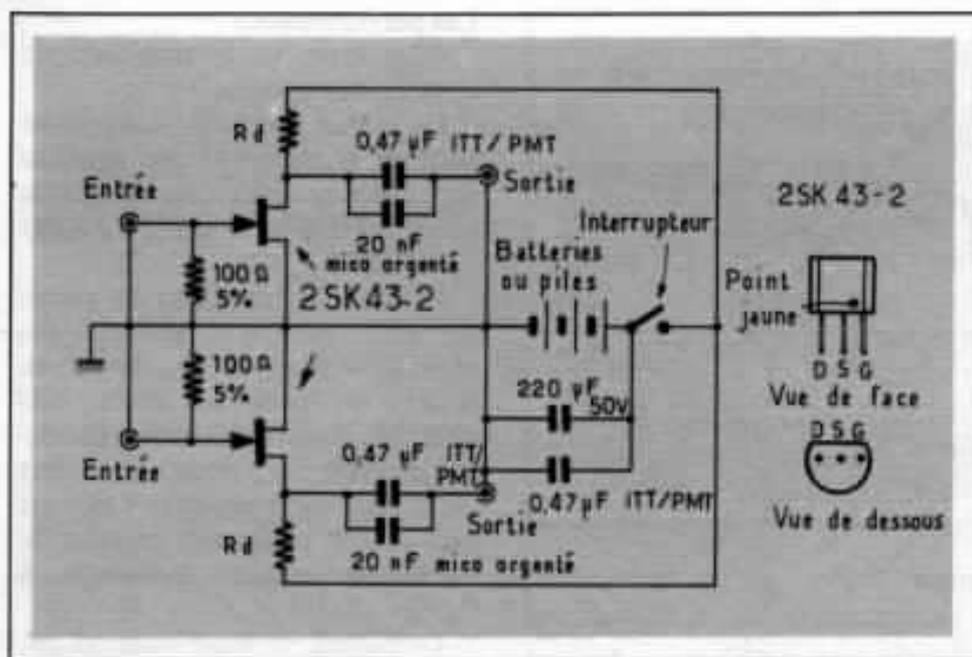


Fig. 6 - Le circuit proposé -

Att. Facultatif : on peut monter en parallèle sur les sorties des résistances de valeur 1 MΩ pour éviter ou réduire le choc d'allumage. Il est fortement conseillé de mettre en marche ce pré-préamplificateur avant le préamplificateur.

ques de provoquer une fuite de gate, une tension d'entrée de 300 mV. C'est donc bien plus qu'il n'en faut, puisque la tension de sortie d'un phonolecteur à bobine mobile est comprise entre 0,10 mV et 0,5 mV. Sur pointes musicales, elle ne peut donc dépasser un maximum de 2 mV (disque de gravure directe gravé à la limite permmissible).

Le travail sous polarisation zéro est donc tout à fait possible. Examinons les défauts et qualités de ce fonctionnement de la gate.

Un point important est qu'il devient possible, comme sur le circuit proposé, de supprimer la résistance et le condensateur servant à l'auto polarisation. Ces deux artifices jouent sur la qualité subjective et leur suppression a en outre l'avantage d'éviter le bruit apporté par la résistance de polarisation. Un autre avantage est une augmentation importante de la bande passante. Le circuit proposé montre que le seul élément limitant la bande passante est le condensateur de sortie, dans l'extrême grave.

Dans l'aigu, la bande passante va se trouver limitée, mais a une valeur sans aucun effet sur la bande audible. La figure montre les valeurs de résistances et condensateurs équivalents, lorsque tout est relié : cellule, prépréampli, préamplificateur, et montre que la bande passante dépasse 1 MHz ce qui est donc excellent.

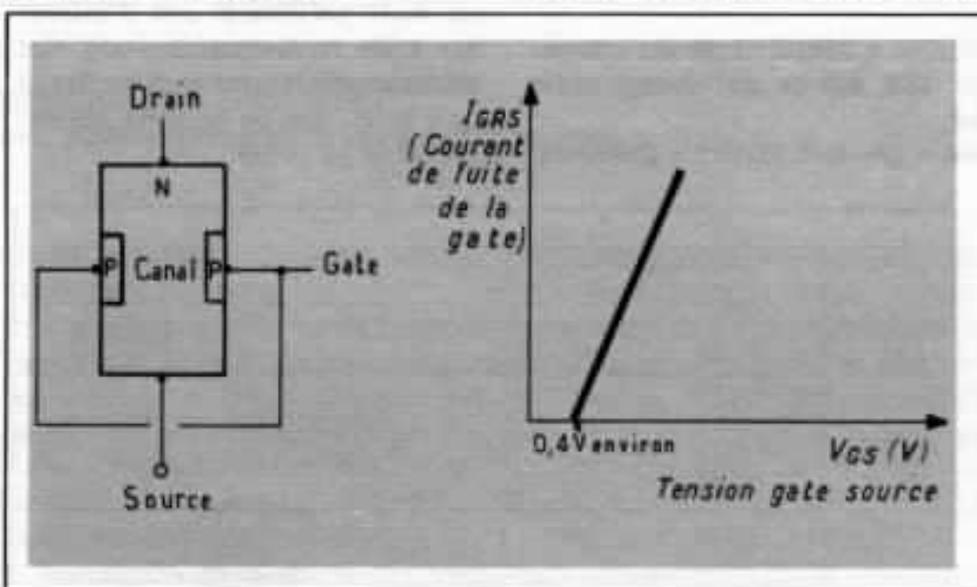


Fig. 7 - Structure d'un FET canal N -

Jusqu'à 0,4 V le courant de fuite de gate n'existe pas et permet donc un travail dans la région positive jusqu'à cette limite.

Le seul défaut du circuit est la dispersion des caractéristiques du transistor, qui doit être soigneusement appairé avec celui du canal opposé.

Le circuit travaillant en «zéro bias» la tension d'entrée V_i va se trouver reliée au circuit dont la résistance de charge d'entrée R_g correspondra aussi à la résistance de gate. Pour un I_{dss} et un g_m , donné la tension amplifiée V_o , apparaîtra aux bornes de R_d , résistance de drain. Le calcul de la résistance de drain est simple, surtout si l'on connaît I_{dss} (courant de drain pour $V_{gs} = 0$ et V_{ds} spécifié) et g_m .

En prenant un exemple, si I_{dss} est de 10 mA $g_m = 16$ m Mho et que le gain désiré est de 20 (soit environ 26 dB), la formule 2 permet de calculer R_d .

$$A_v = g_m R_d \quad (2)$$

$$R_d = 1,25 \text{ (kohms)}$$

Puis, en remplaçant R_d dans la formule 1.

$$V_{cc} - V_d = R_d I_{dss} \quad (1)$$

$$V_{cc} - V_d = 1,25 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{cc} - V_d = 12,5 \text{ (volts)}$$

Pour une valeur très courante de V_d de 4 volts, V_{cc} , tension d'alimentation sera alors de $V_{cc} = 16,5$ volts.

Il est possible inversement de calculer R_d à partir d'une valeur

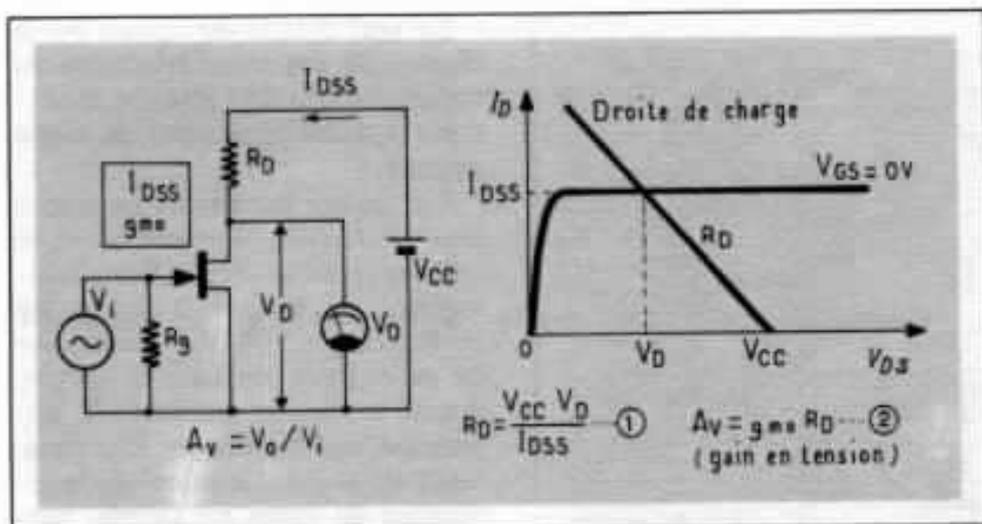


Fig. 8 - Travail du FET sans polarisation.

V_{CC} fixe et déterminée d'avance (par exemple 9 volts, pile rechargeable). Pour une valeur $V_{CC} = 9$ volts, un gain souhaité de 10 (20 dB) et $A_v = V_o/V_i$ on a (3).

$A_v = g_{m0} (V_{CC} - V_d) / I_{DSS}$ (3)
 compte tenu des valeurs typiques
 $(g_{m0}/g_{m0T})^2 = I_{DSS} / I_{DSST}$ (4)

$$A_v = g_{m0T} \sqrt{I_{DSS} / I_{DSST}} \cdot (V_{CC} - V_d) / I_{DSS} \quad (5)$$

$$A_v = g_{m0T} (V_{CC} - V_d) \sqrt{I_{DSS} / I_{DSST}}$$

Pour le transistor 2SK 43 et en prenant des valeurs de 9 mA et 15 mV comme valeurs typiques pour I_{DSST} et g_{m0T} .

$$\sqrt{I_{DSS}} = \frac{A_v}{g_{m0T} (V_{CC} - V_d) \sqrt{I_{DSST}}}$$

$$\sqrt{I_{DSS}} = \frac{10}{15 \cdot 10^{-3} (9 - 4) \sqrt{9 \cdot 10^{-3}}}$$

$I_{DSS} = 6,25 \times 10^{-3}$ (cas du transistor 2SK 43) ce qui donne enfin R_d .

$$R_d = (9 - 4) / 6,25 \times 10^{-3} = 800 \text{ ohms}$$

Noter que cette valeur dépend strictement de I_{DSS} et peut varier dans des proportions importantes suivant le transistor. I_{DSS} dépend aussi de la tension d'alimentation.

Pour une V_{CC} de 16 volts, la résistance R_d doit être de l'ordre de 1,25 kohms ($I_{DSS} = 10$ mA). Pour une V_{CC} de 24 volts cette valeur doit passer à quelques 1650 ohms pour un gain de 30 dB et le transistor 2SK 43-2.

La consommation totale pour les deux canaux étant comprise, suivant I_{DSS} et R_d , entre 12 et 20 mA, une pile de 9 volts aurait une durée de vie bien courte et il est donc préférable soit d'utiliser des piles rechargeables, soit des batteries miniatures et étanches (2 de 6 volts, une de 12 volts, ou encore 2 de 12 volts).

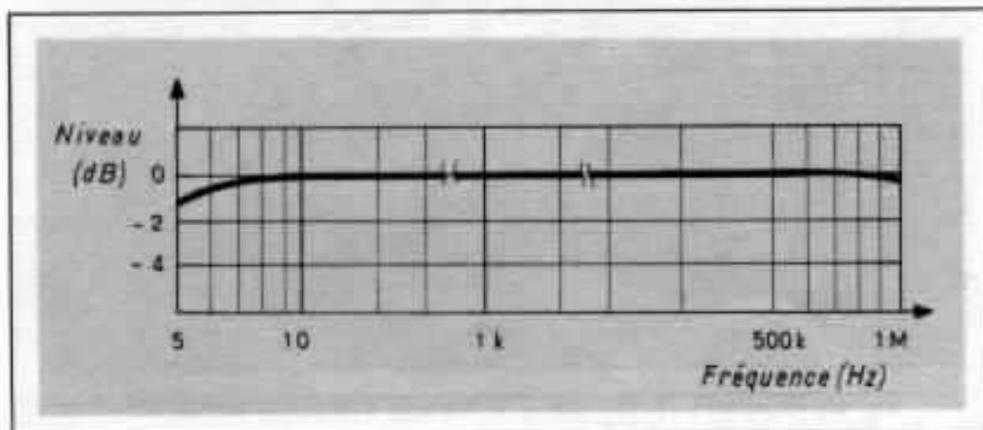


Fig. 9 - Bande passante du pré-préampli

Les performances

Elles sont, vu la simplicité du circuit, étonnantes.

La bande passante mesurée est comme le donnent les résultats des calculs effectués, comprise entre 5 Hz (-1,5 dB) et 1 MHz (-0,4 dB).

Le taux de distorsion est immeasurable, mais vu la linéarité des caractéristiques et le travail en classe A, doit se situer vers 0,001%. Pour une tension de sortie de 100 mV, donc bien plus qu'il n'en faut puisque 5 mV est une valeur courante, ce taux de distorsion passe seulement à 0,2%.

Le niveau de bruit reste lui difficile à mesurer, car situé au-dessous de 0,1 μ V. Le rapport signal bruit est donc égal ou supérieur aux meilleurs pré-amplificateurs du marché international.

Signalons que cette performance est due aux transistors 2SK 43-2 destinés normalement seulement aux appareils Sony professionnels et qui ne sont pas vendus habituellement à l'étranger.

Montage

Il est nécessaire de monter les transistors *directement* sur les prises Cinch (type à isolant stéatite).

Les condensateurs de sortie sont de valeur 0,47 μ F, ITT/PMT sur lesquels est monté un condensateur au mica argenté de valeur 20 nF.

Les résistances dont la valeur est fonction de la tension d'alimentation, du I_{DSS} du transistor utilisé et du gain souhaité, varient entre 600 ohms et 1800 ohms sont de type Philips MR 25 ou Electroteknica MBM. Ces deux résistances sont à film métallique et sont excellentes.

La résistance d'entrée, de valeur 100 ohms, est un modèle Electroteknica, à film métallique sur stéatite et dont la qualité subjective est excellente.

Il est nécessaire de monter sur

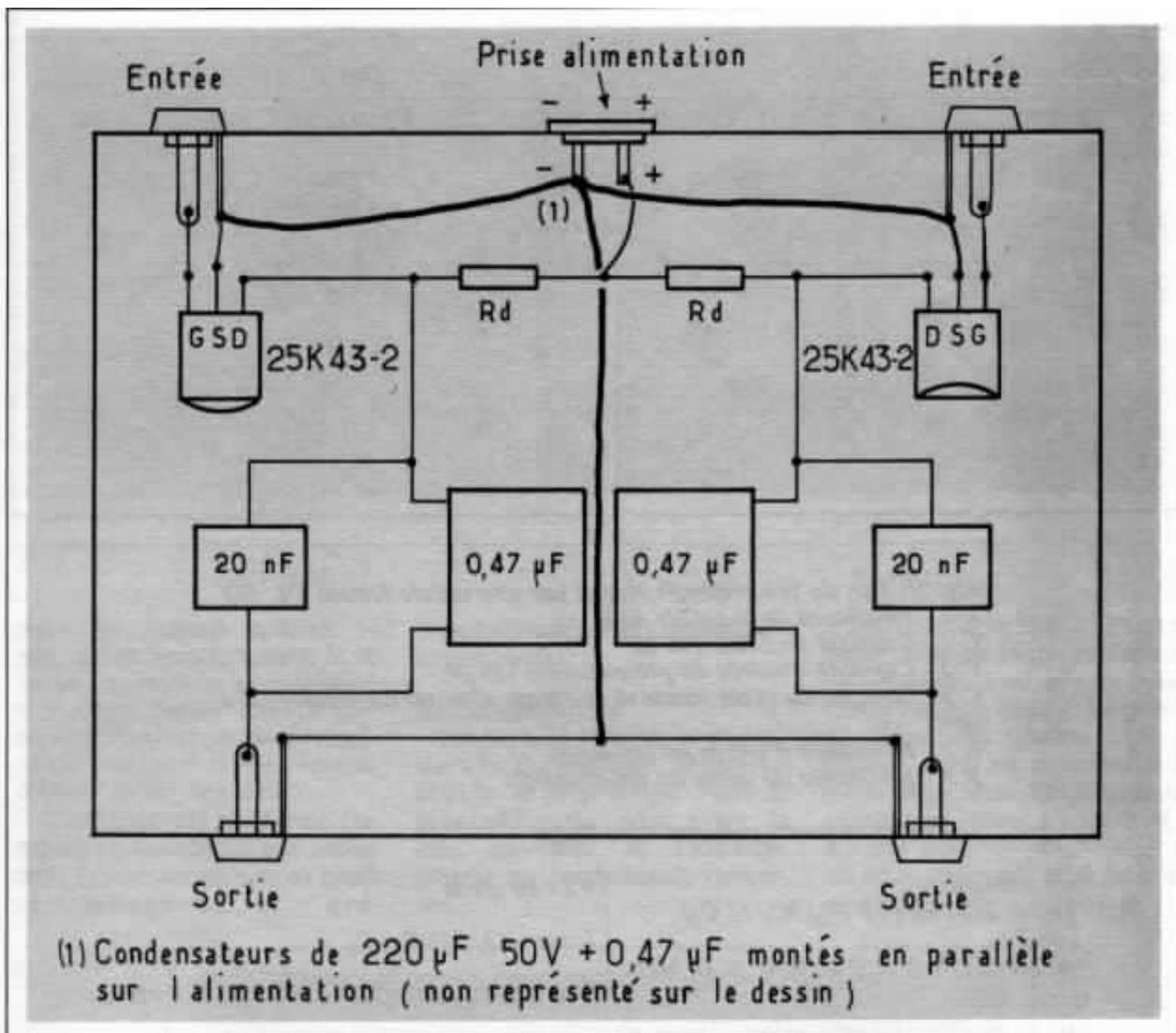


Fig. 10 - Disposition des composants.
Les FET sont soudés directement sur les prises Cinch.

l'alimentation un condensateur, à proximité des résistances R_d de valeur $220 \mu\text{F}$, sur lequel est monté un autre condensateur ITT/PMT de valeur $0,47 \mu\text{F}$. En effet les piles seules ou batteries n'ont pas une bonne « bande passante » aux fréquences élevées (courbe d'impédance remontant aux fréquences élevées) et il est nécessaire d'améliorer celle-ci à l'aide des condensateurs. Ceci apporte entre autre une meilleure caractéristique de diaphonie, pro-

voquée par la plus légère vibration de l'alimentation.

Le montage doit se faire dans un petit boîtier, de dimensions environ $80 \times 100 \times 50 \text{ mm}$. Ce montage n'est pas sensible aux champs magnétiques extérieurs, comme le cas se présente souvent avec les transformateurs.

L'alimentation est séparée, elle peut être cependant insérée dans le même boîtier avec les piles rechargeables ou les batte-

ries miniatures. La charge de ces batteries s'effectue par charge flottante et redresseur sélénium (voir à ce sujet les livres spécialisés sur la charge des batteries). Ce système permet, même en fonctionnement de charger les batteries sans risque de gonflement ou de bruit de fond.

Utilisation

Celle-ci réservée aux cellules à bobine mobile, est universelle et

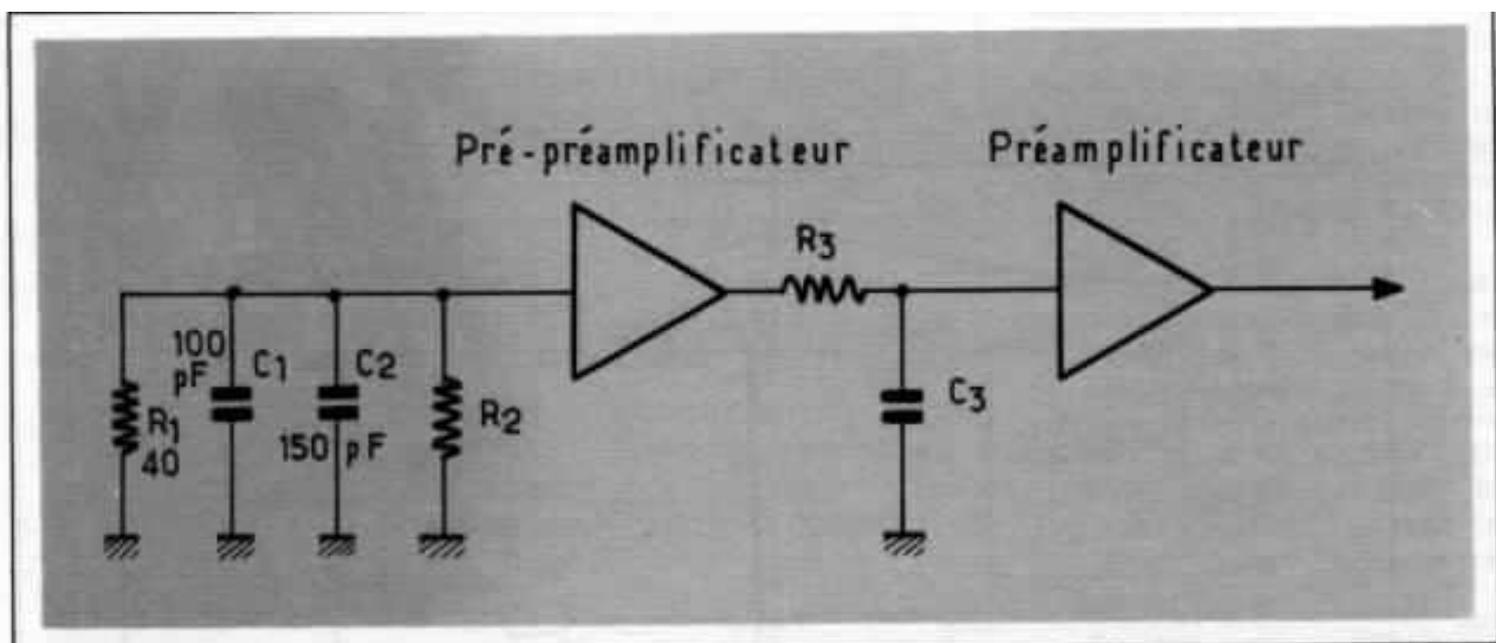


Fig. 11 - Cas du pré-préampli chargé par une cellule Denon DL 103
 R 1 - Résistance de la cellule 40 Ω
 C 1 - Capacité du câble 100 pF
 C 2 - Capacité d'entrée du pré-préampli 150 pF
 C 3 - Capacité du câble blindé et de l'étage d'entrée du préamplificateur
 R 2 - Résistance d'entrée du pré-ampli
 R 3 - Résistance de sortie du pré-préampli

Limite de la bande passante dans l'aigu

• 1 - en entrée :

$$f_{in} = 1/2 \pi (R_1 // R_2) (C_1 // C_2)$$

$$= 1/2 \pi (28.6) (250 \times 10^{-12}) \approx 22 \text{ MHz}$$

$$R_1 // R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}; C_1 // C_2 = C_1 + C_2$$

• 2 - en sortie

$$f_{out} = 1/2 \pi R_3 C_3$$

$$f = 1/2 \pi (600) (200 \times 10^{-12}) \approx 1,3 \text{ MHz}$$

peut donc accepter toutes les cellules à bobine mobile :

Audiotechnica,
 Grace,
 Supex,
 Dynavector,
 Denon,
 EMT,
 Satin,
 Entré,
 F.R.,
 Koetsu,
 Coral,
 Technics,
 Micro,

JVC,
 Nakamichi,
 Sony.

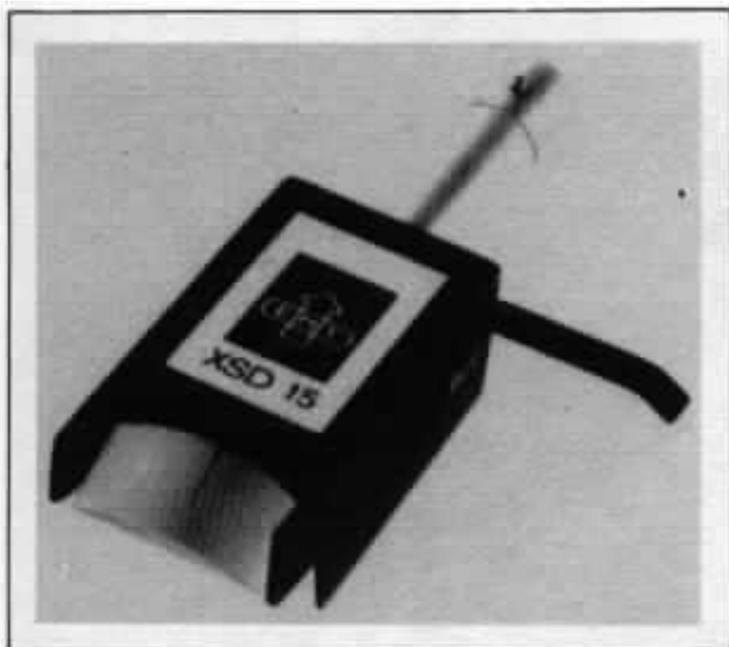
Qualité subjective

Une utilisation simple à l'aide de piles (9 volts au total, gain de 20 dB), donne de très bons résultats et est supérieure à la plupart des transformateurs

Un tel pré-préamplificateur, monté avec des résistances Rd plus grandes soit entre 1600 et 1700 ohms, et une tension d'alimentation de 24 volts (piles re-

chargeables ou batteries miniatures), gain de 30 dB, donne cette fois un supplément de dynamique et des sons graves encore plus fermes.

A propos de la fermeté dans le grave des prépréamplificateurs, il faut avouer que la majorité de ceux-ci donnent subjectivement un grave moins ferme et dynamique que les bons transformateurs. Mais si la raison exacte reste encore difficile à expliquer, on pourrait peut-être attribuer cette différence à une question d'amortisse-



EMT XSD 15

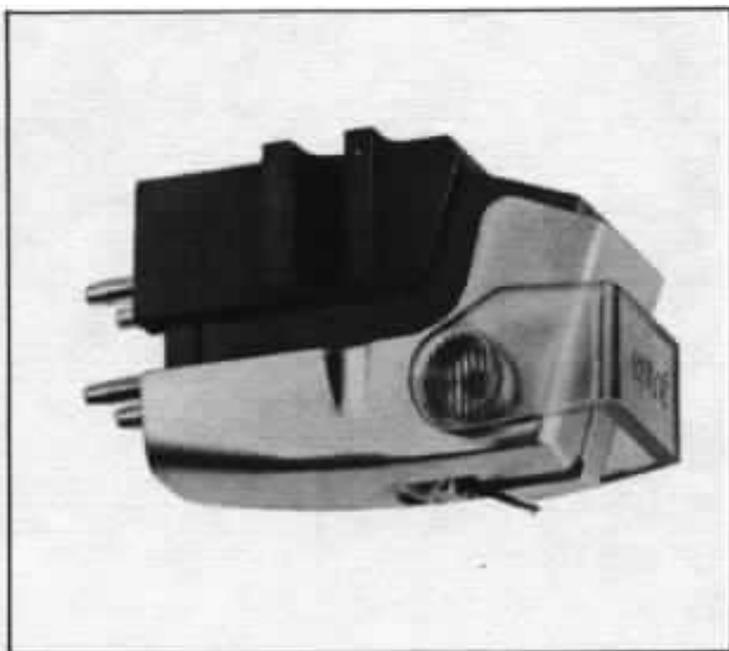
ment des bobines mobiles, vu que, sur un transformateur la résistance en continu est inférieure à 1 Ohm, tandis que le préamplificateur a une impédance constante d'une centaine d'Ohms depuis le continu.

C'est donc une réalisation fortement recommandée aux utilisateurs de transformateurs de qualité moyenne et pré-

amplificateurs aux performances moyennes.

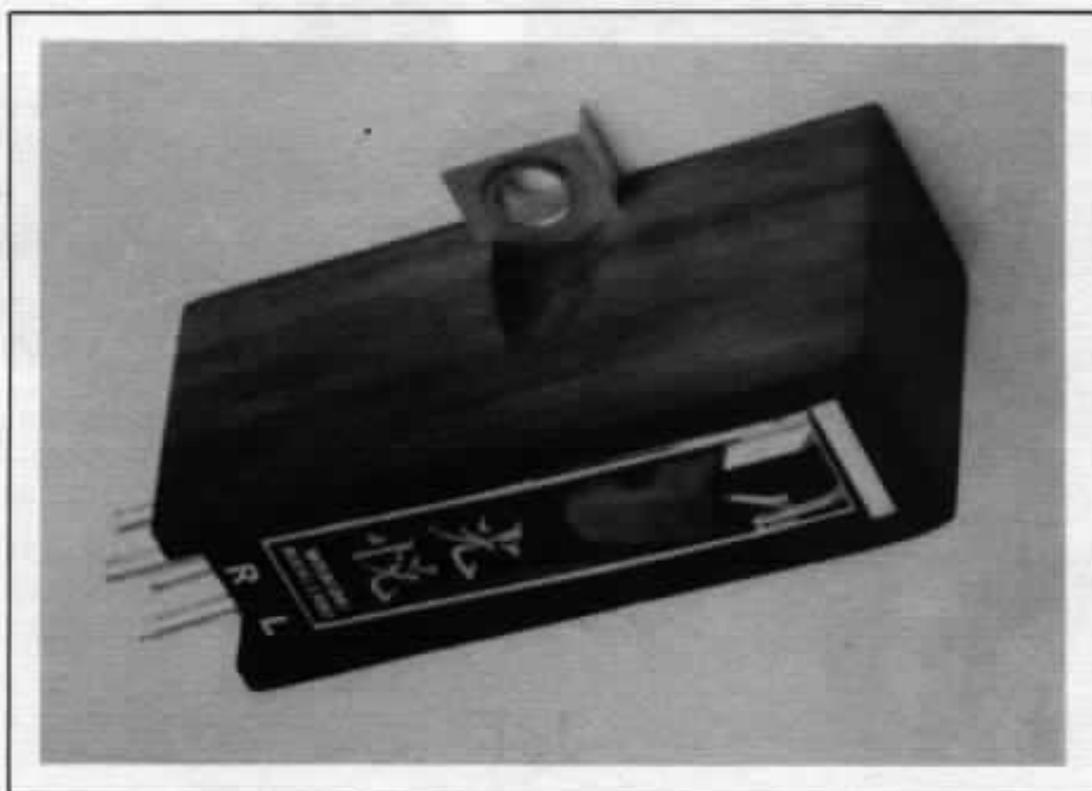
Recommandations

Ne pas trop chauffer le transistor lors du montage. Mettre en marche le préampli *avant* le préamplificateur pour éviter le *cloc* inévitable de l'allumage (charge du condensateur de sortie).



Entré 1

Les transistors 2SK 43-2 seront disponibles par l'intermédiaire de l'Audiophile, ainsi que les prises Cinch à isolant stéatite. Le châssis de dimensions proches peut se trouver chez les revendeurs de pièces détachées. Le perçage est réduit uniquement à 4 trous de \varnothing 8,5 mm pour les prises Cinch et un autre trou pour le câble d'alimentation.



Koetsu

**Page non
disponible**

L'amortissement de l'ensemble bras-cellule

Pierre Gilotaux

Lors de la présentation du phonolecteur SHURE V15 IV qui a eu lieu à Londres au début de cette année, l'attention a été très attirée sur le dispositif d'amortissement qui fait partie intégrante du nouveau phonolecteur. La résonance de l'ensemble masse du bras-élasticité de l'équipage mobile du phonolecteur n'est pas un fait nouveau lors de la présentation du phonolecteur V15 III en 1975 l'accent avait déjà été mis sur cet accident qui se situe dans les très basses fréquences, au dessous de 30-40 Hz (on peut se reporter à cet égard au Journal of AES d'octobre 1976). Il n'est toutefois pas inutile de rappeler les causes de cet accident avant de décrire la nouvelle solution. C'est ce qu'a fait C.R. ANDERSON au cours de son exposé.

Les causes de la résonance

Si l'on dispose une masse à l'extrémité d'un ressort suspendu verticalement et que l'on donne une impulsion à cet ensemble, il va osciller sur sa fréquence propre. Les oscillations seront d'autant moins fortes et dureront d'autant moins longtemps que le

système sera plus amorti, par exemple si la masse est placée dans un liquide visqueux.

Il est bien connu que tout système entrant en résonance amplifie énormément ses mouvements, de l'ordre de 2 à 10 fois, selon le coefficient de surtension. C'est d'ailleurs ce que l'on constate

lorsque l'on fait lire au phonolecteur une gravure à fréquence glissante dans la zone de la fréquence de résonance. Autrefois lorsque la résonance se présentait vers 30-50 Hz à cause de la grande rigidité des équipages mobiles, on la considérait comme bénéfique pour compenser les pertes d'effi-

cacité des amplificateurs et des haut-parleurs.

Maintenant que la résonance se situe nettement au dessous de 20 Hz c'est un défaut car à la fois les microphones, les magnétophones, les graveurs, les amplificateurs ne transmettent pas ces fréquences. Par ailleurs ces mouvements indésirés produisent des défauts qui sont matérialisés sur les figures 1 (plan vertical) et 2 (plan horizontal) sur lesquelles on voit que le point de contact entre la pointe de lecture et le sillon est alternativement avancé et reculé à la fréquence de résonance, introduisant ainsi une modulation de fréquence du signal lu. Par exemple pour une fréquence de résonance de 8 Hz, qui est actuellement courante, une vélocité de 2 cm/s, lorsque le sillon est situé sur un diamètre de 20 cm, produit une modulation de fréquence de l'ordre de 1,5%, ce qui est parfaitement audible.

Un autre inconvénient grave produit par la résonance est la nécessité d'augmenter la force d'application verticale sur le disque. Si l'on a par exemple une résonance produisant une amplitude latérale de 0,4 mm et un phonolecteur ayant une souplesse de 20×10^{-6} cm/dyne, valeurs tout à fait courantes, cela correspond à une force de

$$f = \frac{0,04}{20 \cdot 10^{-6}}$$

soit approximativement 2 gammes force, à comparer avec la force d'application de 1 à 1,5 g utilisée pour un tel phonolecteur. La pointe va donc dérailler du sillon.

Les sources d'excitation de la résonance

Une première source est constituée par les signaux audio gravés dans le sillon. Nous avons vu ci-dessus que la fréquence de ces signaux ne descend pas au dessous de 20 Hz, on ne devrait donc pas exciter les ensembles bras-phonolecteur qui résonnent vers 8-10 Hz.

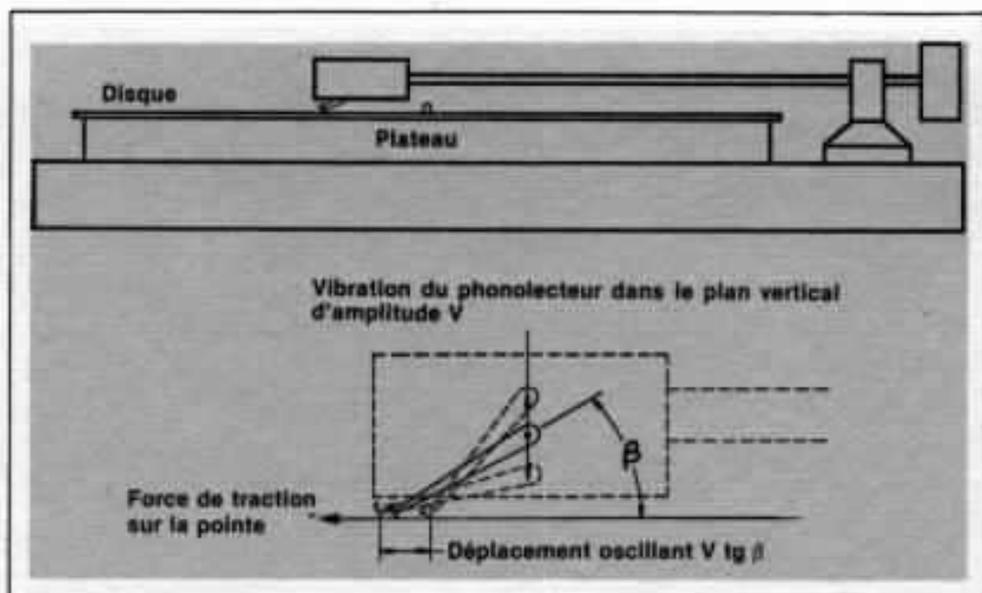


Fig. 1 : Vibration dans le plan vertical.

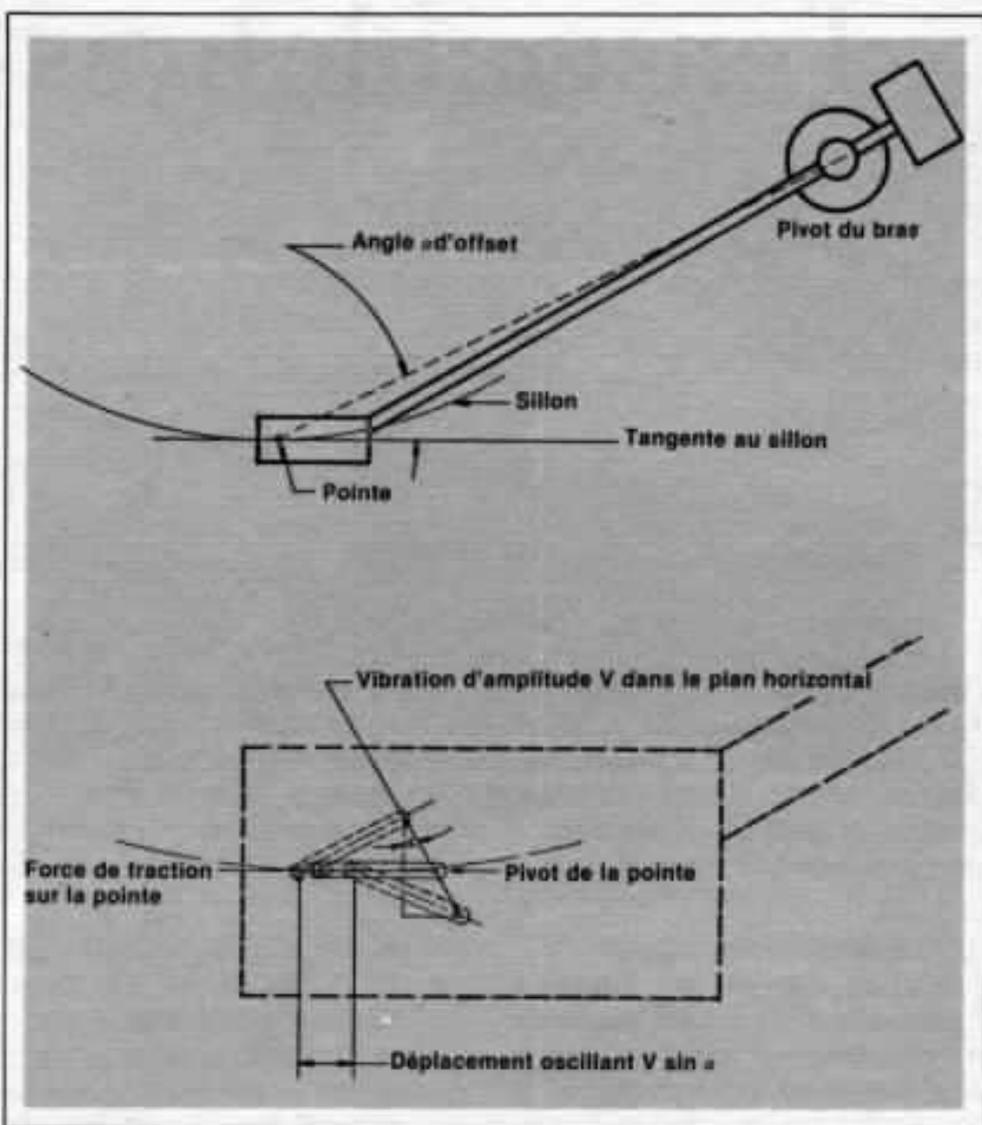


Fig. 2 : Vibration dans le plan horizontal.

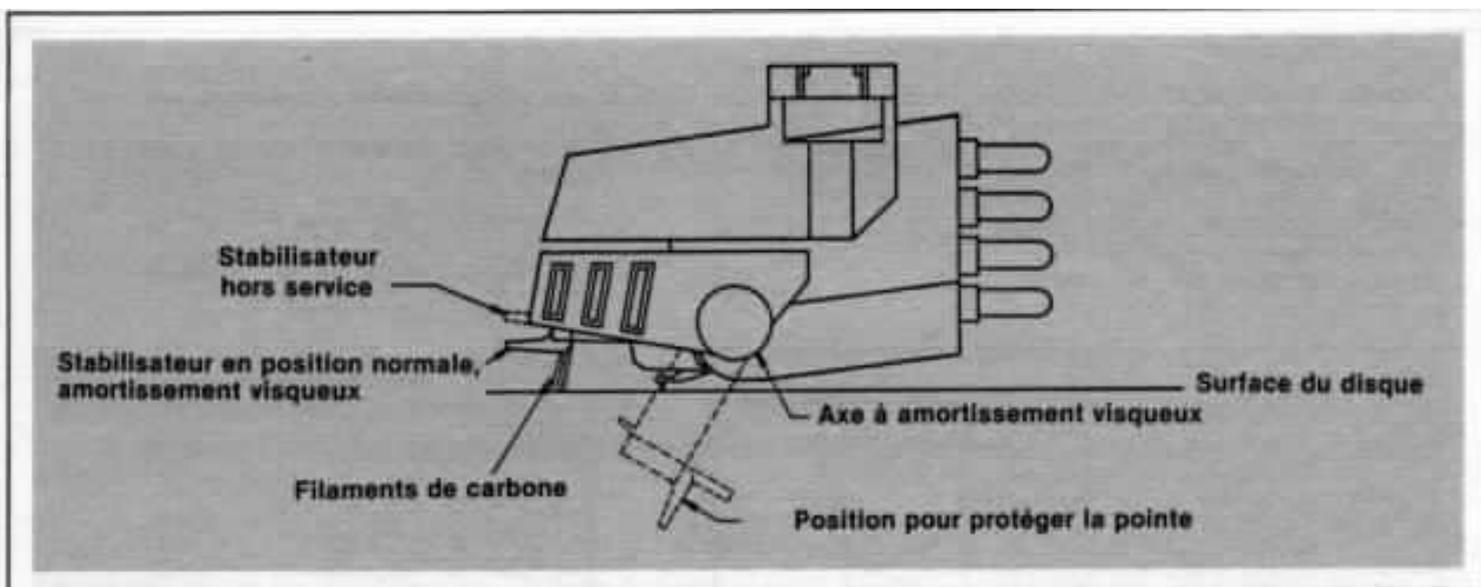


Fig. 3 : Positions du stabilisateur dynamique.

Une seconde source provient des chocs, par exemple communiqués par le plancher de l'auditorium. Les chocs ont un spectre étendu qui couvre la zone 8-10 Hz. Pour peu que la suspension de la platine tourne disque soit accordée dans la même zone on excitera la résonance.

Une troisième source, la plus courante, vient du voilage des disques. Cette non planéité produit des oscillations verticales dont les fréquences comprises entre 0,5 et 10 Hz sont généralement plus concentrées dans la zone 3 à 4 Hz. L'analyse statistique des fréquences dues au voilage montre un minimum dans la zone 10-15 Hz. C'est donc dans cette zone que l'on aura intérêt à situer la résonance bras-phonoclecteur.

Depuis déjà longtemps des remèdes ont été utilisés pour amortir la résonance et la rendre ainsi moins néfaste. Toutefois les remèdes étaient en général accompagnés de défauts autres.

En résumé le cahier des charges idéal pour maîtriser la résonance est le suivant :

1 - Le bras doit être très libre pour suivre le voilage à très basse fréquence et les déplacements horizontaux rapides produits par les grands pas du sillon (sillon de départ et de fin).

2 - La réponse du système doit pouvoir accepter toutes les gravures et rejeter les signaux non désirés.

3 - Le système d'amortissement doit atténuer la résonance de façon à ce que les signaux non dési-

rés ne soient pas amplifiés.

4 - Le système d'amortissement ne doit pas exercer de force latérale déplaçant la position d'équilibre de l'équipage mobile lorsque la pointe doit suivre un sillon à grand pas.

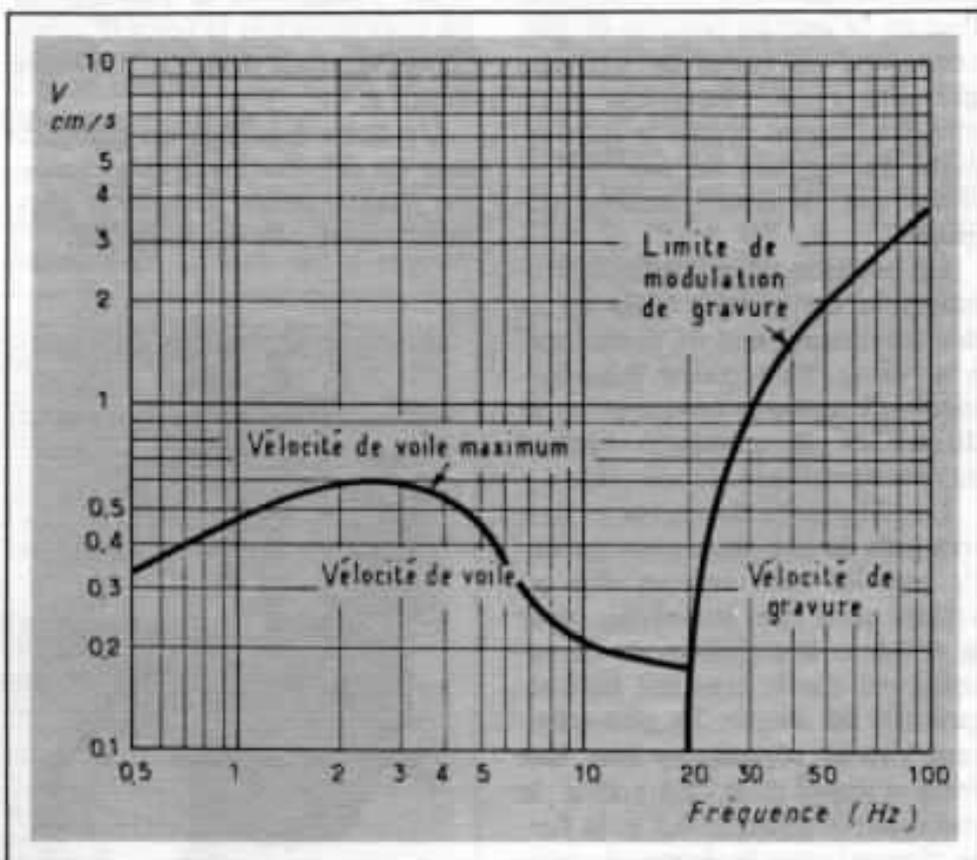


Fig. 4 - Spectre de vitesse de voiles de disques (d'après L. Happ et F. Karlov).

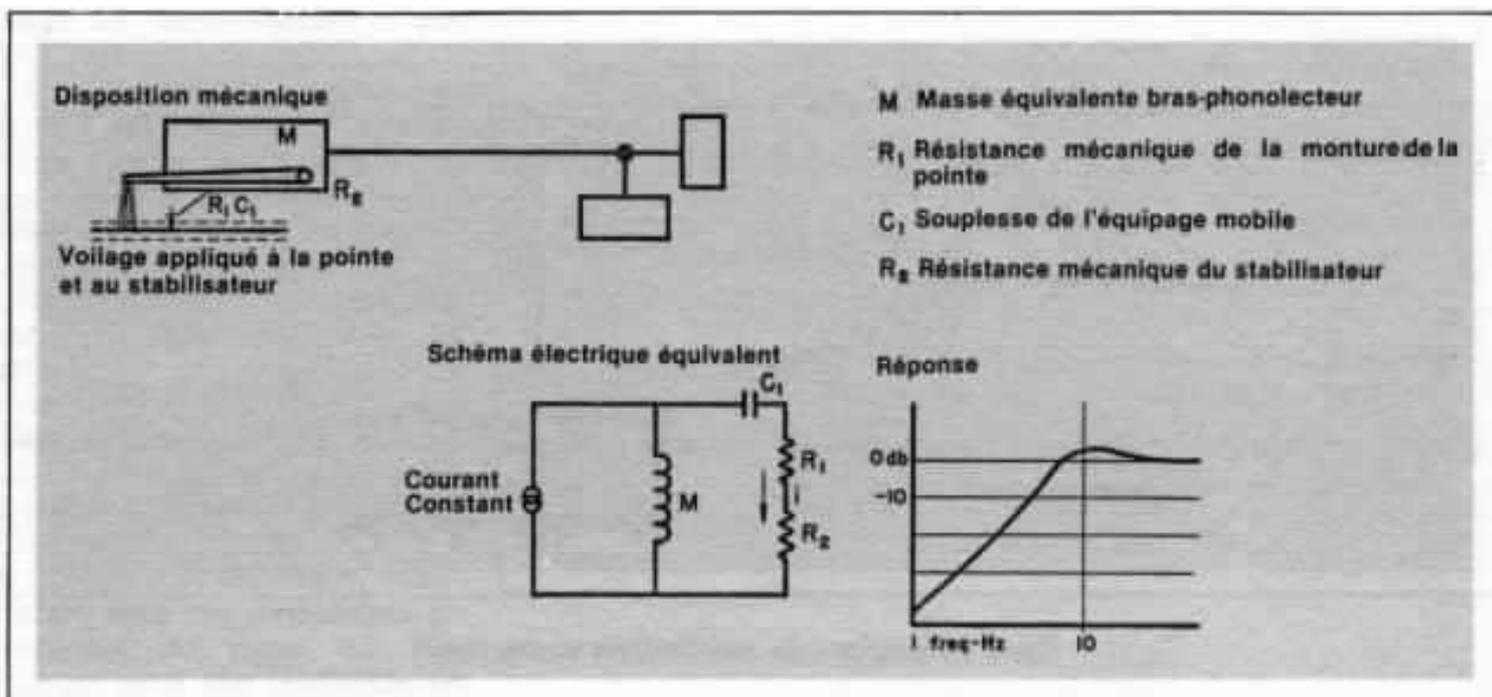


Fig. 5 : Circuit équivalent dans le cas de lecture de disque voilé avec stabilisateur.

Solution adoptée pour le phonoclecteur V15 IV (figure 3)

A première vue la solution du pinceau fixé au phonoclecteur ne paraît pas nouvelle. En réalité elle l'est en ce que les poils de ce pinceau sont en fibres de carbone qui déchargent l'électricité statique des disques et que le mouvement du support du pinceau est freiné par un amortissement visqueux.

En position A (pointillé) le stabilisateur dynamique (telle est sa dénomination) sert de protecteur à la pointe. En position B les filaments de carbone reposent sur le disque et le pivotage vertical amorti contrôle la résonance.

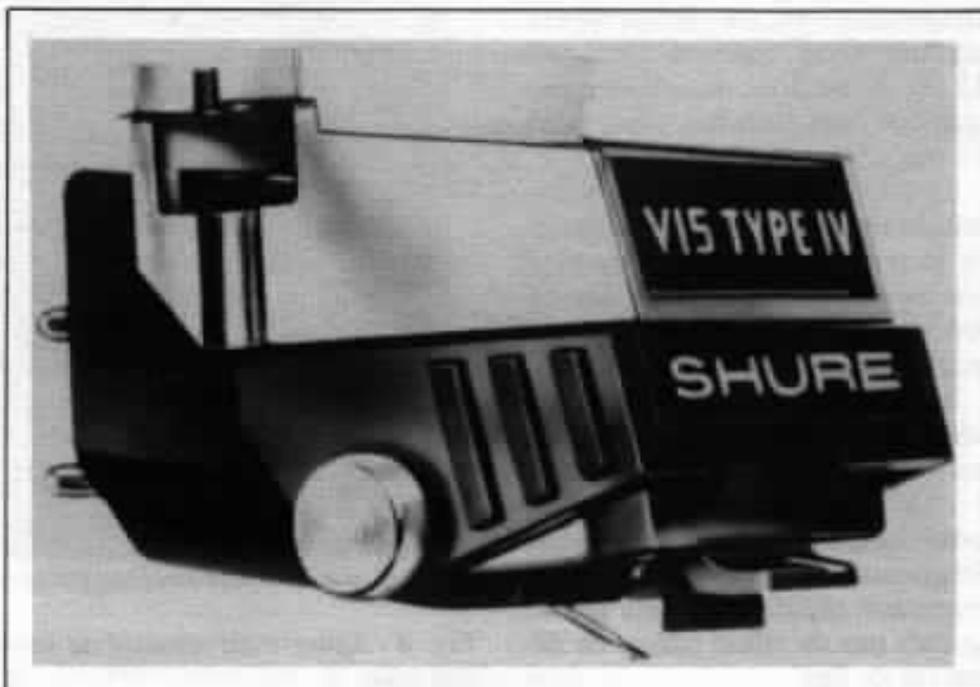
Les filaments de carbone sont très près de la pointe pour garantir que les mouvements dus au voilage sont bien les mêmes pour la pointe et le stabilisateur. Le résultat est que le bras suit les irrégularités du disque. Le phonoclecteur V15 IV fonctionne avec une force d'appui de 0,75 à 1,25 g, le stabilisateur absorbe 0,5 g, la force d'appui pour le réglage du bras doit donc être comprise entre 1,25 et 1,75 g. La plus grande part de la force d'appui est encore affectée

tée au phonoclecteur qui, de ce fait, contrôle les forces latérales d'entraînement du bras sur la surface du disque.

En position C le stabilisateur est hors service et la force d'application verticale doit être diminuée de 0,5 g.

Un autre avantage du stabilisateur est d'éviter les dégâts causés, par inadvertance, lorsque le phonoclecteur tombe sur le disque.

La figure 5 représente le schéma électrique équivalent et la réponse en fréquence du système stabilisateur lors de la lecture d'un disque voilé. Le disque de mesure CBS STR 120 tournant à 16²/₃ tr/m fournit un signal à fréquence glissante entre 5 et 250 Hz. On peut aussi utiliser le disque Bruel QR 2010 qui comporte une plage 5-20 Hz à 33¹/₃ tr/m. En ce qui concerne le dis-



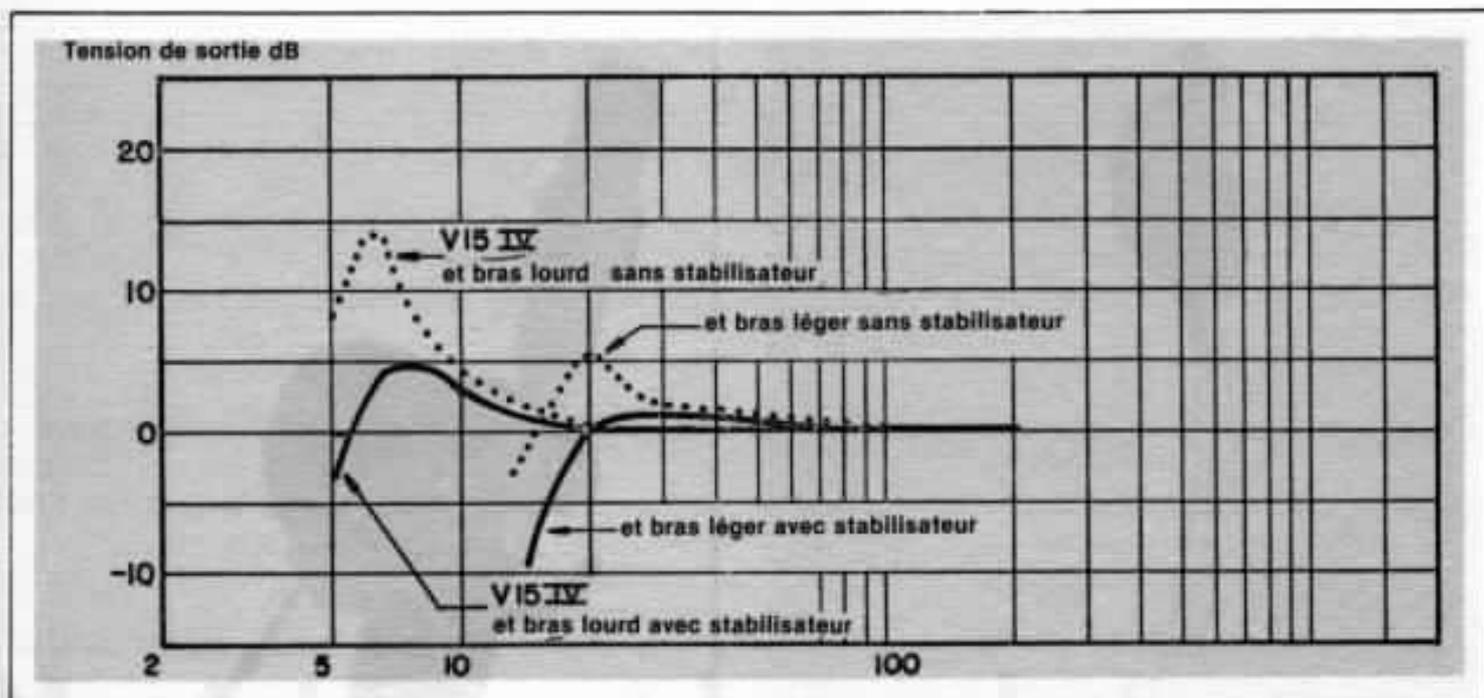


Fig. 6 : Réponse du phonolecteur V 15 IV avec le disque STR 120 lu à la vitesse de 16 2/3 tr/mn. Gravure verticale. Le signal de sortie est appliqué à un circuit intégrateur.

que CBS on doit toutefois placer à la sortie de l'amplificateur de lecture un intégrateur qui donne une tension en somme assez voisine de celle obtenue avec la courbe internationale.

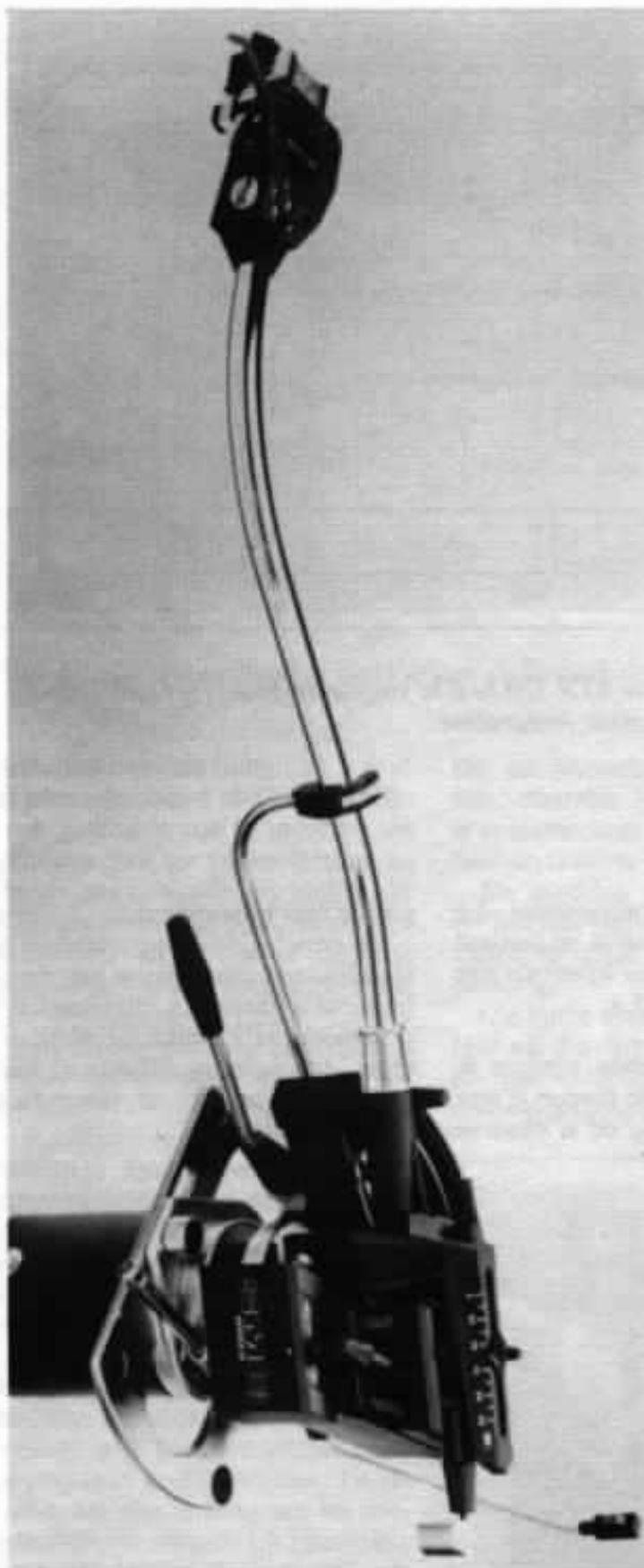
La figure 6 représente les courbes de réponse dans divers cas

d'utilisation du stabilisateur. Le bras à faible masse a seulement 2 g, le phonolecteur ayant de son côté une masse de 5 g.

Lorsque l'on laisse tomber le phonolecteur sur le disque d'une hauteur de 12 mm, on n'observe

pas de rebondissement.

En conclusion il apparaît que le stabilisateur dynamique est doublement efficace en éliminant les poussières et l'électricité statique et en réduisant les défauts de lecture produits par la résonance bras-phonolecteur.



*SME série III
Titane durci au nitrogène*



*ADC
Fibre de Carbone*

Matériaux et bras de lecture

G. Altieri

Tout lecteur de l'Audiophile sait qu'un bras de lecture n'est pas qu'un support passif de la cellule phonoelectrice. Il est au contraire un outil de précision qui représente du point de vue mécanique, une structure extrêmement complexe dont les propriétés physiques interviennent dans le résultat auditif d'une chaîne haute fidélité. Les propriétés qui caractérisent le comportement mécanique d'un bras de lecture sont dépendantes de la nature des matériaux qui composent les divers éléments et des conditions de construction de l'ensemble. Dans ce dernier domaine nous regroupons une grande série de paramètres tels que la forme des composants, les méthodes de montage, la géométrie du bras, ou la disposition des supports.

Mais, l'analyse de notre problème apparaît encore plus difficile (et en même temps plus intéressante) si nous considérons que les effets acoustiques d'un système si compliqué ne sont pas la conséquence de son action isolée. Au contraire les propriétés mécaniques du bras de lecture sont toujours associées aux qualités de la cellule et aussi à celles de la platine. Cette notion d'ensemble indissociable doit être retenue par le lecteur, qui a déjà compris que l'étude de ces conditions physiques est loin d'être élémentaire.

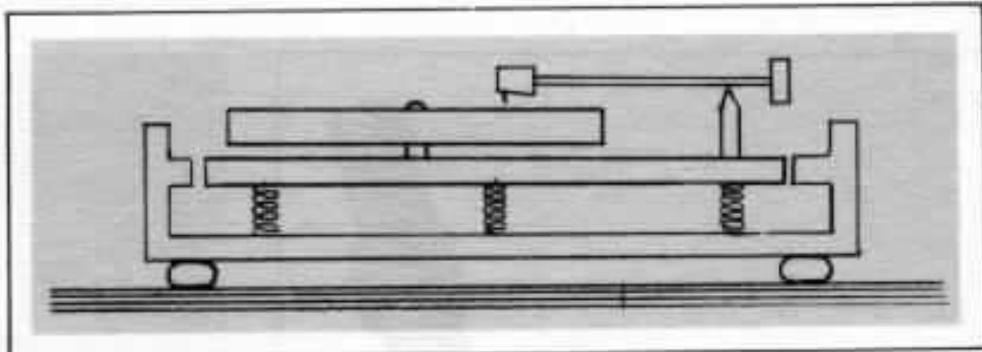
Commençons, donc, par regarder la question en considérant l'ensemble de lecture phonographique.

Le système platine-bras-cellule

Un bras idéal est fixé à la structure de la platine de façon à ne pas introduire de modifications mécaniques au support, et à ne pas présenter de propriétés de résonance correspondant à sa construction. Cependant, la réalisation pratique et l'emplacement d'un bras de lecture entraînent l'apparition de phénomènes secondaires (fig. 1).

D'abord la masse de l'ensemble « bras + support » modifie l'équilibre dynamique de la table. Et ce qui est beaucoup plus important, la résonance propre au bras peut coïncider avec des pics de résonance appartenant au socle de la platine.

Etant soumis aux conditions de résonance de l'ensemble mécanique bras plus socle, le phonolecteur peut être affecté de perturbations sensibles. Dans la pratique, les conséquences du renforcement des signaux qui correspondent à ces fréquences préférentielles sont traduites sous forme d'une coloration spéciale ressentie lors de l'écoute. Notons, ainsi, qu'un bras de lecture peut être responsable d'un



1 - Schématisation de la structure mécanique d'une platine. Dans ce système complexe le comportement du bras est indissociable des propriétés de la cellule et du corps principal.

son coloré tout aussi bien qu'une enceinte acoustique.

Les sources de résonance, bien que assez nombreuses, sont en résumé : la coquille qui porte la cellule, le système de raccord entre la coquille et le bras proprement dit, le tube du bras, le poids de compensation latérale et le contre-poids.

Les constructeurs se sont efforcés de concevoir des systèmes de bras dont la fréquence de résonance se trouve aux alentours de 10 Hz afin de minimiser l'effet d'ondulation du disque. Dans ce domaine; des études théoriques poussées s'ajoutent aux travaux

expérimentaux, et les résultats de ces recherches sont déjà concrétisés dans certaines réalisations de haut niveau.

L'analyse physique d'un bras de lecture type, nous permet de traduire sa structure sous forme de circuits équivalents (fig. 2). Dans la dernière représentation on a négligé l'intervention du pivot (Ikegami et Hoshimi). En ce qui concerne les résultats pratiques, un exemple des conditions de résonance d'un bras est indiqué dans la figure n° 3. Ici la courbe de réponse a été obtenue à l'aide d'un disque d'essai spécialement conçu pour ce type de mesure.

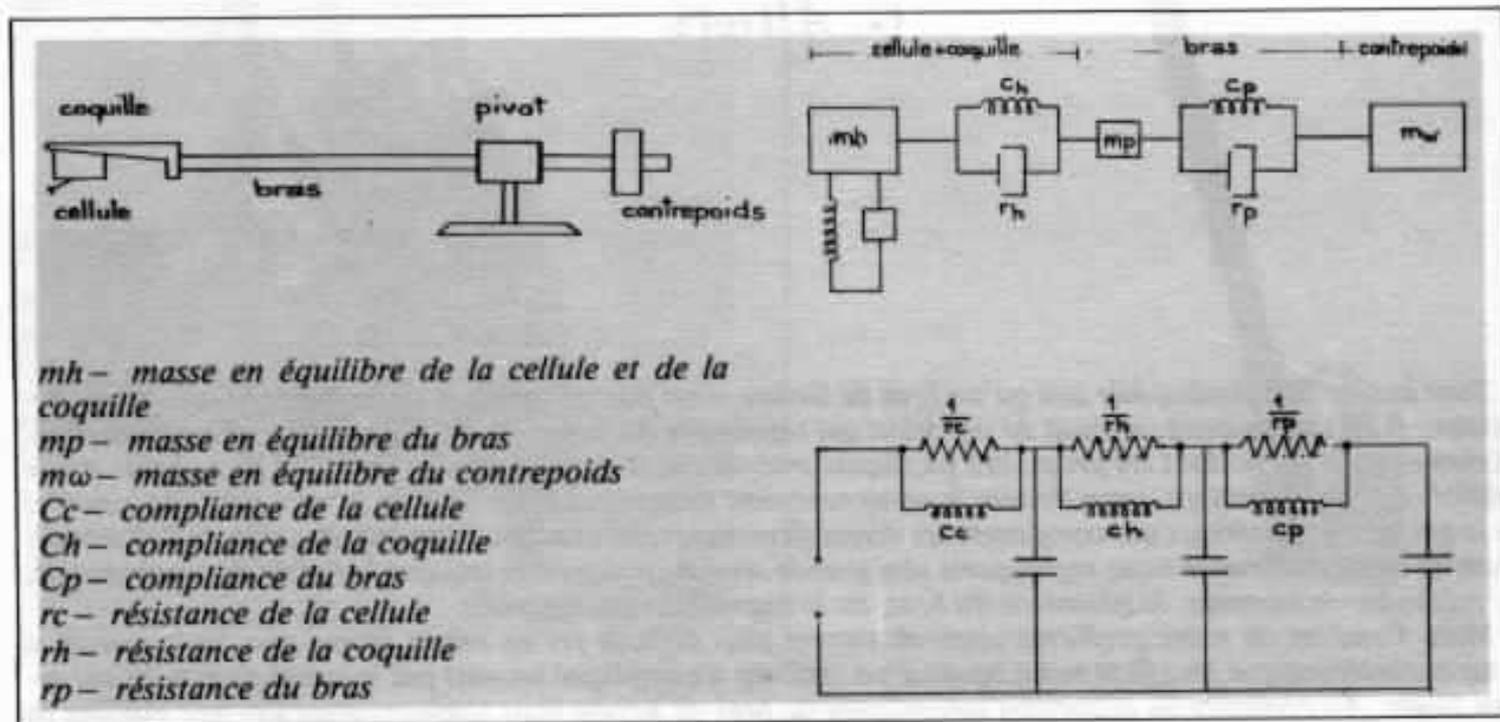


Fig 2 - Système de bras de lecture, schéma mécanique et circuit équivalent.

Nous avons dit que les différents composants qui constituent un ensemble de lecture sont responsables d'une partie des effets globaux, mais que ces derniers dérivent de l'intervention entre les divers éléments. C'est ainsi que la liaison bras-cellule constitue un sujet d'étude particulier, demandant un nombre important d'expériences capables de mettre en évidence les problèmes d'association entre ces deux composants.

Laissons donc, le développement de ce problème spécial pour un prochain numéro, et considérons aujourd'hui, plus en détail, le bras en lui-même.

Le bras-Matériaux constitutifs

Plusieurs matériaux plus ou moins sophistiqués sont utilisés de nos jours pour la construction des bras. Parmi les nombreuses réalisations, citons seulement quelques exemples :

Matériau	Type
Alliage d'aluminium feuilleté	Audiocraft AC 300 C
Titane durci au nitrogène	SME série III
Fibre de carbone	ADC
Bois	Grace
Alliage magnésium coulé	Denon

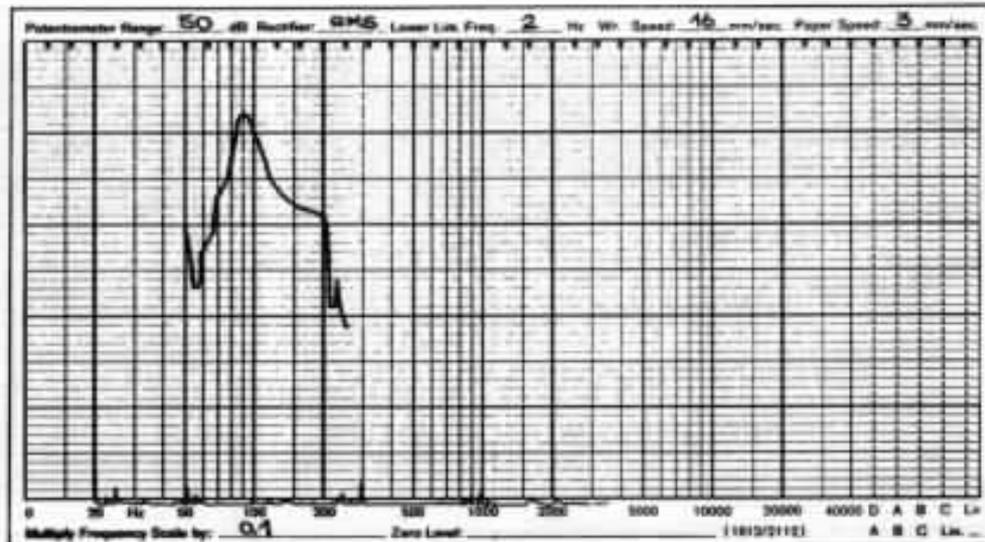
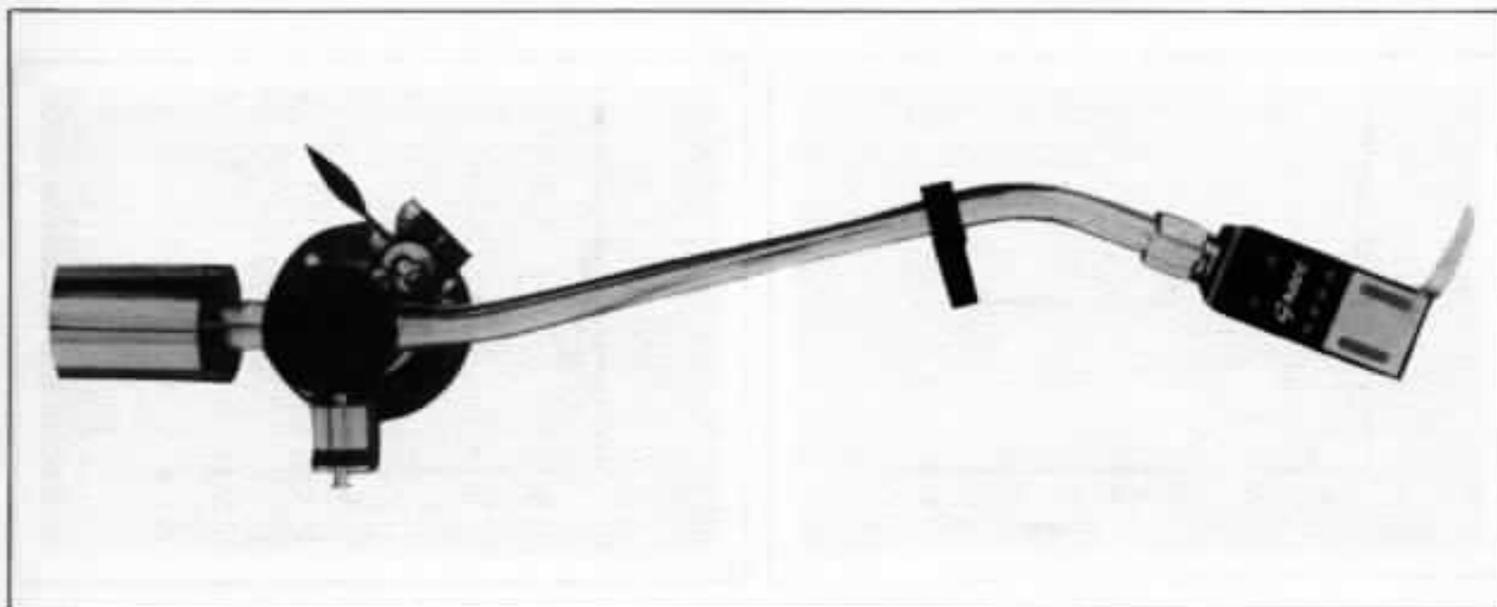


Fig 3 - Exemple de courbe de réponse exprimant la résonance du bras (Echelle de fréquences multipliées par 0,1).

Des études comparatives ont été faites dans le but de déterminer les meilleurs matériaux adaptés à la construction de bras. Nous pourrions aussi, analyser les différents appareils du marché, mais nous arrivons toujours

à la situation méthodologiquement indésirable de manipuler un nombre trop élevé de paramètres. En effet lors du test du bras «A» constitué du matériau X, et du bras «B» constitué du matériau Y, nous ne comparons pas X avec Y, mais l'ensemble A avec l'ensemble B, où interviennent donc, en plus la géométrie, montage etc, etc...

En tenant compte des difficultés expérimentales qui restreignent la valeur des résultats, nous jugeons intéressant de signaler un travail de recherche qui repose sur la modélisation mathématique.



Grace G-940

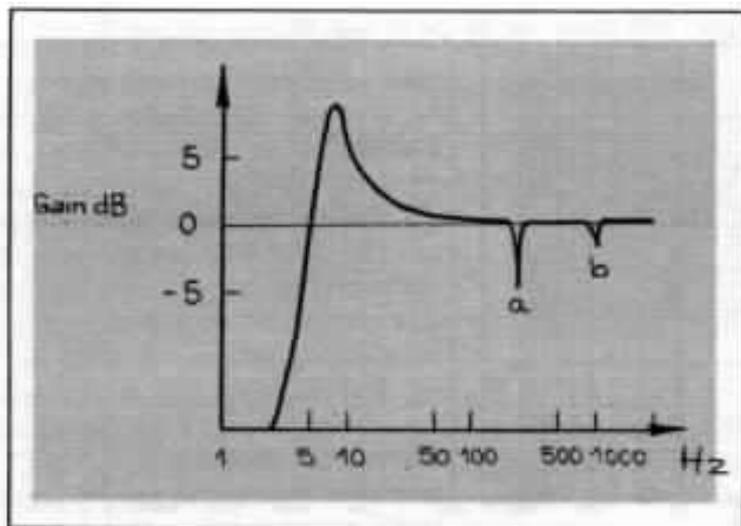


Fig 4 - Réponse en fréquence du bras en aluminium
 a - 239 Hz : -5.15 dB
 b - 1000 Hz : -1.57 dB

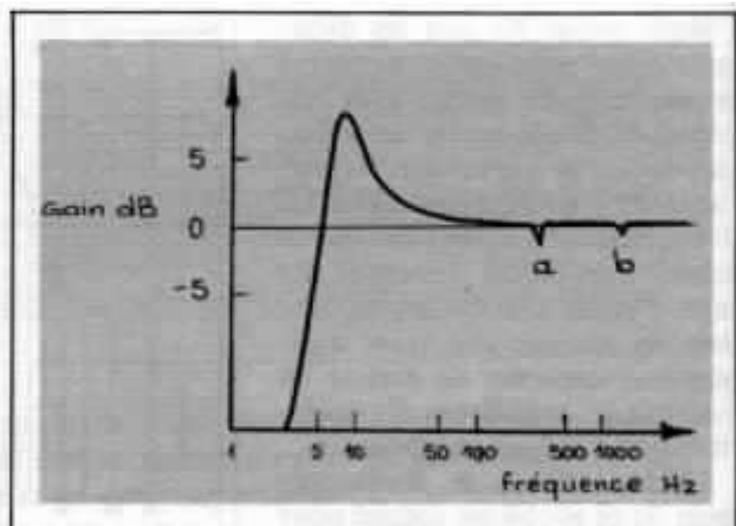


Fig 5 - Réponse en fréquence du bras en fibre de carbone
 a - 317 Hz : -1.50 dB
 b - 1315 Hz : -0.40 dB

Nous exposerons les résultats obtenus par Ikegami et Hoshimi lorsqu'ils ont comparé les performances de l'alliage d'aluminium conventionnel avec celles de la fibre de carbone, au moyen d'une simulation par ordinateur.

Les conditions de travail pendant le processus de simulation ont été les suivantes :

Système A - tube en aluminium - porte cellule en aluminium.

Système B - tube en fibre de carbone - porte cellule en fibre de carbone.

Pour une longueur effective de 237 mm.

En sachant que :

L'aluminium a un modulus de Young de $6,5 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$, une

densité de $2,7 \text{ g/cm}^3$ et une valeur de $Q = 150$.

La fibre de carbone présente respectivement les valeurs suivantes : $9 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$, $1,5 \text{ g/cm}^3$ et 40.

Dans le circuit équivalent de la figure 2 qui correspond à chacun des deux systèmes, nous avons les valeurs suivantes :

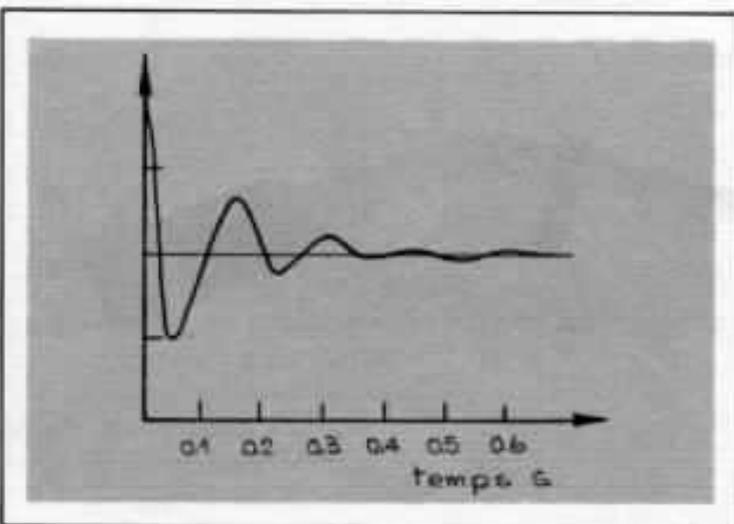


Fig 6 - Réponse transitoire du bras en aluminium

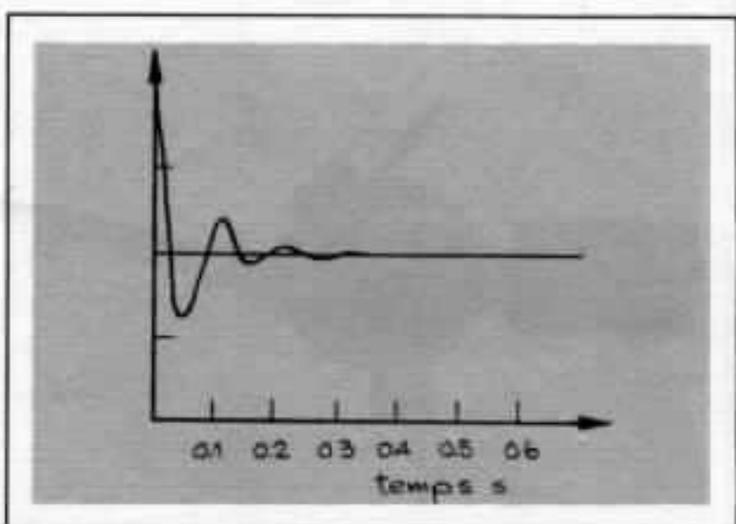


Fig 7 - Réponse transitoire du bras en fibre de carbone

	$1/r_e \times 10^{-3}$ (cm/dyn.S)	$1/r_a \times 10^{-3}$ (cm/dyn.S)	$1/r_p \times 10^{-2}$ (cm/dyn.S)	$C_e \times 10^{-8}$ (cm/dyn)	$C_a \times 10^{-8}$ (cm/dyn)	$C_p \times 10^{-7}$ (cm/dyn)	m_a (g)	m_p (g)	m_w (g)
A	2,3	1,25	4,32	2,00	0,748	1,12	16,0	4,52	4,70
B	2,3	0,38	1,31	2,00	0,540	0,81	14,8	3,56	3,60

La simulation par ordinateur a tenu compte de la réponse en fréquence et de la réponse transitoire des deux types de bras. Les figures 4 et 5 montrent les résultats graphiques correspondant à la première condition expérimentale. Les figures 6 et 7 représentent les réponses transitoires du bras respectivement en aluminium et en fibre de carbone. Dans cette dernière situation expérimentale la fréquence f_c est déterminée par

l'équation :

$$f_c = \frac{1}{2 \pi \sqrt{(m_a + m_p + m_w) C_e}}$$

Ici, plus la valeur

$$\frac{1}{r_e} / \frac{1}{r_a} / \frac{1}{r_p}$$

est petite, plus le traînage et le temps de convergence sont faibles, l'amortissement étant supé-

rieure.

De l'étude présentée il est possible de conclure que le système de bras de lecture fait de fibre de carbone a une fréquence de résonance plus élevée et des pics et creux moins importants que le système en aluminium. On tient compte du fait que les dimensions physiques sont les mêmes, ce qui rend les résultats directement comparables quant à l'influence du matériau constitutif.

**Page non
disponible**

Un avis sur la “perfection électronique”

Léon Lequinquis

La haute fidélité de ces dernières années s'est beaucoup développée dans le domaine de l'électronique appliquée aux préamplificateurs et aux amplificateurs. Des études approfondies ont mis en évidence de nouvelles notions : DIT, Slew rate...

Dans cette optique nous avons publié les articles de Matti Ojala et Eéro Leinonen (l'Audiophile n°2,3,4).

Certaines personnes pensent que les «vrais» problèmes se situent ailleurs. Ainsi Léon Lequinquis qui nous fait part dans ce numéro de certaines idées qu'il a sur la question.

Plutôt que de semer la confusion dans l'esprit de nos lecteurs, nous espérons, au contraire, que ce point de vue les aidera à se faire une plus juste opinion.

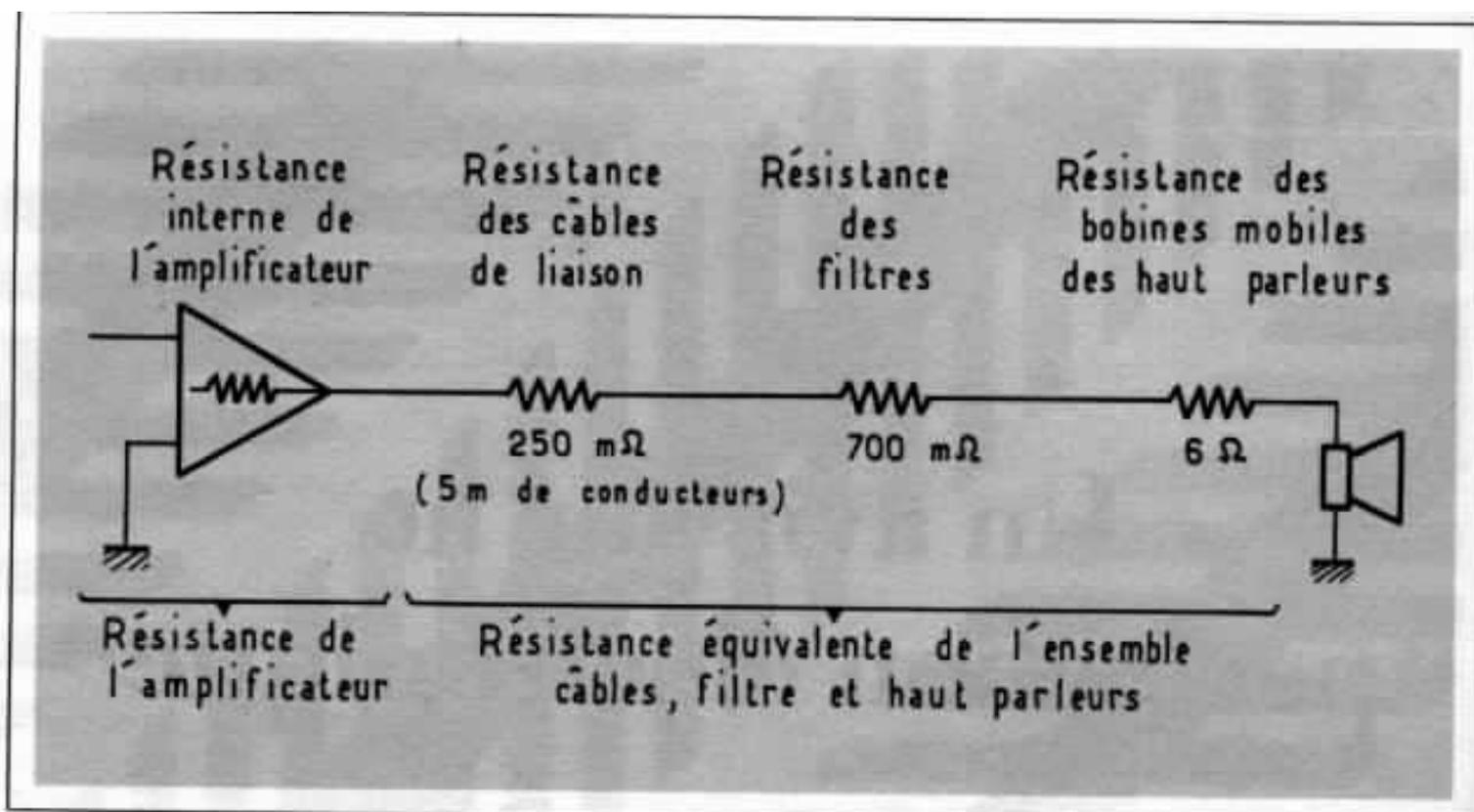
Les revues techniques spécialisées publient actuellement de nombreux articles concernant les travaux des ingénieurs dans le domaine de l'amplification basse fréquence, et de son influence sur le message musical. Ces articles très intéressants permettent aux spécialistes de confronter leurs idées et d'améliorer les maillons électroniques des chaînes de reproduction sonore.

Mais si j'en juge par les conversations entendues lors du dernier festival du son, et les articles - techniques ou para techniques - lus dans les revues, les journalistes, les publicistes, les vendeurs, et par conséquent le public ne tiennent pas compte de tous les paramètres, élaborent des démonstrations en utilisant des arguments qui, isolés ont peut être un sens mais qui dans

l'ensemble d'une chaîne de reproduction sonore perdent toute leur valeur.

DU FACTEUR D'AMORTISSEMENT...

Il y a quelques années le développement de schémas d'amplificateurs à transistors utilisant de forts taux de contre-réaction permit de diminuer les taux de dis-



	Résistance interne de l'amplificateur	Facteur* d'amortissement	Résistance équivalente	Facteur d'amortissement réel*
Ampli. A	800 mΩ	10	7Ω	1,03
Ampli. B	160 mΩ	50	7Ω	1,12
Ampli. C	80 mΩ	100	7Ω	1,13
Ampli. D	40 mΩ	200	7Ω	1,14

*tous les chiffres concernant les facteurs d'amortissement sont rapportés à 8Ω.

Fig. 1 : Comparaison entre le facteur d'amortissement de l'amplificateur et le facteur d'amortissement réel lorsque l'amplificateur est connecté, pour différents amplificateurs

torsion harmonique et apporta également une impédance de sortie très faible. Une certaine concurrence publicitaire se développa alors en faveur de facteurs d'amortissement de plus en plus élevés. La surenchère qui se déroula autour des chiffres de l'ordre de 10 à 200, ce qui correspondait à des impédances de sortie par rapport à 8 ohms de 800 m ohms à 40 m ohms, était sans objet car elle ne vaut que pour l'élément isolé. Or seul, un amplificateur ne sert à rien car outre la modulation qu'il faut lui fournir, il est relié à une enceinte acoustique par des câbles (tiens on en parlait pas encore !), et le signal électrique avant de devenir sonore, devra traverser les filtres

et la bobine mobile du haut-parleur.

Le schéma de la figure 1 n'est qu'un exemple mais il montre qu'à une variation de 10 à 200 du facteur d'amortissement de l'amplificateur correspond une variation du facteur d'amortissement réel du haut-parleur de 1,03 à 1,14...

Il faut donc toujours mettre un paramètre dans son contexte d'utilisation, sous peine de lui donner une importance alors qu'il peut être sans effet réel.

AU SLEW RATE.

Le facteur d'amortissement est passé de mode et actuellement les conversations sont ali-

mentées entre autre par la distorsion d'intermodulation transitoire résultant d'un slew rate (vitesse de variation) trop faible de l'amplificateur.

Replaçons l'amplificateur dans son contexte (figure 2 et 3) le signal qui le module provient de différentes sources qui subissent à leur fabrication des traitements électromécaniques (figure 2) et, qui sont ensuite adaptées chez l'amateur (figure 3).

La figure 2 devrait immédiatement attirer l'attention : en effet pour que notre amplificateur altère le message sonore, il faut qu'il ait des performances inférieures à toute la chaîne électronique complexe composée d'amplificateurs, de correcteurs,

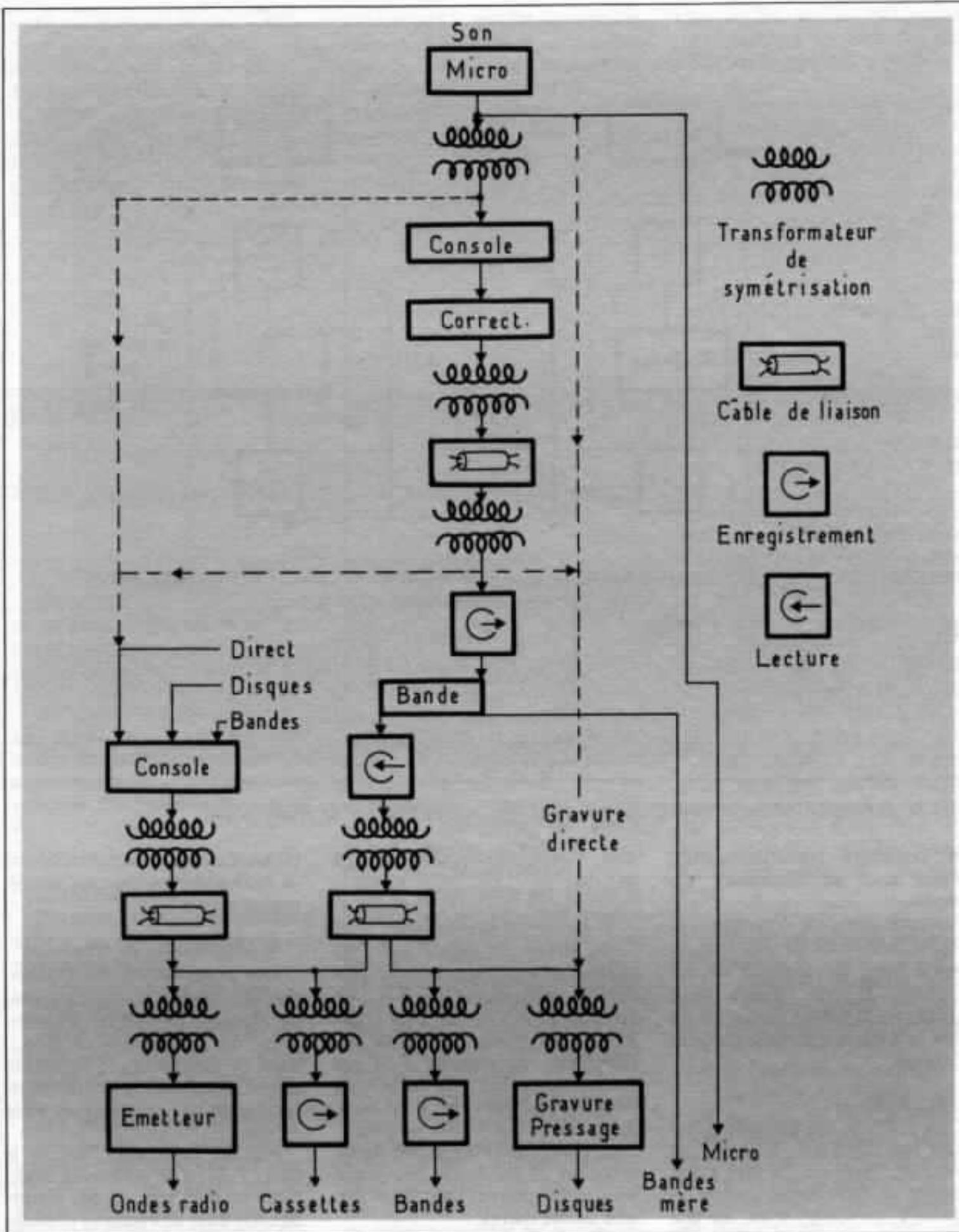


Fig. 2 : Processus de fabrication des sources disponibles pour moduler une chaîne haute fidélité

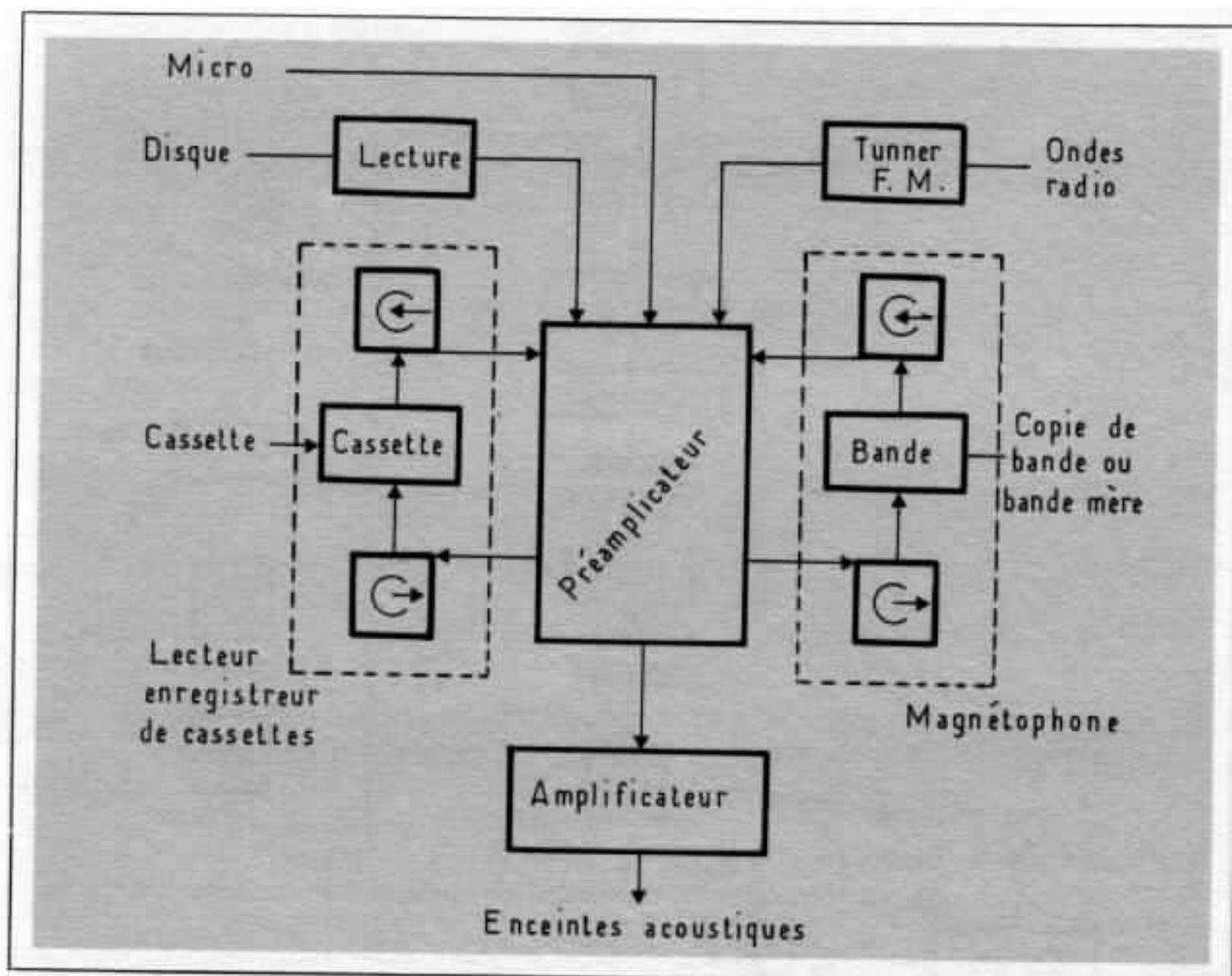


Fig. 3 : préamplificateur et amplificateur et ses différentes sources de modulation.

de multiples transformateurs, utilisé dans la fabrication du «son»

Essayons donc de déterminer la valeur maximum de slew rate du signal issue de chacune de ces sources, de ces valeurs nous déduisons la valeur minimum du slew rate nécessaire pour l'amplificateur.

1) Le disque

La synthèse des mesures effectuée par différents laboratoires fait état, pour les disques ayant le plus de dynamique (même en gravure directe), d'un niveau maximum de gravure de 30 cm/s dans la zone 800-8000 Hz ; ce qui donne à la sortie d'un préamplificateur RIAA, pour 500 mV eff,

une vitesse maximale de 10 mV/ μ s.

2) La bande magnétique

La vitesse du signal que l'on obtient en modulant la bande au niveau maximum de flux est environ 15 mV/ μ s. Si l'on enregistre à un niveau plus faible (au détriment du rapport S/B on atteint des valeurs de 40 mV/ μ s dans les meilleurs cas, il est utile de noter que le signal provient d'un générateur, le résultat serait inférieur si le signal provenait d'un microphone. (30mV/ μ s sur une bande mère).

3) La cassette

Je n'ai pas effectué d'essais sur les cassettes mais les résultats

seraient de toute façon inférieurs à ceux obtenus avec un magnétophone.

4) Modulation de fréquence

Les programmes en modulation de fréquence sont composés de disques, de bandes magnétiques, ou de concerts en direct, dans ce dernier cas la limitation provient des microphones, transformateurs et consoles de prise de son.

Notons cependant que si le tuner F.M. a de mauvaises rejections on peut trouver des perturbations dues aux bandes latérales en stéréo. Ces perturbations restent inférieures à 40 mV/ μ s et de toute façon n'apparaissent pas sur les bons appareils.

La modulation la plus «difficile» pour l'amplificateur est celle provenant de la lecture d'une bande mère sur un magnétophone $30\text{mV}/\mu\text{s}$ pour 500 mV eff., ce qui impose pour un amplificateur délivrant 100 W pour 8 ohms une vitesse du signal de :

$$\frac{dV_s}{dt} = \frac{V_P \cdot R}{V_e} \frac{dV_e}{dt}$$

$$\frac{dV_s}{dt} = \frac{V_{100.8}}{0,5} \cdot \frac{30 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}} = 1,69\text{ V}/\mu\text{s}$$

ceci correspond à un signal plein niveau de :

$$f = \frac{dV_s}{dt} \cdot \frac{1}{2\pi V_s \sqrt{2}} = 6750\text{ Hz}$$

Si l'on prend un coefficient de sécurité de 5 cela entraîne une bande passante de 35 kHz environ une vitesse du signal de $8,8\text{ V}/\mu\text{s}$.

Ce chiffre nous donne un coefficient de sécurité supérieur à 10 pour les disques, cassettes et copie de bande ... nous sommes très loin des polémiques actuelles.

COMMENTAIRES

Ces deux exemples m'amènent à faire des commentaires sur les points suivants :

- L'amplificateur est bon
- Les tests subjectifs
- Relations entre la théorie et l'expérience
- Les revues techniques

1) L'amplificateur est bon

Les paramètres électroniques traités actuellement par les chercheurs et les ingénieurs ont une valeur réelle pour assainir des montages et pour orienter la philosophie des schémas, ils n'influent pas de façon notable sur la qualité de la reproduction

sonore, car la qualité des sources (disque, bande, F.M. ...) d'une part, les constantes mécaniques d'entrée (cellule bras) et de sortie (haut-parleurs) d'autre part, me semblent devoir masquer les principaux défauts de l'amplificateur.

Alors doit-on encore améliorer les amplificateurs sans que cela semble seulement être un plaisir intellectuel de technicien ?

Je pense que la réponse doit être positive car les laboratoires ont encore des problèmes ardues à résoudre

- l'optimisation de la fiabilité, du rendement, du rapport qualité prix;
- la simplification des schémas, et de la réalisation;
- la suppression des réglages en usine;
- l'augmentation de l'immunité aux parasites H.F. et secteur;
- l'amélioration de la simplicité de mise en oeuvre et d'utilisation.

2) Les tests subjectifs

Je crois que lorsque l'on entend dire : «un amplificateur sonne plus vrai qu'un autre, qu'il est musical alors que l'autre mange des sons» on devrait immédiatement poser la question suivante: «à partir de quelle source sonore effectuez vous votre test comparatif ?»

Si le programme est composé de variétés ou de «pop music» l'auditeur C (figure 4) ne peut pas parler de vérité par rapport à son écoute en D car au music hall (D) il entend des artistes «assistés» par des sonorisations qui n'ont rien à voir avec des critères de fidélité musicale.

S'il a le privilège d'accéder aux studios d'enregistrement (B), il se trompera également car les enceintes de contrôle utilisées dans ces studios ont des qualités très précises qui correspondent à ce qu'en attendent les professionnels, mais elles ne sont pas précisément neutres.

Les seules personnes qui peu-

vent parler de «vérité» sonore (curieusement ce sont des gens au jugement très «modeste») sont:

- ceux qui assistent aux concerts classiques (A) (plus particulièrement sans doute aux concerts donnés par des petites formations et dans de bonnes salles) encore faut-il qu'ils s'y rendent fréquemment pour avoir une habitude auditive;

- ceux qui jugent à l'aide de la voix parlée; en effet sans aucune éducation particulière chacun d'entre nous est habitué au timbre de la voix humaine, et détecte donc plus facilement les défauts.

«Pourtant il existe des différences à l'écoute entre les amplificateurs»

C'est sans doute exact, cependant je pense que cette différence n'est pas due à l'électronique de l'amplificateur, mais plutôt aux conditions dans lesquelles se déroule le test (niveau, surcharges, commutations, câblage...) et surtout, bien que je ne mette pas leur sincérité en doute, aux «croyances» des personnes qui participent au test.

Si les tests sont bien conduits je ne pense pas que des amplificateurs bien conçus présentent des différences à l'écoute, s'ils sont modulés par les sources habituelles (disques, bandes, F.M. ...)

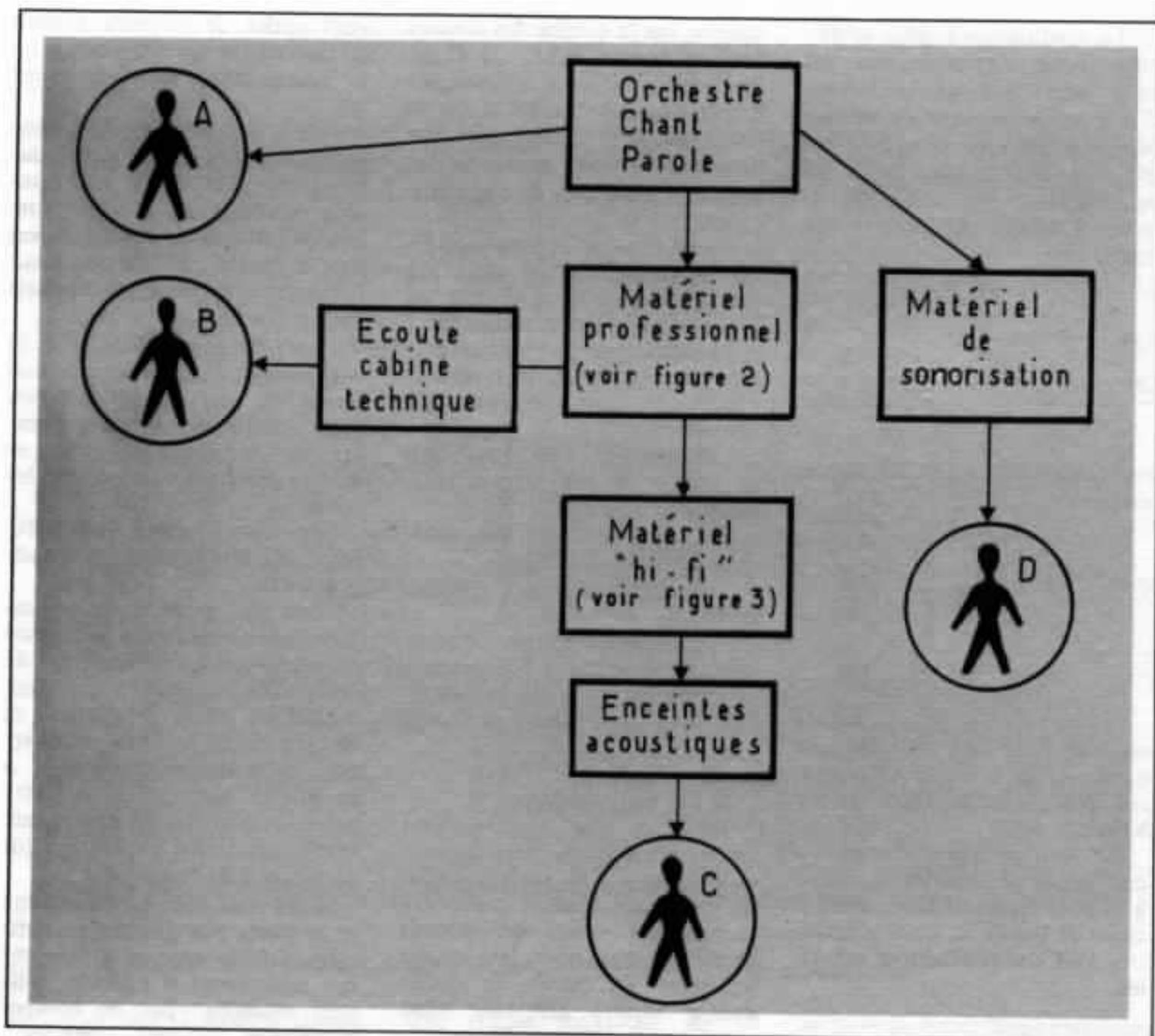
3) Relations entre la théorie et l'expérience

Le physicien Einstein notait dans «Philosopher Scientist» deux paramètres qui déterminent une théorie scientifique :

- a) la confirmation externe
- b) la perfection interne

A propos de nos amplificateurs, la confirmation externe viendrait des écoutes subjectives, la perfection interne serait la démonstration mathématique ... ou une explication scientifique du phénomène.

Nous avons le premier paramètre (avec des restrictions) nous



*Fig. 4 : Conditions d'écoute du message audio
 A dans une salle de concert (sans sonorisation)
 B dans une cabine technique
 C dans un appartement ou un auditorium
 D dans une salle de concert (avec sonorisation)*

semblons être en possession du second paramètre grâce aux démonstrations et aux mesures concernant le slew rate.

Hélas ce second paramètre n'est pas en relation avec le premier car toutes ces mesures sont effectuées avec des signaux bien plus rapides que les sons.

4) Des revues techniques

Certains journalistes techni-

ques ou scientifiques écrivant actuellement dans les revues consacrées au son ont, il me semble, quelques travers.

a) en présence d'une théorie ou de mesures faites grâce à des appareils très perfectionnés qui mettent en évidence des différences ils déduisent (un peu hâtivement):

- si c'est mesuré cela doit

s'entendre.

Exemples :- Les travaux de M. Ottala sur des méthodes de mesure qui confirment la théorie sur le slew rate.

Ces travaux sont très intéressants mais ils n'établissent pas une relation certaine entre l'écoute et les mesures (complexes d'ailleurs). Je ne crois donc pas que le fait que l'on trouve des différences grâce à ce

type de mesures implique que l'on retrouve des différences audibles.

-Les travaux de laboratoires japonais sur la distorsion apportée par les éléments passifs.

Grâce à la mise en oeuvre d'appareillages sophistiqués, on a détecté une distorsion par harmonique 3 de 0,00005 % apportée par un condensateur ... sans doute, mais cela n'implique pas qu'utilisant un message sur une bande magnétique ayant une distorsion par harmonique 3 de 0,5 % je trouve une différence entre deux amplificateurs si l'on change ce condensateur sur l'un deux.

b) en présence d'un appareil apportant des solutions techniques à des problèmes signalés en (a) ils arrivent invariablement à la conclusion que cet appareil est meilleur que les autres.

Exemple : un amplificateur qui a sa résistance de contre-réaction découplée par un condensateur chimique X (allemand) en parallèle avec un condensateur au polystyrène Y (anglais) et un condensateur au mica Z (japonais) a un médium «plus incisif» est ce bien certain?

c) en présence de différence audible, ils utilisent des théories

«à la mode» pour étayer leur démonstration sans avoir auparavant éliminé les éléments aléatoires de la comparaison (préjugé de l'auditeur, niveau d'écoute ...)

Exemples : -Un amplificateur «manque de détails» c'est l'alimentation qui est en cause, évidemment il n'y a même pas de condensateur au papier en parallèle sur le condensateur chimique

-«L'aigu n'est pas précis», ce sont les cordons d'alimentation... c'est vrai qu'il ne faut pas relier les enceintes acoustiques avec n'importe quoi mais de là en arriver à mettre les amplificateurs près des enceintes en imposant au préamplificateur la charge capacitive d'un câble coaxial d'une dizaine de mètres ! et évidemment retombant dans le travers cité en (b) ce pauvre amplificateur est doté d'une définition «hyperréaliste»

Pour conclure sur les revues techniques je dirai ceci :

- si j'admets qu'il y ait une différence à l'écoute entre deux amplificateurs (sans préjuger des causes), j'admets moins que l'amplificateur «hyperdéfini» écrase celui «superdéfini» qui était testé le mois précédent, - mais où je ne suis plus **du tout d'accord** c'est quand quelques

pages plus loin je lis à propos de l'essai d'un excellent lecteur enregistreur de cassette : «il n'y a pratiquement pas de différence audible entre le direct-bande» lors de la copie de disques.

Soyons sérieux : s'il y a très peu de différences audibles entre le «direct-bande» d'un lecteur de cassettes (ce que je crois volontiers), par quel mauvais coup du sort lors du test comparatif entre deux amplificateurs de haut de gamme l'un serait-il «hyperréaliste» et l'autre «mangeur de sons»

Je crois sincèrement que l'on dessert la haute fidélité en laissant se développer ce type de réflexions.

Bien qu'ayant participé au débat en écrivant cet article je pense que le problème de l'existence ou non de différences audibles entre deux amplificateurs restera mineur, tant que l'on n'aura pas réduit les défauts des enceintes acoustiques et de leur adaptation au local d'écoute, au même ordre de grandeurs que ceux des amplificateurs, mais il me semblait utile d'attirer l'attention du lecteur sur le caractère «mystique» de certaines modes actuelles alors qu'un raisonnement simple permet d'avoir une vue plus réaliste des problèmes.

**Page non
disponible**

La chronique subjective par Amadeus

Nous voici arrivés au dernier maillon de la chaîne : l'enceinte acoustique. Jugée habituellement comme l'élément le plus critique d'un ensemble de reproduction, elle a été l'objet depuis son origine d'études innombrables, d'un nombre incalculable d'inventions, de brevets, de «révolutions technologiques», de «coup de théâtre dans la reproduction sonore», de «vous n'avez jamais entendu cela», etc.

Disons tout de suite que je partage pas tout à fait ces points de vue.

QUELQUES IDEES TOUTES FAITES

Commençons donc, si vous le voulez bien, par détruire certains à-priori sur le sujet.

Premièrement, je ne pense pas personnellement que l'enceinte acoustique soit l'élément essentiel d'un système de reproduction sonore de qualité... Bada-boum !!!!... Un monde de vieilles idées s'écroule !... Et pourtant

l'explication me paraît simple : les distorsions, déformations, résonances, non-linéarités, irrégularités dans la dispersion, dont nos enceintes habituelles sont, hélas, toujours amplement pourvues, semblent être d'une nature moins gênante pour l'oreille que celles provenant de l'électronique, toujours très artificielles, où des erreurs de lecture, beaucoup plus agressives. Une enceinte quelconque mais bien alimentée sera tou-

jours beaucoup plus supportable qu'une excellente chargée par un mauvais amplificateur.

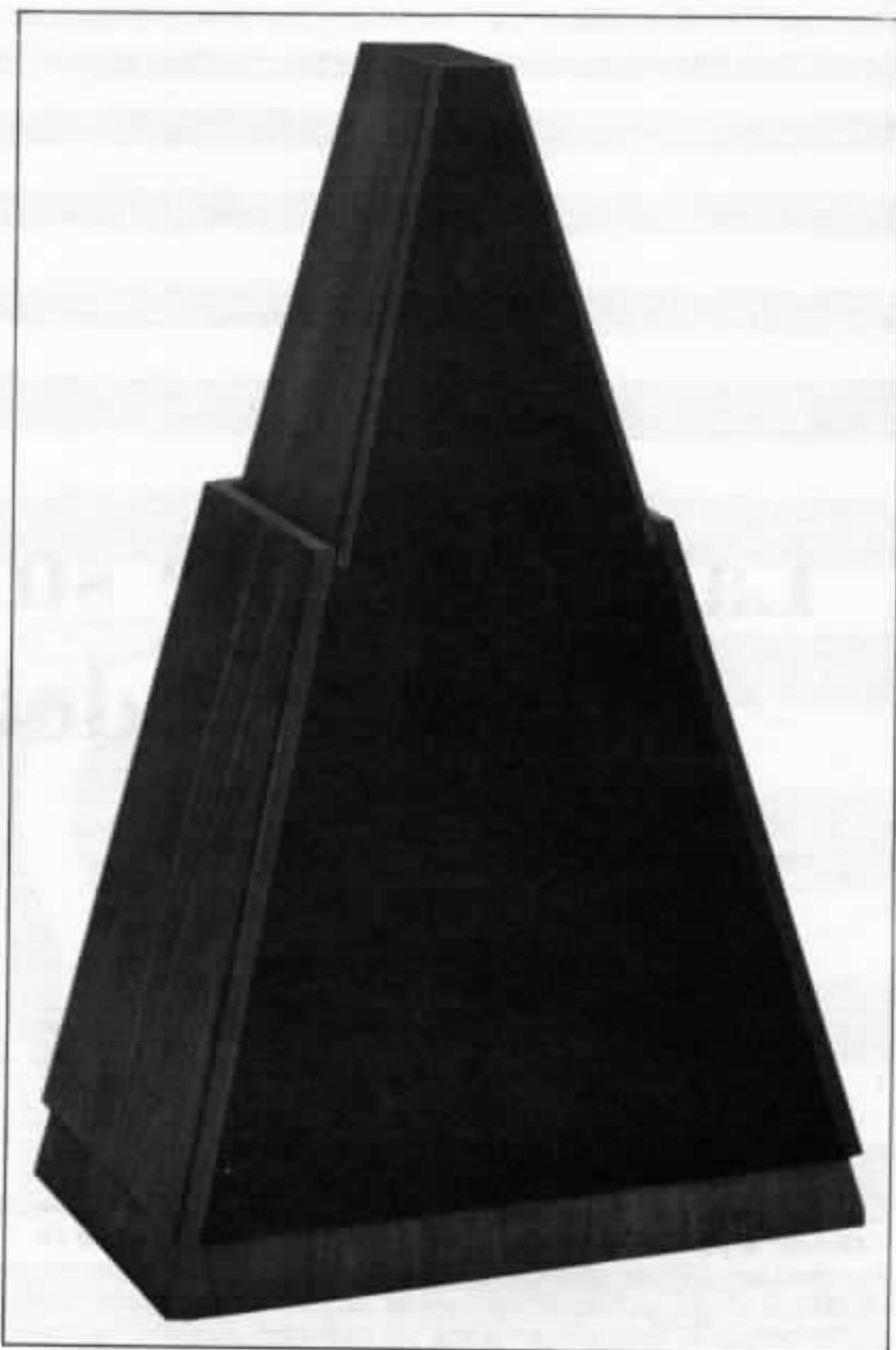
Tout se passe comme si notre cerveau était habitué à corriger des anomalies de type acoustique (différences de local, saturations, résonances, interférences, etc...) beaucoup plus que celles provenant de l'électronique, totalement non-naturelles.

Deuxièmement, je ne trouve pas pour ma part que les encein-

tes acoustiques aient beaucoup progressé. Les plus intéressantes que je connaisse ont été inventées il y a plusieurs dizaines d'années et certaines réalisations les plus réussies d'il y a vingt ans ne sont toujours pas dépassées... Rebadaboum !!!... Un exemple célèbre : le QUAD, considéré encore par la plupart des experts comme non surpassé dans sa catégorie. Alors, attention aux innombrables «grandes révolutions». Méfiance !...

Troisièmement, bien peu de concepteurs d'enceintes me paraissent réellement sérieux. Vlan !!... Tous, ou presque, semblent en effet ignorer qu'un signal musical est caractérisé, à un instant donné, par son amplitude et sa phase, tout simplement. A coup de corrections multiples, tous, ont créé des enceintes presque parfaites en amplitude. Seules quelques recherches récentes ont porté sur la phase. Pratiquement aucune sur l'ensemble.

C'est bien pourtant aux distorsions de temps plutôt qu'aux distorsions d'amplitude que l'oreille est sensible. Si vous mettez un mouchoir devant votre bouche pour parler, la courbe de réponse du signal émis aura été sérieusement altérée. Pourtant, tout le monde continuera à reconnaître que votre voix est naturelle et ne sort pas d'un haut parleur. Alors !? Pourquoi les soi-disant scientifiques qui étudient à la sueur de leur front nos superbes systèmes de haut-parleurs domestiques continuent-ils à ne penser qu'à la courbe de réponse ? Saluons quand même en passant ELIPSON qui fut une des premières firmes à travailler les réponses en phase. Mais tout ou presque reste à faire. Seuls à ma connaissance deux ou trois constructeurs étudient leurs enceintes principalement en réponse impulsionnelle. C'est pourtant la solution évidente.



Métronome

QUELQUES POINTS IMPORTANTS

Ces mises au point étant faites, nous allons passer en revue quelques uns des points importants à connaître pour savoir évaluer une enceinte acoustique.

- **Le rendement**

Les partisans d'un rendement

élevé me paraissent avoir un avantage décisif sur les défenseurs du bas rendement, c'est qu'ils crient plus fort. Evidemment !... Les amplificateurs étant ce qu'ils sont (ou plutôt ce qu'ils ne sont pas) il paraît plus logique, à résultat et prix égal, de construire des systèmes qui se contentent de 25 W que des goinfres à watts qui en demanderont 500 pour faire le

même bruit (pardon ! la même musique...). Par contre, je ne pense pas, comme certains, que haut rendement signifie forcément meilleure réponse dynamique. L'enceinte acoustique à haut-parleurs traditionnels la plus dynamique que je connaisse est, en effet, une des plus inefficaces qui soit (c'est la METRONOME de Dick Sequerra).

Il ne faut pas non plus confondre rendement et niveau acoustique maximum. Je connais quelques enceintes acoustiques à très bas rendement capables d'atteindre en toute tranquillité des niveaux sonores faramineux (110 à 115 dB) dont seuls certains monstres (dans tous les sens du mot) à très haut rendement paraissent habituellement capables (par exemple : les DAYTON WRIGHT, les METRONOME, ou même les AUDIENCE). Evidemment, il faut des watts. Trop, à mon avis. Mais le résultat est là.

Cela dit, l'idéal serait une enceinte à rendement suffisant pour se contenter d'un ampli de 25 W, capable d'une très grande qualité de restitution de la dynamique, et capable d'atteindre sans broncher des niveaux de l'ordre de 110 dB. Le tout, bien sûr avec une qualité de réponse en amplitude et en phase irréprochable. Le rêve !... Hélas, cela n'existe pas, ou pas encore. Les ONKEN, peut-être ?!!...

• L'image stéréo

La largeur, la profondeur, la localisation précise des instruments ou des chanteurs, la fixité de ces emplacements (quand la prise de son est correcte) sont autant d'éléments de la qualité globale de restitution que l'on regroupe habituellement sous le nom d'image stéréo.

Essentielle à l'illusion de la réalité, l'image stéréo est le point faible des grandes enceintes, particulièrement des électrostatiques. Les petites enceintes, qui possèdent une meilleure dispersion,



Audience

étant par contre très favorisées sur ce point, les fabricants ont eu l'idée de coupler deux petits satellites facilement logeables avec un caisson central pour les fréquences basses (FRIED H, AUDIOANALYSE, 3A, JR, ROGERS...)... Pendant ce temps, les fanatiques de l'enceinte traditionnelle monobloc faisaient des progrès. Avec les dipôles (DAHLQUIST), les formes en pointe (METRONOME) les pro-

files aérodynamiques (ELIPSON, AUDIENCE), les dispositions astucieuses et symétriques des haut-parleurs (FRIED R), quelques grandes enceintes s'avéraient également capables d'une bonne restitution de l'image. Enfin, même les électrostatiques, ont, ces dernières années, amélioré leur restitution sur ce point (DAYTON WRIGHT en sphère, BEVERIDGE en cylindre).

• La restitution des graves

De l'enceinte monstrueuse à la mini-enceinte asservie, suivies du désormais sempiternel (hélas) subwoofer, les constructeurs ont tout essayé, tout vanté, tout inventé, tout construit et, à mon avis, tout raté.

Par la simple ignorance de quelques lois toutes simples de physique élémentaire, ils ont construit des mythes comme le «grave sec», confondu l'ampleur du haut grave (boum-boum !) avec la simple restitution même à faible niveau du sous grave, fait planer l'illusion qu'un «truc» génial rendrait possible la restitution par une mini-enceinte du 16 pieds de l'orgue «comme si on y était», alors qu'un simple calcul montre que pour cela le mini haut-parleur utilisé doit avoir une elongation égale à deux fois la profondeur de l'enceinte (!) ou toute autre baliverne du même genre.

En fait la construction d'une bonne enceinte de grave est simple, sans surprise et parfaitement à la portée d'un amateur. A condition bien sûr de choisir un bon haut-parleur, réalisé spécialement, de construire une enceinte de volume suffisant, avec un amortissement de 0,7 et pas de 2 ou 2,5 comme font les anglais couramment, de rigidité parfaite et à condition d'alimenter le tout avec un ampli qui descend sans traîner (très rare, contrairement à ce que vous pensez sans doute).

Oubliez s'il vous plaît les graves «secs». Si vous parvenez, en envoyant n'importe quel signal de



J R

fréquence inférieure à 100 Hz dans un système de grave, à avoir un son «sec» c'est que votre haut-parleur talonne, tout simplement. (N'est-ce pas messieurs les californiens, spécialistes du HP à talonnage automatique !). Rien n'est plus mou et plus rond qu'un signal de fréquence basse. C'est le médium (et même l'aigu) qui restitue la sécheresse d'une contrebasse ou d'une timbale, pas le grave. Par contre le traînage peut être cause de rondeur ou de mollesse pour un woofer.

Si vous voulez acheter une paire de mini-enceintes, méfiez vous de la restitution des basses. Par

simple limitation physique une petite enceinte ne peut pas restituer de fréquences très basses. La plupart des constructeurs accentuent alors l'amortissement pour obtenir une belle bosse vers les 100 Hz ce qui «fait bien» quand l'enceinte fonctionne seule. Une petite boîte qui se contenterait de restituer correctement, et à l'amortissement critique, ce qu'elle peut restituer, paraîtrait courte en grave. C'est pourtant la seule solution possible pour le couplage avec un subwoofer. Attention donc à votre choix, les meilleures mini enceintes dans le grave ne sont pas forcément les plus chères, ni les plus célèbres.

LES BONS CHOIX

Puisque j'ai décidé de vous donner mes préférences, allons jusqu'au bout. Je vais seulement essayer d'éviter le piège qui consisterait à ne vous parler que des monstres inaccessibles, évidemment passionnants, mais pas forcément à la portée de tous.

J'aurais pu par exemple vous parler du summum dans la reproduction du médium, de l'enceinte la plus belle et la plus naturelle jamais produite, la référence absolue d'après moi que constitue aujourd'hui le système BEVERIDGE.

J'aurais pu aussi vous dire qu'une paire de DAYTON WRIGHT, dotée d'une petite modification toute simple que lui appliquent désormais systématiquement tous les américains et alimentée par un ampli capable de débiter de très forts courants sur des impédances très faibles, sont inoubliables. Sans parler du tout dernier modèle, plus petit, mais encore plus fin.

J'aurais pu aussi vous répéter mon admiration pour le système HQD de MARK LEVINSON, correctement réglé (ce qui est rare), avec le nouveau tweeter à ruban de SEQUERRA (200 watts !) et éventuellement d'autres subwoofers, le tout alimenté par les illustres ampli ML2 ou par un système d'amplis spécialisés.

J'aurais pu vous décrire l'extraordinaire impression physique que peut donner la restitution du grave à très basse fréquence dont est capable un système comme le FRIED H.

J'aurais pu enfin vous dire que la référence en matière de restitution naturelle de l'espace sonore me paraît être actuellement l'enceinte AUDIENCE.

Enfin pour en terminer avec les très grands, j'aurais pu vous citer la solution simple et remarquable que constitue un système MANGNEPLANAR TID ou l'admiration que je porte à l'inaccessible système INFINITY QRS (pour moi la seconde meilleure enceinte au monde après le BEVERIDGE).

J'aurais pu... oui, mais...

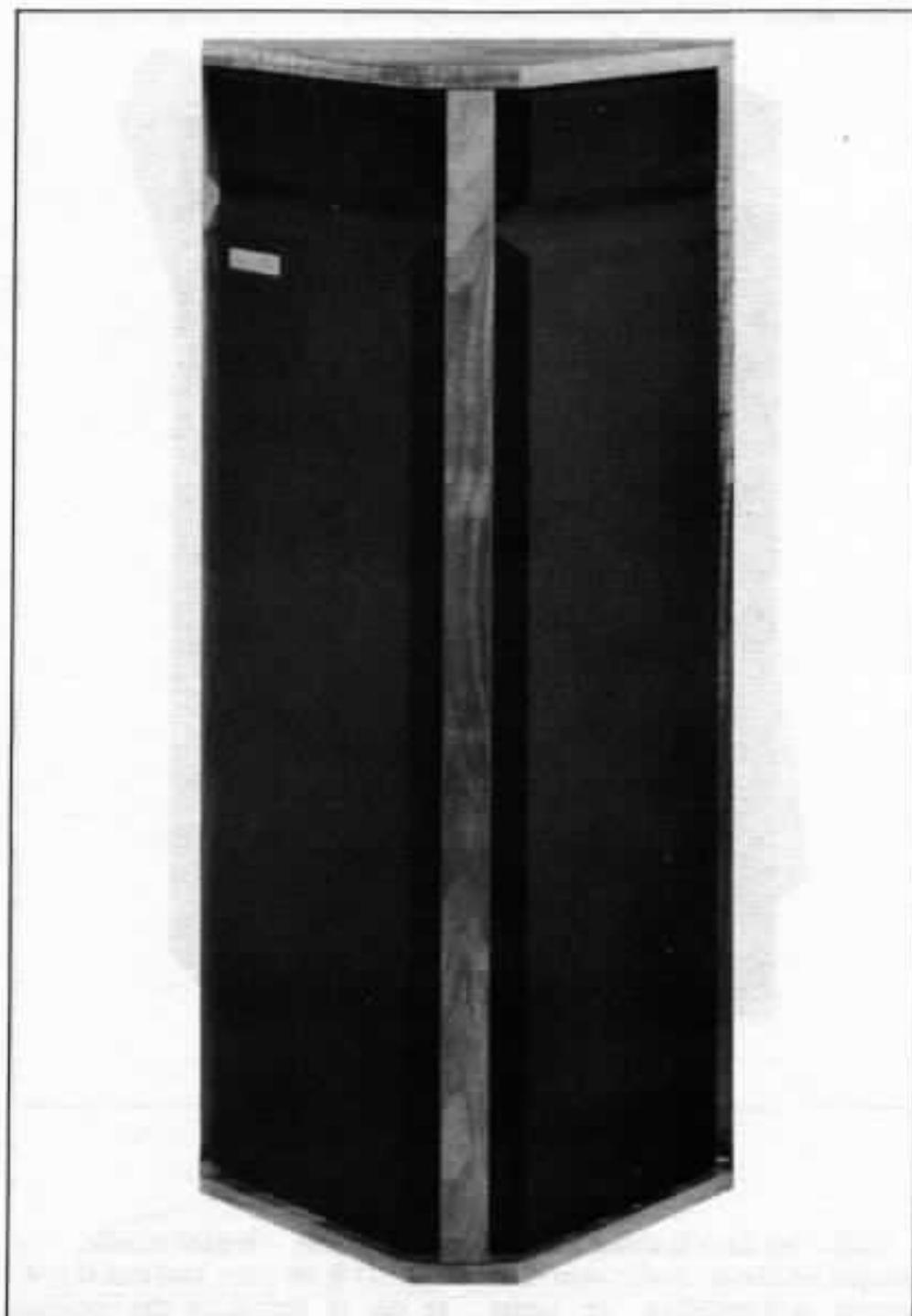
Mais voulez-vous plutôt que nous essayions ensemble de découvrir, dans l'immense production actuelle d'enceintes plus accessibles, ce qui mérite d'après moi que l'on y prête attention ?

Commençons par les plus petites.

La palme de la plus petite enceinte vraiment réussie revient sans aucun doute à la VISONIC DAVID, minuscule boîte d'où sort, à condition que l'amplificateur soit excellent, un son naturel, assez convaincant, du moins au dessus de 200 Hz.

Avec la taille supérieure, nous entrons résolument dans le domaine de la mini-enceinte traditionnelle. Si la célébrité de la fameuse BBC Monitor (ROGERS ou CHARTWELL, c'est la même chose) a poussé ses admirateurs à la couvrir de plus d'éloges qu'il n'était nécessaire, ce mini-système, extrêmement onéreux pour ce qu'il y a dedans, reste une référence en matière de résolution du médium, ceci grâce à la très grande qualité de son filtre. Dans le grave, la palme revient à la KEESONIC et à la FRIED B, beaucoup plus neutres, la KEESONIC considérée comme la plus intéressante en «rapport qualité-prix» (qu'importe ?) et la FRIED comme le complément idéal des subwoofers les plus dynamiques (qu'importe ?).

Enfin, pour moi, pour être utilisée seule (et seulement dans ce



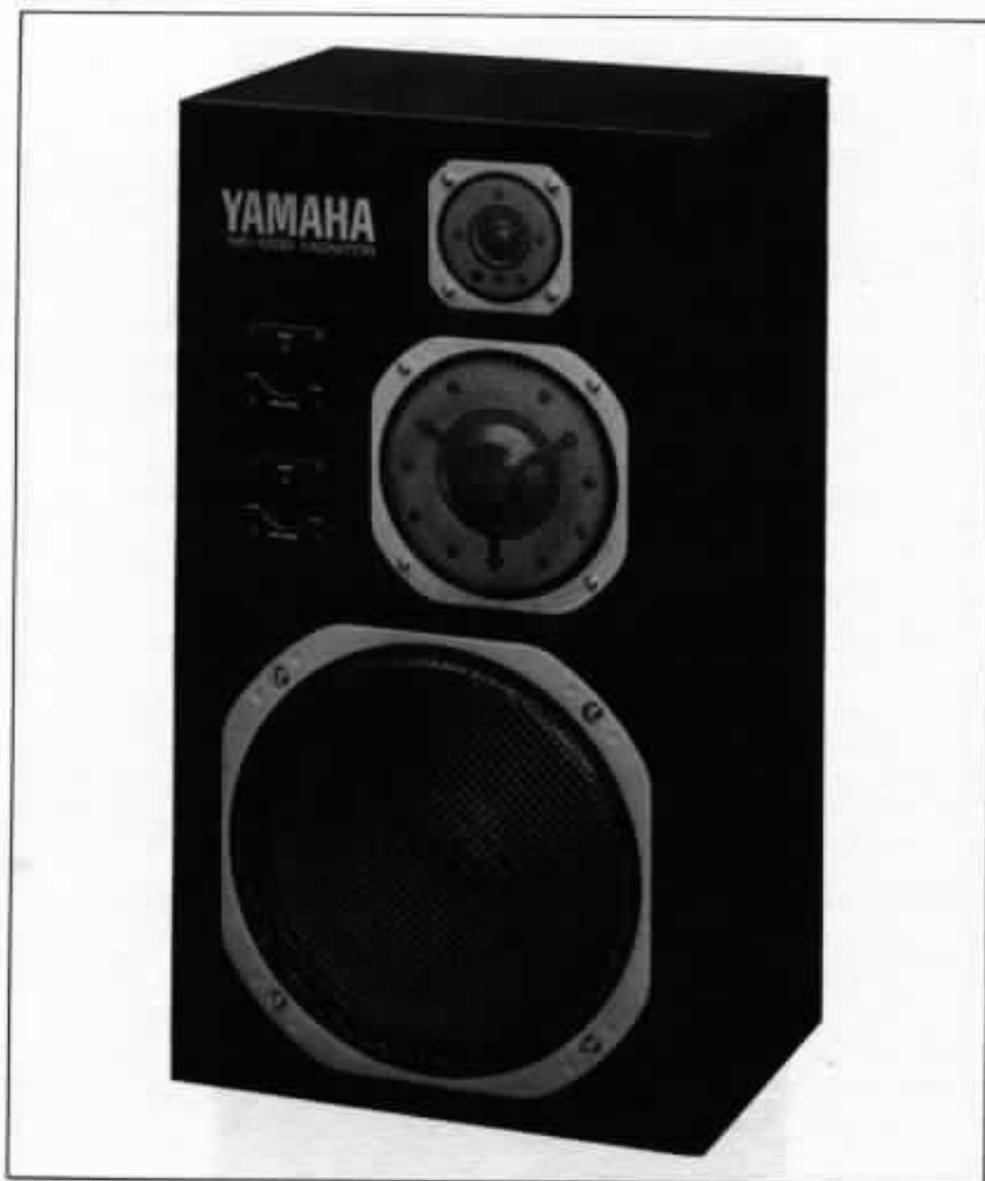
Allison

cas), le meilleur compromis actuel pour les mini-enceintes est la JR 149, la plus équilibrée, la plus vraie.

Avec les enceintes de taille légèrement supérieure, le fanion reste à la perfide Albion. Un petit peloton de belles choses, les MORDAUNT SHORT, les TANGENT (RS2 notamment), les LENTEK, les X, les Y, les Z, intéressantes chacune sur un point particulier, généralement

moyennes dans le grave mais douces et agréables dans l'aigu, émergeant au milieu d'un tas d'horreurs.

Avec les dimensions encore supérieures et le prix qui monte en même temps, la compétition s'élargit un peu. Le plus intéressant c'est que commencent à apparaître, parmi les enceintes, des modèles nettement plus dynamiques (HARBETH) ou plus transparents (SPENDOR BC1, FRIED A, par exemple).



Yamaha NS 1000 M.

Mais c'est dans la classe au dessus que les choses deviennent réellement intéressantes. Je pense même que c'est le prix que doit payer un audiophile pour sortir réellement du domaine de la minienceinte. Dans cette catégorie (entre 3500 et 5000 F pièce) se trouvent quasiment toutes les «grandes» enceintes qui sans atteindre la taille ou le prix des monstres, permettent un niveau de qualité «suffisant» pour l'usage domestique.

Le choix est, bien sûr, difficile. Chacune a ses avantages, chacune a ses inconvénients. Je retiendrai personnellement cinq modèles que j'aime particulièrement.

La plus traditionnelle, la FRIED R est pour moi une réussite par la simplicité des moyens employés (haut-parleurs KEF, beaucoup moins intéressants d'habitude), la cohérence et la profondeur de l'image obtenue, sans aucun effet inutile. L'enceinte idéale à son prix pour les amateurs de musique classique et, peut-être plus encore, de musique lyrique à cause de la très belle restitution spatiale. Un très beau compris.

Dans un genre beaucoup plus dynamique, plus brillant mais avec un équilibre non moins remarquable, je vote une motion de félicitation à la YAMAHA NS

1000, capable de niveaux très importants, très riche en détails, et... pas du tout japonaise ! On murmure dans l'Est de la France que modifiée au niveau du filtre et câblée en LEONISCHE, elle deviendrait même difficilement surpassable. Intéressant n'est-ce pas ?...

Egalement très dynamique, très claire, bien que construite de façon apparemment simple, l'ALLISON ONE me paraît mériter le pompon en matière de reproduction du médium. Eclatante de vérité. Mais pas très facile à placer.

La DAHLQUIST est plus connue. S'il n'existait pas, maintenant facilement accessible, une modification pour les rendre symétriques et pour remplacer les capacités électrochimiques du filtre, je n'aurais pas retenu ces enceintes dans ma sélection. Mais modifiées, il est vrai qu'elles deviennent très supportables et même bien agréables sur le plan de l'équilibre général, de l'aération. Même si elles demeurent insuffisantes en grave. Malgré cela, je les retiens donc, non pas parce qu'elles sont célèbres, mais parce qu'il m'est arrivé de les entendre dans des conditions exceptionnelles, notamment alimentées par les plus beaux amplis doux du marché (LUXMAN 3045 malgré le grave, THRESHOLD 400A, ou ELECTRORESEARCH pour ceux qui sont riches et patients).

Enfin, last but not least, «LE QUAD». Monstre sacré mais discret qui, après une vingtaine d'années d'existence, reste insurpassé, je le répète, pour la transparence de son registre médium et pour son équilibre général tant en douceur et en délicatesse. Et qu'on ne me dise pas que le QUAD manque de grave et d'aigu. C'est faux, ou tout du moins c'est presque impossible à détecter avec un très bon ampli (rarissime : MARK LEVINSON ML2, ELECTROCOMPANET, ...).

Enfin, montés en double paire les QUAD sortent de ce peloton des enceintes de prix moyen mais rentrent résolument dans celui des systèmes de référence. Une belle réussite pour un vieux machin (disent certains) sans prétention (disent d'autres, mais qu'importe). Mon enceinte préférée (si vous voulez mon avis !). Na !

Voilà ma petite sélection personnelle terminée. Il me reste à vous parler de ces verrues que l'on se croit obligé d'ajouter aujourd'hui à tout bout de champ aux meilleures enceintes et qui, généralement, sabotent tout le résultat : les super-tweeters et les super-woofers.

Dans les tweeters, j'en connais trois qui valent d'être entendus si vous en avez l'occasion surtout en comparaison avec ce qui était et est encore souvent la référence en la matière : le KELLY à canon (pardon, à pavillon) scié.

Le premier c'est un autre ruban, terriblement plus résistant, totalement démuné de pavillon et remarquablement construit par Dick Sequerra. Je parierais qu'il va devenir la référence des références en matière de ruban, malgré le PIONEER, également remarquable. Le second c'est le petit électrostatique distribué par Sunsey. Il a le mérite de se coupler magnifiquement bien au QUAD. Enfin, l'idéal, pas encore très domestiqué, le tweeter à plasma, ionique, à hélium, à gaz, ou toute autre méthode qui permette de mettre directement l'air en mouvement sans aucun intermédiaire. L'idéal absolu, bien sûr.

Quant au bas, rien, ou presque rien à recommander. La plupart des subwoofers du marché sont mauvais, et les tentatives pour mieux coller aux simples principes que j'évoquais au début de cette chronique sont aujourd'hui, même réussies, trop complexes ou trop chères (AUDIENCE, FUNDAMENTAL



Quad ESL

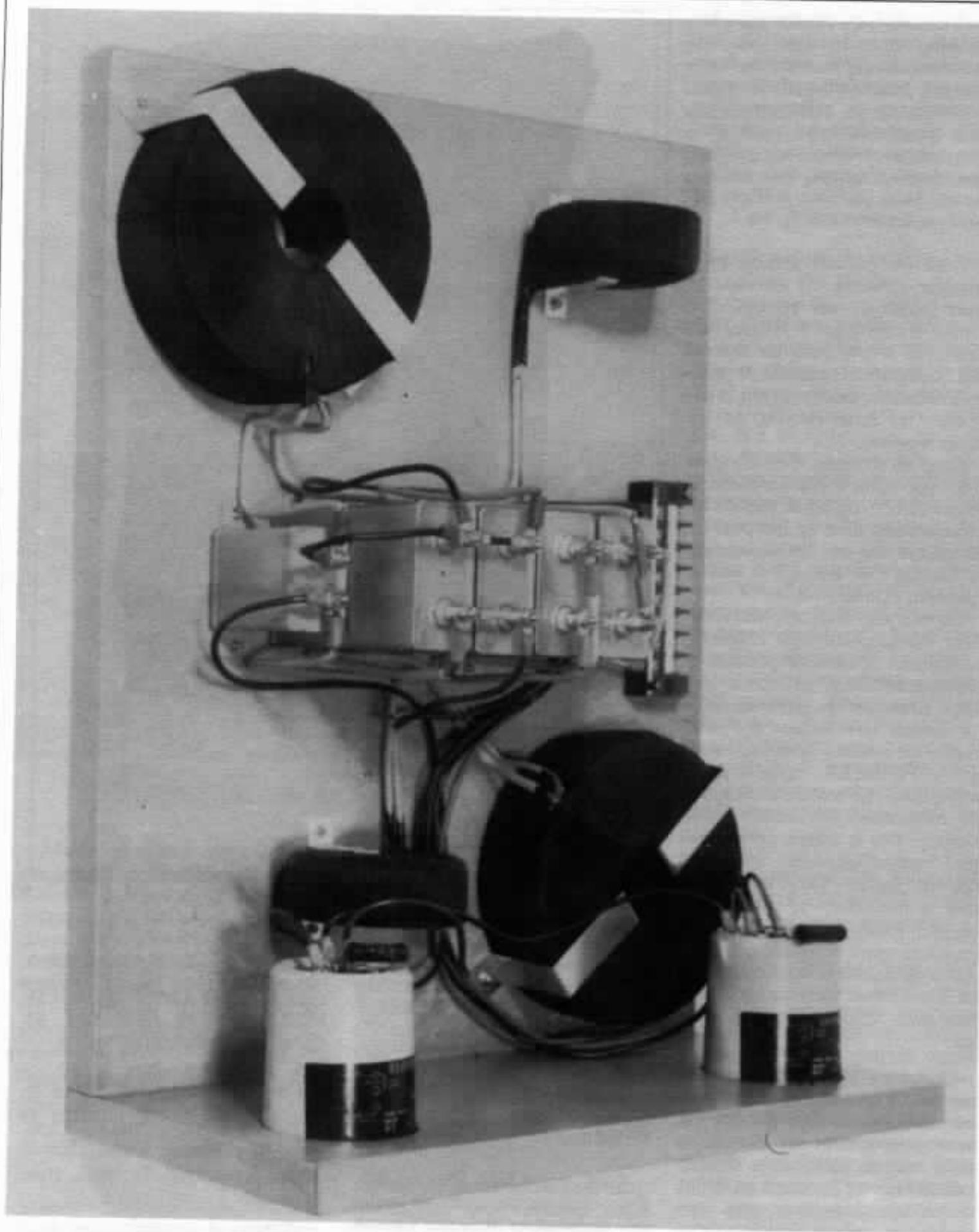
RESEARCH). Faute de quoi il est à mon avis inutile de s'encombrer de ces imposants accessoires sauf dans certains cas bien particuliers (DAHLQUIST sur DAHLQUIST, FRIED sur FRIED).

Voilà, notre petit tour est fait. J'ai oublié encore quelques systèmes inclassables mais que j'admire (les AUDIO REFERENCE, superbe réalisation maison, les

mini MAGNEPLANAR MG1 et MG2 genre de «j'ai l'air de QUAD» très musicales, etc...).

J'aurais encore voulu vous parler de tous les petits détails qui entourent la bonne utilisation d'une enceinte : câbles, socles, placement, acoustique du local, couplage avec l'amplificateur, etc...

Tout ceci sera pour une autre fois.



Filtre 3 voies Onken, utilisant des inductances à air, fil émaillé de 3,2 mm de diamètre et des condensateurs au papier de haute qualité. Poids total 32 Kg.

Filtres et enceintes acoustiques

Gilles Milot

Les éléments principaux qui composent une enceinte acoustique sont de trois types : Les haut-parleurs, le coffret et le filtre. Ce dernier élément est le plus mal connu, il est en effet invisible de l'extérieur et, une fois retiré du coffret, il se présente sous la forme d'un assemblage plus ou moins confus de bobines, de résistances et de condensateurs de formes et de types divers, qui ne renseigne guère l'amateur sur son fonctionnement réel.

En fait, le filtre est le coeur d'une enceinte acoustique bien étudiée, en lui réside tous les secrets et toute l'expérience du metteur au point. Il n'est, pour s'en convaincre, que de comparer, auditivement, plusieurs enceintes acoustiques de marques ou de types différents utilisant les mêmes haut-parleurs. Il n'y a pourtant pas de recette magique, le filtre d'une enceinte acoustique moderne peut s'étudier très rationnellement, encore faut-il lui affecter des buts précis, et se donner les moyens de les atteindre.

Un filtre ne pouvant être défini que par rapport à la nature du signal qui lui est appliqué, nous analyserons dans un premier temps les signaux électroacoustiques avant d'expliquer le fonctionnement des filtres proprement dit et leurs applications aux enceintes acoustiques.

LE SIGNAL ELECTROACOUSTIQUE

• Traitement de l'information sonore :

On sait qu'un signal acoustique est entièrement défini, à chaque instant, en un point de

l'espace sonore, par le niveau de pression qu'il exerce en ce point, sur le milieu gazeux qui constitue l'espace, soit une détermination en pression et en temps : $S_x = f(p, t)$.

La pression et le temps caractérisent entièrement l'état du signal sonore, en un point de

l'espace. Lorsqu'on dispose un microphone en ce point de l'espace (en admettant que celui-ci ne modifie pas par sa présence l'état sonore de l'espace), celui-ci doit se comporter en capteur et traduire avec le plus d'analogie possible l'information sonore en information électrique. Ainsi

l'information déterminée en pression et en temps sous sa *forme sonore* va être traduite en quantité de déplacement de membrane du microphone et en temps sous sa *forme mécanique* ($S_x = f(x,t)$). Le microphone qui se comporte comme un transformateur d'énergie mécanique en énergie électrique, va traduire l'information sous *forme électrique*, soit en tension et en temps ($S_v = f(V,t)$).

Cette présentation de l'information sous forme électrique est bien pratique car elle permet d'amplifier l'information sans trop de distorsions, or cette amplification est indispensable.

En effet, par principe même, la diffusion d'un signal sonore dans un milieu gazeux est forcément divergente. C'est à dire que la plus grande quantité de l'énergie sonore rayonnée par le haut-parleur n'est pas reçue par l'auditeur puisque l'enceinte n'est pas infiniment directive et

que le local n'est pas parfaitement réverbérant (à l'inverse de l'écoute au casque) ; d'autre part le rendement du microphone et du haut-parleur est très mauvais (quelques pourcents) et la majorité de l'énergie électrique est transformée en chaleur. Le stockage de l'information sous *forme magnétique* dans un disque ou sous *forme magnétique* sur une bande, s'effectue également avec des pertes.

On profitera donc de tout passage sous forme électrique de l'information pour lui faire subir une amplification qui lui permettra d'affronter la transformation suivante dans les meilleures conditions.

• **Analyse du signal :**

L'information sous forme électrique, mécanique ou sonore est donc déterminée respectivement en tension, en déplacement, en pression et en temps,

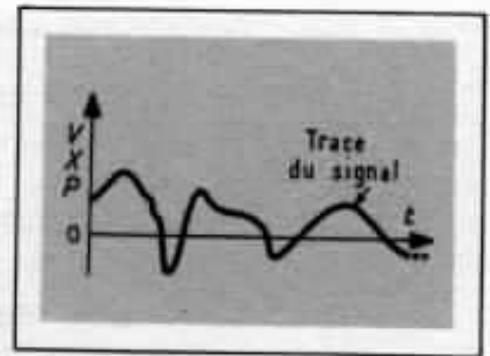


Fig. 2 : Représentation d'un signal en temps réel

c'est la représentation en temps réel.

Le mathématicien FOURIER a montré que l'on pouvait déterminer entièrement le signal par d'autres caractéristiques qu'une amplitude en fonction du temps. FOURIER a en effet établi qu'un signal quelconque pouvait être remplacé par la somme de signaux sinusoidaux purs, caractérisés chacun par une fréquence, une amplitude et une phase.

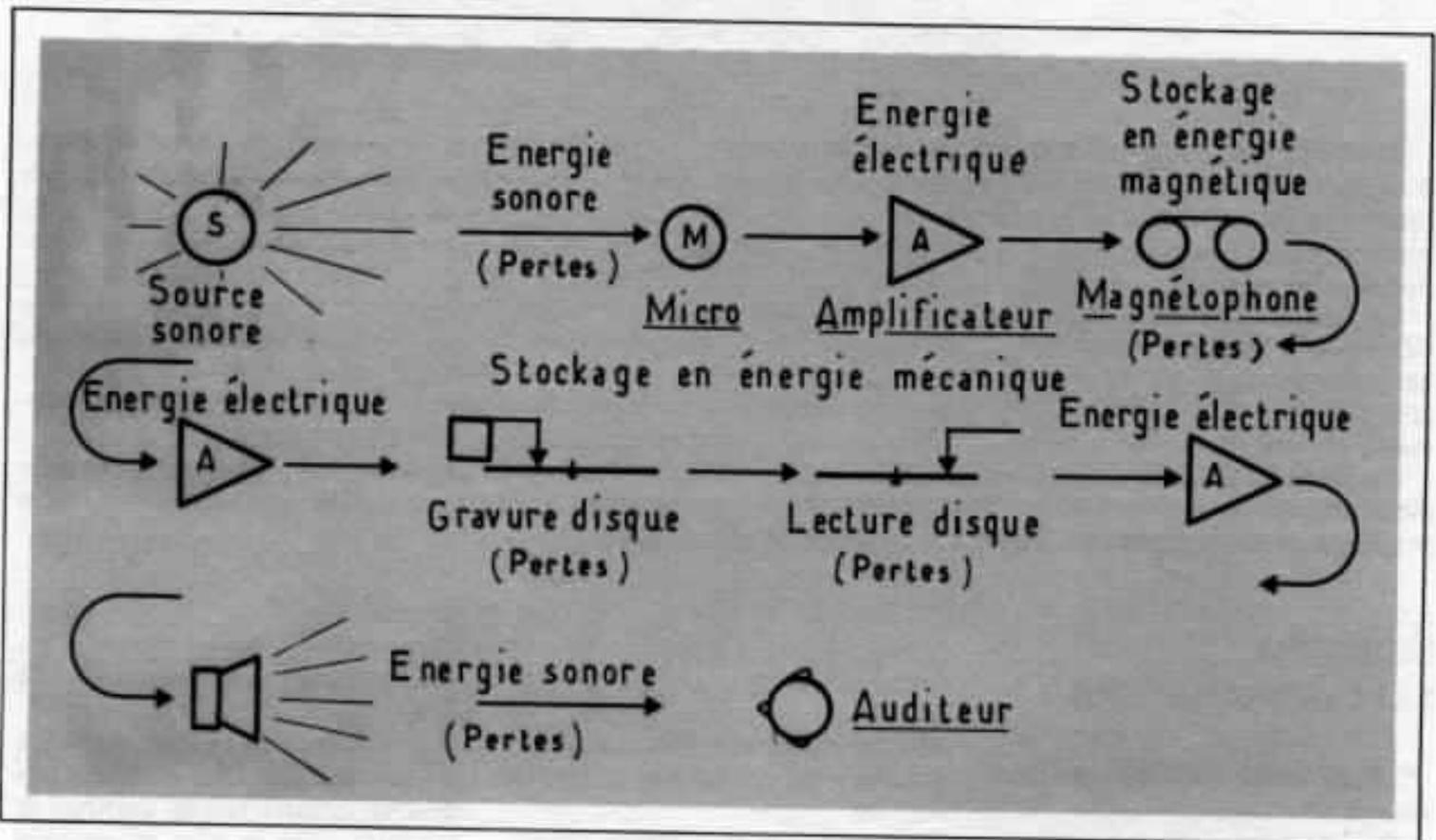


Fig. 1 : Synoptique du traitement de l'information sonore

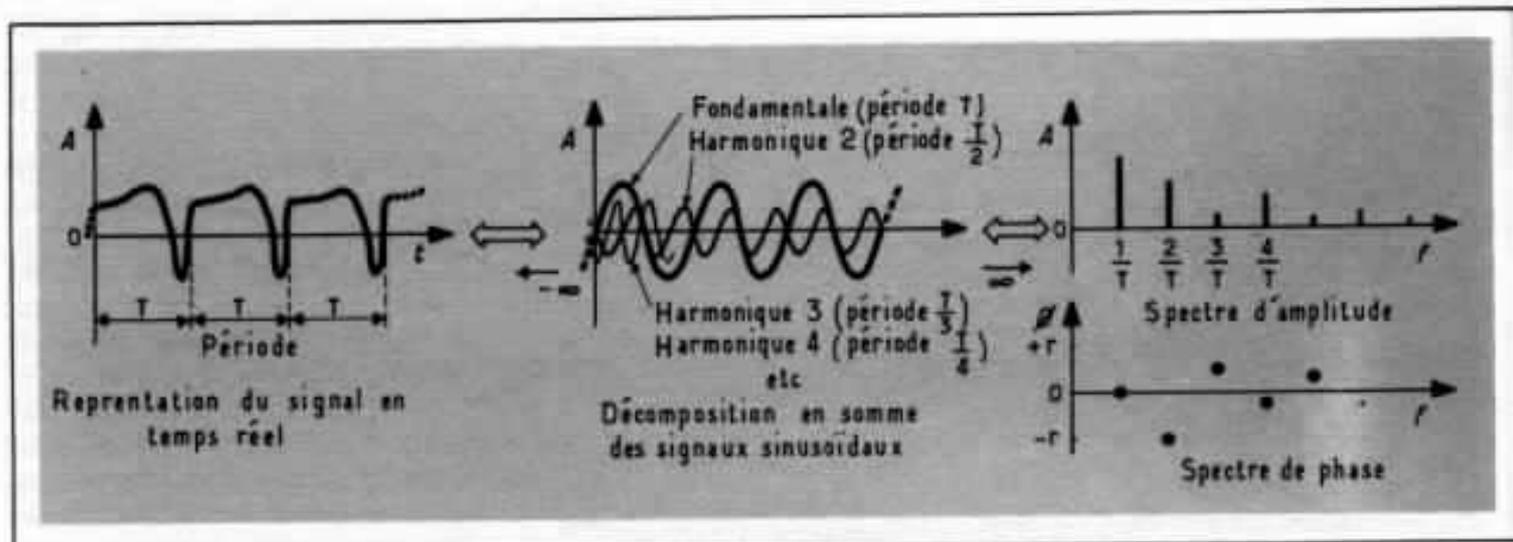


Fig. 3 : Décomposition d'un signal périodique par l'analyse de FOURIER

Si le signal est périodique les signaux sinusoïdaux sont discrets, c'est-à-dire qu'on peut les déterminer séparément (composantes spectrales : fondamentale et harmoniques) et leur somme s'effectue indéfiniment dans le temps. (cf fig 1).

Si le signal est apériodique et déterminé dans le temps (ayant un début et une fin) la somme est continue, il y a une infinité de signaux, infiniment proches les uns des autres (spectre continu), la somme a commencé à un instant donné et se poursuit indéfiniment. (cf fig 2).

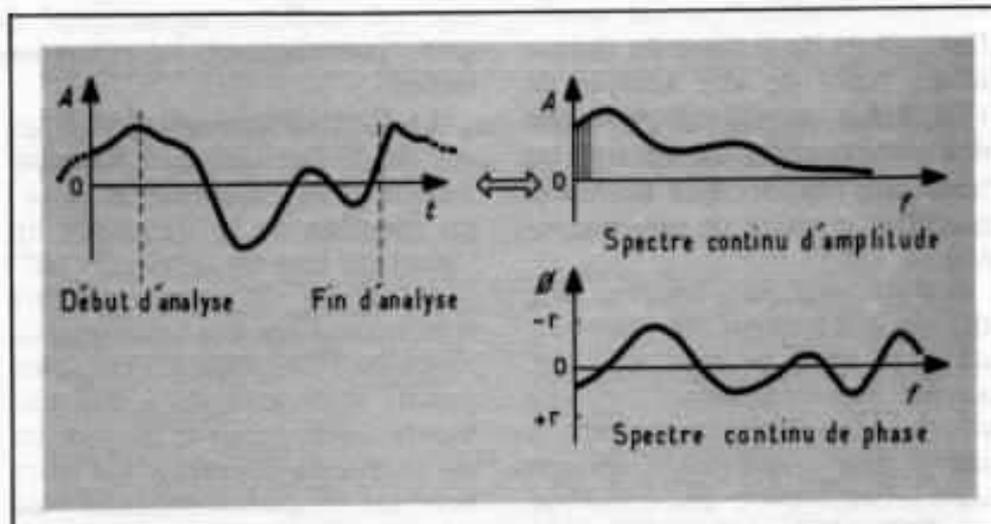


Fig. 4 : Décomposition d'un signal quelconque par l'analyse de FOURIER

• Le rôle de l'amplificateur :

Un amplificateur parfait pour ne pas déformer l'information doit, du point de vue analyse en temps réel, multiplier à chaque instant la tension qui lui est appliquée par une quantité déterminée et constante (gain) ; et du point de vue analyse de FOURIER multiplier l'amplitude de chaque composante spectrale par un gain constant, sans modifier ni la phase de ces composantes, ni leur nombre.

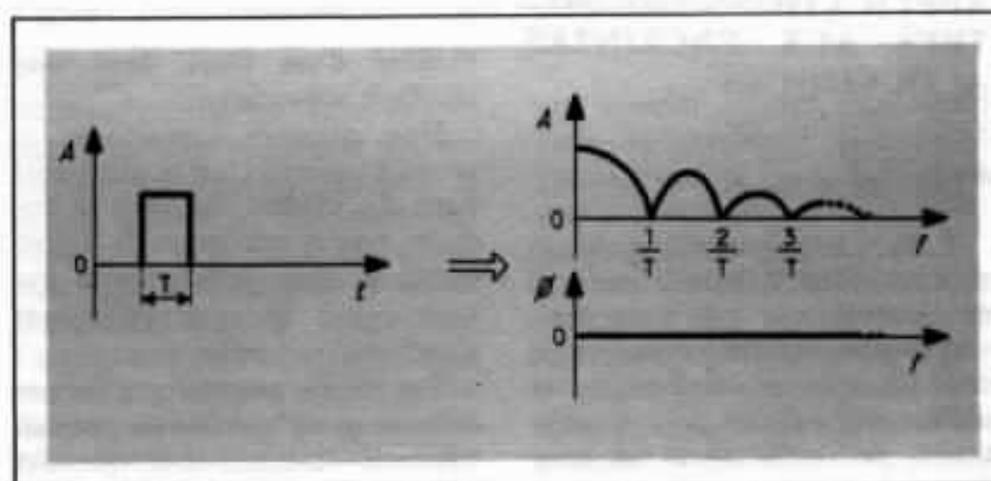


Fig. 5 : Décomposition d'une impulsion par l'analyse de FOURIER

• Le rôle du filtre :

Contrairement à l'amplifica-

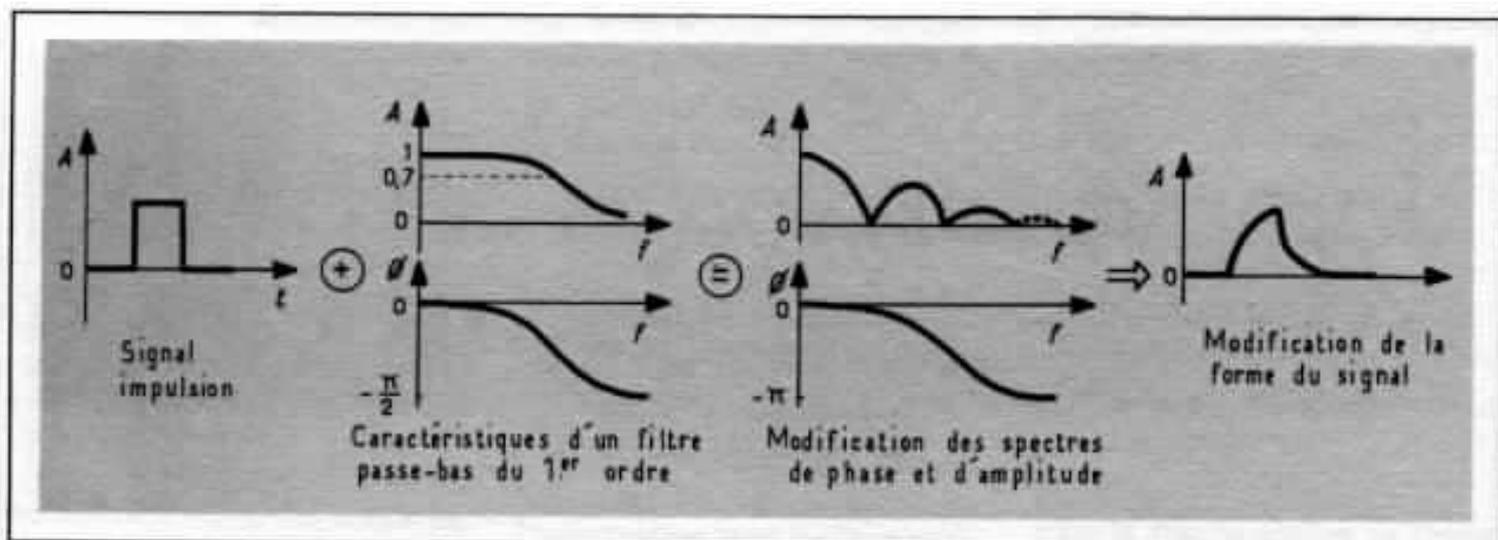


Fig. 6 : Passage d'un signal "impulsion" dans un filtre passe-bas du premier ordre

teur, le filtre doit, du point de vue analyse en temps réel, modifier l'allure de la trace du signal, et du point de vue analyse de FOURIER, modifier l'amplitude des composantes du spectre les unes par rapport aux autres et modifier la phase de ces composantes.

Inversement, on pourra donc définir exactement un filtre en déterminant sa courbe amplitude-fréquence et sa courbe phase-fréquence, car on saura déterminer pour chaque signal décomposé par l'analyse de FOURIER la modification induite par le filtre, sur les composantes du spectre.

APPLICATIONS DES FILTRES AUX ENCEINTES ACOUSTIQUES

• Principe général :

Tous circuits électriques ou électroniques linéaires peuvent être simulés par une combinaison d'éléments actifs : source de tension, source de courant, et d'éléments passifs purs : résistance, self-inductances et condensateurs.

Ainsi les transistors, lampes, transformateurs, moteurs, fil-

tres, etc... peuvent être ramenés par un «schéma équivalent» à une combinaison d'éléments connus.

Le fonctionnement d'un filtre est lié à l'existence d'éléments passifs dont l'impédance varie en fonction de la fréquence du signal qui leur est appliqué : self-inductances et condensateurs (par opposition aux résistances). Dans un filtre actif ses éléments passifs sont associés à des éléments actifs (source de tension ou source de courant). Un filtre actif est un circuit (comme tout circuit actif) dont le gain global en puissance peut être supérieur à 1. Dans un filtre passif au contraire le gain global de l'étage est toujours inférieur à 1.

•Utilité d'un filtre dans une enceinte acoustique :

Une enceinte acoustique, et tous les maillons qui la précèdent dans la chaîne doivent reproduire avec le minimum de déformations, une information qui sera reçue et interprétée par l'auditeur.

Des études physiologiques ont montré que l'homme ne pouvait ressentir et interpréter que des informations dont la composition spectrale en fréquence était limitée à une bande (dite bande

audio) de fréquence comprise en moyenne entre 20 Hz et 20000 Hz.

L'enceinte acoustique et tous les autres maillons de la chaîne doivent donc pouvoir reproduire la partie du message sonore, décomposée par l'analyse de FOURIER, correspondant aux composantes spectrales comprises entre 20 Hz et 20000 Hz environ, et ses composantes doivent être restituées à la fois *en amplitude* et *en phase*, pour définir complètement (cf analyse du signal) la partie du message interpretable par l'auditeur.

Le haut-parleur qui est l'ultime maillon doit donc obéir à ces critères, il en est malheureusement incapable, en effet, il n'existe pas de haut-parleur capable de couvrir avec un minimum de distorsions et à un niveau acoustique correcte, toute la bande de audio, sans atténuation, sans rotation de phase et sans irrégularités rédhibitoires.

Lorsqu'on ne veut utiliser qu'un seul haut-parleur dans une enceinte acoustique, on peut brancher un filtre en série avec celui-ci qui corrige la majorité de ses défauts ; en augmentant le niveau des fréquences basses et élevées, atténuées par le haut-parleur, il réduit les irrégularités de la bande passante et régularise

sa réponse globale en phase et en amplitude. On utilise dans ce cas le filtre en égaliseur de niveau.

La solution du haut-parleur unique, bien que séduisante par sa simplicité n'est pourtant pas idéale, en effet, lorsqu'on veut obtenir un niveau de pression sonore élevé, on est obligé d'utiliser un haut-parleur capable de déplacer un volume d'air important, on est donc amené, soit à utiliser un haut-parleur de grande dimension, dont la bande passante chutera d'une manière trop importante dans l'aigu, soit un haut-parleur possédant un grand débattement qui pose des problèmes de distorsions par effet Doppler, en effet lorsque la vitesse de déplacement de la membrane n'est plus négligeable devant la vitesse de son, des distorsions harmoniques et des distorsions par intermodulation entre plusieurs fréquences apparaissent. On remarque couramment cet effet lorsque situé au bord d'une route on est croisé par une automobile dont le conducteur «klaxone», la fréquence de l'avertisseur paraît plus élevée lorsque l'automobile se rapproche et moins élevée lorsqu'elle s'éloigne, cet effet augmente lorsque la vitesse du véhicule augmente:

Pour pallier les inconvénients du haut-parleur unique, on a pensé à utiliser simultanément plusieurs haut-parleurs, créés spécialement pour fonctionner avec un minimum de défauts sur une bande de fréquences limitées, la juxtaposition de ces différents haut-parleurs permet de recréer la totalité de la bande audio.

On utilise généralement trois haut-parleurs : le haut-parleur des basses fréquences (boomer), le haut-parleur des fréquences moyennes (médium) et le haut-parleur pour fréquences aiguës (tweeter).

Chacun de ces transducteurs fonctionne mal lorsqu'on l'utilise en dehors de sa plage de fré-

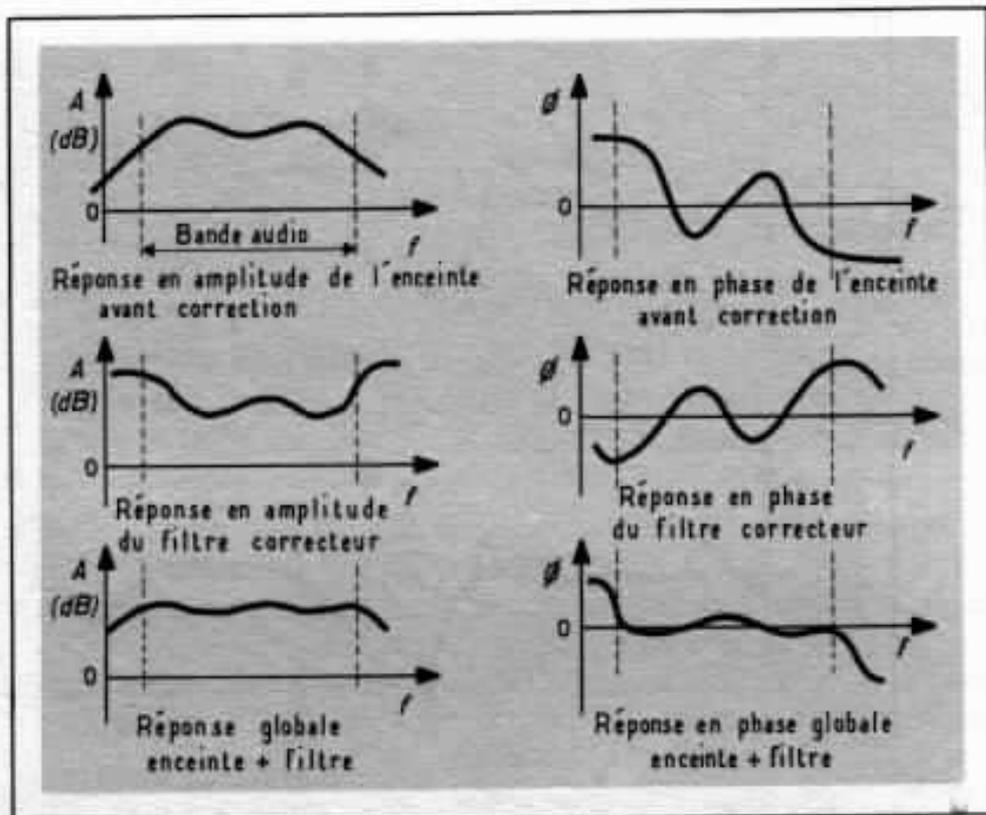


Fig. 7 : Correction en phase et amplitude d'une enceinte, équipée d'un haut-parleur large bande, par un filtre égaliseur

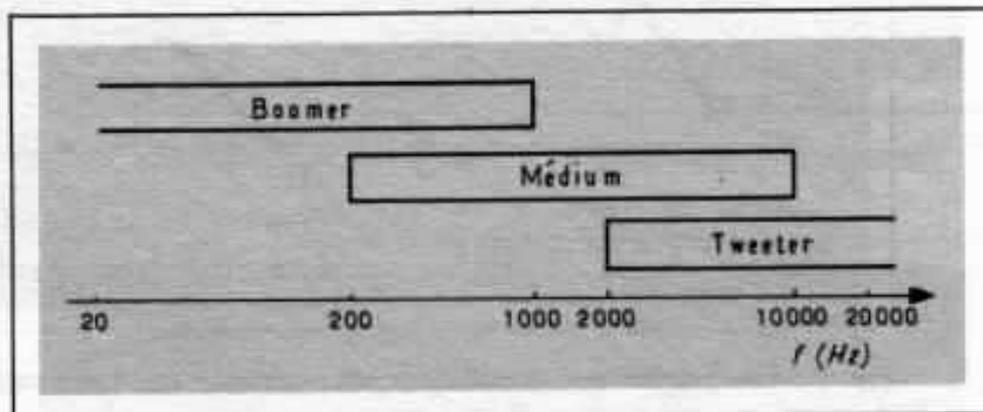


Fig. 8 : Zone limite des différents haut-parleurs

quences privilégiée, ainsi si l'on excite par des fréquences moyennes ou aiguës un haut-parleur de grave, celui-ci les reproduit avec beaucoup d'irrégularités et de trainage. Si un médium est utilisé dans les basses fréquences l'important débattement de sa membrane provoquera des distorsions audibles et il ne sera plus à même de reproduire les fréquences moyennes, un médium reproduira souvent les aigus avec irrégularité. De même

un tweeter utilisé, également dans le médium distordra le signal, son utilisation dans le grave provoquant irrémédiablement sa destruction.

Ces considérations s'entendent pour des transducteurs de conception classique. On ne peut donc pas faire simplement fonctionner simultanément les haut-parleurs sur toute la bande audio, mais on est amené à n'envoyer sur chaque haut-parleur que le type de fréquences

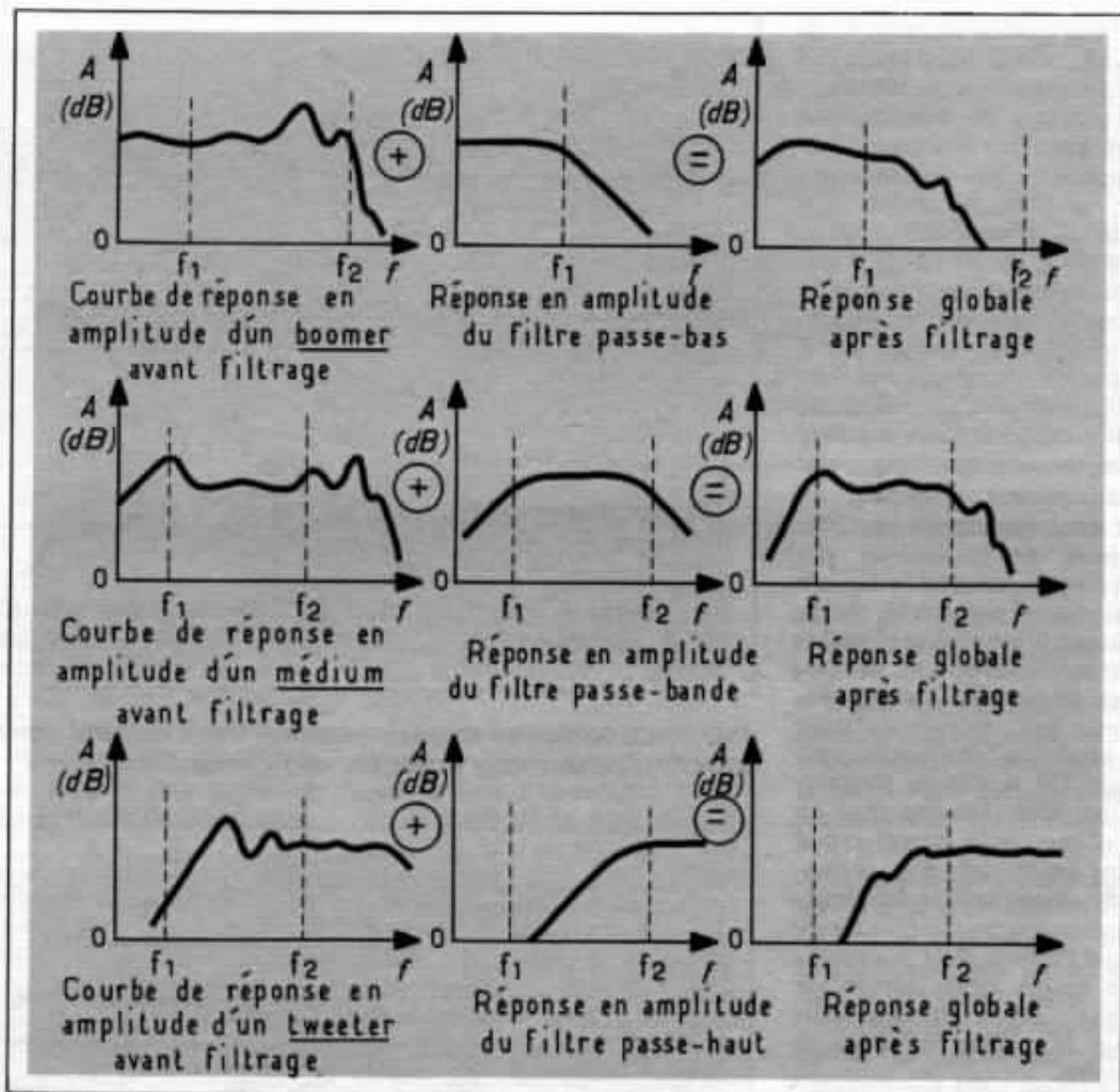


Fig. 9 : Diminution des défauts des haut-parleurs par l'action des filtres sélecteurs de bande

qu'il est à même de reproduire ; c'est le rôle du filtre sélecteur de bande. On utilise donc en série avec chaque haut-parleur un filtre qui ne « laisse passer » que les fréquences pour lesquelles le haut-parleur est prévu.

• **Filtres actifs, filtres passifs :**

On peut filtrer le signal à envoyer au haut-parleur, soit par un filtre électronique actif, soit par un filtre passif. Dans la solution avec filtre actif, on utilise un filtre et un amplificateur pour chaque haut-parleur, le filtre actif travaillant à faible niveau

sera disposé en amont de l'amplificateur. Ce système sophistiqué possède l'avantage d'attaquer chaque haut-parleur directement par un amplificateur ainsi sur une source de tension pratiquement pure (très faible impédance de sortie des amplificateurs à transistors) fonctionne électriquement dans les meilleures conditions, d'autre part, les possibilités d'élaboration et de précision d'un filtre actif sont plus étendues que celles d'un filtre passif (cf chapitre suivant). Les amplificateurs sont utilisés dans

une plage de fréquence limitée et sont ainsi peu sollicités, ils sont néanmoins chargés par l'impédance assez tourmentée du haut-parleur.

Par contre ce système a l'inconvénient d'être compliqué et coûteux puisqu'au lieu d'utiliser un amplificateur, on est obligé d'en posséder autant que de haut-parleur. L'économie réalisée au niveau du filtre passif correspond environ à la dépense concernant le filtre actif. D'autre part, les étages de filtrage actifs ne sont pas dénués de défauts électroniques (bruit et distor-

sions), mais on peut également utiliser des filtres à faible niveau entièrement passifs.

Ces systèmes se présentent généralement sous forme intégrée, les amplificateurs étant installés directement dans l'enceinte, cette solution permet d'asservir facilement le haut-parleur de grève, puisque toute l'électronique de puissance est dans l'enceinte.

Comparé au filtrage électronique et à sa multi-amplification le système passif est beaucoup plus simple, si on se contente d'un filtrage peu élaboré. Par contre, lorsque l'on veut obtenir d'excellents résultats (cf chapitres suivants) des problèmes de couplage électrique entre le haut-parleur et le filtre apparaissent, d'autre part, on ne peut pas rendre indépendant les différentes fonctions du filtre (égalisation, filtrage, adaptation d'impédance) par des étages tampons comme en électronique. Mais le système à l'avantage, si les composants sont de bonne qualité d'avoir de très faibles taux de distorsions et aucun bruit électronique, il permet également d'adapter exactement l'impédance de l'enceinte à l'impédance optimum de fonctionnement de l'amplificateur. Mais lorsque l'amplificateur distord dans une plage de fréquences (le grève le plus souvent) les distorsions s'entendent dans tous les haut-parleurs, ce qui n'est pas le cas en multi-amplification. Enfin le système est plus économique du point de vue électronique de puissance.

La meilleure solution au niveau des performances pures, consiste, sans doute à attaquer séparément chaque filtre passif par un amplificateur de puissance différent. On combine ainsi les avantages des 2 systèmes puisque lorsqu'un amplificateur distord, cette distorsion ne s'entend que sur les haut-parleurs qu'il alimente et de plus celle-ci étant refiltrée par le filtre

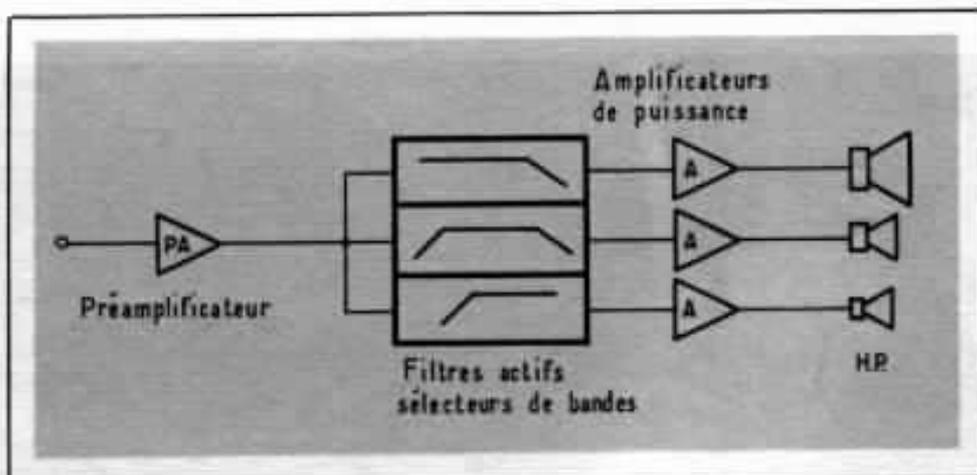


Fig. 10 : Synoptique d'utilisation d'un système multi-amplifié avec filtres actifs

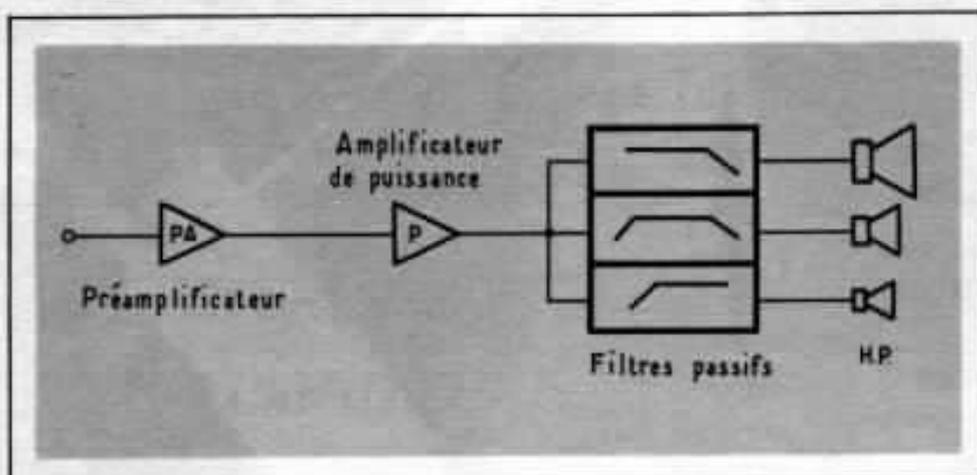


Fig. 11 : Synoptique d'utilisation d'un système à filtres passifs classiques

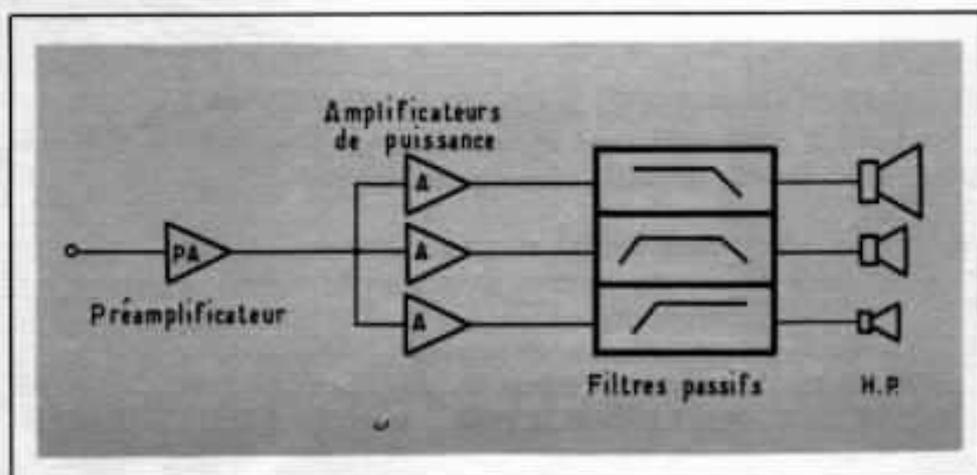


Fig. 12 : Synoptique d'utilisation d'un système à multi amplification et filtres passifs

passif, les harmoniques qu'elle engendre sont diminuées d'autant. Les défauts électroniques dus au filtrage actif sont supprimés et l'adaptation d'impédance entre l'ampli et le haut-parleur peut être

réalisée. Les amplificateurs sont tout de même plus sollicités qu'en multi-amplification puisqu'ils fonctionnent en large bande. Le système reste utilisable avec un seul amplificateur si on le désire. (A suivre)

**Page non
disponible**

Rayonnement acoustique et image sonore

Gérard Chrétien

*Le processus de la perception auditive est extrêmement élaboré. Au niveau de la prise de l'information, pratiquement huit octaves sont couvertes, la sensibilité approche les limites du bruit thermique. Cependant la perception globale s'effectue au niveau cérébral par l'intégration des diverses données recueillies par notre système binaural **.

De là, découle la perception de l'espace ou localisation spatiale. La haute fidélité dont le rôle est de tromper nos sens en restituant l'illusion de la musique vivante, doit recréer ce volume, cet univers sonore en s'affranchissant au mieux des perturbations que peut apporter le local d'écoute domestique, qui par des réflexions multiples à tendance à brouiller le message sonore original, mais qui par ailleurs apporte l'ampleur de la scène sonore; une écoute en chambre sourde n'a jamais eu beaucoup de réalité. Les concepteurs de systèmes de reproduction, principalement d'enceintes acoustiques, devront, dans les années à venir, tenir de plus en plus compte de cet aspect.

Dans cet esprit certaines idées qui ont motivé des gens comme ROY ALLISON, AMAR G. BOSE, HAROLD BEVERIDGE, sont très intéressantes. Elles aident à mieux appréhender ces phénomènes de rayonnement et de localisation qui toutefois restent encore ambigus, sans doute à cause du peu de données dont nous disposons dans le domaine de la perception.

Pour la compréhension du lecteur, nous analyserons les diverses configurations de source sonore avec les modes de propagation que celles-ci provoquent. De là nous essayerons d'analyser les différences pouvant exister entre les différents types de transducteurs, principalement dans la recréation de l'image sonore.

* Voir l'approche du subjectif n° 2, 3, 4 l'Audiophile.

1 - La source sonore

La propagation du son est un phénomène vibratoire, c'est-à-dire qu'il n'y a pas propagation de matière, mais uniquement propagation du mouvement dans un milieu élastique.

Un caillou lancé dans l'eau illustre bien le phénomène, des ondes circulaires concentriques se propagent graduellement vers le bord avec une atténuation progressive de l'amplitude.

La configuration de l'onde sonore dépendra de la nature de la source. On peut en définir trois types (fig. 1).

— *La sphère pulsante*, c'est l'idéal théorique de la source ponctuelle rayonnant dans toutes les directions toutes les fréquences; l'onde sera sphérique.

— *Le cylindre pulsant* c'est une source linéaire rayonnante dans une direction donnée (horizontalement s'il est vertical), toutes les fréquences, l'onde sera cylindrique.

— *La surface plane pulsante*, c'est l'analogue d'un piston qui génère une onde plane dont la surface d'onde est une ligne droi-

te; cela à toutes les fréquences également.

Comme on peut le constater, ces trois concepts sont théoriques. Aucun reproducteur électroacoustique ne peut être considéré comme une source quasiment parfaite correspondant à l'un de ces trois types.

Toutefois, il existe des liens de parenté, si l'on peut dire. Un panneau électrostatique fonctionnant en dipôle acoustique s'apparente avec une surface pulsante. Un dôme hémisphérique se rapproche d'une demi sphère pulsante, le plasma d'un tweeter ionique est quasiment une sphère pulsante, malheureusement, dans une bande de fréquences limitée. Quant à la source linéaire créant une onde cylindrique, quelques constructeurs ont essayé de s'en approcher : système QRS d'Infinity, et surtout le système BEVERIDGE qui semble en être assez proche. Il est à noter que, compte tenu du grand écart des longueurs d'ondes à reproduire dans le spectre audiofréquence, il est physiquement très difficile de réaliser une source unique rayonnant

simultanément toutes ces fréquences et donc de simuler une source parfaite.

2 - La propagation de l'énergie

L'énergie rayonnée par une onde par unité de temps, c'est-à-dire sa puissance, est donnée par :

$$P = pSU$$

p = Surpression vibratoire

S = Surface d'onde

U = Vitesse vibratoire

Pour une puissance donnée de la source, une onde sphérique rayonnera plus «rapidement» son énergie qu'une onde cylindrique. A une distance r de la source la surface rayonnante sera : $S_s = 4 \pi r^2$ pour l'onde sphérique et $S_c = 2 \pi r.l$ (l longueur de source linéaire) pour l'onde cylindrique.

Cela signifie que pour une source de même puissance acoustique l'onde s'atténuera beaucoup plus rapidement, car en $1/r^2$ dans le cas d'une sphère pulsante, que dans le cas d'un cylindre pulsant, où l'onde s'atténue en $1/r$ (figure 2).

Le cas de l'onde plane n'a que peu de réalité physique pour des transducteurs diffusant dans un

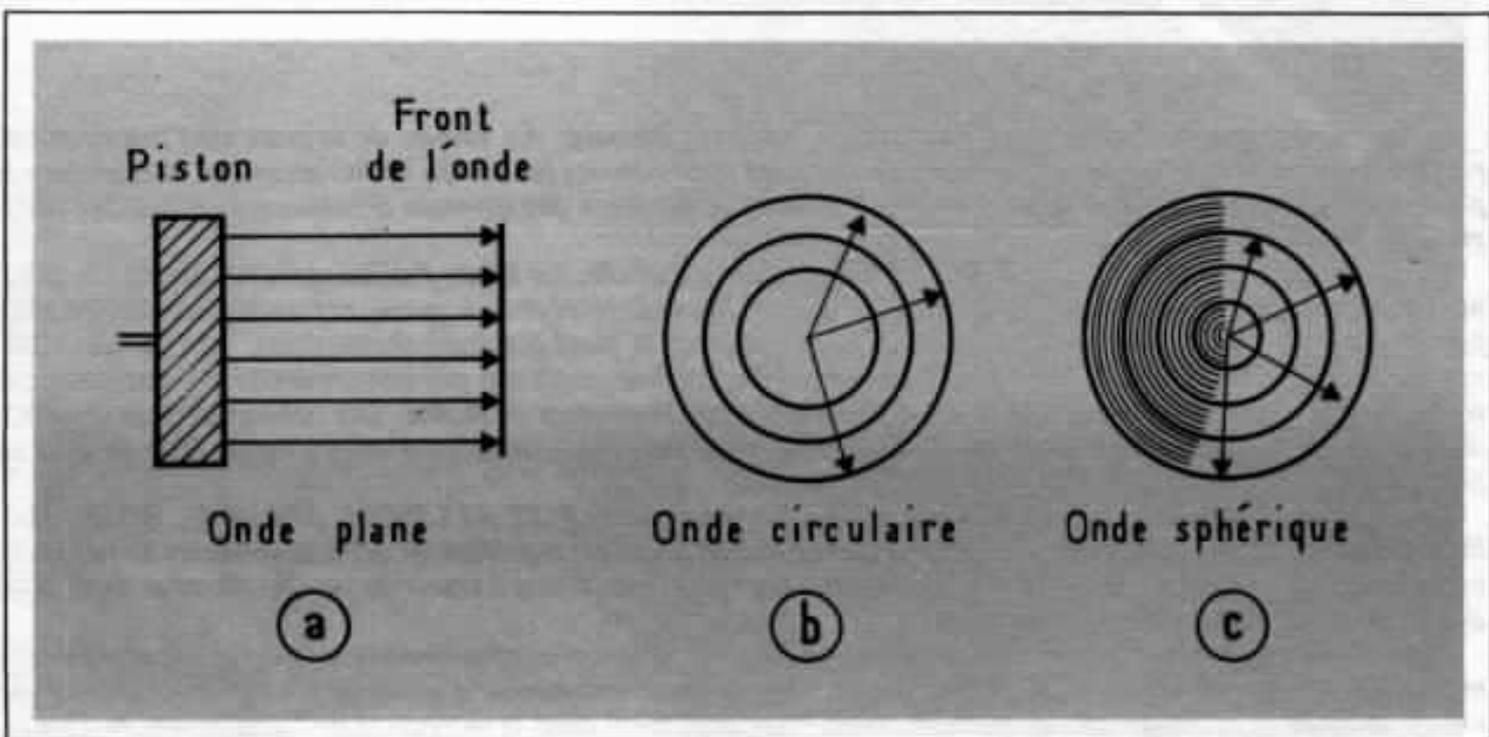


Fig. 1 - Suivant le type de la source : surface pulsante, cylindre pulsant ou sphère pulsante, la forme d'onde est différente. La propagation de l'énergie acoustique également.

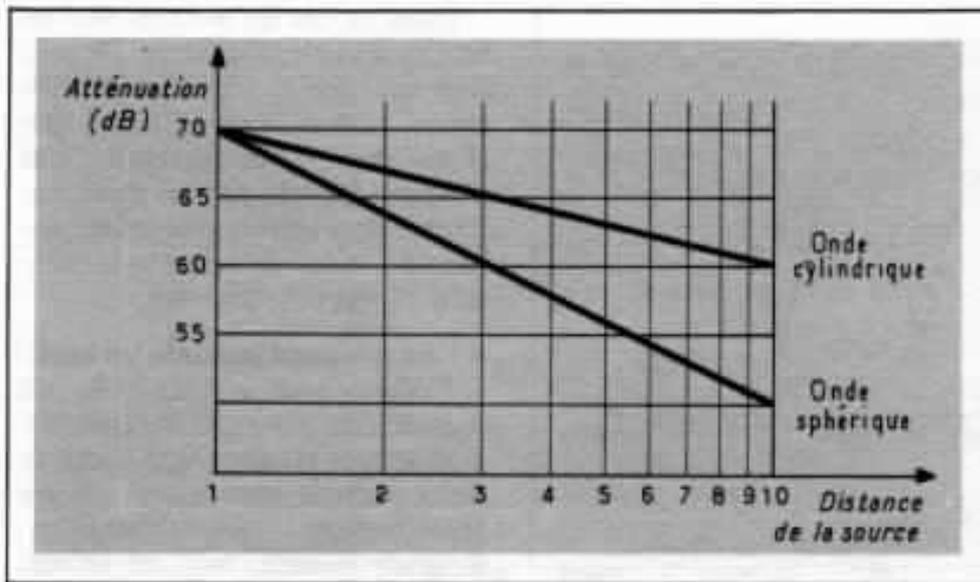


Fig. 2 - L'atténuation de l'intensité sonore varie suivant le mode de propagation en fonction de la distance. L'onde sphérique s'atténue en $1/r^2$ alors que l'onde cylindrique s'atténue en $1/r$.

local domestique, aussi, nous ne considérons pas ce cas.

Cette notion de puissance rayonnée a beaucoup d'importance, pour obtenir une image sonore homogène.

L'équilibre des diverses fréquences perçues semble être en

rapport avec le spectre de l'énergie rayonnée dans le local. L'uniformité de ce spectre serait donc un critère plus important qu'une réponse plate en fréquence sur le plan de la perception pour la récréation de l'image sonore, et de la juste couleur des timbres.

3 - Les sources virtuelles

Compte tenu de la même nature vibratoire du son et de la lumière, les règles de l'optique géométrique peuvent être applicables aux ondes acoustiques.

Ainsi une onde sonore arrivant sur une surface subira une réflexion et une absorption, compte tenu de la fréquence et de la matière constituant la surface. Le phénomène bien connu de l'écho illustre cette notion, la réflexion d'une onde s'accompagnera de la création d'une image virtuelle sonore, telle l'image optique obtenue dans un miroir.

Sur le plan perceptif, l'oreille recevra successivement l'onde directe suivie de l'onde réfléchie semblant provenir de la source virtuelle. Toutefois, au niveau cérébral, l'intégration de ces données permettra de différencier l'onde directe de l'onde due à la réflexion du local si le *décalage temporel excède une dizaine de millisecondes*. Cependant si cette durée est comprise entre environ

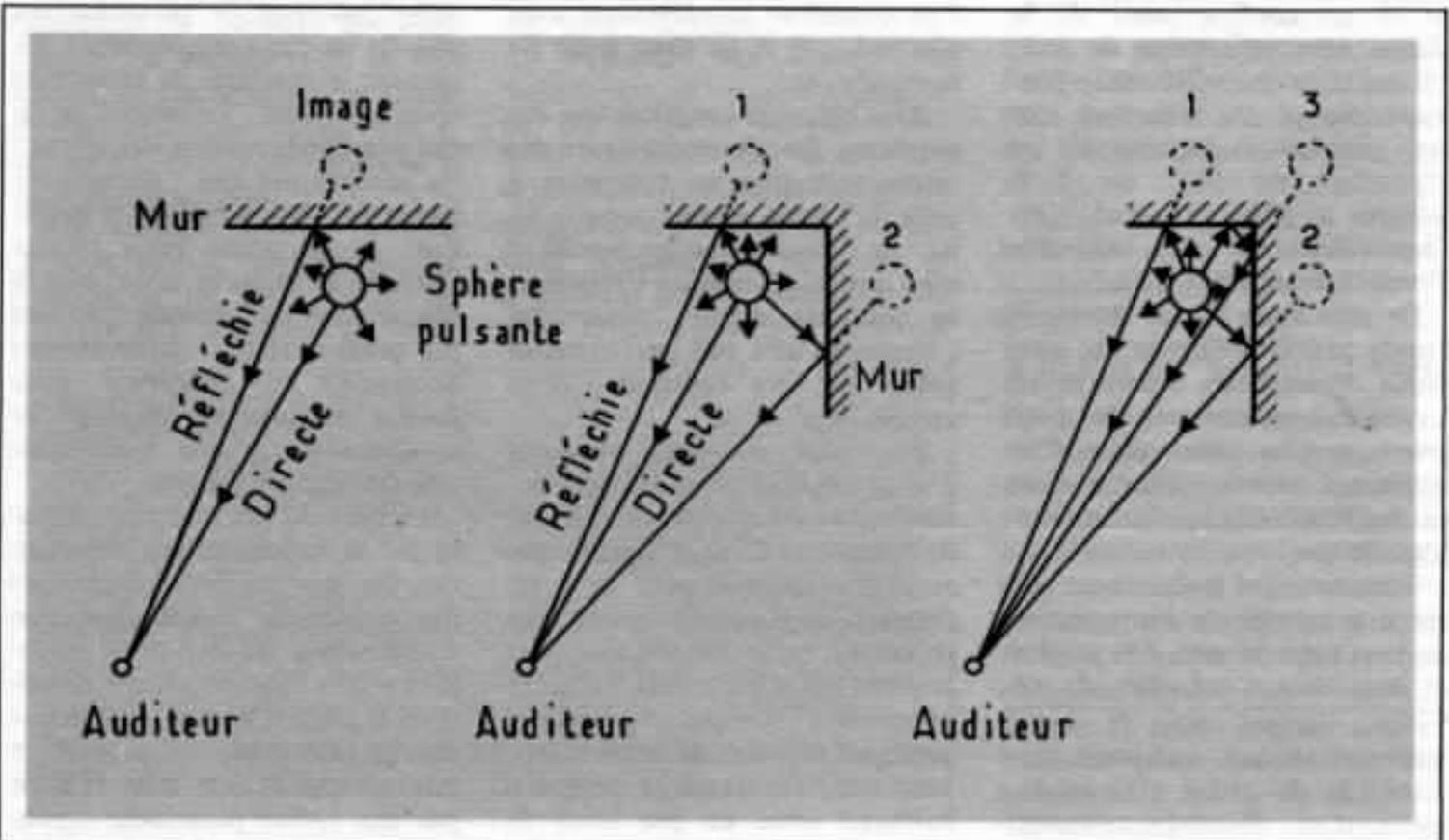


Fig. 3 - La création de source virtuelle pour une source assimilée à une sphère pulsante placée successivement près d'une paroi, de l'intersection de deux parois et de trois parois.

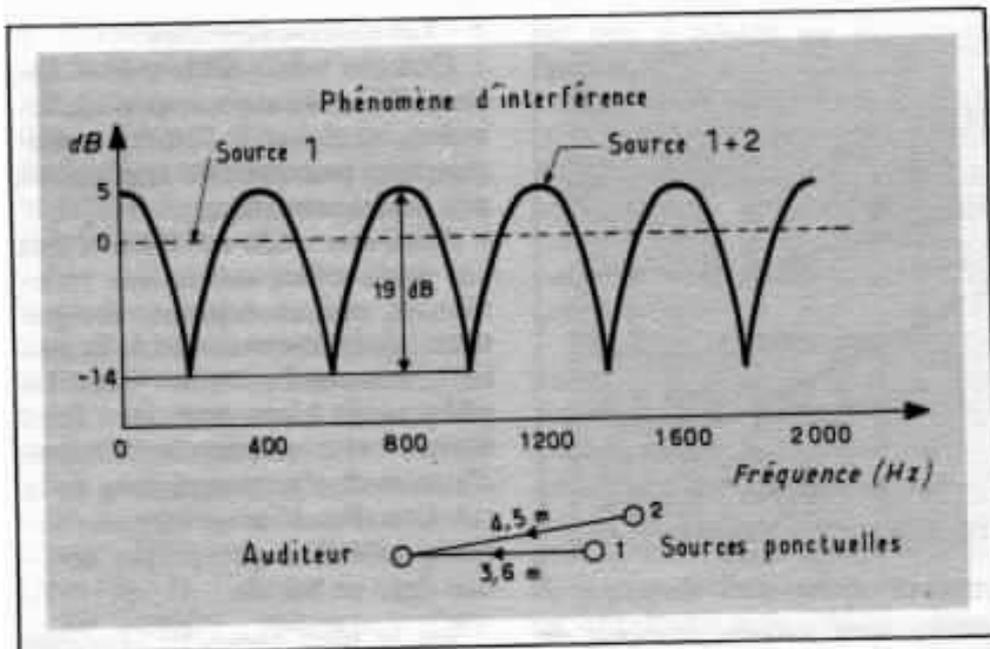


Fig. 4 - Diagramme d'interférence créé au point d'écoute par deux sources décalées rayonnant la même onde.

2 et 10 ms; la différenciation ne pourra s'effectuer et l'image perçue sera floue, brouillée.* La localisation ne sera pas précise principalement pour les fréquences élevées. Un petit calcul simple permet de mieux comprendre les choses. Un décalage en temps de 10 ms compte tenu de la vitesse de propagation du son, qui est d'environ 340 m/s, correspondra à un décalage des deux sources de 34 cm, soit un déphasage de 360° ou 2π radians à 1000 Hz, car c'est l'équivalent de la longueur d'onde à cette fréquence.

De plus entre l'onde directe et l'onde réfléchie lorsqu'un aussi faible décalage les sépare toutes les conditions sont réunies pour provoquer un phénomène d'interférence avec les perturbations en amplitude que cela implique (fig. 4).

Si maintenant la source est placée à proximité de l'intersection de deux pans de mur, il se produira deux images virtuelles, de mê-

* Sans rentrer dans le détail notons également que toute perturbation de phase s'accompagnera d'un décalage temporel pouvant de la même manière nuire à l'intelligibilité de la restitution.

me que si la source est à proximité d'un coin formé par l'intersection de trois murs le nombre de sources virtuelles passera à trois augmentant d'autant la confusion, l'image sonore n'aura plus aucune cohérence. Le nombre de sources pourra passer à quatre si l'on considère les réflexions avec plafond, sol et les deux pans de murs (fig. 3).

Bien sûr, cela constitue des cas extrêmes, car l'intensité de ou des ondes réfléchies est inférieure à celle de l'onde directe compte tenu de l'absorption des parois, si bien que la localisation s'effectuera tout de même, néanmoins l'image ne sera pas parfaitement nette; elle sera «auréolée» d'un certain flou.

En outre, il serait utopique d'imaginer une reproduction domestique sans aucun phénomène de réflexion. C'est d'ailleurs une condition sine qua non de la récréation de l'espace sonore tant en largeur qu'en profondeur. Les sources virtuelles créent l'illusion nécessaire, lorsque les ondes semblent parvenir de celles-ci arrivent avec un décalage temporel suffisant pour ne pas créer de doute lors de la discrimination entre l'onde directe et l'onde réfléchie.

Dans ce cas les sources fictives auront un rôle bénéfique. De plus il ne faut pas oublier que la restitution sonore s'effectue en stéréophonie, l'interaction des champs délivrés par les deux enceintes doit recréer une image cohérente, aider en cela par la création de sources virtuelles.

4 - La propagation dans un local

Comme nous venons de le voir le problème posé par la reproduction sonore est de créer à partir de deux sources dans le cas d'une transduction stéréophonique, l'espace musical tant en largeur qu'en profondeur. Les données lors d'une prise de son bien effectuée peuvent être captées en fonction de l'amplitude et de la phase respective des signaux parvenant aux micros; problème également très délicat qui mériterait un développement à lui seul.

On peut donc supposer que ces données, une fois mémorisées sur bande ou disque, puissent être recréées, dans le local d'écoute. Encore faut-il que celui-ci n'introduise pas trop de perturbations afin de ne pas complètement dénaturer le message au niveau du champ réfléchi. Toutefois, la tâche principale revient aux enceintes acoustiques qui doivent retranscrire ces subtilités d'amplitude et de phase pour recréer l'image. Il importe donc que la distribution de l'énergie produite par celles-ci reste suffisamment homogène et cohérente pour fournir au système perceptif les composantes de base à la récréation de l'espace sonore.

Le type du rayonnement imposé par la ou les sources interviendra, car sans rentrer dans le détail des modes de propagation, on comprendra qu'une onde circulaire d'une hauteur proche de celle de la pièce d'écoute, créera une distribution plus homogène et mieux répartie que celle délivrée par une source ponctuelle rayonnant une onde qui se propagera après maintes réflexions sur les parois et qui ainsi aura perdu tou-

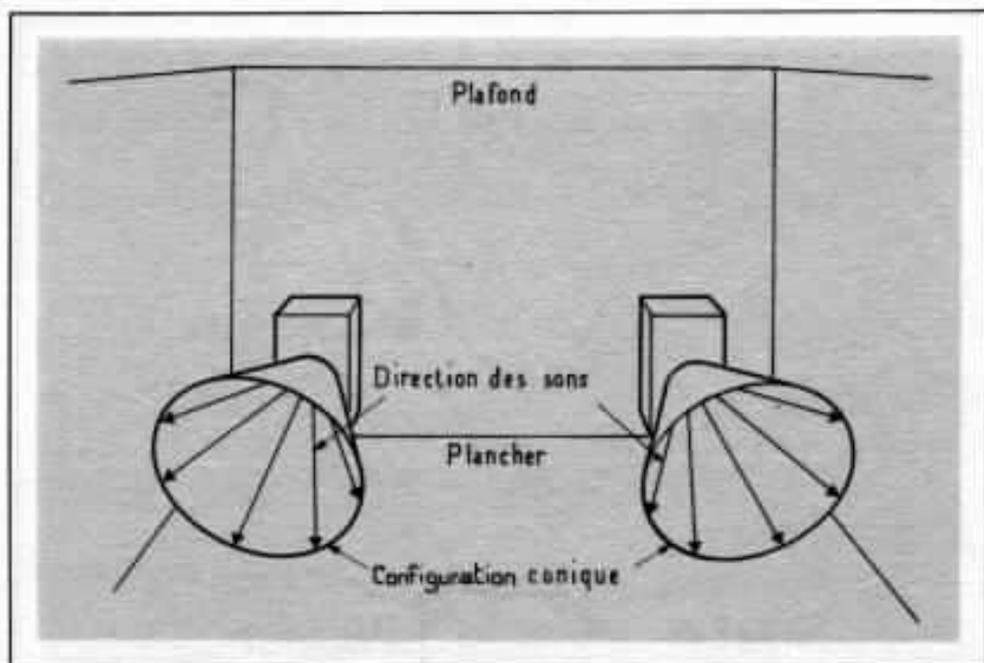


Fig. 5 - Rayonnement suivant un angle solide assez fermé, configuration conique, c'est le cas de beaucoup de transducteurs conventionnels dans l'aigu et le médium. L'énergie dans le grave est distribuée beaucoup plus uniformément. Il y a distorsion de la distribution des fréquences dans le local. Les nombreuses réflexions se produisant ne sont pas représentées pour ne pas brouiller complètement le dessin.

te sa cohérence originale par création d'une multitude de sources virtuelles. Lesquelles disloqueront totalement le message original; puisque en fonction de la fréquence, un instrument sera localisé en plusieurs endroits différents. Cela sera d'autant plus vrai que le local est réverbérant.

Une analogie optique peut en être donnée. Un tube fluorescent d'un mètre de long créera un éclairage plus uniforme que celui

délicé par une ampoule électrique placée au même endroit. La distribution d'énergie lumineuse est plus homogène.

L'avantage des sources de dimensions relativement grande est sur ce point incontestable. Cela constitue sans doute une explication possible de qualité de naturel et d'aération qu'ont certains panneaux à restituer le médium et le haut médium, zone où le système perceptif est parti-

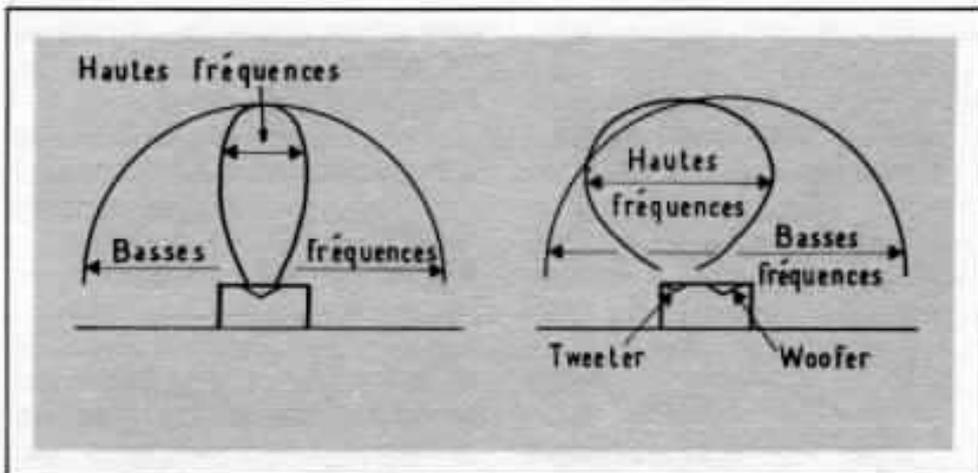


Fig. 6 - Coupe du rayonnement des hautes et basses fréquences. L'adjonction d'un tweeter améliore la dispersion de l'aigu. Mais les diagrammes de rayonnement restent différents.

culièrement apte à saisir les moindres nuances et donc incohérence dans le message lui parvenant. La configuration acoustique du local a naturellement une très grande importance. Le mur vers lequel rayonnent les enceintes gagnera à être très absorbant pour éviter toute source fictive placée derrière soi!

Examinons à présent les divers modes de propagation imposés par les différents types de systèmes existants.

Les enceintes conventionnelles

Par là, nous entendons les enceintes comportant plusieurs transducteurs électrodynamiques spécialisés dans leur registre de fréquence. Un haut-parleur conventionnel à cône ou à dôme rayonne l'énergie acoustique dans un angle solide, une portion de sphère plus ou moins ouverte.

Un boomer, compte tenu des longueurs d'ondes qu'il restitue est quasiment une source ponctuelle. A titre d'exemple :

$$\text{à } 100 \text{ Hz } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{100} = 3,4 \text{ m,}$$

il y a un rapport de grandeur de l'ordre de 10 entre le diamètre du haut-parleur et la longueur d'onde, l'angle d'émission sera très ouvert.

Alors que pour un tweeter, bien que d'un diamètre beaucoup plus faible, cela n'est pas le cas :

$$\text{à } 10 \text{ kHz } \lambda = \frac{34000}{10000} = 3,4 \text{ cm,}$$

l'ordre de grandeur est le même.

L'énergie sonore sera émise dans un angle solide beaucoup plus fermé (cf fig. 5). Comme nous l'avons vu, la propagation est directement liée à la surface rayonnante ou surface d'onde. Ainsi la distribution de l'énergie rayonnée par un tweeter sera différente de celle rayonnée par un boomer, pour prendre un cas extrême, du fait de la discontinuité de surface de propagation des fréquences lorsqu'on passe d'un transducteur à l'autre (Fig. 6).

De plus, compte tenu de la séparation des voies, toutes les conditions sont réunies pour provoquer des décalages temporels à l'arrivée des diverses fréquences aux oreilles de l'auditeur.

Le phénomène de « mise en phase », désormais bien connu (fig. 7) n'est pas aisé à maîtriser. Car même pour un réglage optimal à la position d'écoute sur l'onde directe, il y a peu de chance pour que les diverses ondes réfléchies arrivent avec le même accord de phase. De simples considérations géométriques le mettent en évidence. L'image sera donc plus ou moins perturbée.

Dernière remarque concernant ce type de transducteur, un appariement des deux enceintes peut améliorer la localisation (fig. 8) par symétrisation de l'installation par rapport à un axe central.

A noter toutefois que si l'onde directe reçue arrive avec une bonne cohérence amplitude-phase, ces systèmes peuvent procurer une très belle image sonore. Cependant celle-ci n'étant liée qu'à l'onde directe elle ne s'obtient que pour une localisation précise de l'auditeur.

De petites enceintes se rapprochant d'une source ponctuelle créent une répartition plus homogène et donc une image qui peut être bien définie, il faudra pourtant veiller à ne pas les placer trop près d'un angle ou même d'une paroi.

Le cas des dipôles acoustiques

Ce type de transducteur, comme certaines enceintes électrostatiques, orthodynamiques, rayonne avec quasiment la même amplitude sur l'avant et sur l'arrière. L'auditeur recevra donc d'abord l'onde directe suivie de l'onde réfléchie avec plus ou moins d'intensité et naturellement décalée dans le temps. Lors de l'implantation dans un local d'un tel système, il conviendra de veiller au dégagement avec le mur arrière de façon à ce que ce déca-

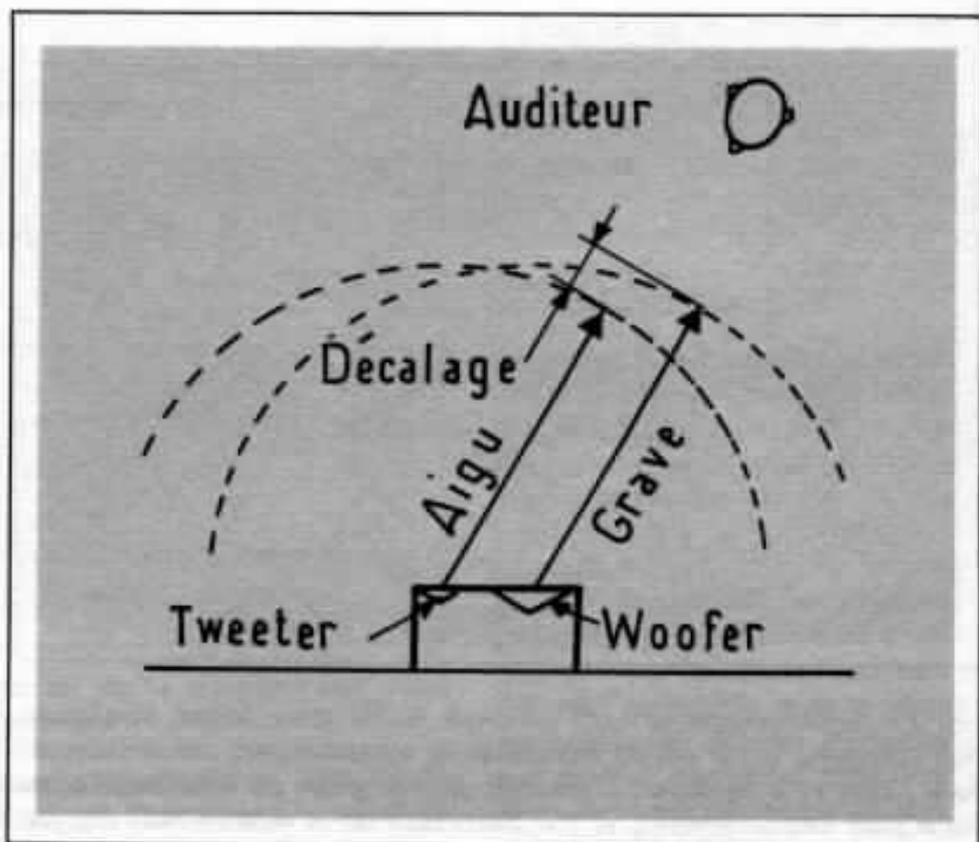


Fig. 7 - Le diagramme désormais bien connu de la distorsion temporelle créé par la séparation des sources, le décalage peut-être compensé mais en un seul point.

lage temporel soit suffisant pour ne pas entâcher la restitution en permettant au système perceptif de faire la différenciation.

Le problème est plus aigu dans le grave. La figure 9 représente, pour un décalage plus ou moins important par rapport à la longueur d'onde, le phénomène de composition de l'onde directe et

de l'onde réfléchie. Le cas (a) correspond à des fréquences graves, l'onde résultante est considérablement atténuée alors que pour des fréquences supérieures, la somme devient très importante pour s'atténuer lorsque l'on monte encore en fréquence. Dans ce dernier cas le problème peut être considéré comme moins critique

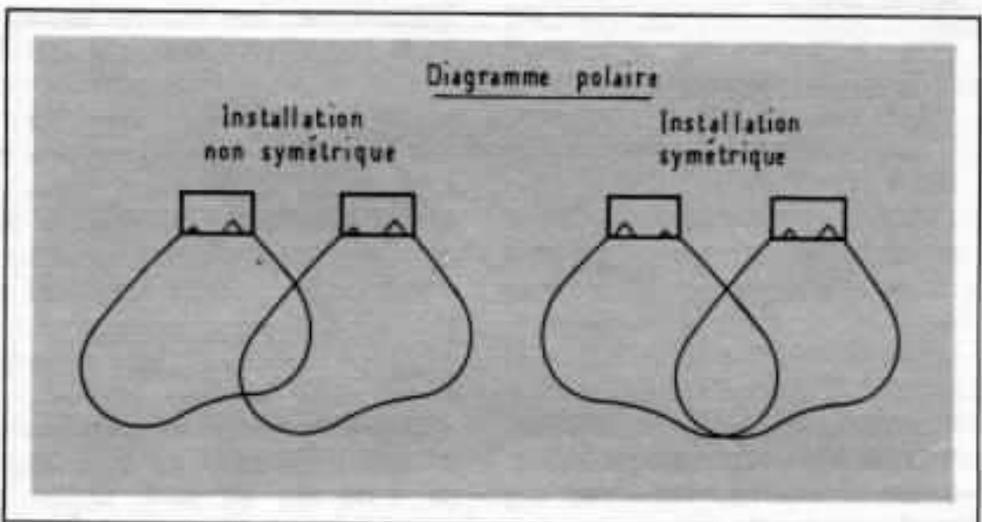


Fig. 8 - Modification du diagramme polaire de l'ensemble lorsque l'installation est symétrisée.

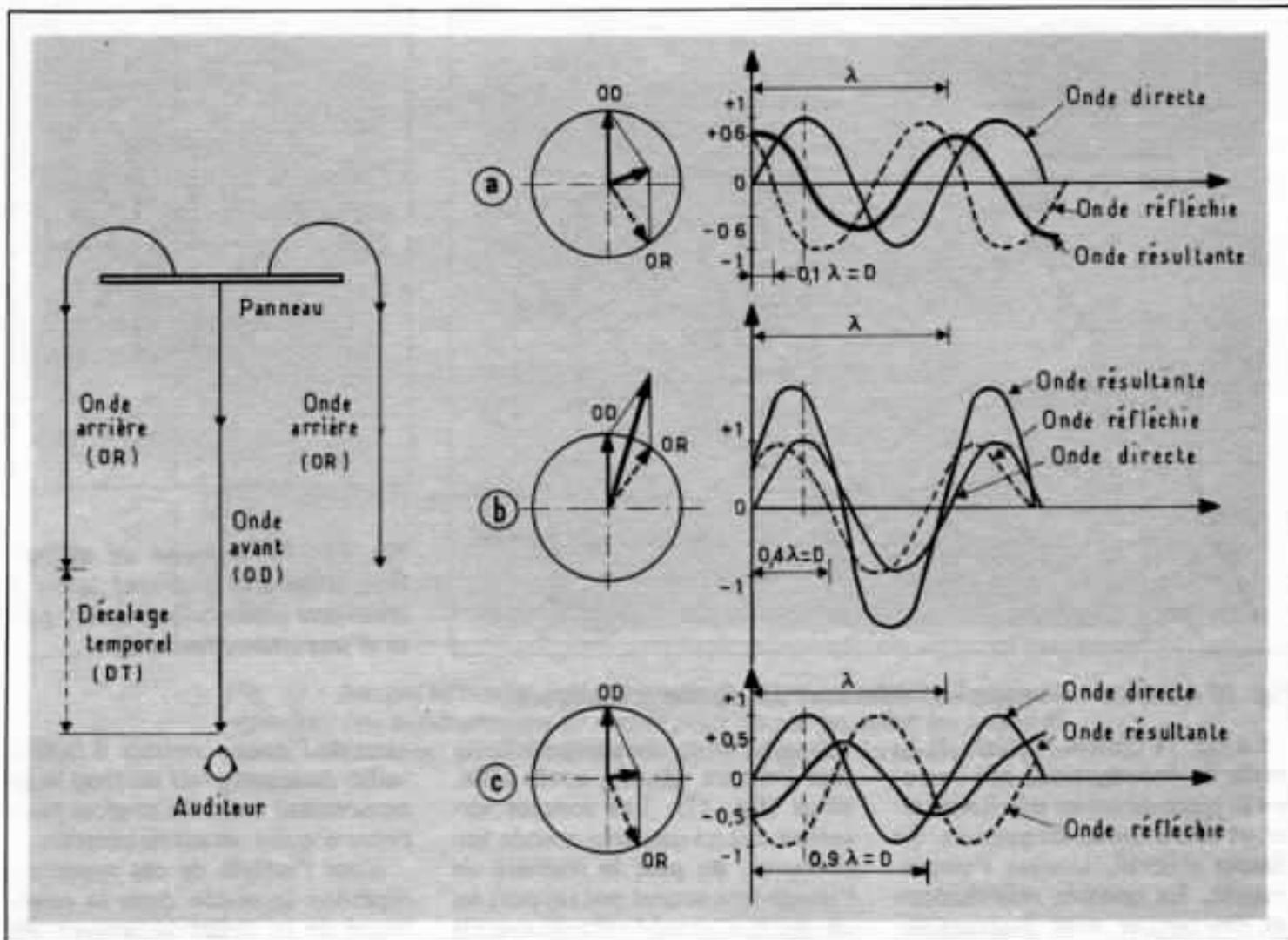


Fig. 9 - L'interaction entre l'onde directe et l'onde réfléchie dans le cas d'un dipôle acoustique. Les courbes indiquent le phénomène de composition des deux ondes avec la représentation vectorielle de Fresnel.

a - Cas des fréquences très basses où le décalage temporel est faible $D = 0,1 \lambda$. On remarquera que l'onde résultante est très atténuée.

b - Cas intermédiaire $D = 0,4 \lambda$, l'onde résultante est accrue dans de très fortes proportions.

c - Cas des fréquences plus élevées $D = 0,9 \lambda$, cependant l'effet devient moins important.

du fait des réflexions moins «directionnelles» à ces fréquences.

Il va sans dire que l'emplacement près d'un angle est très fortement déconseillé pour de tels systèmes (fig. 10).

Malgré cela, l'avantage de ce type de transducteurs est de créer une diffusion uniforme d'une large bande de fréquence, sans discontinuité temporelle due à la séparation des sources. Comme nous le faisons remarquer précédemment cette homogénéité est certainement responsable de l'aisance que possèdent ces systèmes dans le médium.

Par contre, la localisation n'est pas toujours très bien définie compte tenu de la souvent très mauvaise dispersion latérale de ces transducteurs, gênant à la création d'une image suffisamment ouverte en largeur. L'emplacement dans le local est également assez critique, pour tirer le meilleur parti du rayonnement en dipôle.

Les cas des sources linéaires

Comme nous l'avons vu, la forme d'onde cylindrique générée par un tel type de source favorise la dispersion de l'énergie, l'atté-

nuation en fonction de la distance étant beaucoup moins marquée.

Ainsi dans un local le champ réfléchi sera plus important que dans le cas de transducteurs conventionnels rayonnant suivant une portion de sphère.

Les systèmes utilisant ce rayonnement cylindrique sont encore peu nombreux, certainement à cause de la difficulté de réalisation. A ce sujet l'application de l'effet de diffraction (fig. 11) par une fente est certainement la solution la plus réaliste pour créer une onde cylindrique sur 180° (Béveridge).

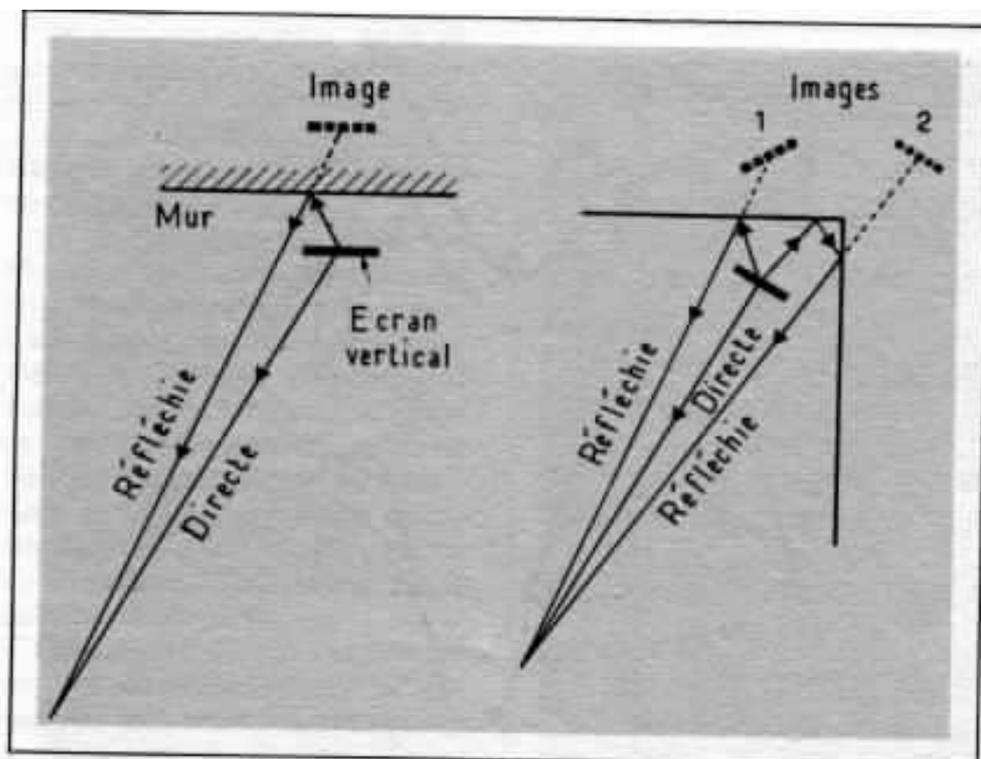


Fig. 10 - Création d'images virtuelles avec des dipôles acoustiques.

La fig. 11 illustre l'intérêt de ce mode de propagation, qui «arrose» la pièce de façon très homogène, et cela à toutes fréquences. Le champ réfléchi, lorsque l'emplacement, les qualités réfléchissantes des parois sont convenablement choisis, conservera suffi-

samment de cohérence pour restituer l'espace sonore, après réflexions (fig. 13). Les sources virtuelles ont ici une très grande importance, de plus la stabilité de l'image sera accrue par rapport au cas où l'on recrée celui-ci avec le champ direct. Par contre au ni-

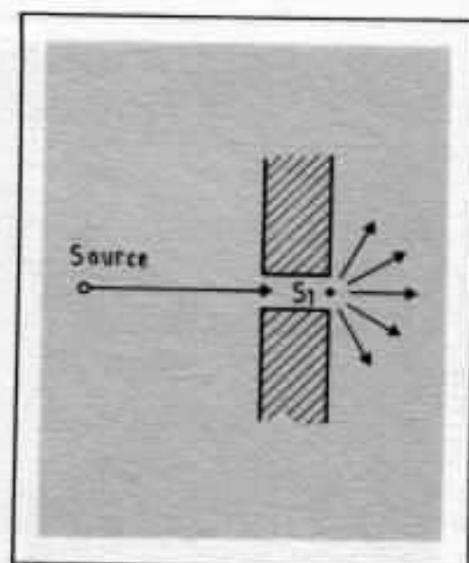


Fig. 11 - Phénomène de diffraction d'un son pouvant servir à créer une onde cylindrique à partir d'une source linéaire.

veau de l'image centrale il faudra veiller à ne pas avoir un trop large espacement entre les sources pour éviter d'avoir un «trou central».

Tout l'intérêt de ces systèmes, répétons le, réside dans la cohérence de la radiation sonore. Et bien que s'affranchissant mieux que d'autres systèmes des réflexions, le local jouera tout de même un très grand rôle et gagnera à ne pas être trop absorbant.

Conclusion

Nous espérons que ces quelques réflexions sur le rayonnement acoustique aideront à mieux appréhender la complexité de la récréation d'un espace musical tridimensionnel cohérent.

Et là n'est qu'un aspect de la restitution, d'autres facteurs d'ailleurs interdépendants comme la capacité à reproduire le plus linéairement possible la dynamique, la qualité de restitution des timbres inhérente à la réponse amplitude-phase au lieu d'écoute sont autant de problèmes ambigus. Pour l'instant il faut se contenter de compromis, il y en a d'ailleurs quelques uns d'excellents.

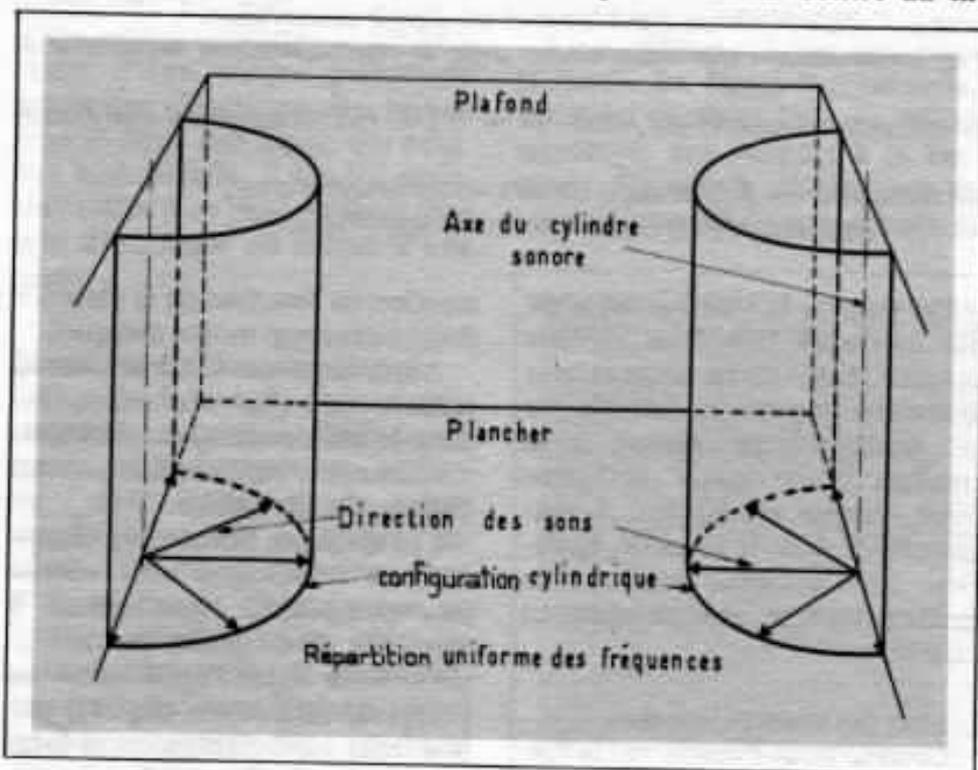


Fig. 12 - Propagation d'une onde cylindrique, on remarquera la dispersion homogène dans le local.

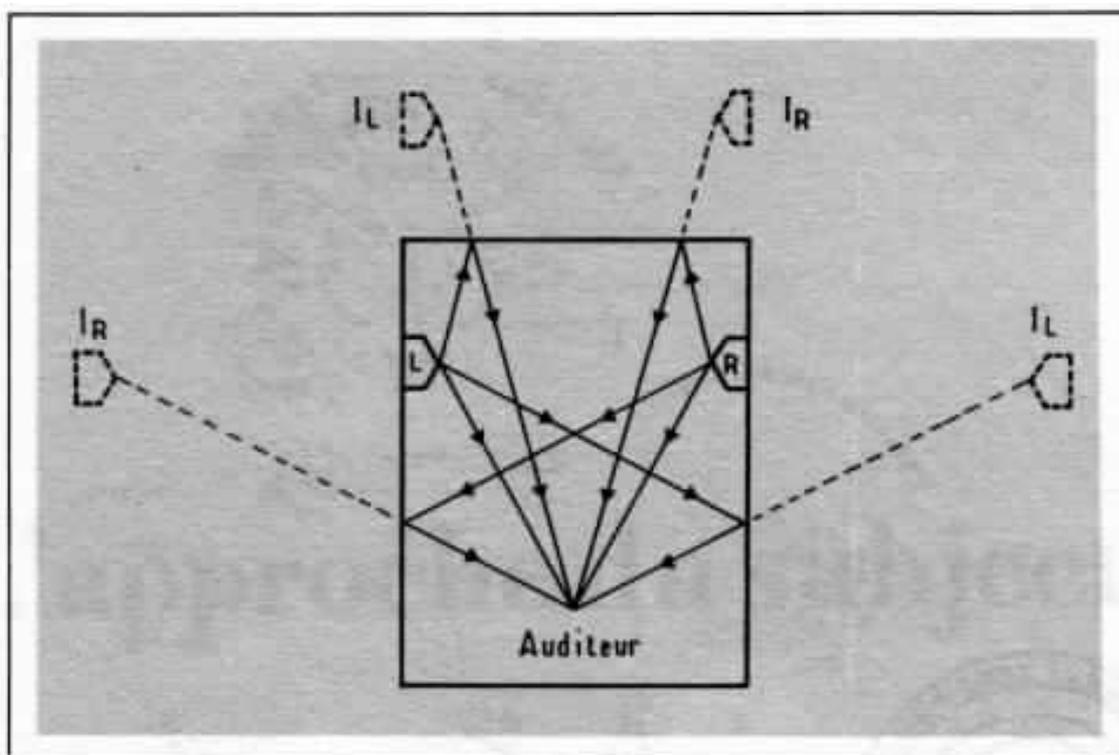


Fig. 13 - Images virtuelles créées à partir de sources linéaires. Les ondes réfléchies ont suffisamment de retard pour ne pas brouiller les ondes directes, elles aident au contraire à recréer l'image en largeur et en profondeur.

Bibliographie

(1) R.F. Allison : «The influence of Room Boundaries on Loudspeaker Power output» JAES vol 22 p 314-320 (Juin 74).
 (2) R.F. Allison : «The Soundfield' in Home listening Rooms» JAES vol 24 number 1 (Jan/Fév 76).
 (3) A.G Bose : «Sound Reproduction» Technology Review vol

75 numéro 7 (Juin 78) et numéro 8 (Juillet/Août 73).

(4) Harold Beveridge : «Some Reflections on sound Reproduction for the home» (1er semestre 78).

(5) J. Borewins, S.U. Korhonen : «Standardized Listening conditions in sound control Room» JAES Preprint N° 1332 (Fé-

vrier/Mars 78 - 59ème Convention-Hambourg).

(6) E. Leipp : Acoustique et Musique Masson Editeur 1976.

(7) Henning Moller : «Multi-dimensional audio» JAES Preprint N° 1325 (Février/Mars 78 - 59ème Convention-Hambourg).

(8) Audio Update : Image stéréo, Janvier 1978.

**Page non
disponible**

L'approche du subjectif

G. Altieri

L'ESPACE AUDITIF

Dans notre article précédent (l'Audiophile n° 4) nous avons exposé certains aspects des fondements physiologiques de la perception de l'espace auditif. Nous avons étudié, donc, les conditions d'écoute binaurale et les propriétés caractérisant cette forme de réception d'un signal sonore. Les différences physiques des signaux qui arrivent à nos deux oreilles sont ainsi à l'origine d'un processus perceptif qui permet à l'auditeur de localiser une source sonore dans l'espace. Ce type de repérage acoustique conduit à la formation d'un espace sonore défini par la juxtaposition des messages envoyés par les différents émetteurs. Cependant, le fonctionnement de notre système sensoriel est loin d'être représenté par une schématisation rigide qui réduit le problème aux lois de l'écoute binaurale. Souvenons-nous que lors de nos études à propos de la perception (l'Audiophile n° 2 et n° 3) nous avons insisté sur le caractère de phénomène d'ensemble définissant le mécanisme perceptif. C'est à dire, que dans notre cas, les données recueillies par les deux oreilles et interprétées au niveau central sous forme de coordonnées spatiales de la source, sont combinées avec les images correspondant à la réponse des autres parties du système sensoriel, et aux données stockées dans la mémoire. A ceci s'ajoute encore les conditions spatio-temporelles de l'individu lors de la réception des stimuli. Le cummulus d'informations est traité avec le plus haut degré de sophistication fonctionnelle dans le cortex cérébral, et l'opération aboutit à la formation de l'espace sonore subjectif, dénomination qui exprime l'interaction des données sensorielles avec les particularités circonstancielles et ontogénétiques du récepteur.

Du point de vue de la reproduction sonore, si l'on veut arriver à la recreation complète des conditions acoustiques originales, on doit ajouter à la copie irréprochable de la forme des signaux, les éléments nécessaires à la création d'un espace sonore équivalent à ce qui caractérise le lieu d'enregistrement. On s'aperçoit, donc, une fois de plus, que le système électro-acoustique doit être capable de tromper nos sens, de créer l'impression que (lors de l'écoute d'un disque), nous nous trouvons dans une véritable salle de concert et non pas dans notre salle de séjour. Il est évident que cet horizon de la haute fidélité ne sera conquis qu'après l'acquisition de connaissances approfondies dans le domaine de la psycho-physiologie du système auditif.

Notion d'espace acoustique subjectif

On peut imaginer l'espace subjectif sous forme d'une sphère, dans laquelle l'observateur est situé au centre. Mais étant donné le caractère subjectif de cette représentation géométrique toutes les régions de ce champ perceptif n'ont pas la même importance pour le sujet. La valeur relative des différentes parties de la sphère imaginaire est dépendante de l'attention que porte l'observateur sur telle ou telle source sonore. Lors de l'écoute normale l'auditeur établit une région préférentielle qui se trouve devant lui. (Naturellement, dans le mécanisme déterminant les propriétés de l'intégration perceptive, on trouve la juxtaposition d'éléments acoustiques et visuels qui correspondent à l'image de la source).

C'est ainsi qu'on détermine un cône d'attention prioritaire (fig. 1), où les sons sont perçus d'une façon plus nette, ce qu'on exprime généralement à l'aide du terme «présence». Dans les régions extérieures à ce cône, la valeur de la perception acoustique décroît avec la distance par rapport à son axe.

On peut estimer, aussi, les valeurs numériques qui donnent une certaine définition géométrique au «cône de vigilance» (Condamines 1975). Si on appelle « α » l'angle déterminé par l'axe antéro-postérieur de la tête et la génératrice du cône dans un plan vertical; et « β » obéissant à la même définition dans un plan horizontal on obtient

$$\begin{aligned} -10^\circ < \alpha < +30^\circ \\ -45^\circ < \beta < +45^\circ \end{aligned}$$

pour des conditions d'attention particulièrement soutenues provoquées par l'objet sonore (fig. 2).

Cependant, il faut remarquer le caractère subjectif de cette représentation spatiale. C'est à dire que la position d'un stimulus sonore à l'intérieur du cône ne cor-

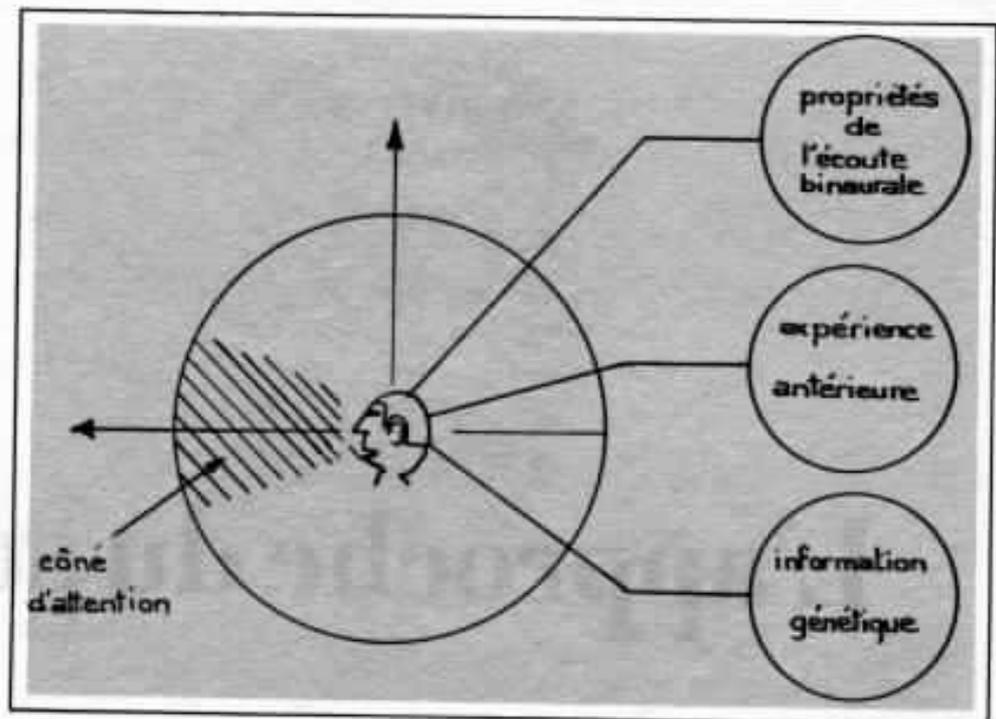


Fig 1 - Etablissement de l'espace auditif subjectif.

respond pas forcément à la vraie localisation géométrique de la source. Bref, un son provenant d'une direction latérale peut occuper le «cône avant» s'il contient une signification suffisamment forte pour l'auditeur.

C'est d'ailleurs l'explication psycho-acoustique de notre perception vers l'avant de la source musicale à l'intérieur d'une salle présentant des propriétés de réverbération normales.

Représentons, donc, la structu-

re de l'espace auditif subjectif en tenant compte des remarques antérieures, et en attribuant aux données numériques une valeur relative, toujours dépendante des conditions psychologiques que nous sommes loin de pouvoir encadrer dans la formulation mathématique (fig. 3).

Etablissement de l'espace auditif subjectif

L'espace perceptif est à la base de la constitution d'un espace

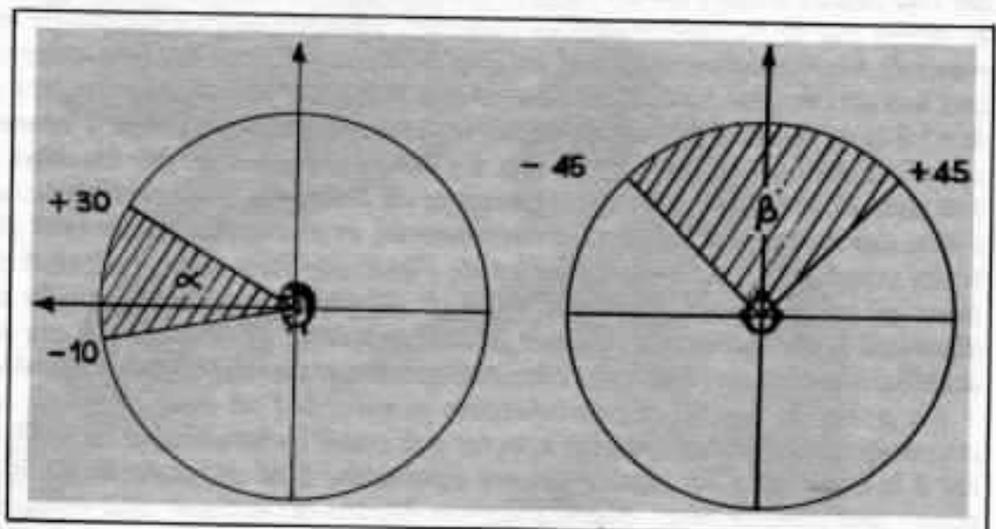


Fig 2 - Détermination géométrique de la zone d'attention préférentielle

subjectif. Le premier est à son tour une conséquence de l'action réunie de trois éléments principaux : (Grateau)

- les propriétés d'écoute binaurale associées à un système d'orientation spatiale dérivé des conditions anatomo-physiologiques du récepteur.

- l'expérience antérieure du sujet qui conditionne le résultat perceptif d'un stimulus nouveau.

- l'information inscrite dans le cerveau du sujet par voie génétique.

Les éléments propres à la perception spatiale prennent forme, donc, lors du développement ontogénétique de l'individu sur la base de son héritage informationnel, de sa perception sensorielle et de sa propre expérience.

Grateau (1976) explique que «entre zéro et quatre mois, la perception ne concerne que des espaces partiels, dont l'espace buccal primitif. Les espaces tactiles, posturaux, visuels et auditifs sont

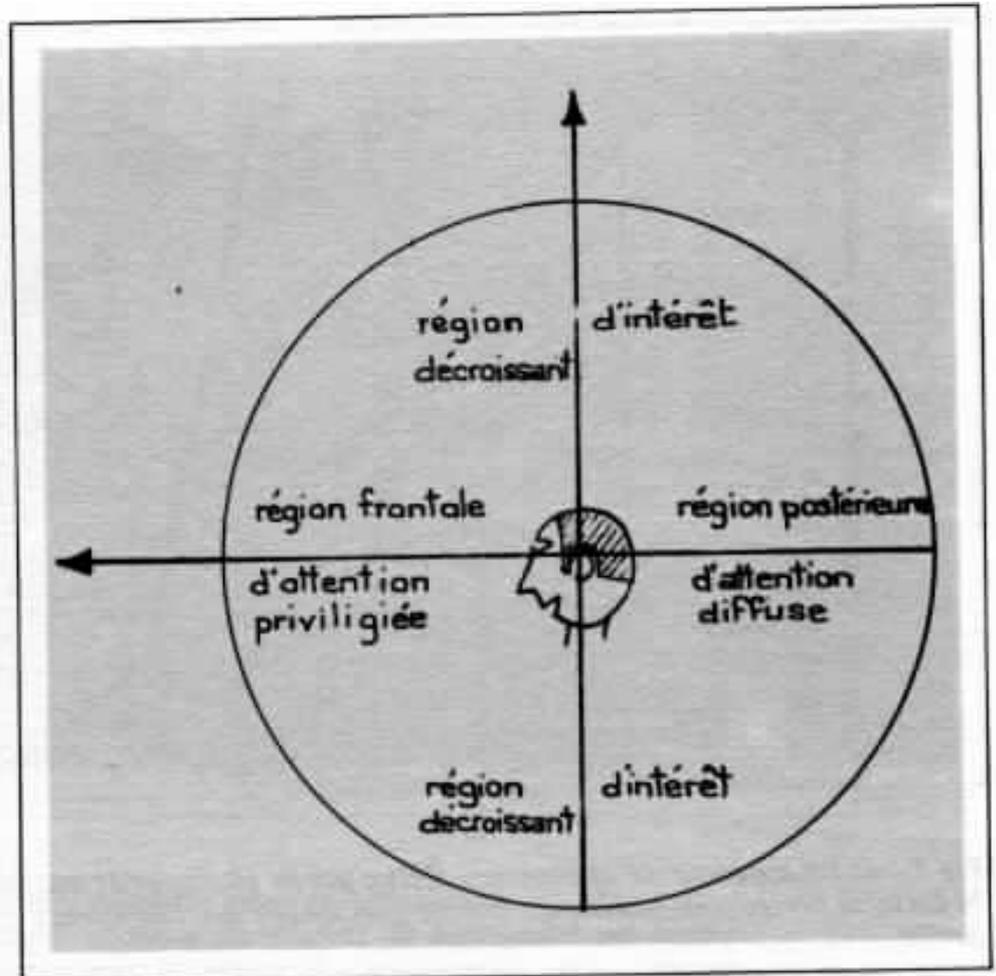


Fig 3 - Composition de l'espace auditif subjectif

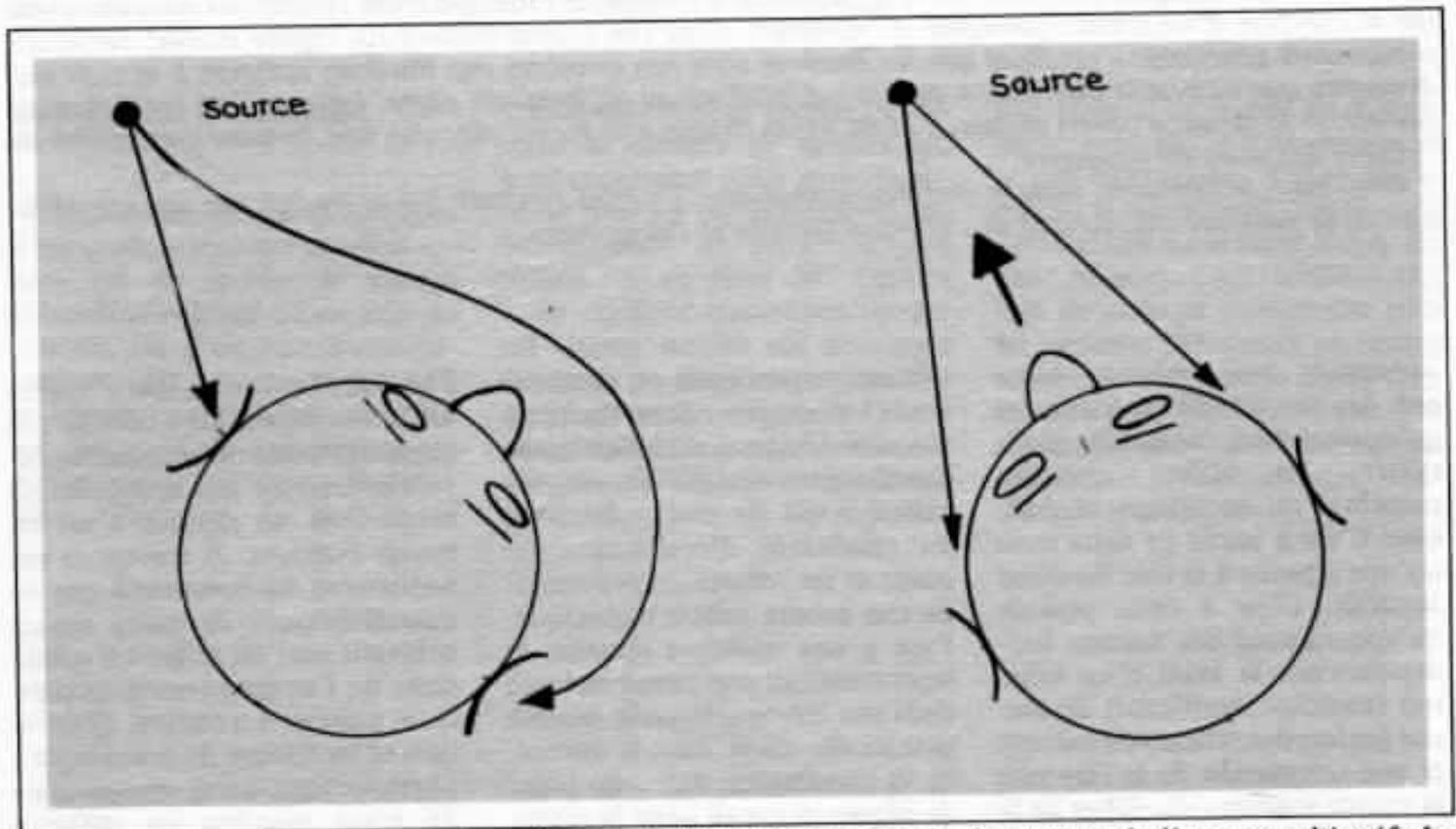


Fig 4 - Instance du processus d'acquisition de l'expérience dans la formation de l'espace subjectif. Le signal sonore conduit au repérage visuel de la source. (L'exemple cité par Grateau, illustre l'intervention d'un élément signifiant, son du hochet, dans la liaison frontalissante établie chez l'enfant entre 4 et 7 mois).

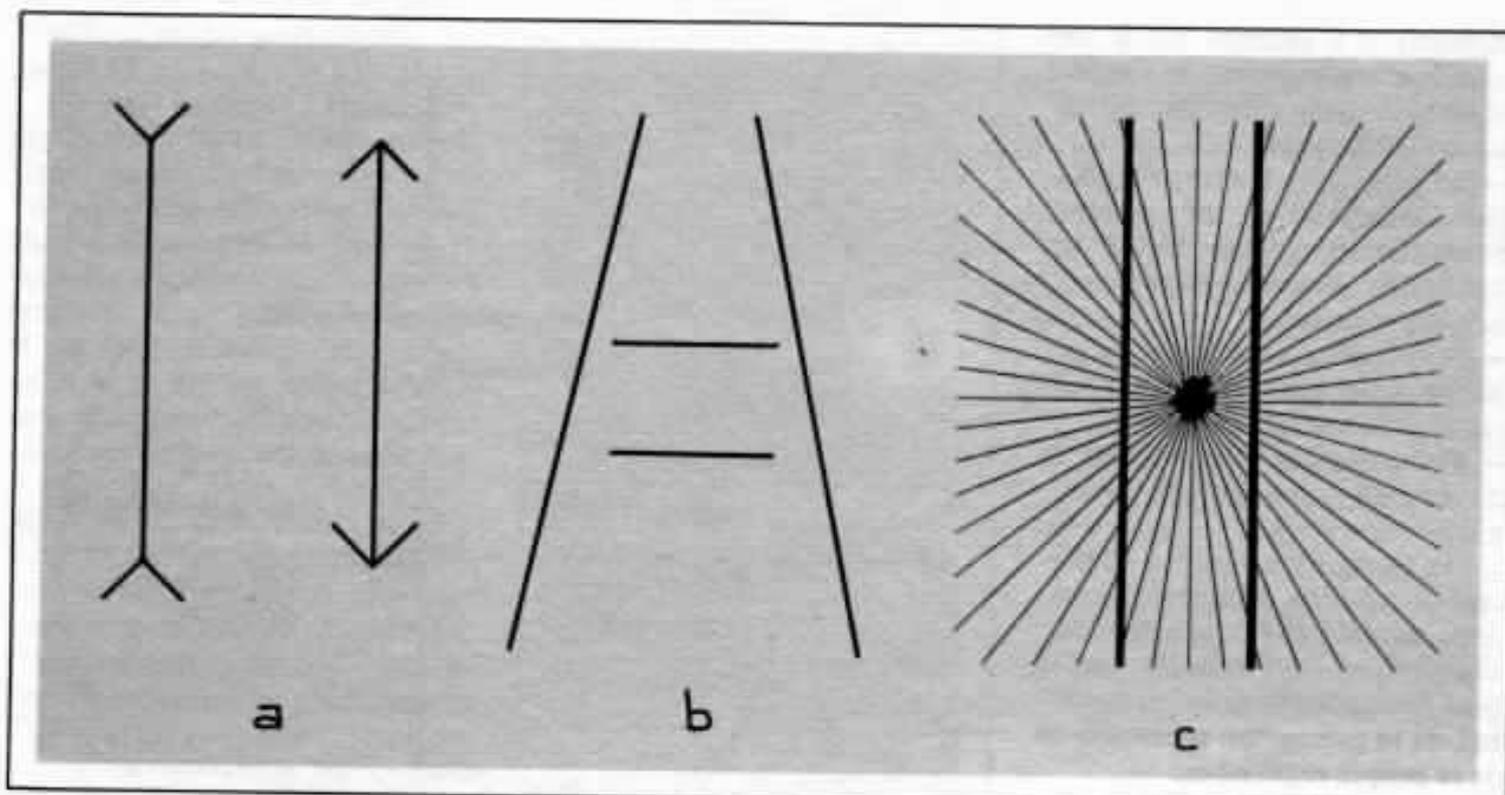


Fig 5 - a) La longueur de la première flèche paraît plus grande que la longueur de la deuxième.
 b) La ligne horizontale supérieure semble plus longue que l'inférieure et, ce quelle que soit l'orientation du dessin.
 c) Le réseau convergent incurve les lignes droites tracées sur lui.

Ces illusions optiques illustrent notre affirmation à propos de l'influence des conditions environnantes sur la création d'un espace perceptif. P. Grateau, dans son travail intitulé «L'espace auditif subjectif-fondements génétiques» explique que les Zoulous sont peu sensibles aux illusions optiques b et c, ce qui démontre que ce peuple possède un espace subjectif visuel différent du nôtre. Leur univers rond (huttes, portes), et la rareté d'objets anguleux et de lignes droites ont formé chez eux une certaine conception de l'espace qui nous est étrangère.

Nous pouvons trouver, dans le domaine acoustique, un effet similaire qui se traduit par une appréciation de la musique dépendante des groupes sociaux et des cultures.

juxtaposés sans relation entre eux. Un son intense ne provoque qu'une réaction musculaire généralisée, un réflexe cochléo-palpébral ou acoutrope céphalique. C'est à partir de deux mois qu'une réponse à la voix humaine apparaît. C'est à cette période qu'apparaissent des liaisons fondamentales : le bruit d'un biberon (stimulus significatif) déclenche parfois des réflexes de succion et une orientation de la tête vers la source sonore». Ce début de la constitution d'un espace perceptuel est illustré dans la fig. 4.

Pendant les mois et les années

suivants le processus est combiné avec les progrès dans l'activité motrice. L'espace prend ainsi une signification optique-acoustique-olfactive qui est en rapport avec les conditions d'orientation du corps et les sensations provenant de son propre milieu biologique. Face à une situation donnée, le sujet construit une image intégrée dans son cerveau, laquelle laissera ensuite des traces dans la mémoire, et constituera, alors, un point de départ nouveau pour la réception et interprétation des images futures.

L'expérience, l'apprentissage,

l'hérédité jouent un rôle d'importance fondamentale à côté de nos capacités sensorielles pour la détermination de nos appréciations subjectives, en réponse à un stimulus extérieur. A travers ce raisonnement on comprend que les caractéristiques de notre espace subjectif sont un reflet des conditions de l'environnement présentes et passées. La culture, l'éducation et les formes de notre espace physique sont, ainsi, responsables de notre réaction en présence d'une modification de cet espace qui est à l'origine d'un phénomène perceptuel.

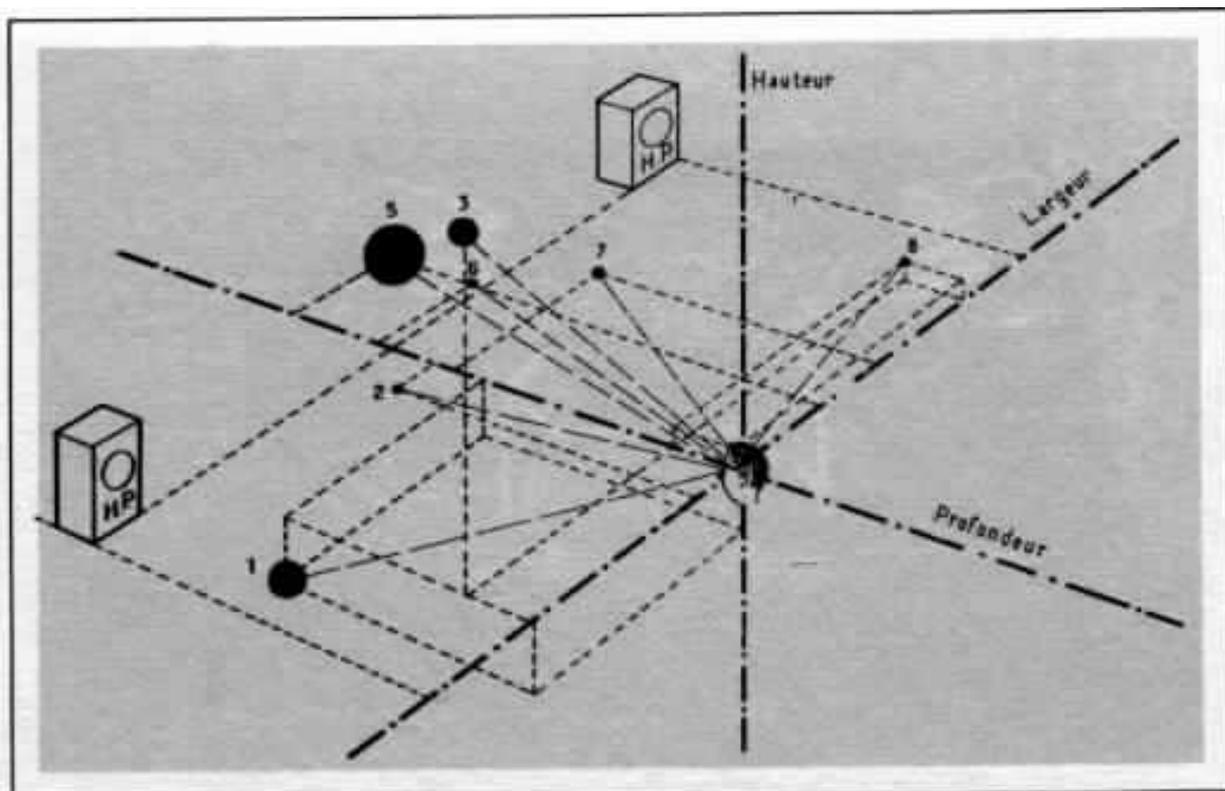


Fig 6 - Reproduction binaurale procédé «Biphonie»

Diverses méthodes connues permettent de reproduire un espace sonore donné. Cependant, la théorie de l'information nous apprend que pour atteindre notre but, il est nécessaire d'installer 400.000 canaux dans une salle d'écoute normale.

Surprise pour l' audiophile

Nous avons dit que le but final d'un système de reproduction sonore est de recréer le champ acoustique original d'une salle de concert, ou d'un lieu d'enregistrement. Ce champ acoustique qu'on veut reproduire est défini par des sons de caractéristiques très variées et provenant de directions différentes. La théorie de

l'information nous permet de calculer le nombre de canaux qui sont nécessaires pour tenir compte de tous les renseignements enfermés dans un espace sonore donné. A ce sujet M. Gerzon nous explique que «pour recréer un champ sonore sur une zone d'écoute de deux mètres de diamètre, pour des fréquences allant jusqu'à 20 kHz, nous aurions besoin de 400000 canaux (et haut-parleurs). Ceux-ci occuperaient

une largeur de bande de 8 gigahertz, équivalente à l'espace utilisé par 1000 canaux TV de 625 lignes». Il est évident, donc, qu'à l'état actuel de la technologie des haut-parleurs nous sommes très loin de pouvoir contempler tous les éléments définissant un espace sonore. L'avenir de la haute fidélité sera donc plein de surprises et sûrement que des réalisations étonnantes attendent «les amateurs de la musique».