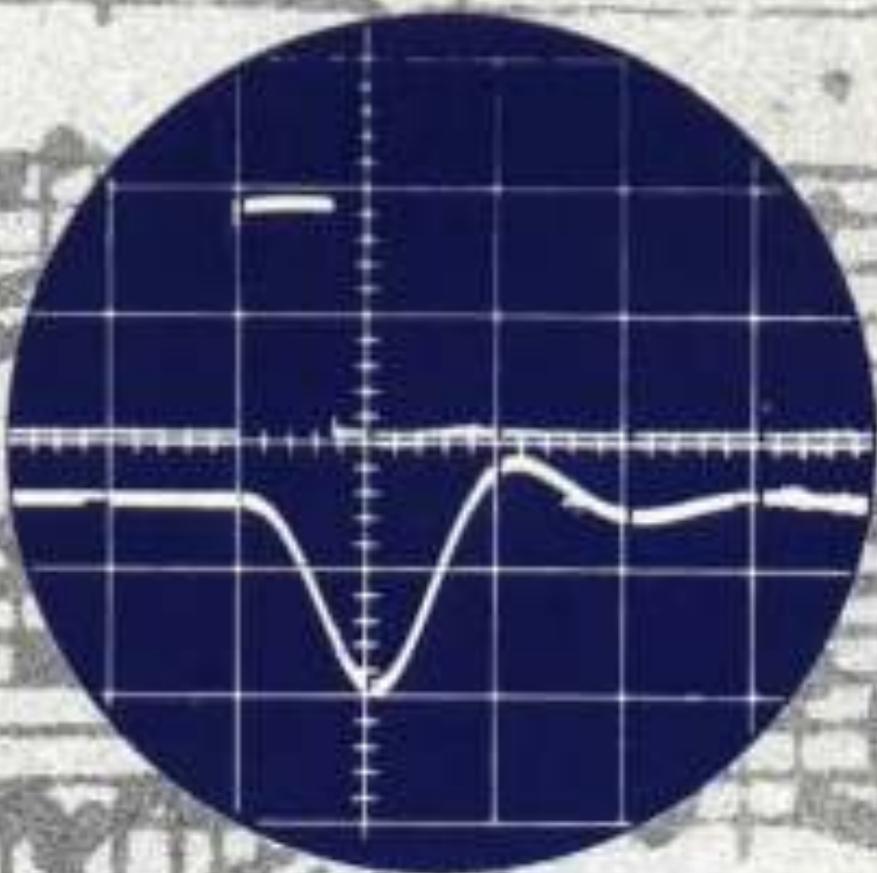


# L'AUDIOPHILE

LA REVUE DU HAUT DE GAMME



N°12

Octobre 1979  
Prix 24 F

**Page non  
disponible**

# Les amplificateurs O.T.L. à tubes sans transformateur de sortie

*Jean Hiraga*

*En amplificateur à tubes, la formule dite O.T.L. (c'est-à-dire Output Transformer Less, que l'on pourrait appeler en français S.T.S. (Sans Transformateur de Sortie) n'est pas une technique nouvelle puisqu'on la retrouve bien avant les années 30. Le circuit de base semble être celui de la Philips dont le seul inconvénient était d'avoir une impédance de sortie élevée, ce qui rendait obligatoire l'utilisation de haut-parleurs à bobine mobile 600 ou 800 ohms, souvent fragiles. Depuis, particulièrement en Europe, cette solution pourtant de grand intérêt est restée pratiquement dans l'oubli. Pendant ce temps aux U.S.A., au Japon ces circuits O.T.L. connaissaient un grand succès. Aux U.S.A., si la seule fabrication commerciale connue reste le montage Futterman, de très nombreuses autres solutions ont été proposées. C'est de celles-ci qu'il va être question ici. Bien que plus délicat du point de vue polarisation, stabilité et alimentation, il a le grand mérite de relier directement le tube de puissance au haut-parleur et ainsi d'accéder à des performances normalement impossibles à obtenir avec un transformateur de la plus haute qualité existant, c'est-à-dire une bande passante aussi large que 1 Hz - 1 MHz au dB près.*

Entre 1955 et 1970, les circuits dits «O.T.L.» connurent au Japon particulièrement, un succès étonnant en tant que circuit d'amateur de haute fidélité, tout comme les produits commercialisés pour lesquels des firmes telles Technics et Luxman étaient en tête du peloton.

Bien entendu, il y avait la course à la puissance et aux impédances de sortie très basse, c'est-à-dire 8 ou 18 Ohms.

Chose facile à dire, mais bien difficile à appliquer. En effet, une triode dite à basse impédance comme la 2A3 ou la 300B, ont une impédance interne  $R_p$  de

700 à 800 Ohms, ce qui veut dire qu'il faudrait en push-pull, un total de 100 tubes pour pouvoir obtenir une impédance de sortie de 8 Ohms. Sans aller si loin, notons au passage des amplificateurs utilisant des tubes noval à très basse impédance, comme les tubes 6RA 3 (tube d'origine

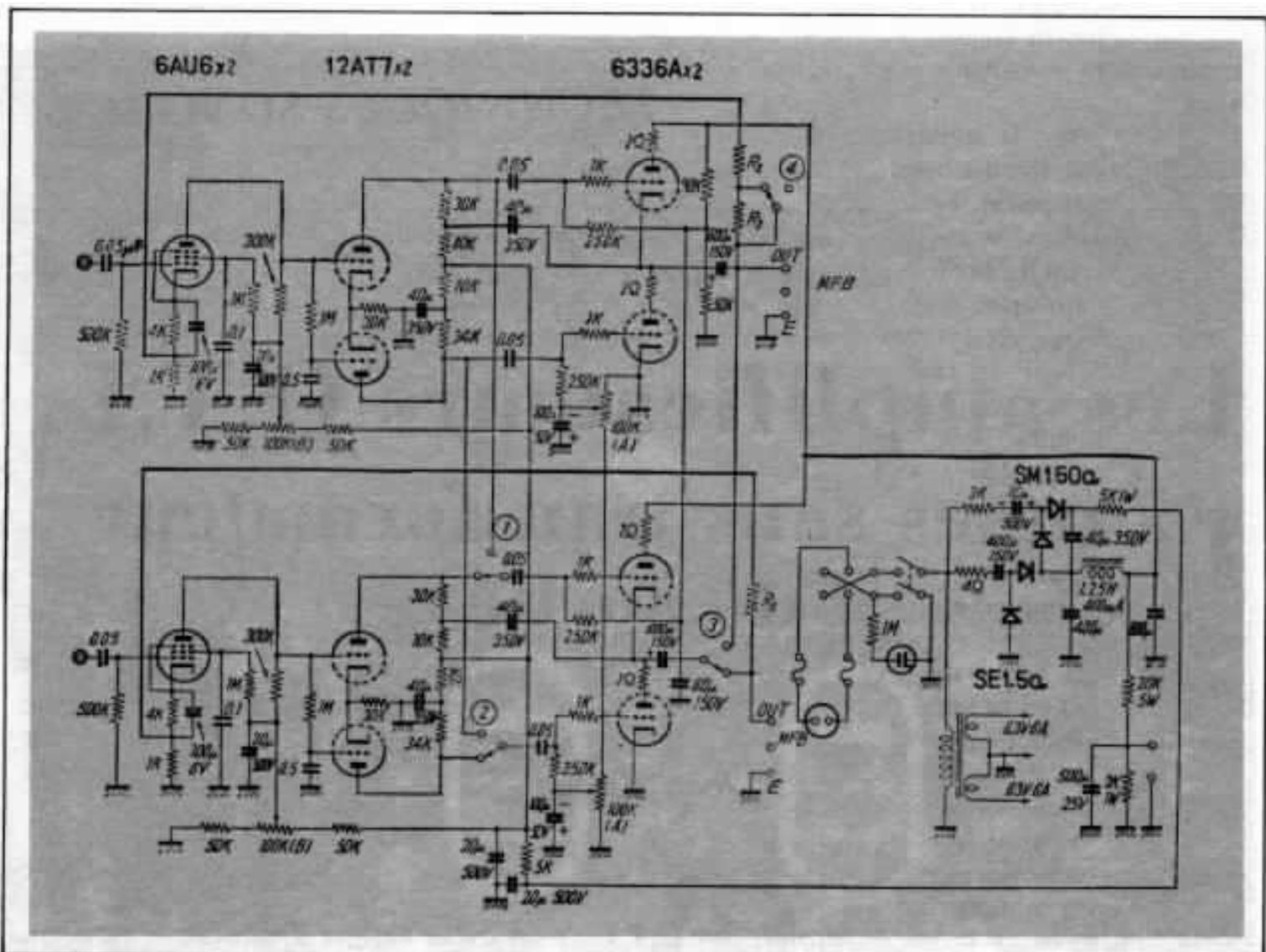


Fig 1 - Circuit OTL. On remarquera l'absence de transformateur d'alimentation, ce qui n'est pas sans danger. Cette technique a cependant beaucoup d'avantages au niveau du circuit. On notera que l'interrupteur est précédé d'un inverseur de phase secteur associé à un tube de néon, cela pour permettre le repérage.

japonaise) qui, utilisés par 20 (par canal), pouvaient donner plus de 100 Watts modulés sur 16 ohms, comme le fameux exemple d'un des premiers amplificateurs de la marque Technics des années 1965, resté longtemps une référence au Japon, et l'un des meilleurs pour attaquer les grands électrostatiques de bas rendement et aux courbes d'impédance très tourmentées.

#### Liaison directe au haut-parleur

L'avantage de la liaison directe des tubes de puissance au haut-parleur est limité par le risque de passage de courant con-

tinu dans la bobine mobile du haut-parleur. Plusieurs circuits existent dans le but d'éviter cet inconvénient, et seront décrits ci-après. Une autre solution plus simple, mais inférieure en qualité, consiste à ne pas prendre une alimentation symétrique (cas de tous les amplificateurs O.T.L. à liaison directe) mais une alimentation simple, et un condensateur d'isolement séparant les tubes de sortie du haut-parleur, ne laissant passer ainsi que la composante alternative. Cette valeur capacitive est toujours très élevée en valeur, tension d'isolement en particulier, ce qui

implique l'utilisation de condensateurs électrochimiques, qui, comme on le sait, ne sont pas du tout recommandés pour le passage d'un signal audio.

L'avantage principal du circuit O.T.L. est bien entendu l'absence de transformateur de sortie. Ce transformateur de sortie présente en effet plus ou moins des défauts majeurs tels que :

— Vibration des tôles sauf de très rares exceptions (ceci s'entend très nettement, même sans passer à de forts niveaux, sur signaux carrés de basse fréquence).

— Résistance en continu du primaire et du secondaire non négligeable.

— Risques sur le montage push-pull d'avoir soit des inductances imparfaitement égales, soit des résistances en continu inégales, ceci étant dû aux pertes d'insertion, et aux diverses techniques de bobinage, où il est difficile de satisfaire en même temps à plusieurs conditions (facteur de volume, symétrie, perte primaire/secondaire, capacités parasites, résistance en continu, inductance, variations de celle-ci en fonction de la puissance (courant continu) et de la fréquence).

— Déduit de ce qui est indiqué ci-dessus, il peut en résulter des chutes d'inductance aux fréquences basses et à niveau élevé, (sauf en surdimensionnant le transformateur), ainsi que des rotations de phase évidentes, qui peuvent rendre le montage instable.

Il en résulte une coloration évidente, qui même si elle est peu sensible à l'écoute, est manifeste lors de la comparaison entre un amplificateur à transformateur et un autre sans. Mais ces deux systèmes ont en fait chacun des défauts comme des qualités.

Pour démontrer la stabilité supérieure que possède le circuit «O.T.L.» sur le circuit à transformateur, il suffit d'appliquer une boucle de contre-réaction et de voir le comportement dynamique, la linéarité de la bande passante aux fréquences très élevées. Bien réalisé, le circuit O.T.L. possède une bande passante s'étendant facilement à plus de 500 kHz et dans le secteur grave, une bande passante en puissance indépendante du

niveau. En effet, il n'est pas rare qu'un transformateur passant 5 Hz à 1 W se mette à chuter dès 100 Hz à pleine puissance.

Un autre gros avantage sur le circuit O.T.L. est qu'il fournit pour raisons d'adaptation de la charge, le maximum de sa puissance entre 20 et 60 ohms, ce qui convient particulièrement bien aux grands électrostatiques et aux haut-parleurs de rendement élevé, dont les courbes d'impédance varient dans de très grandes proportions. En effet, ces circuits O.T.L. s'adaptent très bien à celles-ci, même les plus tourmentées. Il en résulte un amortissement excellent dans le grave, et un son donnant beaucoup d'ampleur, de profondeur.

#### **Les tubes utilisables en circuit O.T.L.**

Ce sont tous ceux ayant une bonne linéarité (si possible) et ayant une impédance interne très basse. Ces tubes sont tous des triodes, mais on peut trouver certains tubes tétrodes dont le montage pseudo-triode peut satisfaire à cet usage. On en trouve quelques-uns utilisés dans les derniers circuits de téléviseurs couleurs (sortie horizontale de la base de temps) au brochage soit magnoval soit octal américain. (6LQ6, 25E5, etc...).

Dans les petits tubes noval, il ne reste malheureusement que très peu de chose à proposer aux lecteurs, car la grande majorité de ceux-ci sont hors production et introuvables, même en petit stock.

Chez Mullard, notons le 11 A3, tube triode, chauffage indirect, qui peut tout comme les tubes triodes de basse et très basse impédance, trouver un bon

usage dans les alimentations régulées. Sa résistance interne est de 300  $\Omega$ .

Au Japon, quelques séries Noval, comme le 6RA 2, 6RA 3 (NEC) existaient, mais sont hors production et difficiles à se procurer. Le 12 B 4, un tube de télévision a été utilisé dans quelques réalisations et reste intéressant.

En tubes spéciaux, notons un tube de très grand intérêt : c'est le tube d'origine soviétique EC 19P, qui est fabriqué spécialement pour le Japon sur une embase noval standard. Impédance interne 200 ohms environ, très grande linéarité. Son seul défaut est sa polarisation très profonde, (plus de 120 V), ce qui exige un circuit d'attaque bien étudié. Huit de ces tubes permettent d'obtenir plus de 60 watts sur 16 ohms. Mais les tubes les plus intéressants sont les gros tubes de régulation à embase octal.

#### **Le tube 6336A**

Le plus courant, le plus intéressant, le plus pratique à se procurer est le fameux 6336A, qui est en réalité un tube double, contenant deux triodes séparées, que l'on peut soit mettre en parallèle, soit utiliser en push-pull si les deux parties sont bien équilibrées. Les réalisations utilisant ces tubes se comptent par dizaine au Japon, ne serait-ce que le fameux MQ 36 de Luxman. Ce tube qui existe en version améliorée, appelée 6336B, sert et sert toujours en montage parallèle/série dans les alimentations régulées de calculateurs électroniques de haute fiabilité et peut s'acheter, encore, dans les marques Cetron,



R.C.A., Raythéon, Tung-Sol aux U.S.A.

Ce tube permet de nombreuses réalisations, en partant d'une ou deux paires de tubes (soit donc un montage parallèle/push-pull, puisque chaque tube est double).

Examinons un circuit simple utilisant deux tubes de sortie 6336A (fig. 1). Il utilise le tube d'entrée 6AU6 (ou équivalent EF 94) monté en pentode, couplé en direct au tube inverseur de phase et d'attaque 12AT7 (ou équivalent ECC 81). Noter à la sortie de l'inverseur de phase, un jeu de quatre résistances et un condensateur de 40  $\mu$ F destiné à mettre à la masse « fictive » la partie supérieure de l'inverseur de phase. Ce point de l'inverseur de phase est toujours délicat et cette solution est devenue tout à fait universelle. Cependant une solution encore plus simple consisterait à faire réaliser un transformateur de liaison push-pull, dont le primaire pourrait accepter le passage d'un courant assez important soit 10 à 20 mA, tout en conservant de bonnes caractéristiques de linéarité, d'inductance et de distorsion. Ceci serait certainement possible, vu les techniques actuelles de fabrication.

Dans ce schéma, remarquons l'utilisation d'un condensateur de sortie dont la valeur minimum est de 600  $\mu$ F, nécessaire à cause de la faible impédance de sortie. Sur 16 ohms, cet amplificateur peut offrir 20 W maximum, avec les avantages des amplificateurs O.T.L.

Le schéma du Futterman ne sera pas décrit ici car utilisant des tubes trop spéciaux, dont certains pratiquement introuvables. De plus, les tubes de sortie,

des tétrodes, ne sont pas ce qu'il y a de plus linéaire. Bien que cet amplificateur soit intéressant, nous préférons passer aux circuits à tubes triodes du genre 6336A. Avertissons les lecteurs d'avance, au sujet de la dispersion des caractéristiques de ces tubes qui doivent si possible être mesurés et appairés avant d'être achetés. Le classique appareil de mesure indiquant uniquement de  $G_m$  n'est pas suffisant, vu la tension toujours très basse et le courant presque nul. Il est préférable de faire l'appairage pour une tension de l'ordre de 200 Volts et une polarisation variable, soit entre - 20 et - 80 Volts, car cette condition de mesure est beaucoup plus proche du travail réel. Le tube 6336, antécédent du 6336A, n'est pas un équivalent parfait ; sa plaque, en nickel au lieu d'être en carbone, est beaucoup moins résistante que celle du 6336A ou 6336B.

Passons à un circuit qui a fait ses preuves en tant que circuit de haute fidélité. C'est le circuit Taki. L'ingénieur Taki, qui construit toujours actuellement ses amplificateurs, est un spécialiste de ce genre d'amplificateur. Il est le réalisateur des circuits des amplificateurs Etone, firme qui a fait faillite pour avoir visé trop haut : location des plus grands stands aux expositions, publicité tapageuse : « L'amplificateur Etone est le meilleur du monde, c'est l'équivalent de la Rolls Royce, etc... ». Cette firme avait même eu l'idée peu honnête de faire passer des annonces dans de nombreuses revues et sur plusieurs années (sous le nom de particuliers), offrant par exemple : « Ampli X, Y, Z (les marques les plus prestigieuses) et

recherche à bon prix, même élevé ampli Etone... ». Bien entendu, l'ingénieur Taki n'y était pour rien mais celui-ci a bien vite fait de quitter la maison pour s'installer à son compte. Il n'en reste pas moins que l'amplificateur Etone/Taki, c'est-à-dire le circuit Taki, est un circuit à la fois simple et d'une très grande musicalité. Même sur des enceintes de sonorisation présentant pourtant des défauts dans le secteur grave (utilisation en haute fidélité et non en sonorisation) dans le genre Voix du Théâtre de Altec, cette combinaison ampli OTL Taki/Voix du Théâtre donnait des résultats remarquables car toutes les principales colorations disparaissaient, tout comme si l'amplificateur les absorbait. Il faut dire à ce sujet que la courbe d'impédance du système Altec relevant beaucoup aux fréquences graves (plus de 60 ohms) permettait à l'amplificateur de donner à ces fréquences critiques le maximum de puissance et d'amortissement.

Cet amplificateur est caractérisé par beaucoup de naturel de reproduction, beaucoup « d'ouverture des sons », et cela avec un très bon amortissement grâce au circuit O.T.L. Très fin du médium à l'aigu, il est également très dynamique (la conception du circuit de l'alimentation et de ses composants doit jouer directement sur celle-ci).

Avant d'en donner une description plus détaillée, notons les quelques règles à suivre et précautions à prendre lors d'une telle réalisation.

En premier lieu, il faut songer que le circuit est obligatoirement de très basse impédance (étage de sortie d'impédance proche de 30

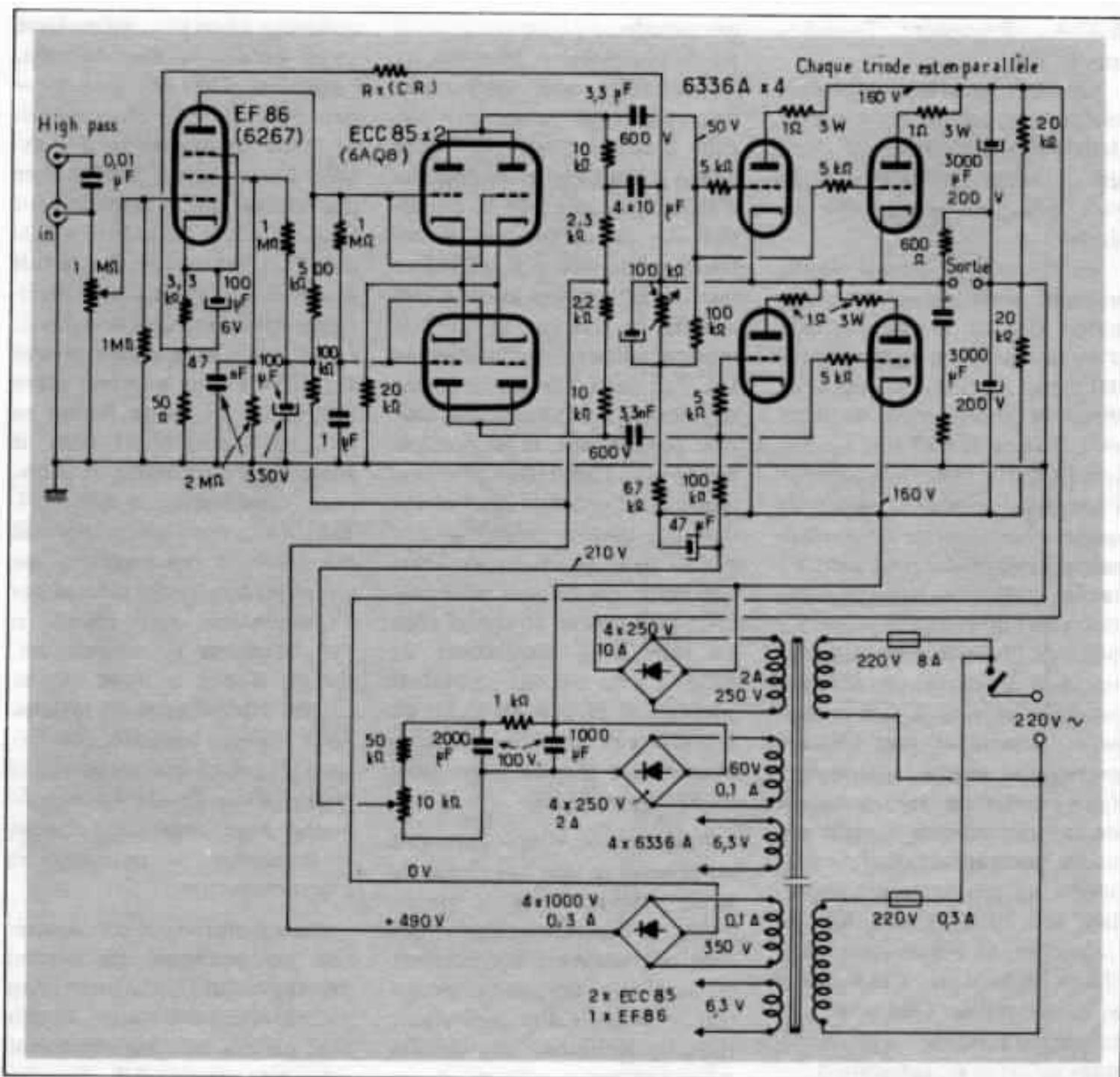


Fig 3 - Le circuit Taki.

à 50 ohms pour attaque directe des haut-parleurs) et que le rapport impédance des circuits-impédance interne de l'alimentation est beaucoup plus critique que dans un amplificateur à tube courant.

Ensuite, il faut songer à la droite de charge, qui va se situer, lorsque le haut-parleur sera relié au circuit, pratiquement à la ver-

ticale, ce qui veut dire aussi que la moindre instabilité du point de vue polarisation comme tension de l'alimentation suffit pour faire varier de quelques volts le point de repos des tubes de sortie. Vu le débit en courant très important, ces légers défauts peuvent se traduire par un manque de définition ou d'amortissement (effet subjectif). Dans tous

les cas il faut obligatoirement séparer le transformateur d'alimentation des étages précédents (c'est aussi plus économique). Il faut aussi une capacité de filtrage importante c'est-à-dire au moins 2000 µF (sous 160 à 180 V de travail) pour pouvoir obtenir une bonne stabilité de l'alimentation sur impulsions brèves et appels de courants. Ces valeurs

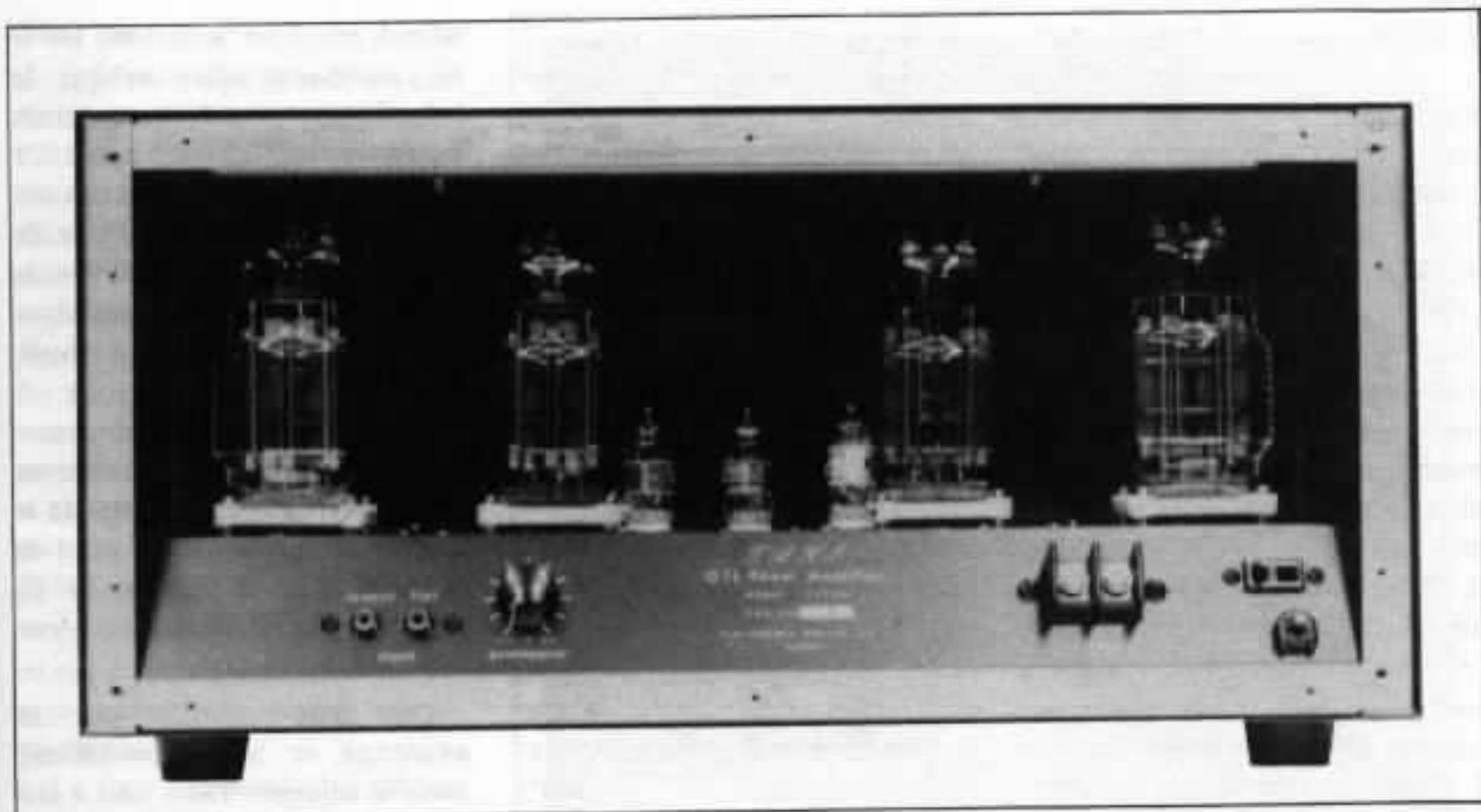


Fig 4 - Amplificateur Taki

qui semblent élevées peuvent être plus facilement obtenues par la mise en parallèle de nombreux condensateurs de faible résistance série. C'est l'exemple du circuit de l'alimentation du Taki, dont le total de  $3000 \mu\text{F}$  est réalisé à partir de valeurs de  $470 \mu\text{F}$   $200 \text{ V}$ , montées en parallèle. Une solution encore plus stable, mais dangereuse et non autorisée sur les appareils commercialisés, est l'alimentation directe à partir du secteur (en respectant la phase de celle-ci). L'élimination très avantageuse du transformateur d'alimentation apporte une stabilité accrue même sur des appels de courants violents. En conséquence, il faut surdimensionner le transformateur d'alimentation des étages finaux pour se rapprocher de cette solution qui demeure peu recommandée.

#### Le circuit Taki

Il est simple et ne contient

aucun secret. Son étage d'entrée est le courant 6267/EF 86, tube qui peut se trouver aussi en version professionnelle chez Telefunken, sous la référence EF 806S. Plus difficile à trouver, les anciennes versions de Mullard, en boîte bleue, donnaient les meilleurs résultats. Mais il existe de nombreuses marques en Europe et ce tube très accessible en prix doit permettre des essais comparatifs à peu de frais.

Ce tube EF 86 est polarisé automatiquement par une résistance de  $3,3 \text{ k ohms}$  et découplé par une capacité de  $100 \mu\text{F}$ . La tension d'isolement étant faible, il est facile de remplacer l'électrochimique par un condensateur au tantale. En série, se trouve une résistance de  $50 \text{ ohms}$  dont la partie supérieure sera reliée au circuit de contre-réaction.

Ce tube est utilisé normalement en pentode, et sa résistance

de charge est élevée, soit  $500 \text{ k ohms}$ .

Cet étage est suivi du déphaseur, tout à fait classique, comportant un condensateur de valeur  $1 \mu\text{F}$  mettant à la masse en alternatif la grille de la partie inférieure du déphaseur. Ce tube, qui est en réalité la combinaison de deux tubes en parallèle, le tube 6AQ8, dont l'équivalent est le ECC 85, est chargé à basse impédance ( $10 \text{ kOhms}$ ), condition préférable pour l'attaque des tubes de puissance de ce genre, qui présentent un courant de fuite de grille plus important par rapport aux triodes et pentodes de puissance courantes. Là aussi le même jeu de quatre résistances et le condensateur de «rattrapage» de la partie supérieure, qui est cette fois composé de quatre condensateurs au mylar mis en parallèle. Le condensateur de couplage est de valeur importante, soit  $3,3 \mu\text{F}$  (conden-

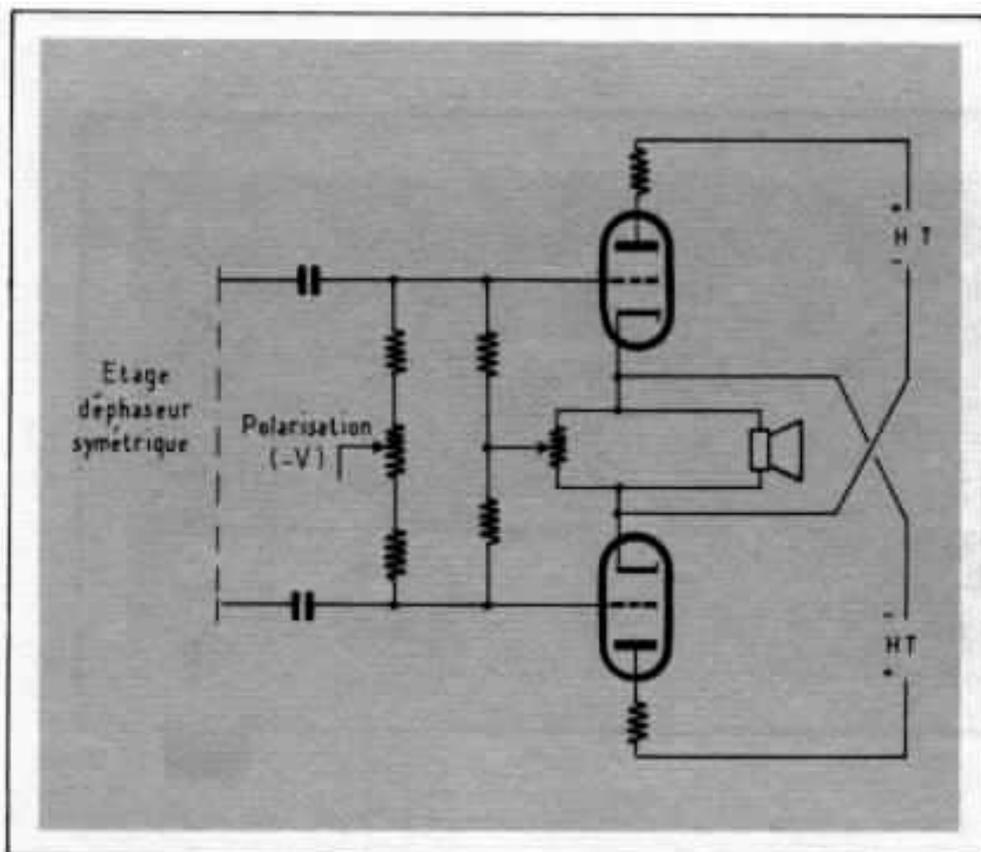


Fig 5 - Circuit CCCC (Cross Coupled Cathodes Circuit). Il permet grâce au croisement des cathodes et des alimentations séparées de positionner les cathodes des deux parties push-pull du côté du haut-parleur. Son seul inconvénient est que le haut-parleur même servant au déphasage final, ne possède plus de côté relié à la masse.

sateur au mylar d'origine Shizuki). La résistance série de 5 kOhms ainsi que les résistances d'arrêt de 1 Ohm en série avec les plaques des tubes de sortie sont destinés à éviter toute instabilité ou risque d'accrochage aux fréquences élevées.

VR<sub>2</sub> de valeur 100 kOhms ajuste la polarisation de l'étage supérieur, polarisation prise à partir de la partie inférieure de l'alimentation symétrique. Noter que l'on peut aussi prévoir sur le transformateur d'alimentation deux enroulements séparés de 60 V environ, qui après redressement, filtrage soigné et réglage par potentiomètre, permettront de régler d'une façon indépendante la polarisation des tubes de sortie.

Les tubes de sortie sont des 6336A. Dans les versions plus

récentes, le tube spécial EC 33C, d'origine soviétique, fabriqué spécialement pour le Japon peut aussi être utilisé. Légèrement plus puissant que les 6336A, ils ne sont, par contre, pas « doubles » comme les 6336A, ce qui exige 4 tubes EC 33C pour remplacer une paire de tubes 6336A. Pour obtention d'une grande puissance, on peut utiliser 4 tubes 6336A (soit 8 en stéréo) ce qui donne en puissance de sortie un maximum de 140 W. Dans ce cas, l'étage d'entrée et d'attaque est le même, ainsi que son alimentation séparée et seul le transformateur d'alimentation des étages de puissance est à remplacer par un modèle plus important, de mêmes enroulements, mais de courant plus élevé.

Pour le présent circuit, réalisation en monaural, avec 4 tubes

6336A en sortie (soit donc 140W de puissance disponible), le transformateur d'alimentation doit avoir un secondaire de 250V 2A. Le point milieu n'est pas utilisé, car la mise à la masse de celui-ci sera fictive, pour éviter le passage de courant continu dans le haut-parleur en cas de déséquilibre du push-pull.

La solution de deux alimentations complètement séparées peut être réalisée et demande le double de composants pour le filtrage. Elle a l'avantage de relier les tubes au haut-parleur depuis le continu.

Les deux solutions ont un avantage et un inconvénient, mais la solution Taki, tout à fait courante dans les circuits O.T.L. est très pratique et a l'avantage d'égaliser les courants dans les circuits push-pull, car le courant continu passe en série dans les tubes sans passer à travers la charge du haut-parleur (même si les tubes ne sont pas appairés).

Cet amplificateur ne pose pas de difficultés quant à sa réalisation, ne serait-ce que de trouver les tubes 6336A, et de trouver un transformateur d'alimentation approprié pour les étages d'attaque. Vu que la tension demandée est de 250 V, un gros transformateur d'isolement au secondaire 250 V peut faire parfaitement l'affaire. Par contre, chaque 6336A consomme en chauffage filament, près de 5 ampères, ce qui fait 20 A pour quatre tubes. Ce transformateur est donc soit à bobiner, soit à trouver, Il en existe dans les surplus et certains sont destinés à la charge des batteries. On peut bien sûr les mettre en série/parallèle, ce qui fait 12 Volts et diminue le courant total.

Vu le courant important, le câblage est à faire en fil de gros diamètre, c'est-à-dire entre 1,5 et 2,5 mm<sup>2</sup> pour les circuits haute tension et filament. Noter que les tubes 6336A chauffent beaucoup, et qu'il est nécessaire de leur prévoir un emplacement suffisant ne risquant pas de chauffer anormalement les condensateurs électrochimiques qui sont en très grand nombre.

Noter que l'on peut installer en sortie deux/quatre tubes 6336A comme le faisait Etone dans ses premières réalisations, ce qui économise en consommation et réduit de moitié la puissance disponible.

La figure 2 montre le schéma complet de l'amplificateur Taki avec son alimentation et les lecteurs pourront aussi trouver le schéma du fameux amplificateur Luxman MQ 36 (fig. 3).

Ces amplificateurs, ainsi que le Technics 20A sont restés longtemps sur le marché japonais, car, étaient déclarés comme les seuls capables de bien attaquer un haut-parleur électrostatique :

- les K.L.H. ;
- le Stax ESS6A ;
- le Quad, dont l'impédance chute au-dessus de 10 kHz.

A propos du circuit push-pull de sortie, on remarque que le circuit n'est pas entièrement symétrique puisque le haut-parleur se trouve relié du côté des cathodes d'un côté du push-pull et du côté des plaques de l'autre côté de celui-ci. Comme il n'est pas possible de trouver, à l'exemple des transistors des tubes aux « polarités inversées » ce qui serait très pratique, une solution croisant les courants au niveau de la charge, baptisée CCC (Cross Coupled Circuit) (fig. 4) permet

d'obtenir une parfaite symétrie. Son inconvénient est que le haut-parleur n'est plus relié d'un côté à la masse, qui va se situer à un point fictif au milieu de la bobine mobile du haut-parleur.

Mais un autre avantage est de pouvoir utiliser deux boucles de contre-réaction dans un montage parfaitement symétrique.

### Disponibilité des tubes

Pour ce qui est de la disponibilité des tubes, il est possible de se procurer en France, sans grande difficulté, les tubes 6336 A. Il existe des revendeurs spécialisés, tel que Union Radio Import à Paris.

Moins puissant que le 6336A existe aussi, toujours en brochage octal américain, le tube 6080 et le 6 AS7G.

En tubes tétrodes, le tube EL 505 ou EL 509, comme ceux utilisés sur le circuit Futterman se trouvent aussi mais il est préférable de retenir la solution du tube 6336A qui est à la fois simple et donne une puissance de sortie plus large que tous les autres tubes, sauf le EC 33C qui est une exception. C'est en effet l'un des seuls tubes au monde, avec le tube Sylvania 7241 dont l'impédance interne se situe au-dessous de 60 Ohms. L'inconvénient est qu'ils sont de prix élevé et difficiles à se procurer.

Mentionnons que le tube 6336A, peut aussi être monté en classique push-pull, avec transformateur de sortie. L'avantage est de pouvoir travailler à très basse impédance, soit 600 ohms environ au lieu de plusieurs milliers d'ohms, ce qui permet avec la même qualité de transforma-

teur d'obtenir une meilleure bande passante.

Pour en revenir au circuit Taki, monté avec des tubes 6336A (4 par canal) la puissance maximum est de 140 W (classe AB), le taux de distorsion de 0,08 % jusqu'à environ 80W, taux n'augmentant que très peu aux fréquences graves ou élevées en raison de l'absence de transformateur de sortie. La bande passante, elle, s'étend à plus de 200 kHz à 2 dB près. En utilisant d'autres circuits d'attaque à basse impédance, on peut élargir cette bande passante à 1 MHz, cas d'un circuit japonais réalisé par un autre spécialiste de ces circuits, le professeur Takésué (professeur d'électronique dans une université du sud du Japon).

Ce circuit utilise en entrée une 12AU7 (ECC82) au gain moyen, suivi du tube 6FQ7 (ou 6CG7).

Mais le circuit Taki présenté ici est un circuit éprouvé et de musicalité remarquable. Dans son genre, c'est sans doute le meilleur. Comparé aux amplificateurs transistorisés, ces amplificateurs sont toujours plus dynamiques sur signal musical et plus « chauds » terme para-technique mais qui exprime bien ce que l'on ressent lors d'une comparaison. Dans presque tous les cas les amplificateurs transistorisés donnent l'impression de compresser la dynamique lorsqu'ils sont comparés au circuit Taki.

Mais ceci est peut-être aussi dû à la réserve de puissance et à la grande facilité d'adaptation d'impédance. Sa réalisation est cependant recommandée aux habitués du tube, car il exige de bonnes connaissances de câblage et d'utilisation des tubes.

**Page non  
disponible**

# Le son des platines

## Tentative d'évaluation

*Gustavo Altieri - Gérard Chrétien*

*Le comportement des platines est un sujet qui nous tient beaucoup à cœur. Dans le numéro 8, nous avons publié un article intitulé «La mécanique s'entend ! ou le son des platines», dans lequel nous mettions clairement en évidence l'influence du type d'entraînement sur les résultats subjectifs perçus par un groupe d'auditeurs placés dans des conditions d'écoute «aveugle». Soucieux d'appréhender, voir d'expliquer ces différences manifestes à l'écoute, nous avons entrepris la réalisation d'une table anti-vibratoire, de sorte à délimiter les paramètres variables entre platine à entraînement direct et platine de type contre-platine suspendue. Cette table anti-vibratoire a été décrite dans le numéro précédent de l'Audiophile. Depuis, nous avons continué nos investigations en matière de mesure pour avancer dans la compréhension des phénomènes mis en jeu. Nous vous livrons ici des séries de mesure qui ne sont peut-être pas décisives mais qui toutefois mettent en évidence des différences notables.*

Il est évident pour nous et pour la plupart des audiophiles avertis, que la qualité d'un appareil destiné à la reproduction musicale, doit être appréciée dans les conditions réelles de travail, c'est à dire en présence de programmes complexes. Cela est d'autant plus vrai pour le système de lecture de disques qui doit prélever des micro-informations contenues dans le sillon. Toute sollicitation extérieure peut provoquer cette lec-

ture, tels que l'effet de feed back acoustique, résonances diverses des matériaux constitutifs de la platine, du bras et même de la cellule. Malgré tout, il est indispensable pour progresser, d'effectuer des mesures. Celles-ci sont indispensables :

- Pour la mise au point matérielle.

- Pour la détection de défauts et d'éventuelles caractéristiques physiques susceptibles d'être perfectionnées.

- Pour tenter une objectivation des appréciations dérivées de l'écoute analytique.

Malheureusement, l'éventail des mesures couramment pratiquées est loin d'être suffisant pour définir pleinement les particularités physiques qui font la différence entre deux appareils électroacoustiques et notamment entre deux platines tourne-disques. L'expression «particularités physiques», est employée pour caractériser les propriétés

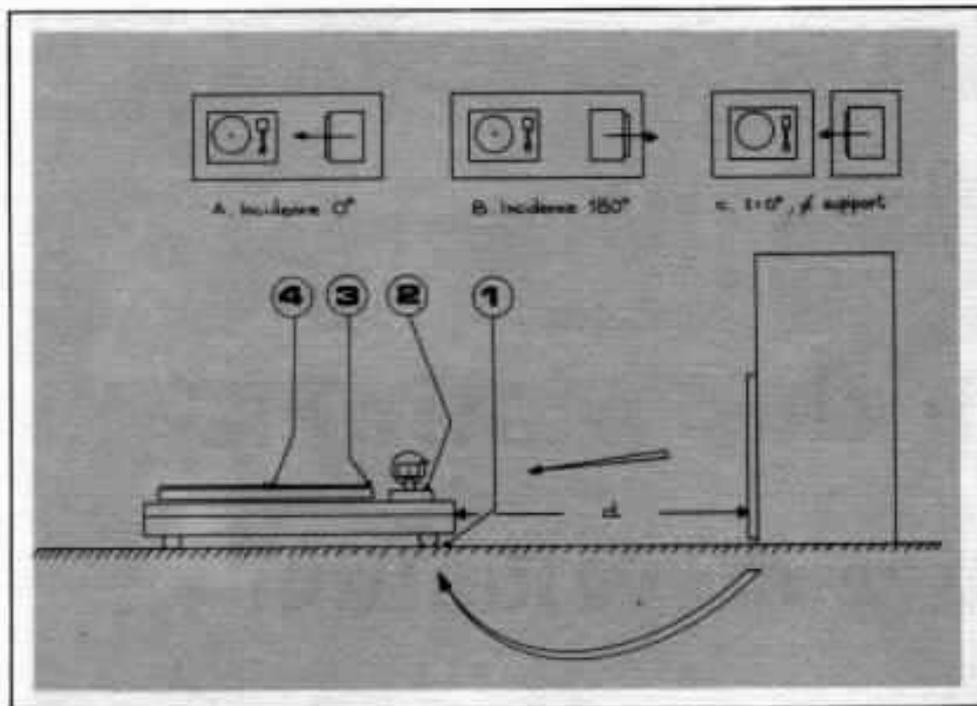


Fig 1 : Montage expérimental et conditions d'essais. Les cas A et B correspondent à une excitation mixte par voie solide et voie aérienne, alors que le cas C correspond à une excitation uniquement aérienne.

s'attachant à un certain type de fonctionnement et qui sont par là, détectables, mesurables et donc capables de s'intégrer dans une interprétation rationnelle du phénomène. Il faut donc un travail de recherche patient et détaillé, pour concevoir des méthodes objectives qui puissent être le reflet des performances audibles des platines. On parviendra ainsi à combler le vide existant entre les fiches de spécifications techniques et les résultats audibles.

## I - Mise en évidence de l'effet de feedback acoustique

Il était impératif, dans un premier temps, de connaître le comportement d'une platine face aux stimuli mécaniques transmis par voie solide (support) et par voie aérienne. Pour cela, nous avons conçu une expérience mettant en évidence chacune de ces deux influences.

## Méthode d'analyse

La réponse en divers points de la structure de la platine a été testée à l'aide de capteurs accélérométriques placés au point 1, 2, 3, et 4 indiqués en figure 1.

Dans un premier test, nous avons recueilli le signal acheminé par voie solide avant qu'il n'accède aux systèmes de lecture (1). Le point (2) se trouve à proximité du support du bras, le signal prélevé en ce point a traversé le socle et a donc été modifié en accord avec les propriétés mécaniques du système. Ce signal excite donc directement le bras et par conséquent la cellule.

Le point (3) correspond à la périphérie du plateau et le point (4) au centre de celui-ci. La platine utilisée est une platine de prix modéré, de type à entraînement direct. La source d'excitation est une enceinte acoustique émettant un régime musical dans la bande 20 Hz - 20 kHz.

Les essais ont été effectués suivant trois conditions différentes :  
A - La platine et l'enceinte sont placées sur le même support horizontal. Le champ d'émission du haut-parleur excite directement la platine sous un angle d'incidence nul. Il y a donc dans ce cas une double excitation solide et acoustique. Les résultats obtenus sont représentés en figure 2 pour chacune des positions des capteurs.

B - La platine et l'enceinte sont toujours placées sur le même support horizontal mais l'angle d'émission, est dans ce cas, de 180°. On a donc alors, une prédominance d'excitation par le support. Les résultats obtenus au point (2) et (4) sont représentés en figure 3.

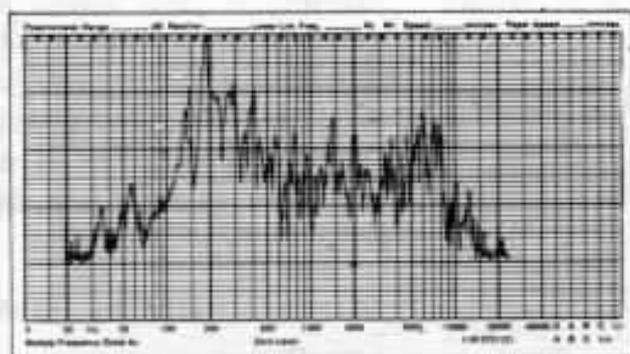
C - La platine et l'enceinte sont maintenant placées sur des supports mécaniquement isolés. Naturellement, la distance est maintenue constante. Il s'agit là d'une excitation par voie aérienne. Les résultats sont donnés en figure 4. L'incidence est naturellement de 0°.

## Résultats

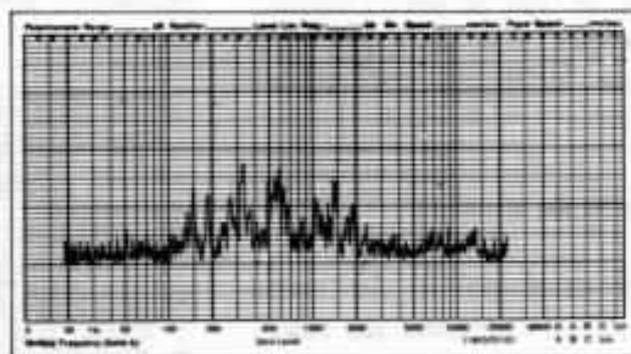
Le principal enseignement est que l'excitation aérienne est prédominante. Par ailleurs, on aurait pu penser que l'influence principale se manifeste dans le registre grave. En fait, les perturbations apparaissent à des fréquences élevées. On conçoit qu'elles soient très facilement audibles. Le larsen représente donc une influence majeure qui en aucun cas ne peut être négligée.

## II - Analyse en régime musical

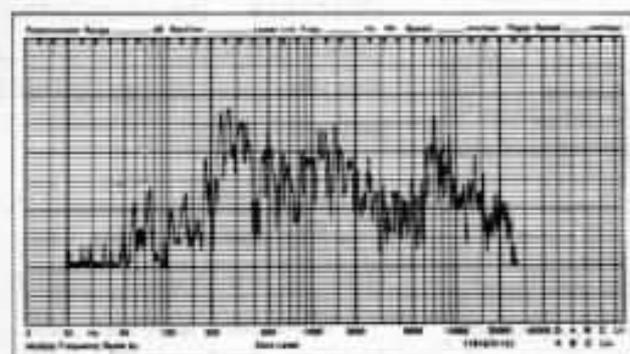
L'excitation sinusoïdale ne représente en aucun cas des conditions réelles de fonctionnement



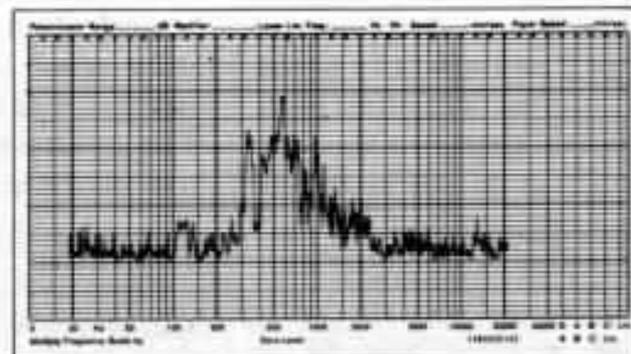
*Fig 2a - Réponse obtenue dans condition A ou B, au point 1.*



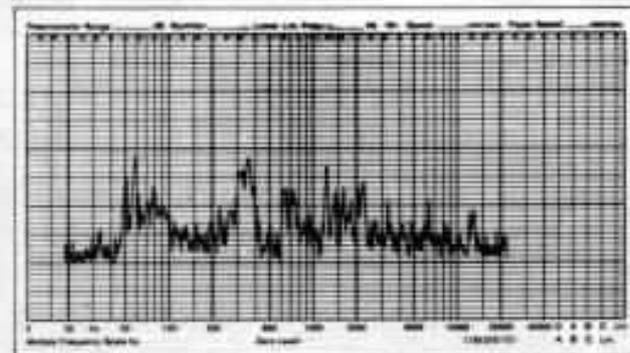
*Fig 3a - Réponse obtenue dans condition B, au point 2.*



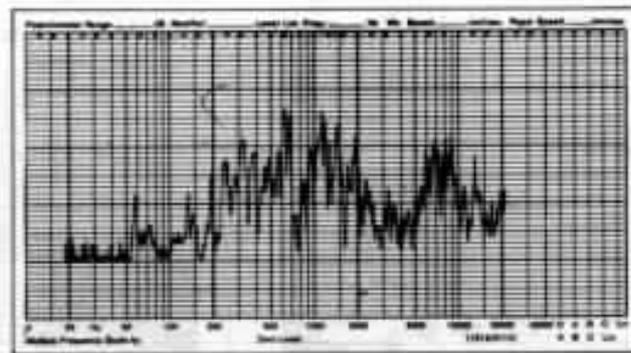
*Fig 2b - Réponse obtenue dans condition A, au point 2.*



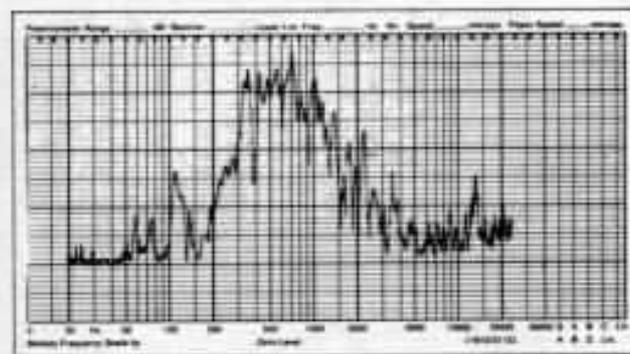
*Fig 3b - Réponse obtenue dans condition B, au point 4.*



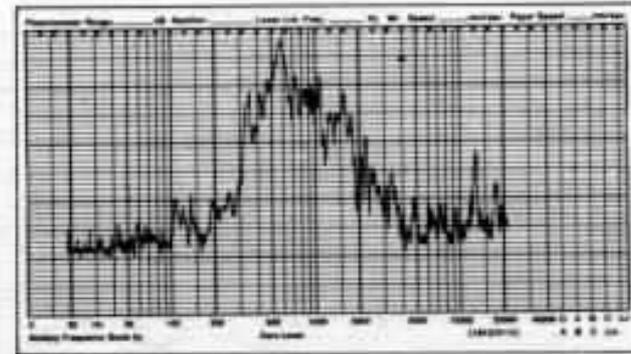
*Fig 2c - Réponse obtenue dans condition A, au point 3.*



*Fig 4a - Réponse obtenue dans condition C, au point 2.*



*Fig 2d - Réponse obtenue dans condition A, au point 4.*



*Fig 4b - Réponse obtenue dans condition C, au point 4. On remarquera que la courbe est proche de celle de la figure 2d, ce qui prouve que la transmission de perturbation est principalement aérienne.*

et d'utilisation. Pour mieux analyser le type de perturbation, nous avons mis au point une méthode utilisant un signal musical.

### Méthode de mesure

Dans cette partie de notre étude, nous exposons les résultats d'une technique de mesure conçue pour mettre en évidence certains aspects du comportement mécanique du système de lecture de disque. Précisons au lecteur qu'il ne s'agit là en aucun cas de résultats définitifs, nous livrons tout simplement au «jour le jour» l'état de nos investigations.

Le dispositif expérimental utilisé pour ces mesures est représenté par le synoptique de la figure 1. Voici son descriptif :

#### Objet du test :

Mise en évidence du comportement mécanique de l'ensemble

platine/bras/cellule face à une excitation acoustique de niveau élevé.

#### Forme d'excitation mécanique :

Signal musical lu par une seconde platine et diffusé à travers une enceinte acoustique isolée mécaniquement du support de la platine à tester.

#### Conditions de la platine testée :

Elle repose sur une table solide, moteur en position d'arrêt et bras posé sur la partie centrale d'un disque normal.

Le signal de sortie de la cellule représente la réponse du système à un signal parasite acheminé par voie aérienne.

#### Méthode d'analyse :

Nous avons utilisé un analyseur en temps réel Bruël & Kjaer, type 2031 à bandes étroites. Le signal délivré par la cellule phonoelectrique de la platine testée est mémorisé. L'analyseur étant en position «niveau de crête»

recueille l'enveloppe des niveaux maximums pour toutes les fréquences de la bande 20 Hz - 20 kHz. La distribution spectrale du signal est donc directement visualisée sur l'écran et ensuite, tracée sur l'enregistreur Bruël & Kjaer 2307.

#### Matériel utilisé au niveau de l'excitation :

Platine Thorens TD 150 modifiée, équipée d'un bras Lurné et d'une cellule Nagaoka MP 50 ; enceinte Phonophone G2, préamplificateur Kanéda, amplificateur prototype 100 W à transistors.

#### Matériel testé :

- Platine Denon SL 9BA, équipée du bras d'origine.
- Platine Denon DP 1000, équipée du bras d'origine.
- Platine Linn Sondek équipée d'un bras Rega.
- Platine Verdier (prototype) équipée du bras SME.

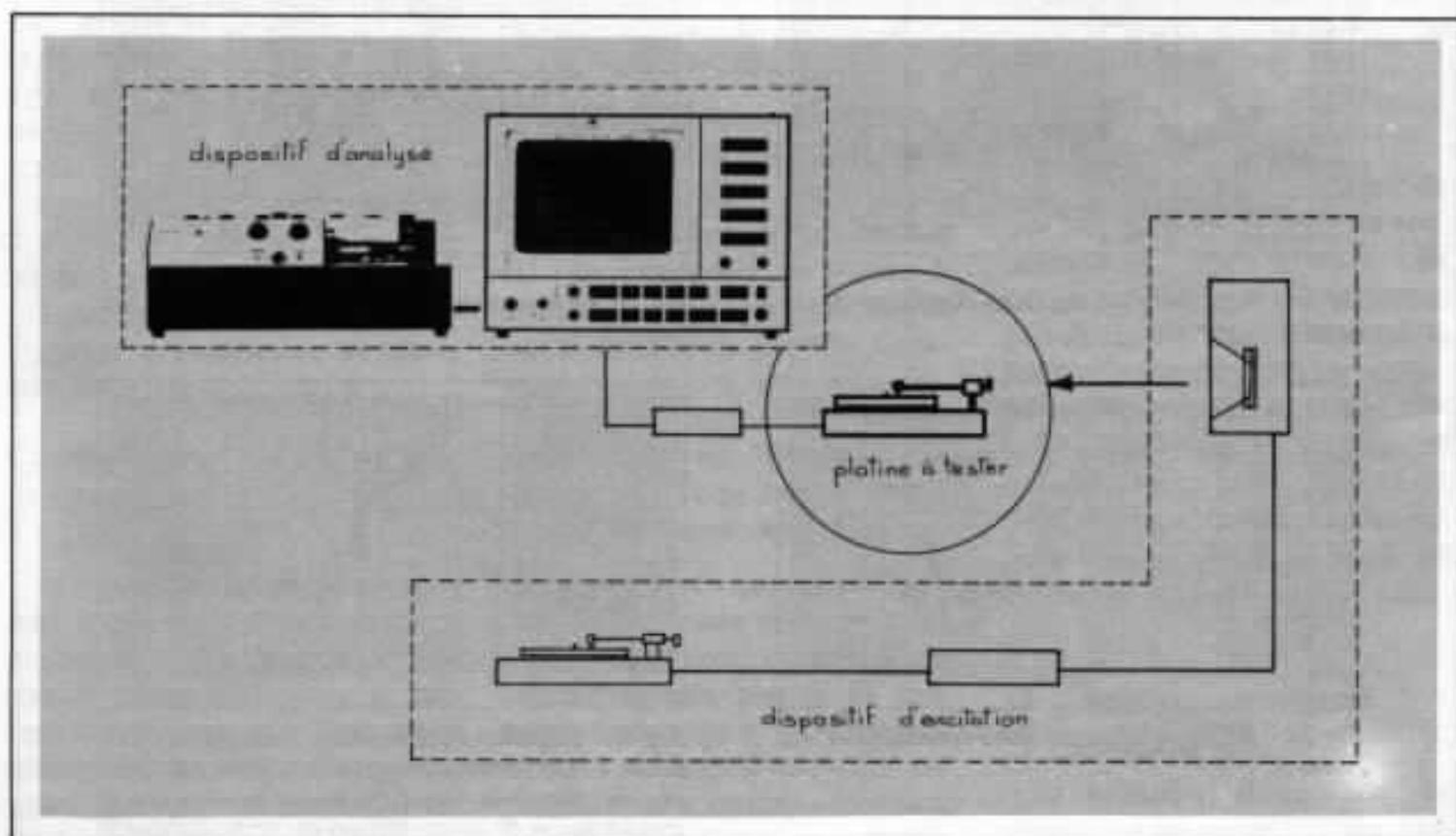


Fig 5 - Dispositif expérimental.

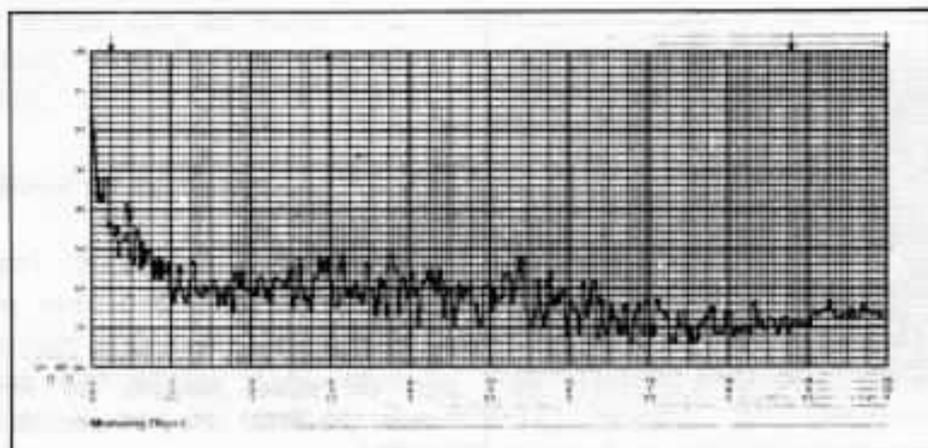


Fig 9 - Platine D. Analyse spectrale du signal parasite sur la bande 20-20000 Hz en régime musical.

Fig 10 - Platine B placée sur la table anti-vibratoire décrite dans l'Audiophile n°11. Analyse spectrale du signal parasite sur la bande 20-20000 Hz en régime musical. On remarquera que la courbe obtenue est très proche de celle de la figure 7, platine B.

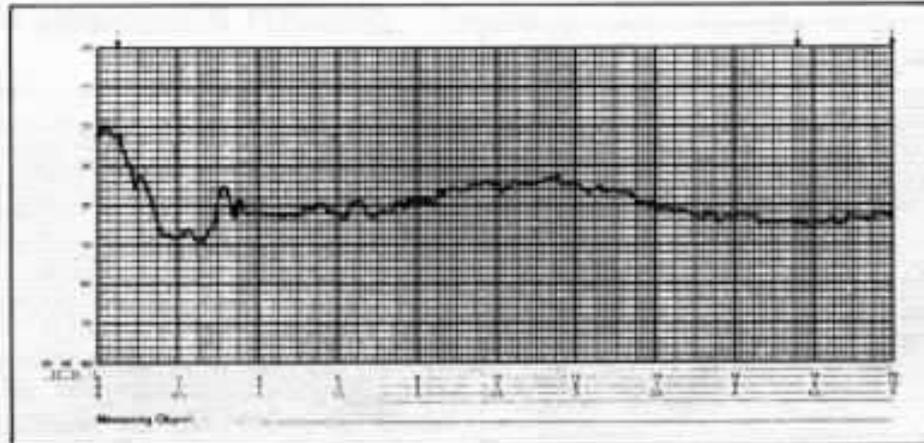
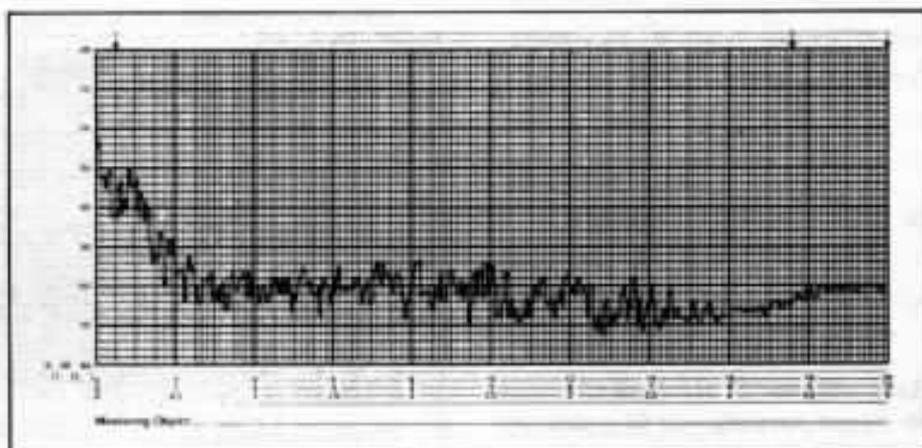
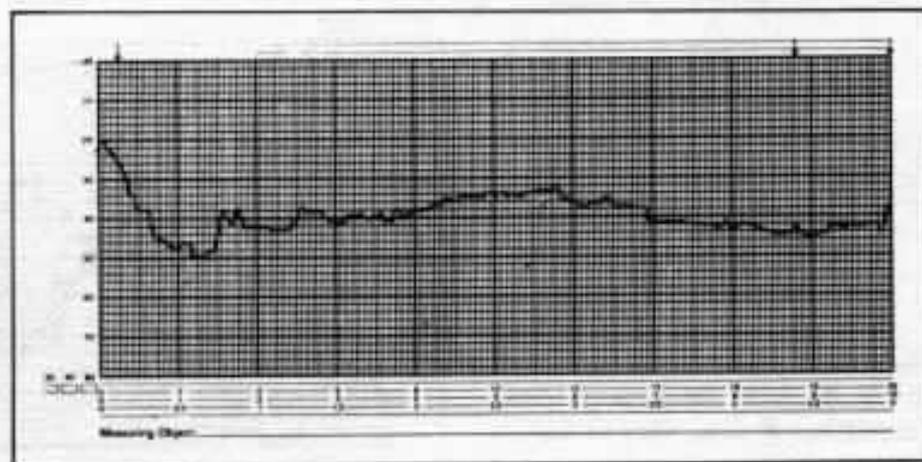


Fig 11 - Résultat de l'analyse en bruit blanc pour la platine B.

Fig 12 - Résultat de l'analyse en bruit blanc pour la platine C. On remarque quelques différences, mais elles sont minimales par rapport à celles obtenues avec la méthode employée en excitation en régime musical. Il y a là sujet à réflexions quant à de nombreuses méthodes de mesure.



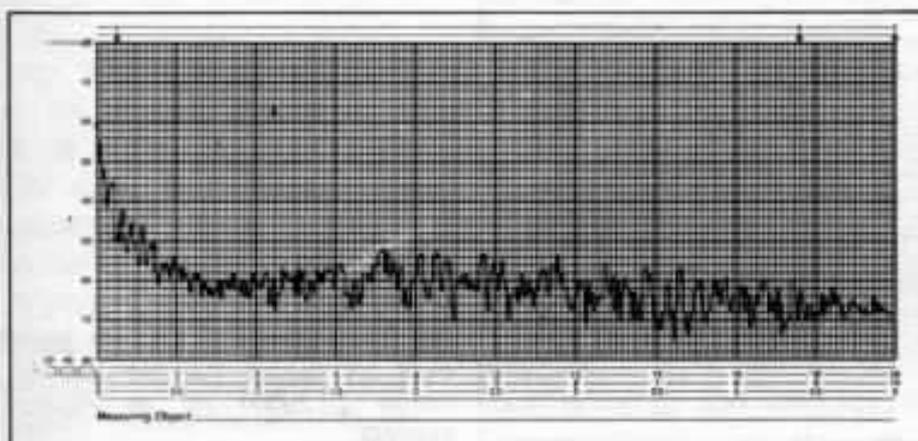


Fig 6 - Platine A. Analyse spectrale du signal parasite sur la bande 20-20000 Hz en régime musical.

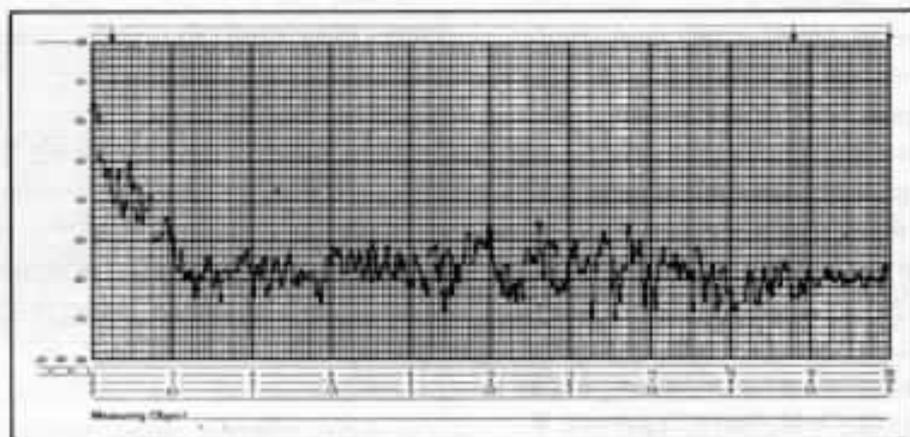


Fig 7 - Platine B. Analyse spectrale du signal parasite sur la bande 20-20000 Hz en régime musical.

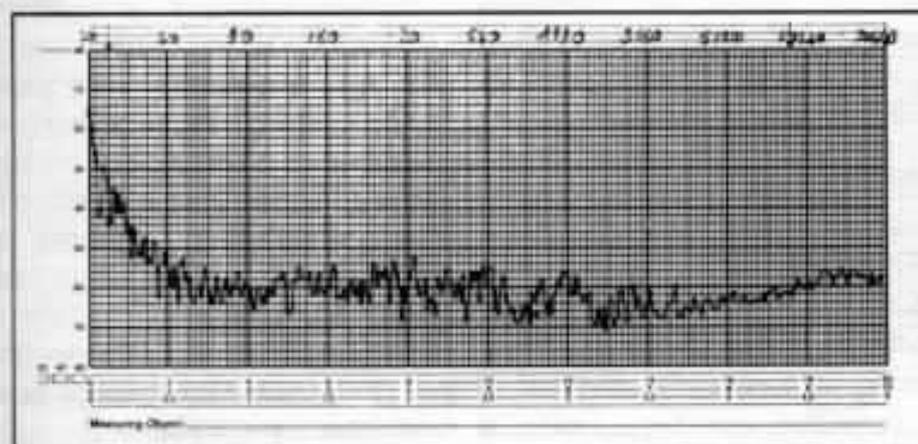
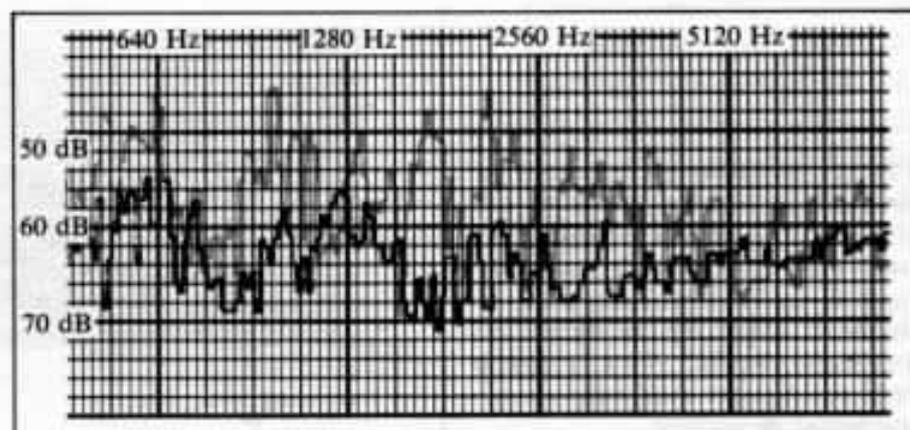


Fig 8 - Platine C. Analyse spectrale du signal parasite sur la bande 20-20000 Hz en régime musical.

Fig 8 bis - Agrandissement de la bande 300-5000 Hz pour chacune des platines B et C, vues en superposition.



Dans tous les cas, la cellule utilisée est une Technics EPC 100 MK2.

Nous avons testé également dans les mêmes conditions la table de lecture anti-vibratoire décrite dans le numéro 11 de l'Audiophile. Nous tenons à remercier la maison Bruël Kjaer en la personne de son directeur technique M. Maurice Raynaud, pour toutes les facilités de travail rencontrées dans les laboratoires de Mennecey.

### Remarque sur la méthode

Le lecteur est habitué à voir les courbes de mesures en statique, si l'on peut dire. En fait, le résultat figé sur le papier est une intégration de données sur une plage de temps déterminée.

Lors des expériences, nous nous sommes heurtés à des difficultés pour obtenir une courbe enveloppe qui soit suffisamment significative. Expliquons-nous. Lorsque l'on examine l'écran de l'analyseur, l'évolution de la courbe dans le temps peut varier dans de fortes proportions entre deux matériels bien que le résultat global, l'intégration, ne donne que de très faibles écarts. En fait, l'enveloppe obtenue n'est pas pleinement représentative du phénomène.

C'est le problème qui se pose pour les méthodes ayant recours à un message musical où, en fait, la seule mémorisation possible serait un film, qui, lui, fait intervenir le facteur temps. La perception, il ne faut pas l'oublier, ne fonctionne en aucun cas comme un détecteur de crête, elle

est beaucoup plus sensible à l'évolution transitoire, dynamique, du phénomène musical.

### Résultats de mesure

Les courbes 6, 7, 8 et 5 donnent le résultat pour chacun des systèmes testés. Cette analyse est effectuée sur la bande 20Hz-20000Hz. Les différences sont très marquées si l'on compare les courbes 7 et 8, en particulier dans la bande 600-5000 Hz. Sur certaines fréquences, il y a près de 20 dB d'écart, cela aux alentours de 2000 Hz où l'oreille est particulièrement sensible. La figure 10 donne le résultat de la platine B de la figure 7 testée avec la table anti-vibratoire. La courbe obtenue est quasiment superposable avec celle de la platine C de la figure 8.

On aurait pu objecter que l'emploi de *bras différents*, enlève toute signification à la méthode. La preuve est faite qu'il n'en est rien. Il faut préciser que les bras utilisés sont du même type. Les perturbations majeures viennent pour la plus large part de l'excitation du socle lui-même et du plateau. La table anti-vibratoire apporte de grandes améliorations, et il faut noter qu'elle porte en grande partie sur le médium. On aurait pu penser, a priori, que son influence se serait manifestée dans le bas du spectre.

### Analyse en bruit blanc

Nous avons effectué une autre série d'expériences, riche d'enseignements. L'excitation

musicale était remplacée par une excitation en bruit blanc. Cette méthode a conduit aux courbes 11 et 12 pour les platines B et C. Les différences notées précédemment ne sont plus du tout manifestes. Une explication s'impose. Lorsque l'on sollicite une structure à l'aide d'un bruit continu, tel le bruit blanc, et que l'on analyse en intégrant plusieurs échantillons spectraux, l'effet de moyennage estompe toutes différences. Naturellement, cette méthode a l'avantage d'être répétitive, car elle porte sur un plus grand nombre de stimulations. Au contraire l'excitation en régime musical se montre beaucoup mieux adaptée au traitement de notre problème. Même s'il existe une dispersion entre deux mesures consécutives effectuées dans les mêmes conditions sur le même matériel, celle-ci est très inférieure aux écarts notés entre deux matériels, telles les platines B et C. Cela est extrêmement encourageant et nous incite à poursuivre nos efforts pour perfectionner la méthode, de sorte à réduire cette dispersion et améliorer la répétitivité des résultats.

Cette expérience effectuée en bruit blanc montre que malgré une méthodologie bien adaptée et du matériel de mesure performant, on peut « passer à côté » de phénomènes importants. Les différences perçues entre diverses platines à l'écoute ne relèvent pas de la magie, elles existent. Cependant, pour les mettre en évidence, il faut trouver une méthode adaptée.

**Page non  
disponible**

# Réflexions sur les platines

Yves Neveu

*La platine tourne-disque fait depuis peu l'objet de nombreuses remises en question. Ces dix dernières années, on a trop pensé que la qualité d'une platine se réduisait à celle de son entraînement, alors qu'elle constitue le cœur d'un système mécanique extrêmement complexe. Complexité qui est due à l'énorme rapport entre les dimensions du système de lecture - platine, bras, cellules - et les dimensions du sillon porteur de l'information. Yves Neveu nous livre ici, les idées qu'il a sur la question.*

Les centres d'intérêts techniques dans la recherche de la reproduction du son suivent une certaine mode. Alors que l'attention manifestée aux haut-parleurs et à l'électronique est restée assez constante, il n'en n'est pas de même en ce qui concerne d'autres éléments. Par exemple, les recherches sur les microphones n'ont jamais semblé d'un grand intérêt en dehors du son professionnel. C'est pourtant le point de départ, donc l'élément primordial de toute

reproduction sonore des sons réels. Du côté usage domestique, et ceci concerne particulièrement les audiophiles, le disque reste la modulation de base des amateurs de musique. Le tourne-disque a aussi une grande importance. S'il est universellement admis que le haut-parleur est responsable avec évidence des résultats sonores, l'intérêt manifesté pour la lecture mécanique est plus réduit. Bien sûr, il y a des querelles entre partisans des têtes de lecture magnétiques et des têtes

de lecture dynamiques, des cellules à haute ou à basse impédance, de l'entraînement central ou de l'entraînement à courroie, des bras à couteau, à cardan, unipivot ; et ces querelles restent des querelles de principe.

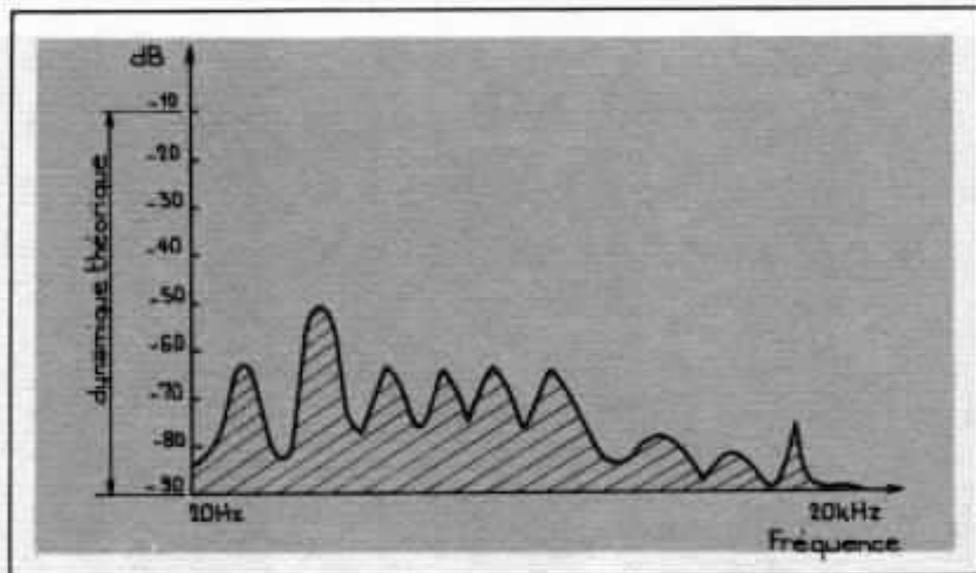
Ainsi, certains se refusent à écouter une tête de lecture qui n'est pas dynamique, et pensent que seul un bras unipivot est digne de lire leur disque, alors que ce système séduisant dans son principe pose de tels problèmes d'un point de vue pratique,

qu'il entraîne presque toujours de graves difficultés dans la lecture réelle d'un disque. Lorsque l'on écoute, il est important d'oublier la technique, le résultat dépendant plus de la maîtrise de celle-ci que des données théoriques de départ.

Depuis environ deux ans, le tourne-disque est devenu un élément à la mode dans une chaîne haute-fidélité. Cette mode a tendance à faire croire que toutes les nouveautés, dans ce domaine sont récentes, l'illusion est créée en général par la publicité. Cette publicité est destinée à prouver qu'une nouveauté est réelle, alors que des réalisations semblables existaient dix ou vingt ans auparavant.

Ainsi a-t-on vu récemment deux sociétés se faire un procès, à propos d'une technique utilisée dès 1960 par un autre constructeur. Afin de rendre à César ce qui appartient à César, faisons un peu l'histoire de la technique.

En guise de préambule, rappelons que les plus anciens tourne-disques à entraînement mécanique était à entraînement central, il y a de cela environ 90 ans. Sans remonter aussi loin dans le temps, nous pouvons considérer les machines à gravures électromagnétiques tournant à 78 tours comme les ancêtres des platines à plateaux très lourds aujourd'hui en vogue au Japon chez les audiophiles. Si l'on en vient à l'époque actuelle, on peut considérer que la haute fidélité est née avec le microsillon (c'est surtout vrai, en ce qui concerne la diffusion au public). L'arrivée du microsillon a rendu la lecture des disques beaucoup plus délicate, cette difficulté est directement liée à la réduction de l'énergie mécanique que peut donner le sillon.



Zone dans laquelle les informations sont masquées par les bruits de fond.

La différence d'énergie mécanique entre un 78 tours et un microsillon 33 tours est considérable, en ce qui concerne la courbure de la pointe de lecture, celle-ci est de 75 microns pour un 78 tours et seulement de 25 microns pour un microsillon monophonique, la surface de contact pour une pointe ronde est environ neuf fois plus grande dans le cas d'un 78 tours. Cette énergie supplémentaire n'est pas responsable au premier degré de la tension de sortie, car à têtes de lecture égales, elle est proportionnelle à la vitesse de gravure, la plupart des phonocapteurs étant des lecteurs de vitesse. Cette gravure plus large, facilite la conception de la tête de lecture, il est aisé d'obtenir un meilleur rapport entre l'énergie que le sillon peut donner sans déformation et la masse dynamique du phonocapteur.

D'autre part, la vitesse de rotation plus élevée permet une vitesse de gravure plus grande, il en résulte une meilleure tension disponible aux bornes de la tête de lecture. Afin de donner un ordre de grandeur plus précis, nous prendrons comme exemple,

les têtes de lecture Clément utilisées par la radiodiffusion au début des années 50. La tête de lecture 78 tours ne se différencie de la tête de lecture microsillon que par une pointe différente et une différence de compliance. Alors que l'on obtenait une tension moyenne de 100 mV d'un 78 tours, celle-ci n'était plus que de 20mV sur un disque microsillon. La vitesse de rotation à 78 tours entraînant une augmentation du rumble, le rapport énergie mécanique du disque et rumble reste d'environ 10 dB meilleur, en ce qui concerne le 78 tours.

Les premières platines que l'on peut considérer comme étant à haute fidélité, par exemple, Thorens 124, Gerrard 301, et platine Clément, utilisaient toutes des plateaux assez lourds, un moteur gros, mais bien usiné, pour réduire les vibrations et un entraînement par galet plus rarement par courroie. Le plateau lourd était utile pour réduire le pleurage et la scintillation. La réduction du rumble dépendait plus de la qualité du pivot du plateau et de la précision de l'usinage des organes de transmission et du moteur. Cette réduction du

rumble était devenue critique à cause de la réduction du rapport signal/bruit engendrée par l'arrivée du microsillon.

Un sillon contenant un ensemble d'informations sous une forme mécanique, toutes vibrations mécaniques trop importantes masquent une partie de celles-ci, elles ne provoquent pas seulement du bruit de fond, mais réduisent la fidélité du système en faisant disparaître les informations les plus subtiles.

Lors de l'arrivée de la stéréophonie, le rapport signal/bruit du disque a subi une nouvelle altération d'environ 6dB. Aux vibrations d'origine mécanique latérales, sont venues s'ajouter les vibrations verticales, car le capteur stéréophonique lit dans les deux plans. Pendant longtemps le souci a été de rétablir, un rapport signal/bruit correct, celui-ci ayant été altéré d'au moins 16 dB par l'arrivée successive du microsillon et de la stéréophonie.

Une autre conséquence de la réduction de l'énergie mécanique dans le sillon, associée à une diminution de la rigidité des disques ainsi qu'à la réduction de leur masse a rendu un autre paramètre beaucoup plus critique. Il s'agit de l'effet Larsen ou Feedback ; l'énergie en retour donnée par les haut-parleurs est une constante qui ne dépend que du niveau d'écoute. Son influence sur le système de lecture est en relation avec la masse des différentes parties de celui-ci ainsi qu'avec l'énergie contenue dans le sillon. De cette énergie dépend le gain appliqué après le phonocapteur. Si l'énergie captée dans le sillon est réduite, le gain est augmenté, l'effet Larsen étant constant, le rapport entre l'énergie directe et le «Feed-

back» en sera altéré. Ce phénomène est extrêmement important, pour un grand nombre de musiciens, il va jusqu'à leur faire regretter la qualité de clarté du bas médium, des anciens 78 tours ceci étant particulièrement vrai, en ce qui concerne le chant lyrique.

Dans un tourne-disque, le Larsen agit à plusieurs niveaux.

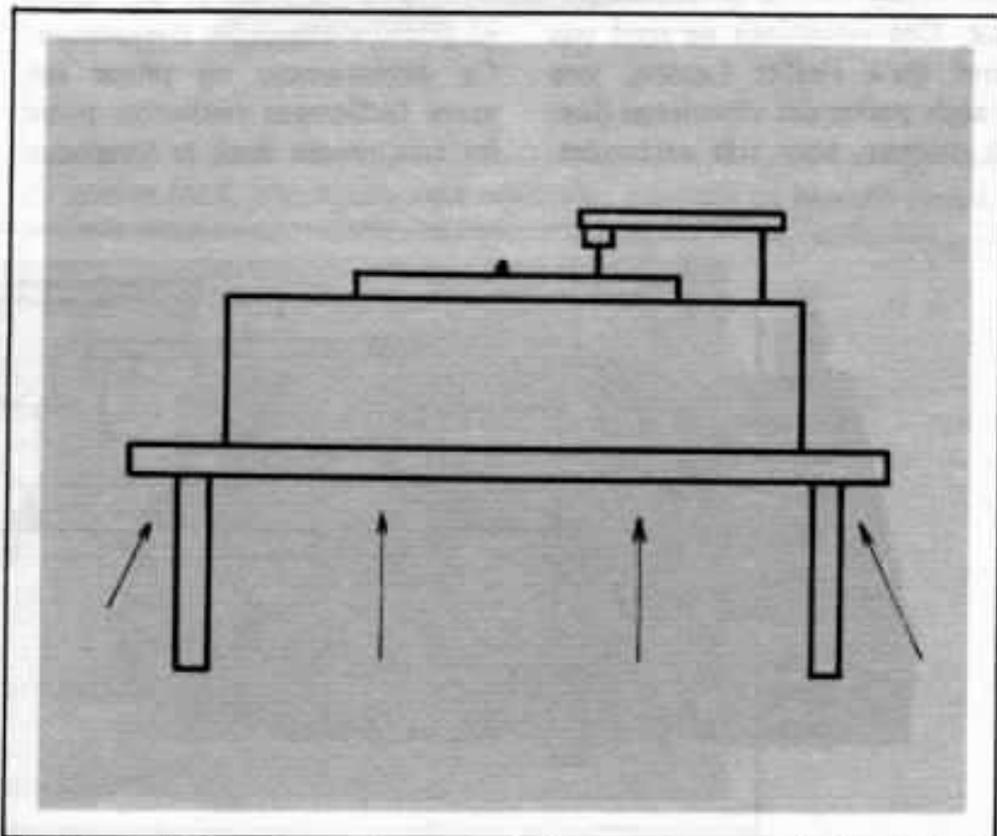
Premièrement, l'énergie mécanique reçue par le support du tourne disque. Cette énergie est fonction de la surface et de la rigidité du support, elle peut être très importante.

Deuxièmement, nous avons l'énergie reçue par le socle du tourne-disque. Deux cas peuvent se présenter :

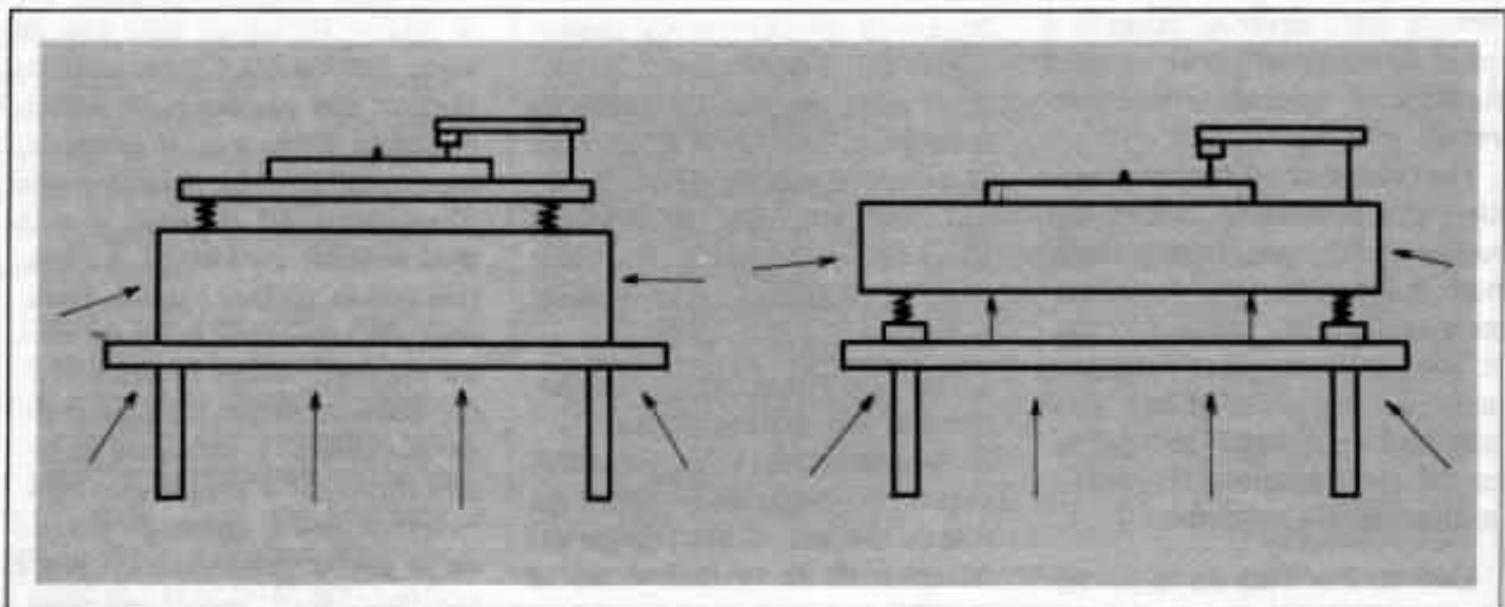
- 1°) les platines suspendues dans leur socle, dans ce cas le socle forme un tout avec le support ;
- 2°) les platines, qui sont généralement à entraînement central,

la platine forme un bloc avec le socle, l'ensemble n'étant isolé du support que par des pieds antivibratoires d'une qualité généralement médiocre. Ce dernier mode d'isolement est de très loin le plus sensible au Larsen. La platine par sa surface captant beaucoup de vibrations et les ressorts du support, raides et peu amortis, laissant passer un maximum de vibrations. L'influence de ces vibrations est d'autant plus malheureuse que le centre de gravité de la partie suspendue est placé très haut. Il en résulte une stabilité très précaire de l'ensemble du système.

Pour mieux résoudre ces difficultés dues au Larsen, une invention exceptionnelle a été faite à la fin 1959, par les chercheurs de la société américaine Acoustic Research qui ont présenté la première table de lecture à contre platine suspendue. Dans ce système de tourne-disque, seuls



Cas d'une platine sans amortissement. Le Larsen est communiqué principalement par le socle.



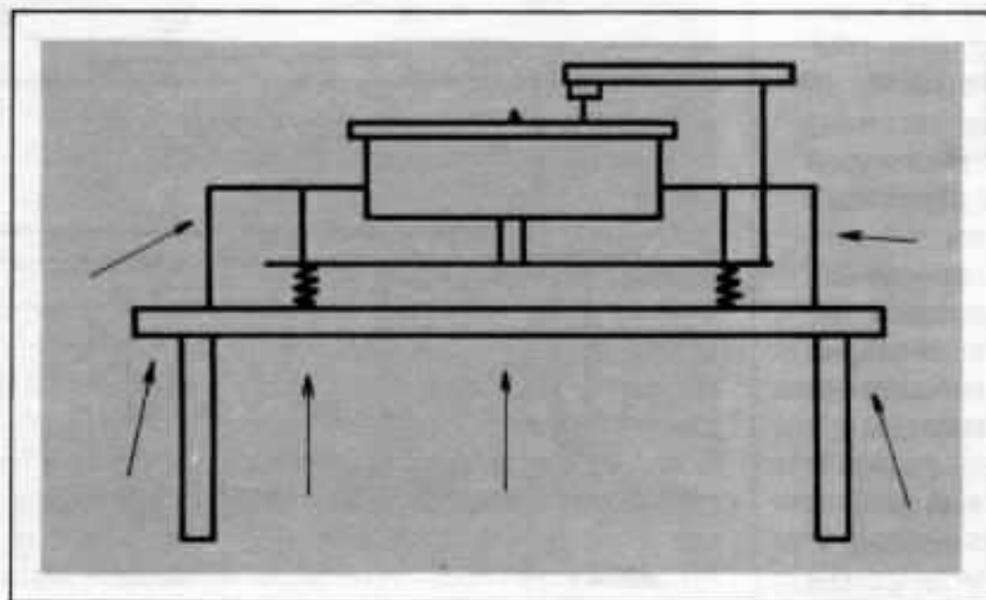
*Découplage au niveau de la partie supérieure de la platine par ressorts (à gauche) et par pied amortisseur à droite. La position du centre de gravité du système est très différent dans les deux cas.*

le plateau et le bras sont solidaires, l'ensemble, de la contre-platine, du plateau et du bras étant suspendu dans un socle qui doit être solidaire du support sur lequel le tourne disque est posé.

Cette technique permet de découpler des vibrations, l'ensemble des éléments mécaniques concernant la lecture du disque. Ces vibrations ne sont pas dues qu'à l'effet Larsen, une grande partie des vibrations dues au moteur, sont très atténuées,

n'étant plus plus transmises que par la courroie d'entraînement. L'effet Larsen ne s'exerce plus que sur le plateau et le bras de lecture. D'un point de vue superficiel, ce système semble presque parfait, il est cependant soumis à de nombreux aléas. Pour que son fonctionnement soit réel, il faudrait que le plateau, la contre platine, et le bras, se déplacent en phase à toutes les fréquences. Ce déplacement en phase est assez facilement réalisable pour les fréquences dont la longueur

d'onde est assez grande. Dès que les longueurs d'ondes deviennent petites par rapport aux dimensions du tourne disque, la phase n'est plus correcte. Il peut en résulter des résonances à certaines fréquences, celles-ci engendrant une certaine dureté du son dans les fréquences aigues. D'autre part, la pression acoustique s'exerçant dans les trois dimensions de l'espace, les suspensions du tourne-disque seront sollicitées latéralement. Comme on utilise en général des



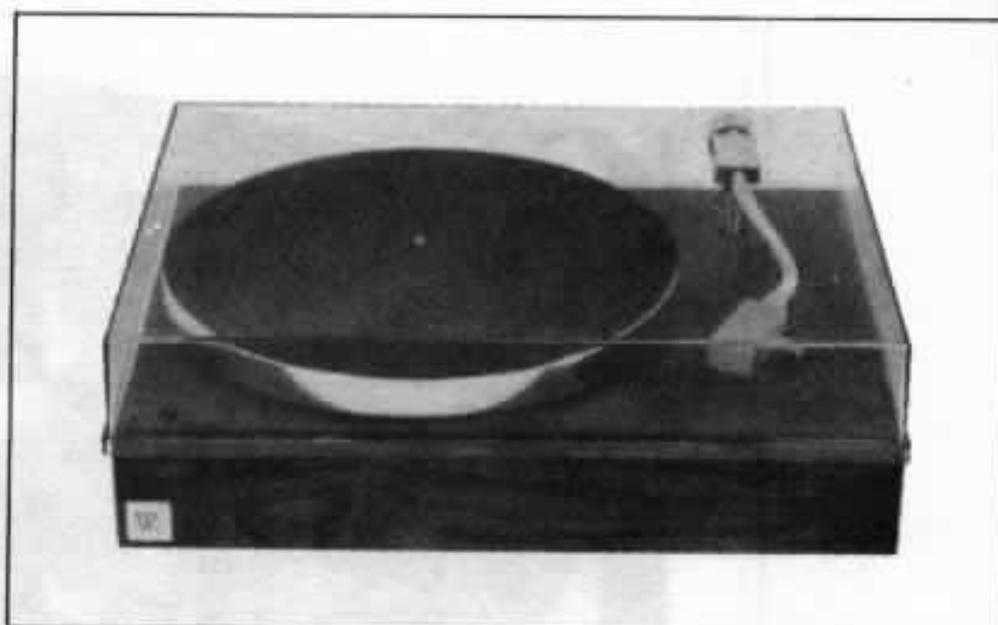
*Ingénieuse solution de la contre-platine suspendue*

ressorts métalliques très souples ceux-ci ne sont pas amortis lorsqu'ils subissent un déplacement latérale. Il en résulte une instabilité de l'ensemble du système de lecture, cette instabilité peut être réduite si le centre de gravité de la partie suspendue est placé bas.

Revenons à l'histoire du tourne-disque hifi. Pour donner quelques exemples, et afin de montrer que cette technique de contre platine à contre plateau suspendu est loin d'être une découverte récente comme on tenterait de le faire croire pour certains matériels marginaux.

Vers la fin de 1964, ERA, firme française, alors débutante une platine à contre platine suspendue très originale. La disposition des ressorts différait de la platine acoustique Research. Elle utilisait aussi, deux moteurs à embrayage centrifuge, un pour le 33 tours, l'autre pour le 45 tours, ce qui permettait un changement de vitesse, à l'aide d'un simple inverseur électrique. La commande du lève bras, elle aussi électrique étant obtenue par la dilatation d'un fil. Elle utilisait aussi le premier système d'arrêt automatique sans contrainte mécanique grâce à l'utilisation de cellules photorésistantes.

Après cette intéressante réalisation, ERA sortit un modèle simplifié d'une qualité inférieure. En 1965, apparaît la Thorens TD 150, elle utilise un plateau lourd (3,4 kg), en alliage de zinc fondu, cet alliage est à la fois peu sonore et neutre magnétiquement. Cette platine, équipée d'origine d'un bras assez médiocre, peut, lorsqu'elle est équipée d'un bon bras, soutenir la comparaison avec les meilleurs



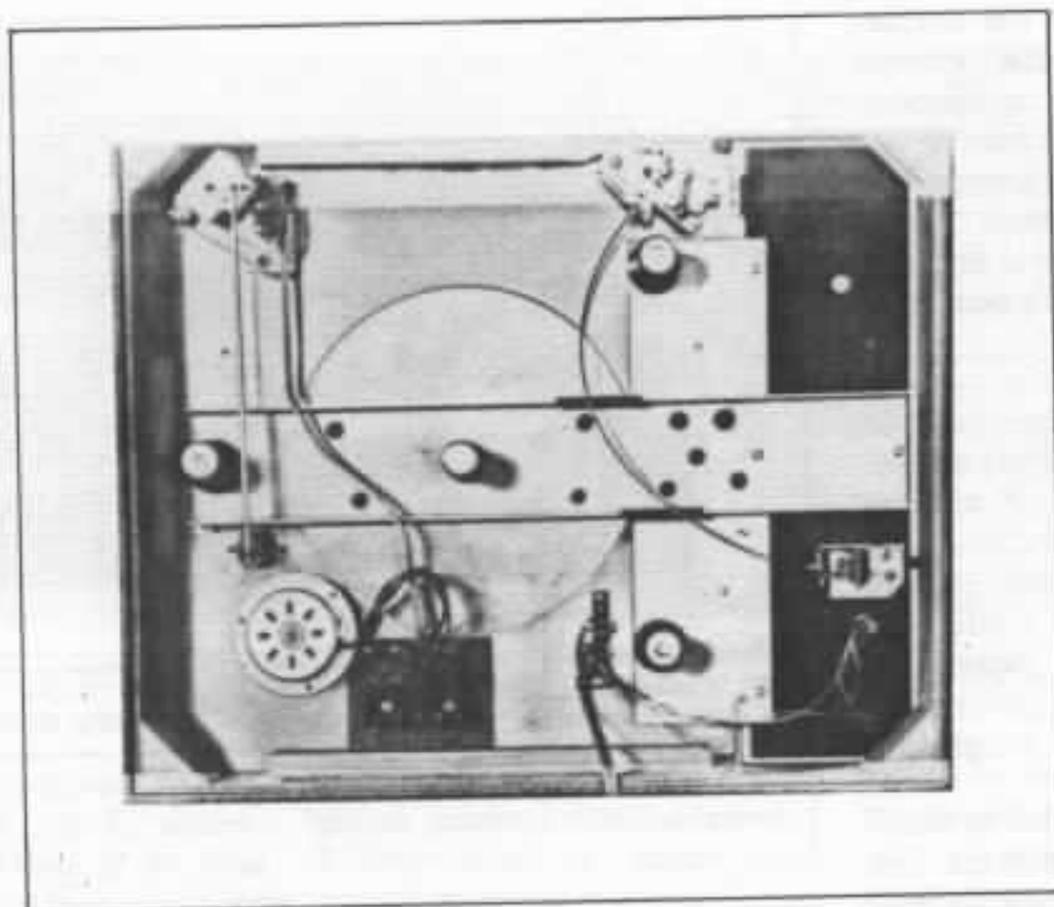
1959, la première contre-platine suspendue AR.



La platine ERA, une remarquable réalisation française en bien des points.



La Thorens TD 150, dans sa version d'origine. Elle a inspirée de nombreux constructeurs par la suite.



*Vue de dessous de la TD 150 MK2. On remarquera la contre-platine suspendue en forme de T*



*La toute nouvelle Ariston RD 115*



*La Linn Sondek*

tourne-disques actuels. Un peu plus tard, Braun mit sur le marché, deux tourne-disque PS 410, PS 500, qui se distinguent des modèles précédents par une transmission à deux étages. Le moteur comporte une poulie à quatre paliers, cette poulie attaque un galet, solidaire d'une poulie, celle-ci entraîne le plateau par l'intermédiaire d'une courroie. Après ces glorieux précurseurs, des platines à contre platines suspendues sont apparues assez régulièrement, l'une d'elle, bien qu'excellente est fort méconnue, il s'agit de la platine Link du

nom d'un ingénieur ayant précédemment travaillé chez ERA.

Tour à tour, Empire, Pioneer avec la PL12, le premier japonais, semble-t-il, Bang et Olufsen, Téléfunken, emploient cette technique. La réussite auprès du grand public n'est pas toujours certaine, car bien des personnes, croient fragiles, des appareils dont le plateau et le bras bougent si facilement. Mais des résultats sonores de grandes qualités finissent par imposer ces techniques auprès des audiophiles avertis ; c'est ainsi que l'on voit apparaître en Angleterre les platines

Linn Sondek et Ariston. Plus récemment, Thorens a repris la fabrication de TD 160 MK2 à cause de la demande et présente une nouvelle version de la TD 160 qui marque un retour vers l'ancienne TD 150 avec un plateau plus lourd et un socle en bois renforcé. John Bich, un technicien américain, travaillant précédemment dans la compétition automobile a étudié beaucoup plus en détail la technique du contre-plateau suspendu. Cette étude sera publiée dans le prochain numéro de L'Audiophile.



# La cellule Koetsu

Jean Hiraga

*Il y a encore un an la cellule Koetsu n'était connue que de quelques amateurs très avertis. Depuis, les choses ont bien évolué. Une revue allemande lui a même consacré un article de plusieurs pages en quadrichromie ! La presse underground américaine en a fait les éloges, bref, elle est devenue un produit «mode».*

*Reste à savoir si les modèles désormais distribués dans le monde occidental sont issus de l'atelier de M. Sugano, père des cellules Koetsu, ou bien fabriqués sous licence par un firme aux plus grandes capacités de production. Pour l'instant, nous détenons pas la clé de l'énigme... Toujours est-il que nos lecteurs seront intéressés par l'histoire de M. Sugano, la voici.*

## La cellule au Japon

Il existe dans le monde de très nombreux phonolecteurs. Ceci dans plusieurs technologies de transduction mécano-électrique ; depuis la cellule à aimant mobile, la plus traditionnelle, en passant par des types de transduction plus spéciaux tels que le condensateur variable ou le procédé photo-électrique.

Il y a eu une recrudescence, ces dernières années, des phonolecteurs à bobine mobile dont l'origine remonte aux firmes Elac et

Ortofon. Dans cette technologie la bobine, fixée directement sur le levier porte pointe ne pouvait autrefois qu'être bobinée à la main, ce qui était un travail très délicat exigeant beaucoup d'habileté manuelle même à l'aide des meilleurs microscopes stéréoscopiques. A l'heure actuelle, de nombreux phonolecteurs de ce genre sont encore bobinés à la main. C'est le cas de la cellule Denon dont les fils émaillés, utilisés pour les quatre bobinages, sont si fins et si fragi-

les (15 microns de diamètre !) qu'ils ne peuvent être adaptés aux machines à bobiner les plus modernes.

Ainsi pour ce genre de phonolecteur, les modèles de haut et très haut de gamme sont le plus souvent soigneusement ajustés et montés à la main, les cellules donnant les meilleurs résultats dans le haut du spectre (pour un même modèle) sont réservés en général à la reproduction quadriphonique. Au Japon, pays où, il y a quinze ans, on ne trouvait



*Mesure de la distorsion, de la diaphonie, et du niveau de sortie de chaque cellule fabriquée.*

*Photo S. Sakuraba*

guère de phonolecteur de la qualité d'un bon modèle américain, les choses ont changés. Il existe actuellement plus de cent modèles, produits ou sous-produits, issus d'une bonne vingtaine de firmes.

Dans ce pays, les premières cellules à bobine mobile furent de marque Sound (monaural) et Supex. Cette marque réalisa avec beaucoup d'avance sur ses confrères japonais des modèles de construction très proches de ceux d'Ortofon. Vers 1960, sur commande spéciale de la radiodiffusion japonaise, la NHK la firme Denon (Colombia-Japon) réalisa un phonolecteur stéréophonique selon un cahier des charges sévé-

res. Celui-ci déboucha, quelques années plus tard, sur un phonolecteur qui fut et qui reste encore un best-seller sans précédent au Japon, la série DL 103 avec la série qui l'a suivi. D'autres firmes suivirent Supex et Denon, c'est le cas de Fidélity Research qui se spécialisa à 100% dès le début, dans la bobine mobile, avec des modèles dont l'esthétique était inspirée de quelques américains comme Grado. D'autres firmes japonaises ont tenté leur chance dans ce domaine mais firent faillite, cas de la grande firme Neat qui réalisait des bras de lecture inspirés à 100% de ceux de la firme britannique SME.

Pour ces modèles qui commençaient à devenir nombreux à partir de 1970, il existait de problèmes épineux avec les licences et brevets de protection détenus par Shure et Elac. Pour éviter ces contraintes, certains proposèrent des systèmes nouveaux avec aimant en V, transduction photo-électrique... Et où chacun essaya en vain, de trouver un marché intéressant, cas de Toshiba, Audio-Technica, Sharp Trio, etc. On fit aussi des essais avec quelques transducteurs «solides» comme la jauge de contrainte, technique inspirée de la fameuse cellule américaine Euphonics (reprise par Win, qui améliora ses performances). U

modèle très performant de Technics possédait même des contraintes réduites à une fraction de millimètre, noyées dans la suspension visco-élastique.

### Les premiers prototypes Koetsu

Ainsi, la connaissance précise des métaux, et la façon de les travailler a été d'une grande aide pour M. Sugano.

Ami de M. Asakura, directeur de Supex, artiste-peintre passionné de phonolecteurs, il commença par «bricoler» des phonolecteurs à bobine mobile. Soit en modifiant une partie de ceux-ci (en particulier les pièces polaires, les aimants ou la suspension) soit en les faisant fabriquer sur commande spéciale chez Supex.

Attiré par les qualités acoustiques du bois et de sa belle esthétique et, comme l'avaient fait par exemple les américains avec le bras de lecture ADC Pritchard, (bras droit avec tube réalisé en bois poli), il se fit réaliser un modèle spécial en bois de rose, après avoir essayé d'autres bois tels que le noyer et aussi le buis utilisé pour la fabrication des pipes, bois qui est très dur et à grain très fin.

Les premiers habillages en bois de rose donnèrent de si bons résultats que Supex réalisa également sous accord Sugano-Koetsu plusieurs modèles de phonolecteurs et de porte-cellules, également en bois de rose. C'est ainsi que de nombreux modèles Koetsu et Supex furent d'esthétique très proche, alors que leurs constructions étaient différentes.

Les premiers modèles étaient déjà suffisamment bons pour donner à M. Sugano, puriste en haute fidélité, le désir de conti-

nuer dans cette voie. Très vite il s'équipa d'outillages spéciaux et d'appareils de mesures.

C'est ainsi qu'après quelques essais, les nombreuses trouvailles faites dans ce domaine furent aussitôt exploitées par les grandes firmes ainsi que celle d'un autre inventeur japonais pratiquement inconnu M. Kageyana, malheureusement décédé en 1977, qui possédait des centaines d'inventions en électroacoustique, et qui inventa, pour le compte de Nagaoka, la première cellule à rubans, la NR-1.

On doit par exemple à M. Sugano, l'utilisation de l'aimant au samarium-cobalt, aimant ultra puissant et de volume réduit, l'utilisation de métaux spéciaux pour le «cantilever» levier porte-pointe, pièce maîtresse de la cellule transductrice, métaux tels que le bore ou le titane. Tout en imitant M. Sugano, il est certain que les grandes firmes «réinventaient» ces diverses améliorations au point qu'elles répondaient même à ce propos : «Koetsu ? connais pas».

Une autre firme établie à Kyoto, la ville aux mille temples, anti-industrielle s'il en est, eut l'idée de réaliser une cellule à bobine mobile, très particulière. Basée sur la fameuse cellule Western Electric 10A, qui sert encore pour le «playback» des cires. Elle possède deux bobines distinctes, placées en V, bobinées en forme de triangle, à l'aide d'un fin ruban d'aluminium isolé sur une face. Celui-ci se déplace dans un entrefer si étroit qu'il nécessite de l'huile pour permettre un déplacement régulier de celles-ci. Le lecteur l'a deviné, il s'agit de la firme Satin, qui est restée longtemps sur le marché japonais sans être exportée. Ega-

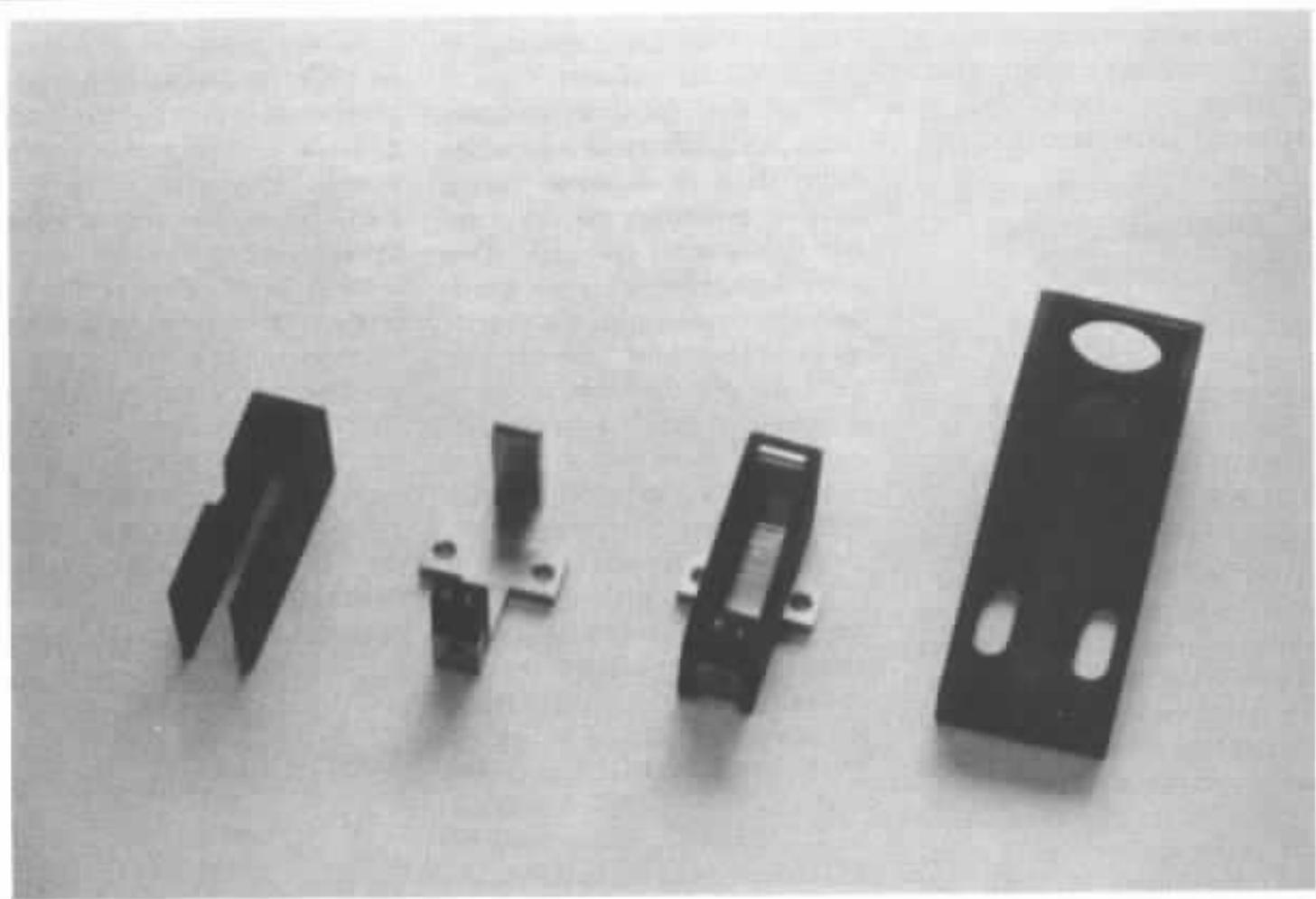
lement très en avance, ce fut l'une des premières à proposer en 1965, un phonolecteur de ce genre dont le prix dépassait celui de toute la concurrence internationale, le modèle M 6-8E et 8-45, réalisé par son directeur, M. Tsukamoto.

Dans les modèles ou plutôt le modèle à condensateur, Stax (qui vient du nom Statics) portait autrefois le nom de Showa Onkyo créa, le modèle monaural, qui reste encore l'un des meilleurs du monde dans sa première version CP 10 et CP 15. Celle-ci fut suivie d'une version stéréo CPS 40. Ce fut le moment (environ 1968) de la naissance de nombreux phonolecteurs.

### Koetsu

Ce nom est devenu connu outre atlantique, grâce aux soins des revues «underground» américaines c'est en réalité une très petite firme (une seule personne !) ayant environ 10 ans d'existence.

Son directeur, Monsieur Sugano a fait de nombreux métiers : ancien champion de boxe, artiste peintre, amateur de haute fidélité, forgeron de sabres japonais. Un homme aux mille et un talents. Lorsqu'on regarde M. Sugano travailler, en bobinant par exemple sans l'aide d'une loupe ou d'un microscope, on est surpris par la sûreté de ses gestes et la précision de son travail. La renommée des cellules Koetsu acquise auprès des amateurs de haute-fidélité provient sans aucun doute de la grande connaissance des métaux que possède M. Sugano. Connaissance qu'il a acquis pendant l'époque où il fabriquait des sabres japonais, métier transmis de père en fils, qui est devenu très rare de nos jours. Les sabres



*Habillage final de la cellule. A gauche : boîtier de la cellule en bois de rose taillé dans la masse. Support de fixation, métallique également taillé dans la masse. A droite, le porte-cellule, toujours en bois de rose taillé à partir d'une seule pièce.*

japonais, qu'il fabrique - remarquables pour leur solidité - ne sont pas de simples barres de fer polies et affûtées, mais le fruit d'un labeur considérable. Si l'on songe que l'âme du sabre est faite d'un fer très pur et assez mou, recouvert de couches concentriques de plus en plus battues et de plus en plus dures qui le font à la fois très solide, tranchant et presque incassable. De nombreux collectionneurs existent dans le monde entier, en particulier en Ecosse, en Angleterre, aux USA et au Japon. M. Sugano est l'un des derniers artisans dans ce domaine.

Actuellement, parallèlement à son travail, il passe une bonne partie de son temps pour un autre hobby qui est la peinture à

l'huile, talent qui lui a valu entre autre une médaille d'or dans un salon de peinture de Tokyo.

### **Les particularités Koetsu**

Bien qu'il y ait un seul nom pour toutes les cellules Koetsu fabriquées entre 1970 et 1979, il existe en réalité de nombreux modèles et beaucoup de prototypes. Koetsu, qui veut dire en japonais «la lumière joyeuse» est une cellule caractérisée dans tous les cas par une finition très soignée (en parlant des pièces polaires, du levier porte-pointe etc).

Malgré un succès grandissant, la qualité ne s'en est pas ressen-

tie, elle s'est même améliorée entre 1976 et 1978. M. Sugano est le premier à avoir pu réaliser des moules spéciaux pour les leviers porte-pointe en bore. Il n'a pas hésité même, malgré les demandes qui lui étaient faites, à détruire les anciens moules servant à la fabrication des leviers porte-pointe en béryllium et en alliage d'aluminium. Ainsi, après 1977, il ne construisit que des porte-pointe en bore.

Il faut préciser, que pour ses meilleurs clients, il fabrique des phonolecteurs sur mesure et même dans des technologies nouvelles. En 1977, il réalisa ainsi pour M. Okouza, un grand passionné de haute fidélité, plusieurs phonolecteurs utilisant un

aimant, taillé dans la masse et percé en plusieurs points. L'aimant et les pièces polaires ainsi constituées forment un tout indivisible, c'est une solution quasi idéale pour ce genre de technologie. Ajoutons que cet aimant au cobalt n'est en réalité que le centre d'un plus gros aimant orienté à chaud et aimanté dès le refroidissement sous mouvement rotatif.

M. Sugano fit polir spécialement pour lui des diamants avec un degré de polissage remarquable pour l'époque, surtout si l'on tient compte du coût de revient d'une telle finition. Celle-ci, de l'avis de M. Sugano est indispensable à l'obtention d'une bonne qualité de lecture. Si l'on regarde un diamant poli de manière conventionnelle au microscope à balayage avec un grossissement de 2 à 3000 fois, on est surpris par l'aspect «rugueux» de la surface. Les maisons spécialisées dans ce travail, ne sont pas très nombreuses au Japon. Presque toutes travaillent sur commandes spéciales. Citons les firmes Ogura, Namiki Jewel, et Nagaoka. Rappelons qu'aux débuts des phonolecteurs utilisant des diamants, toutes les firmes américaines et européennes achetaient leurs diamants polis en Hollande, centre mondial du polissage du diamant. A l'heure actuelle, les choses ont changé et pratiquement toutes les sociétés, qu'elles l'avouent ou non, commandent leurs diamants au Japon. Il va sans dire, que pour M. Sugano, ces polissages spéciaux lui permirent d'accéder à un degré de qualité de reproduction encore plus poussé. Naturellement, il réserve ces modèles très performants aux amateurs les plus exigeants.

## Le «son Sugano»

Comme il s'agit d'une fabrication artisanale, il est certain qu'il n'existe «un son Sugano», une signature électroacoustique facile à reconnaître. Bien sûr, il existe pas de «mauvaises» cellules Koetsu, pourtant certains modèles sont plus particulièrement réussis. Inutile de dire qu'ils sont disputés à prix d'or. Ces «cas spéciaux» sont détenus pour la plupart par M. Okouza. Sur les critères de dynamique, définition, nuances, leur qualité est telle que lors des comparaisons avec les meilleurs modèles commerciaux, ces derniers donnent vraiment l'impression de ne pas être en «état de fonctionnement normal» ! La différence est même perceptible avant la musique c'est-à-dire, au tout début du sillon, tant le son paraît propre et absent de toute distorsion audible.

## Une fabrication limitée

Au total, M. Sugano n'a guère réalisé qu'un millier de cellules, soit environ en moyenne une cellule tous les trois jours. En fait, parmi toutes ces cellules, il n'y en a guère qu'une centaine que l'on puisse considérer comme des modèles de qualité exceptionnelle. Il s'agit pour la plus large part, de celles réalisées en 1977 et 1978. Précisons, que M. Sugano, qui a dépassé les 70 ans s'est fait opérer dernièrement d'une cataracte, avec succès, ce qui lui a permis de reprendre ses activités.

Pour les modèles les plus récents, il y a une particularité à signaler, celle de pouvoir fonctionner sous une pression de lecture relativement faible pour un phonolecteur de ce type entre 0,7

et 1,2 g. Cela est rendu possible, par l'utilisation d'un sandwich d'élastomères et d'une «corde à piano» particulièrement étudiée. Il s'agit d'une tige fixée dans l'axe à l'arrière du levier porte-pointe et dont l'autre extrémité est solidaire du châssis de la cellule. Le réglage de la tension de cette corde par une vis, permet d'ajuster l'amortissement, le Q du système et ainsi de régulariser la courbe dans l'aigu.

Le problème d'amortissement qui pourrait paraître simple, est en fait l'un des points critiques les plus délicats à résoudre. Il faut penser, qu'en position de lecture, la suspension n'est plus équilibrée. Elle est comprimée d'un côté et détendue de l'autre. Cela n'est pas sans poser des problèmes de linéarité. Bien souvent, la suspension est volontairement déséquilibrée de sorte à ce que le levier porte-pointe prenne une position correcte en condition de lecture.

Le bobinage des cellules Koetsu est remarquablement bien fait, bien qu'il s'agisse d'un travail à 100% manuel. L'impédance des bobines se situe pour les modèles sortis en 1976 et 1978 entre 3Ω et 8Ω.

## Transformateur ou pré-préampli

Les transformateurs ont également intéressé M. Sugano, il en a construit plusieurs modèles jusqu'en 1976. A ce propos, il n'aime pas du tout les pré-préamplificateurs à tubes comme à transistors.

Selon ses dires, il préfère le moyen de transformation d'impédance par transformateur fonctionnant en courant et non pas en tension. En effet vu l'impédance très faible, la trans-



*Bobinage à la main des quatre bobines*

*Noter que ce bobinage se fait en dernier lieu, c'est-à-dire après montage des autres pièces composant l'équipage mobile : levier porte-pointe, diamant, triple suspension tige de rappel. Un examen au microscope montre une finition rarement atteinte, même dans les cellules de très haut de gamme.*

*Photo Sakuraba*

formation en courant est le moyen le plus adapté. Dans le cas d'un pré-préamplificateur utilisant un FET en entrée, l'attaque de la gate ne fait pas intervenir la variation de courant, peut-être est-ce là la raison pour laquelle le transformateur

est considéré comme plus dynamique.

M. Sugano pense dans l'avenir rester sur son modèle traditionnel utilisant un levier porte-pointe en bore usiné selon sa méthode. Ce métal est très criti-

que à travailler car il cristallise sous forme de paillettes lorsqu'on le refroidit. Ce qui n'est pas sans poser de problèmes lorsqu'on veut l'insérer dans des alliages. Ces dernières années de nouvelles méthodes ont été mises au point, le bore est même utilisé à la fabrication de haut-parleurs de tweeter de haute qualité.

En matière d'aimant, il fut un temps des premiers à utiliser le samarium cobalt. Depuis, il est revenu à l'alnico, malgré son prix qui devient de plus en plus élevé. Mises à part les propriétés magnétiques intrinsèques d'un aimant, existerait-il un son propre à un certain type d'aimant ? C'est quasiment évident dans le cas des haut-parleurs.

Pour les phonolecteurs, il y a un autre critère qui est celui de la masse. En effet, la cellule ultralégère ne constitue sans doute pas le cas idéal. Cela malgré les nombreuses théories énoncées pour la reproduction musicale en raison des nombreuses vibrations parasites émises par le stylet porte-pointe excitant tout le système de lecture : du corps de la cellule à la platine, en passant bien entendu par le bras de lecture. De nombreux essais montrent que des matériaux très rigides mais légers sont inadaptés pour amortir ces vibrations. Leur masse est trop faible. Un bon compromis doit donc être trouvé. Pour ces raisons, M. Sugano utilise le bois de rose pour le corps de ses cellules. C'est à l'origine des essais faits contre les vibrations parasites prises par le corps des phonolecteurs. Dans la plupart des cas, le choix du matériau est guidé par des considérations d'ordre esthétique. La matière plastique, feuille d'

aluminium pressée, fine et creuse, non amortie... Malheureusement leur comportement mécanique n'est pas en rapport avec cet aspect. Les vibrations parasites sont d'ailleurs faciles à voir, même sur la courbe de réponse. On attribue bien souvent par erreur à la qualité du disque, les petits pics de faible amplitude que l'on peut observer dans le médium et le grave.

### Les caractéristiques

Nous ne terminerons pas sans donner les caractéristiques principales des cellules Koetsu, bien qu'elles ne soient pas réellement

représentatives dans leur comportement en régime musical.

Bande passante : 10-30000Hz.

Séparation des canaux : 28 dB  
1000Hz.

Distorsion : 0,8% max.

Pression : 0,7 à 1,3 g.

Souplesse de l'équipage mobile :  
12.10<sup>-6</sup>/cm/dyne.

Fixation standard.

Impédance : 4 Ω (nouveaux modèles) à 8Ω (modèles précédents).

Tension de sortie : 0,3mV.

Prix au Japon : il dépend des modèles, mais varie entre 80 et

150 000 Yens (soit environ 1600 et 3000 F).

La cellule Koetsu, si l'on peut se permettre cette comparaison, est un peu comme le chef d'orchestre Osawa. Lorsque celle-ci n'était connue que d'un petit nombre d'amateurs, elle n'était pas reconnue sérieusement par les grosses firmes japonaises. Depuis, sa réputation internationale a grandi et les mêmes firmes la reconnaissent désormais comme une référence en matière de cellules. C'est peut être aussi une façon de se tranquilliser : «vous savez, c'est une très bonne cellule, mais connaissez-vous son prix ?».

**Page non  
disponible**

# Définition et mesure des caractéristiques principales du haut-parleur

Jacques Mahul

*L'adaptation d'un haut-parleur à une enceinte acoustique, principalement dans le cas d'un bass-reflex est un sujet constamment remis en cause. Les travaux dans ce domaine de Thiele et Keele sont désormais bien connus. Ils comportent, cependant, des limitations. Snyder a repris ces études avec de nouvelles pondérations des paramètres. Une série d'articles sera consacrée à ces investigations. Dans un premier temps, voici les principaux facteurs, et leurs mesures, qui caractérisent un haut-parleur.*

Il est admis que dans les conditions actuelles, une appréciation convenable relative à la qualité d'un haut-parleur au moyen de mesures objectives demeure problématique. Néanmoins, avec des mesures objectives on peut obtenir une information essentielle sur les caractéristiques de qualité des haut-parleurs.

Un certain nombre de normes ont été créées dans des pays comme l'Allemagne (norme - Din), la France (norme CEI) ou les Etats-Unis (IEEE) de façon à respecter au moins la relativité

des mesures et à fixer des limites en deçà desquelles le haut-parleur ne pourra plus être considéré comme appartenant à la «catégorie hifi».

Certaines mesures doivent être effectuées dans des conditions voisines du champ libre. Il serait bon de rappeler à quoi correspond cet état. Le champ libre est le champ d'une onde acoustique de forme simple et connue, de préférence plane ou sphérique. Les salles sourdes très absorbantes et de grandes dimensions (devant les plus grandes longueurs d'onde des son émis) dans lesquelles les erreurs de mesure

dues aux réflexions, ne dépassent pas  $\pm 1$  dB aux emplacements du microphone et du haut-parleur sont satisfaisantes.

La mesure des caractéristiques de pression sonore fait appel soit à des signaux sinusoïdaux soit à des signaux aléatoires appelés bruits. Il est nécessaire de rappeler ici une définition des bruits blanc et rose. Le bruit blanc est un bruit qui est uniforme en puissance par hertz, c'est à dire que dans des bandes  $\Delta f$  de largeurs égales, il aura la même puissance et ceci sur une bande très large. Entre 5500 et 7500 Hz, il possédera la même énergie

qu'entre 500 et 2500 Hz ( $\Delta f = 2000$  Hz). Le bruit rose par contre, est un bruit qui est uniforme en puissance par bande de tiers d'octave. L'énergie est identique dans la bande centrée sur 20 Hz à celle de la bande centrée sur 3150 Hz. La première a une largeur de quelques hertz, la deuxième de plusieurs centaines de hertz. L'énergie est la même à  $\Delta f/f$  constant et non plus à  $\Delta f$  constant. Le bruit rose n'est qu'un bruit blanc filtré à 3 dB/octave.

### Définition des caractéristiques et des paramètres d'un haut-parleur

Nous pouvons scinder l'étude en deux parties :

— Les caractéristiques du haut-parleurs qui sont :

1 - La courbe amplitude fréquence axialement et spatialement.

2 - La mesure de rendement ou d'efficacité.

3 - La courbe d'impédance en fonction de la fréquence.

4 - La fréquence de résonance.

5 - Le facteur de force BL.

6 - L'induction et le flux magnétique du haut-parleur ainsi que l'énergie magnétique du moteur.

— La deuxième partie de l'étude aura trait aux paramètres du haut-parleur qui permettront de calculer et d'optimiser la charge de celui-ci :

1 - Le coefficient de surtension mécanique  $Q_{MS}$ .

2 - Le coefficient de surtension électrique  $Q_{ES}$ .

3 - Le coefficient de surtension totale  $Q_{TS}$ .

4 - La masse mobile  $M_{MD}$ .

5 - La compliance de la suspension  $C_{MS}$ .

6 - La résistance mécanique du système  $R_{MS}$ .

## A - Les caractéristiques du haut-parleur

### 1) La réponse amplitude-fréquence (courbe de réponse)

On relève la pression sonore, mesurée dans l'axe du haut-parleur, en fonction de la fréquence, les essais peuvent être conduits en alimentant le haut-parleur, soit à tension constante, soit à courant constant. L'idéal serait d'opérer à puissance constante, ce qui est impossible par suite des variations d'impédance du haut-parleur. L'essai à tension constante est le plus répandu, l'ensemble du matériel de mesure étant adapté à cette condition. La mesure s'effectue au moyen d'un microphone à pression, étalonné, généralement un microphone électrostatique

de petites dimensions (1/2 pouce ou 1/4 pouce). Le microphone transforme les variations de pression de l'air en tension électrique proportionnelle. Après amplification, le signal est appliqué au redresseur qui donne une sortie continue proportionnelle à la valeur efficace ou crête du signal avec une constante de temps choisie, après quoi il alimente l'indicateur qui fournit le résultat de mesure directement en dB. A partir de cette information, il est possible de faire une analyse en temps réel ou d'effectuer un enregistrement avec défilement de papier sur une bande large 10 Hz - 20 kHz par exemple, à l'aide soit d'un générateur à balayage automatique asservi à l'enregistreur, soit d'un générateur de bruit rose couplé à un fil-

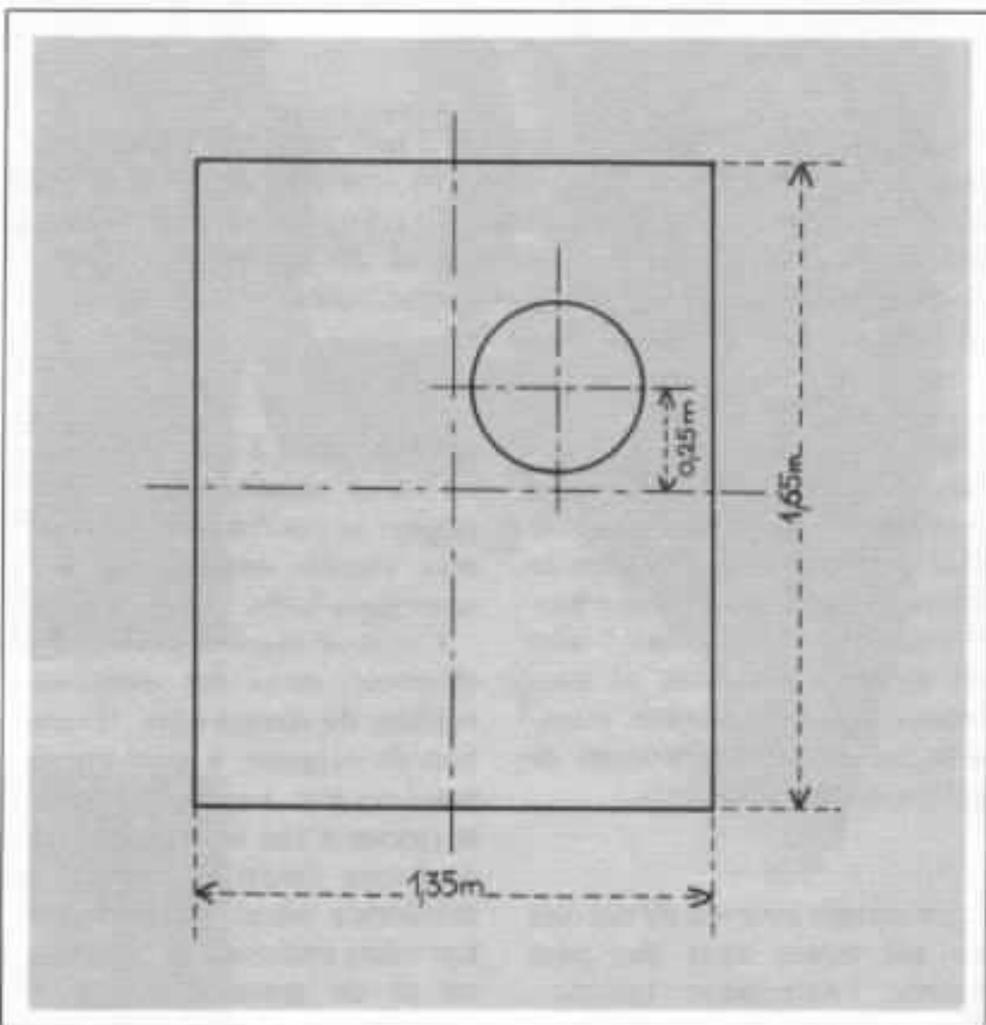


Fig 1 - Ecran acoustique normalisé (CEI).

tre tiers d'octave à balayage automatique.

La norme CEI prévoit un signal en bruit rose d'une puissance correspondant à -13 dB de la puissance nominale. L'analyse se fait en tiers d'octave avec une vitesse de défilement lente de 0,3 mm/s (une courbe de réponse nécessite 10 mn environ) et une vitesse d'écriture variable suivant les bandes, de façon à réaliser la meilleure intégration (entre 8 et 32 mm/s). Le microphone est placé à 1 m de distance, le haut-parleur placé sur un baffle plan du type CEI, la courbe de réponse amplitude-fréquence doit entrer dans le gabarit de la figure 2, lorsque la ligne 0 dB de la figure coïncide avec le niveau de pression acoustique caractéristique moyenne.

Il est plus fréquent de rencontrer des courbes de réponse en signal sinusoïdal. Cette méthode de mesure est plus simple et plus rapide, de plus, elle permet de déceler plus facilement les accidents de parcours. Cependant, les deux méthodes fournissent des résultats comparables, si les vitesses d'écriture sont suffisamment rapides. La tension d'entrée maintenue constante est souvent de 2,83 V ce qui correspond à une puissance électrique de 1 W sur une impédance de 8 Ω. La vitesse d'écriture de 100 mm/s est la vitesse de défilement du papier 3 ou 10 mm/s. Il est possible de renouveler toutes ces mesures en plaçant le microphone à 15,30 ou 45° de l'axe du haut-parleur pour obtenir des mesures de directivité. Il est tout aussi possible d'obtenir un diagramme spatial à une fréquence déterminée en plaçant le haut-parleur monté sur son baffle et posé sur une table tournante.

## 2) Mesure d'efficacité caractéristique

Le niveau de pression sonore caractéristique en dB SPL référencé à 0 dB SPL =  $2 \times 10^{-5}$  Pa obtenu à 1 m dans l'axe de référence du haut-parleur en champ libre, pour une puissance électri-

La mesure du rendement nécessite la mesure de  $P_e$  et de  $P_a$ . La mesure de  $P_e$  n'offre pas de difficultés (mesure de la tension efficace appliquée et mesure de l'impédance du haut-parleur à la fréquence de mesure). Par contre, la mesure de puissance

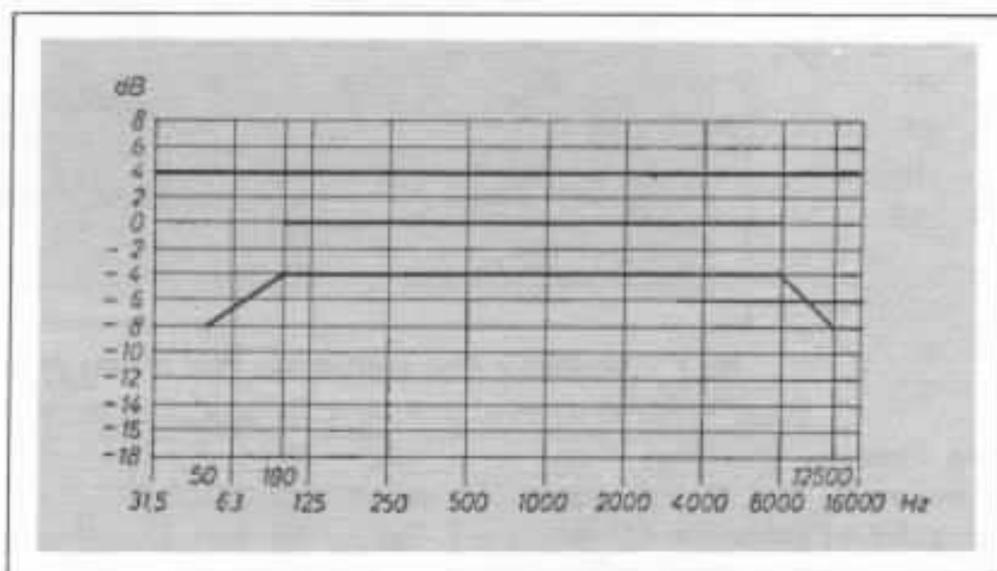


Fig 2 - Gabarit CEI dans lequel la courbe amplitude fréquence doit tenir.

que de 1 W en bruit rose limité au domaine de fréquence considéré. Les domaines nominaux de fréquence sont choisis parmi la liste ci-contre et repérés par une lettre entre parenthèses. Les domaines nominaux de fréquence peuvent être obtenus par filtrage actif d'ordre 3 au minimum :

- Woofer : 125 - 1 kHz (W)
- Woofer PR : 250 - 2 kHz (PR)
- Médium : 0,7 k - 6 kHz (M)
- Tweeter : 4 K - 16 kHz (TW)
- Large de bande : 125 - 8 kHz (FR)

## 3) Calcul de rendement

Le rendement d'un haut-parleur se définit à une fréquence déterminée par le rapport de la puissance acoustique totale rayonnée  $P_a$  à la puissance électrique nominale d'entrée  $P_e$ , soit :

$$r = \frac{P_a}{P_e} \times 100$$

acoustique totale rayonnée est plus difficile. Elle peut se faire soit par intégration du champ sonore :

$$P_a = \frac{1}{\rho c} \iint_0^{4\pi} p^2 ds$$

$ds$  étant un élément de surface découpée dans une sphère sur lequel la pression est  $p$ , soit par mesure de l'énergie sonore dans la salle de mesure.

$$P_a = \frac{A p^2}{4\rho c}$$

où  $A$  est l'absorption totale de la salle. Il est nécessaire de faire appel à des sons hululés ou complexes.

## 4) Mesure de la courbe d'impédance

Le haut-parleur monté sur baffle CEI est conditionné, c'est à dire rodé pendant quelques minutes. Il est alimenté à cou-

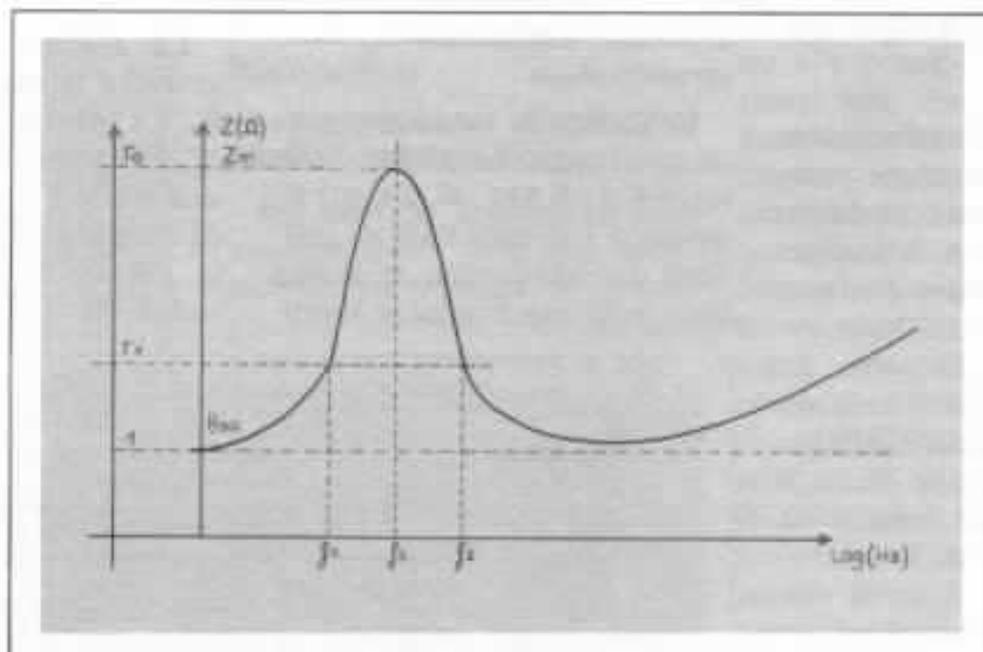


Fig 3 - Impédance d'un haut-parleur dans la zone de sa fréquence de résonance.

rant constant à travers une résistance  $R_0$  de 3  $\Omega$ , par exemple, grâce à l'utilisation du compresseur, soit tout simplement au travers d'une résistance série de 600 à 1 K $\Omega$ . Le courant de mesure est de 100 mA environ. Il est très intéressant d'utiliser alors un potentiomètre de mesure linéaire de 25 ou 50 dB.

### 5) La fréquence de résonance.

Relevé de la fréquence correspondant au maximum de la valeur du module d'impédance. Cette fréquence peut être approchée sur le relevé de la courbe d'impédance. Elle sera mesurée à l'aide d'un fréquencemètre digital avec une précision du dixième de hertz.

### 6) Détermination du facteur de force BL.

Il est facile de l'obtenir par la méthode de la balance. Un courant  $i$  connu, parcourt la bobine provoquant un déplacement. Ce déplacement est ensuite annulé par équilibrage avec des poids. La formule d'équilibre est la suivante :

$$mg = BLi$$

ce qui entraîne :

$$BL = \frac{mg}{i}$$

L'axe du haut-parleur est dirigé verticalement.

Le courant de mesure est de quelques dixièmes d'ampères.

$$g = \text{constante de gravitation} \\ = 9,81 \text{ m/s}^2$$

### 7) Mesure de l'induction et du flux dans l'entrefer

L'exploration dans l'entrefer se fait à l'aide d'une bobine de mesure dont le nombre de spires et, en conséquence, la longueur de fil  $L$  sont connus. La force engendrée par le passage du courant  $i$  dans cette bobine est ensuite équilibrée à l'aide de la balance. On en déduit par la même formule que précédemment :

$$B = \frac{mg}{Li}$$

Connaissant la surface de l'entrefer, il est aisé d'en déduire le flux.

$$\Phi = B \cdot S_e$$

$$\text{avec } S_e \text{ surface de l'entrefer} \\ = \pi dh_e$$

$d$  et  $h_e$  sont respectivement le diamètre moyen de l'entrefer et la hauteur de la plaque de champ.

La bobine exploratrice est moins haute que l'entrefer. De plus, l'induction magnétique obtenue est celle régnant dans l'entrefer et non celle dans laquelle baigne la bobine mobile. En effet, la longueur de la bobine dépasse généralement la hauteur de l'entrefer  $h_e$ , plus particulièrement dans les boomers et les médiums.

### 8) Energie magnétique du moteur.

Elle se définit par :

$$E = \frac{1}{8\pi 10^7} B^2 V_e$$

$V_e$  est le volume de l'entrefer et  $B$  l'induction magnétique régnant dans celui-ci.

### B - Les paramètres du haut-parleur.

Le haut-parleur est monté sur baffle CEI et est rodé un moment à la fréquence voisine de  $f_0$ . On ne procédera à la mesure que lorsque la stabilité

complète de la valeur de  $f_s$  sera obtenue. L'alimentation du haut-parleur se fera à courant constant au travers d'une résistance  $R_G$  de  $600 \Omega$  à  $1 K\Omega$ . Le courant de mesure est choisi de manière à ne constater aucune distorsion sur la trace de la tension relevée aux bornes sur l'écran de l'oscilloscope.

### 1 - Détermination du coefficient de surtension mécanique $Q_{MS}$

Soit  $R_{SCC}$  la résistance de la bobine mobile du haut-parleur en courant continu mesurée à

l'aide d'un pont de mesure et  $Z_m$  l'impédance maximale à la fréquence de résonance. Nous pouvons déterminer le rapport :

$$R_o = \frac{Z_m}{R_{SCC}}$$

Soit  $f_1$  et  $f_2$  les deux fréquences de part et d'autre de  $f_s$  qui correspondent à une impédance donnée par la relation :

$$Z(f_1, f_2) = \sqrt{R_o R_{SCC}} \\ = \sqrt{Z_m R_{SCC}}$$

Nous obtiendrons le coefficient de surtension mécanique :

$$Q_{MS} = \frac{f_s \sqrt{R_o}}{f_2 - f_1}$$

### Unités des différents paramètres

Valeurs	Unités
BL	$NA^{-1}$
B	Tesla
$\Phi$	$Wb$
E	$W/s$
$f_s$	Hz
$M_{MD}$	kg
$C_{MS}$	$mN^{-1}$
$R_{MS}$	$kg/s$

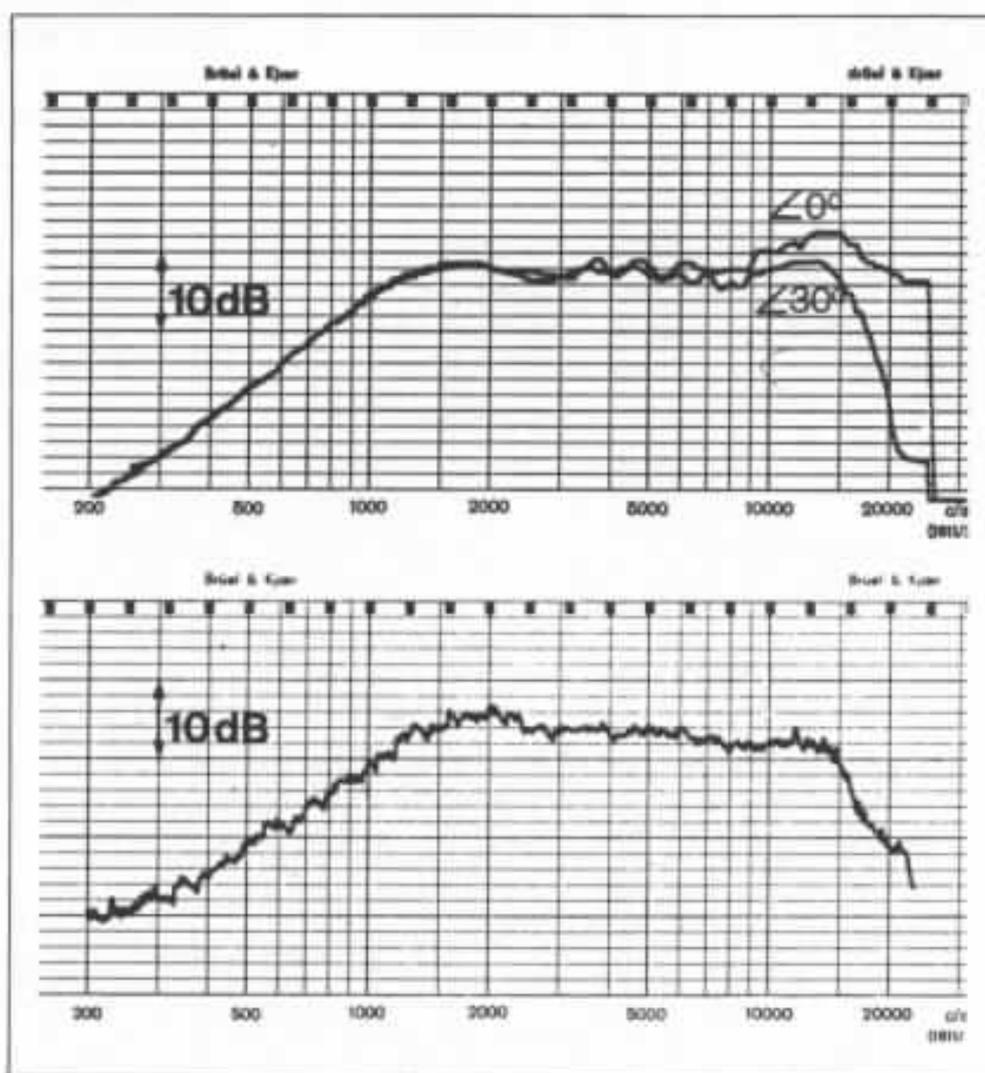


Fig 4 - En haut, courbe de pression acoustique d'un tweeter en fonction de la fréquence mesurée dans une chambre sourde dans l'axe du haut-parleur et à  $30^\circ$ .

En bas courbe de puissance totale rayonnée par le même tweeter en fonction de la fréquence. Cette mesure a été effectuée par bande de bruit de 30Hz avec un micro de mesure rotatif et dans une chambre de mesure de  $90m^3$  ayant un temps de réverbération d'environ 1 seconde.

## 2 - Détermination du coefficient de surtension électrique.

$Q_{ES}$  se déduit aisément de  $Q_{MS}$  par la relation :

$$Q_{ES} = \frac{Q_{MS}}{r_0 - 1}$$

## 3 - Détermination du coefficient de surtension totale

$$Q_{TS} = \frac{Q_{MS} \times Q_{ES}}{Q_{MS} + Q_{ES}}$$

On s'apercevra dans les mesures pratiques que le coefficient de surtension mécanique est en général nettement plus élevé que le coefficient de surtension élec-

trique, ce qui a pour conséquence de fournir à  $Q_{TS}$ , le coefficient de surtension total, une valeur voisine de  $Q_{ES}$ .

## 4 - Détermination de la masse mobile

On serait tenté de mesurer un équipage mobile, mais il est délicat de déterminer les parties de la suspension extérieure, et du spider qui sont réellement en mouvement. Aussi, il est plus simple de procéder de la manière suivante : On ajoute une masse  $m'$  connue à la masse mobile  $M_{MD}$  à déterminer une nouvelle fréquence de résonance  $f_1'$  est relevée alors :

$$M_{MD} = \frac{m'}{\left(\frac{f_1}{f_1'}\right)^2 - 1}$$

Cette méthode possède l'avantage, de plus, de ne pas avoir à détériorer le haut-parleur.  $M_{MD}$  incorpore la masse d'air chargeant les deux faces de la membrane.

## 5) Détermination de la compliance de la suspension.

La compliance est une mesure de souplesse ou de raideur du système vibrant la masse mobile et la fréquence de résonance permettant de la déterminer. Nous connaissons la masse mobile

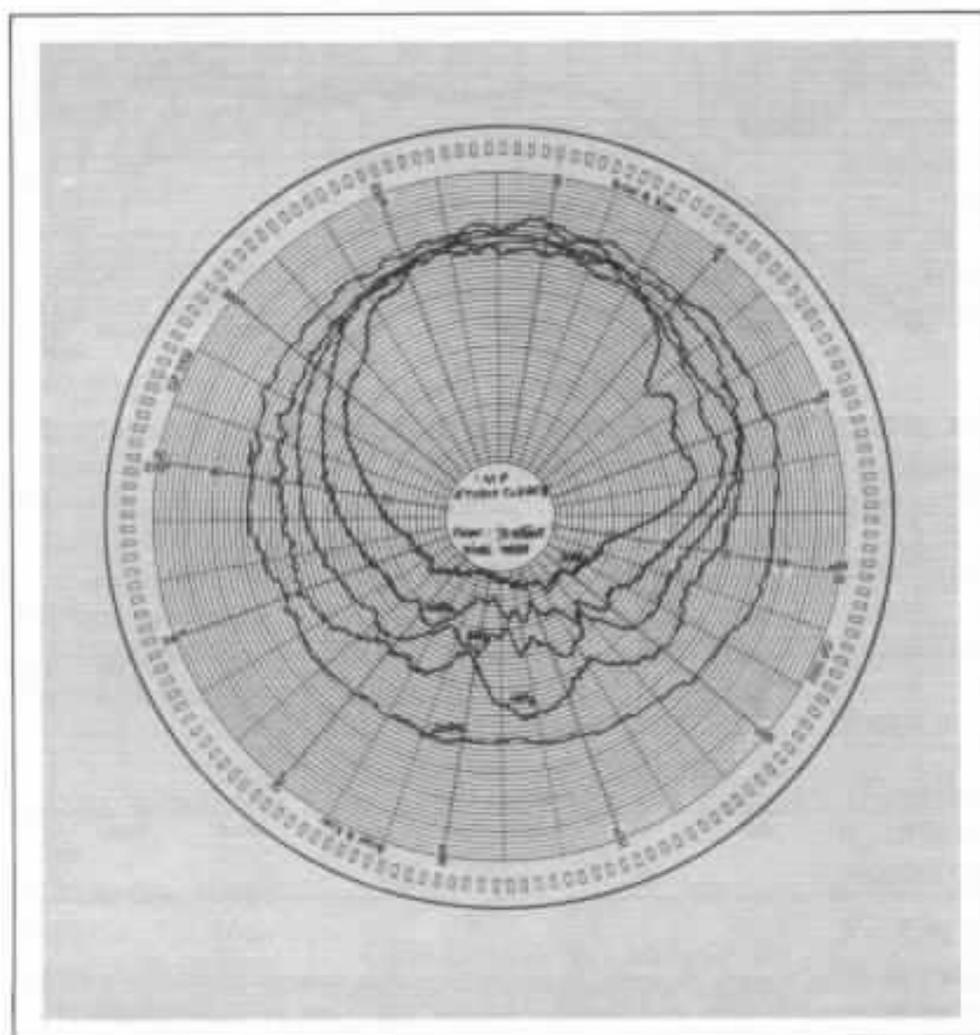


Fig 5 - Courbe de directivité d'une enceinte acoustique en fonction de la fréquence, mesure effectuée en quart d'octave et bruit rose.

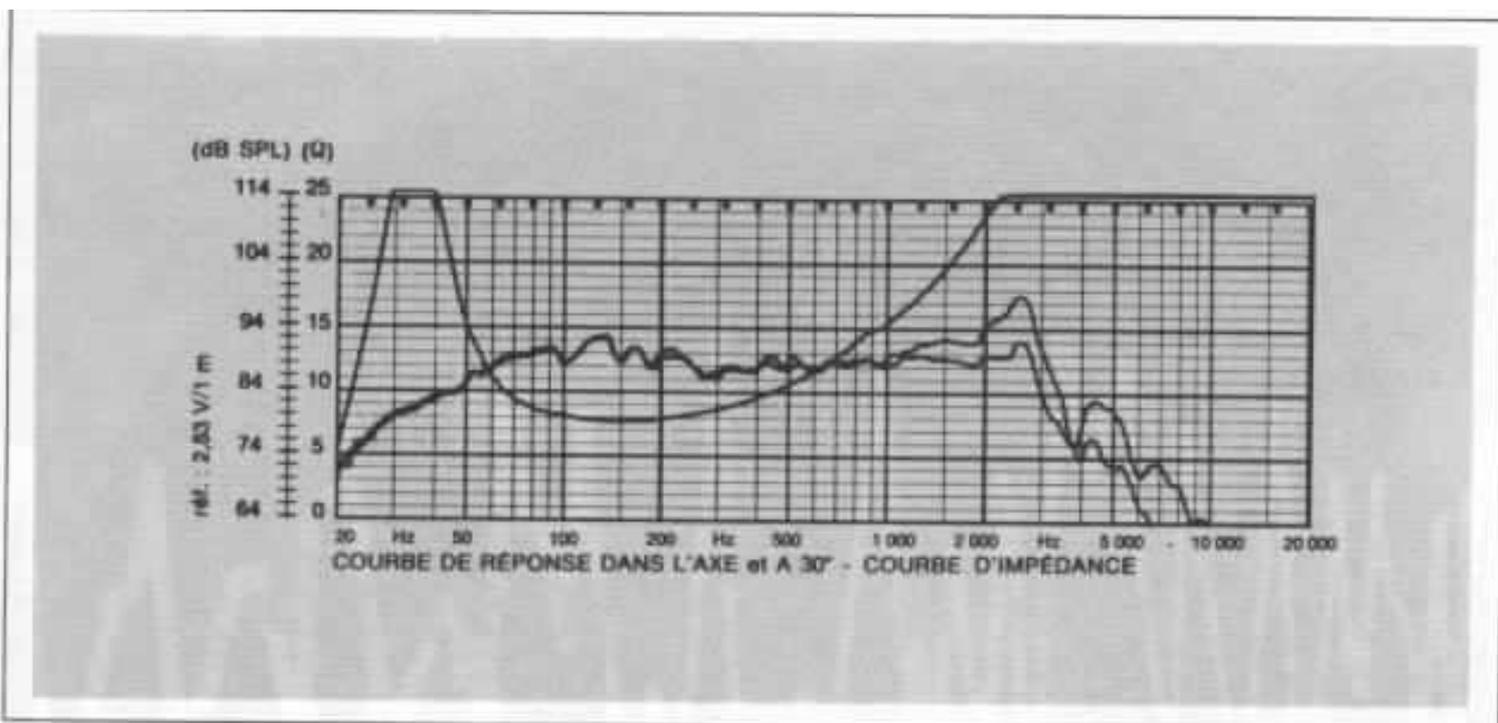


Fig 5 - Courbe d'impédance et courbe d'amplitude dans l'axe et à 30° en fonction de la fréquence.

$$M_{MD} : C_{MS} = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 M_{MD}}$$

Nous voyons que  $f_r$  est déterminant car il intervient au carré ; plus la fréquence de résonance

est basse, plus la compliance est élevée.

#### 6) Détermination de la résistance mécanique.

Celle-ci est donnée par :

$$R_{MS} = \frac{2\pi f_r M_{MD}}{Q_{MS}}$$

Nous espérons qu'à travers cette description un peu aride, le lecteur trouvera matière à interpréter certaines formules utilisées dans le calcul des charges de haut-parleur sur lequel nous reviendrons plus tard.

**Page non  
disponible**

# Entendons-nous comme les asiatiques ?

Jean Hiraga

*Il y a, parmi les nombreuses recherches faites dans le domaine de la neuropsychologie, l'étude de tous les phénomènes psychiques en relation avec les diverses parties du cerveau, une théorie très attrayante, déjà dûment vérifiée, faite par le fameux neuropsychologue japonais, le professeur Tadanobu Kakuta. On pourrait se demander ce que vient faire cette théorie Kakuta, aussi fameuse et aussi véridique qu'elle soit, dans une revue comme l'Audiophile. Détrompons-nous.*

*En effet, d'après ces nombreux travaux et expériences, il y a lieu de croire que les fonctions des diverses parties de notre cerveau, la «zone primaire sensitive», la zone primaire auditive, le «cerclé limbique», les lobes gauche et droit ont des fonctions prédéterminées par hérédité, et que les nôtres sont nettement différentes de celles des asiatiques.*

*Pour ne pas effrayer les lecteurs, il ne sera pas utilisé de langage technico-médical. Si cette théorie est vraie et il y a bien lieu d'y croire en raison de nombreuses vérifications faites par des experts du monde entier, son influence sur la conception des appareils de haute-fidélité, des haut-parleurs, la façon de jouer qu'ont les musiciens extrême-orientaux doit être très nette.*

*Mais passons plutôt à quelques expériences typiques illustrant cette théorie.*

## **Fonction des lobes gauche et droit du cerveau.**

Imaginons-nous dans la condition particulière qui suit :

Deux combinés téléphoniques, chacun sur une oreille, nous transmettent des messages parlés. Chacun de ces messages pré-

sente pour nous le même intérêt. Dans ce cas il nous est difficile de nous concentrer simultanément sur les deux messages transmis, et nous sommes obligés d'écouter soit l'un soit l'autre des messages, ou encore d'écouter en grande priorité l'un des messages.

Suivant cette méthode de «course à la rapidité de compréhension de chacune de deux oreilles» il est facile de reconnaître, d'après de nombreuses expériences que notre oreille droite reconnaît mieux et plus rapidement les paroles.

D'autres expériences montrent

que, parmi les très nombreux nerfs reliant les oreilles et le cerveau dans ses zones primaires auditives, parmi ceux reliant le cerveau en se croisant (oreille gauche/lobe droit, oreille droite/lobe gauche) ou en ne se croisant pas (oreille gauche/lobe gauche, oreille droite/lobe droit), les nerfs se croisant au niveau du cerveau travaillent plus que ceux reliant directement les oreilles aux lobes du cerveau.

De même que nous sommes «naturellement droitier donc plus adroits de la main droite, (œil droit, main droite) nous sommes également droitiers pour l'ouïe, ce qui veut dire que le lobe gauche du cerveau est plus apte que le lobe droit à assimiler les paroles. Comme on a pu le démontrer depuis très longtemps en médecine, le lobe gauche du cerveau est celui des paroles et de la compréhension de celles-ci.

Plus récemment, et selon les très nombreux examens effectués par le savant Geshwind, il a été reconnu une différence toujours supérieure des zones primaires auditives du lobe gauche par rapport au lobe droit, différence qui correspond au travail supplémentaire de celui-ci pour la compréhension et le stockage des paroles. Sur cent cerveaux examinés par Geshwind, 65 % d'entre eux ont la zone primaire auditive du lobe gauche plus volumineuse que celui de droite, 24 % ont les deux parties identiques et seulement 11 % ont leur partie droite plus importante.

Ces mêmes examens effectués sur des nouveaux-nés, des illettrés, des sourds-muets, prouvent que tout le mécanisme de la parole situé dans le lobe gauche est transmis par hérédité.

## Mécanisme de traitement de la langue asiatique par le cerveau.

En considérant comme universel et définitif la structure et le travail de l'ordinateur que représente le cerveau humain, il faut cependant ajouter que c'est entre l'âge de un et dix ans que le cerveau et son mécanisme de travail, sa «programmation», se détermine. Ceci en fonction de l'endroit et de la langue dans laquelle va s'exprimer ce dernier pour parler et écouter.

Sur ce point il est important de considérer que le japonais ou le chinois sont différents des autres langues pour la «programmation» du cerveau.

Le professeur Kakuta procéda alors à une autre expérience capable de déterminer ce qu'il baptisa l'effet D.A.F. (Delayed Auditory Feedback) et dont l'avantage est décisif puisque, contrairement à l'expérience notée au début de cet article, elle permet d'être vérifiée par un tiers.

Ce que Kakuta appelle l'effet D.A.F. est la perte du «rythme» ou du «sens des mots» apportée soit à un musicien jouant un instrument soit à une personne parlant, lorsque les mêmes sons ou les mêmes paroles leur reviennent avec un délai déterminé. C'est, d'après Kakuta, un délai de 0,2 seconde qui donnerait le maximum de perturbation par effet D.A.F. Une ces méthodes consiste par exemple à appliquer sur chaque oreille d'un auditeur un écouteur, chacun transmettant un son rythmé, mais à décalage variable. Lorsque le décalage est nul, l'auditeur qui transmet le rythme écouté sur un clavier électronique synchronise facilement les sons entendus avec

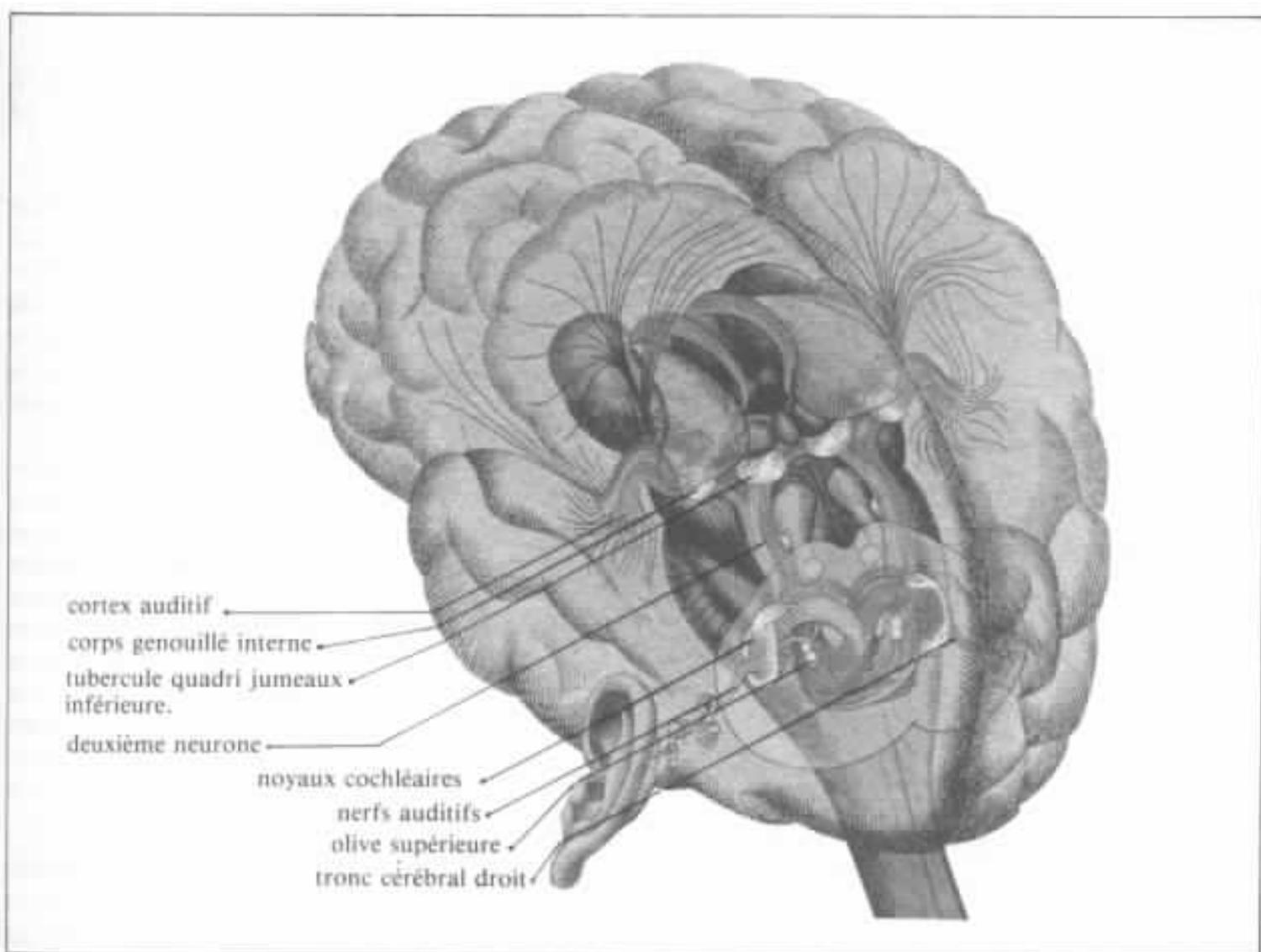
les mouvements de ses doigts ou de son poignet. Mais lorsque le signal transmis à l'une des oreilles se trouve décalé de 0,2 sec.

par rapport à celui du côté opposé, la perturbation, c'est à dire la perte du rythme, est maximale. Ceci est d'autre part dépendant de la forme et du niveau du signal perturbateur (signal volontairement retardé) et il existe une condition pour laquelle la perturbation est également maximal.

La même expérience continue ensuite en injectant le signal perturbateur soit sur l'oreille gauche, soit sur l'oreille droite, et ceci sur de très nombreux auditeurs afin de tenter de voir si une oreille ne serait pas mieux protégée que l'autre contre ces signaux parasites.

En continuant cette expérience, mais cette fois à l'aide non pas seulement de bruits mais de nombreux sons, on obtient un «modèle» semblable à celui de la figure 1.

Dans le cerveau humain, le «câblage» très complexe entre les deux lobes du cerveau et l'oreille (1er neurone, protubérance, noyaux cochléaires, pédoncules cérébraux, corps genouillés etc...) s'effectue de telle sorte que, le lobe gauche «programme» en général la langue et le lobe droit les bruits divers ainsi que la musique. Ceci se confirme par des cas d'apoplexie dans lesquels, lorsque le lobe gauche est endommagé, il apporte ce que l'on appelle «l'aphasie» (perte de la compréhension du langage à la suite d'une lésion de l'hémisphère cérébral gauche) tandis que, lorsque le lobe droit est endommagé la compréhension du langage reste la même, alors que serott



Les éléments principaux de la perception auditive. (doc. Life Science).

perdus le «sens de la musique» et la distinction des rythmes sonores.

Ceci montre les fonctions précises de travail de chaque partie du cerveau (voir fig. 2).

De même, il a été prouvé que le lobe gauche était plus approprié que le droit pour les mathématiques. Au cours de ces nombreuses expériences effectuées et vérifiées dans le monde entier, on s'est alors aperçu d'une chose très curieuse : la «programmation des voyelles» (a, e, i, o, u) dans l'un des lobes cérébraux était inversée pour les européens et les asiatiques.

Par exemple, pour les japonais, les voyelles sont assimilées

dans le lobe gauche, c'est à dire celui de la langue. Aux Indes, et en Europe, les voyelles des mots «passent» dans le lobe opposé, le lobe cérébral droit. Mais pour des cas spéciaux, comme les eurasiens par exemple, on s'est aperçu que ceux-ci assimilaient comme les européens, ce qui exprime donc l'importance du milieu dans lequel est plongé le sujet, dans la «programmation» de chacun des lobes du cerveau.

Le facteur le plus influant sur ce genre de sujets (eurasiens) est la langue apprise entre la naissance et l'âge de dix ans environ.

Mais inversement, c'est-à-dire en prenant le cas d'un européen ayant appris une langue extrême

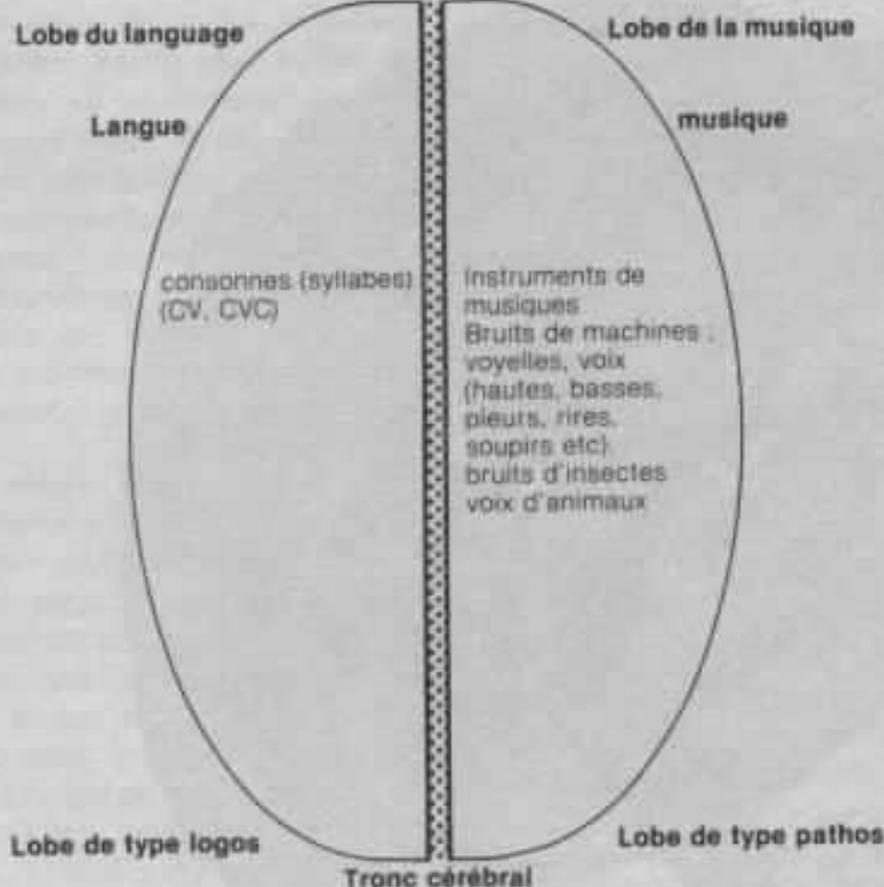
orientale après l'âge de 10 à 15 ans il ne s'agira que d'une formation secondaire dans le cerveau pour une seconde langue alors que le mécanisme des deux hémisphères cérébraux restera pour cet autre sujet inchangé, c'est-à-dire celui d'un européen.

### Particularités des voyelles dans la langue japonaise.

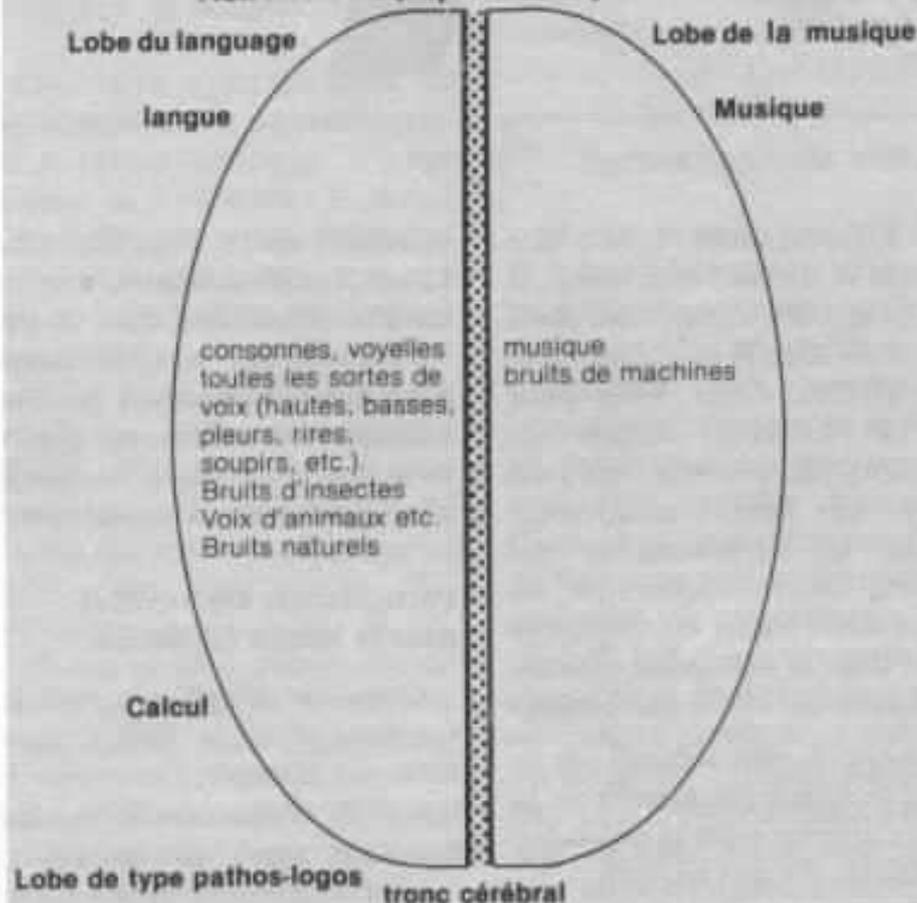
Comment expliquer, pour les voyelles, dans la langue japonaise par exemple, l'inversion du travail de chacun des lobes cérébraux par rapport aux européens ?

Ce mécanisme est encore imparfaitement exploré mais la théorie très avancée de Kakuta est la suivante :

## EUROPEENS



## ASIATIQUES (Japonais en particulier)



La différence «d'aiguillage» entre lobes pour les européens et asiatiques

Dans le japonais, il n'existe que cinq voyelles alors que les consonnes sont inexistantes (sauf le N) c'est-à-dire qu'il n'existe que des syllabes. Ainsi les voyelles A, I, U, E, O (dans l'ordre japonais) existent tandis que le S, le P, le R ne peuvent se prononcer sans être suivis d'une voyelle. La prononciation, en japonais de la ville «Madrid» devient donc prononcée à la japonaise «Ma-do-ri-do», vu que les consonnes seules D n'existent pas.

Cela explique le «poids», l'importance des voyelles dans le japonais. Mais le plus important est que, en raison de l'utilisation de caractères idéographiques d'origine chinoise, (mais en nombre moindre et prononcés d'une façon différente) il existe des mêmes voyelles pouvant correspondre à des caractères idéographiques différents donc de sens complètement différent.

Opposément, dans les langues européennes les voyelles n'ont pas de sens propre. Dans les langues européennes, le rôle des consonnes est beaucoup plus important pour le transport du sens des mots. Les syllabes comportant plusieurs consonnes sont ainsi dirigées vers le lobe gauche pour mémorisation tandis que les voyelles, contribuant à la musique, au rythme, à l'accent provincial, à l'accent personnel, à l'intonation, à l'émotion sont ainsi non assimilées comme une langue mais comme de la musique.

Par contre, en japonais, les consonnes et les voyelles seront traitées d'une façon identique, ce qui est donc très différent et très important à considérer en tant que différence par rapport aux langues européennes dans un cerveau européen.

Dans le japonais écrit en lettres arabes, en supprimant les voyelles.

le message devient incompréhensible, alors qu'en faisant de même dans de l'anglais par exemple, le message reste déchiffrable.

Il est facile de démontrer l'importance des voyelles dans la langue japonaise, par les tests courants effectués en audiométrie au Japon. Le médecin effectuant une mesure audiométrique sur un sujet plus ou moins sourd à l'aide de sons faibles ou sourds peut ainsi obtenir des résultats apparemment opposés, de sujets entendant des sons purs de faible niveau, mais incapables de comprendre des paroles. C'est ce que l'on appelle au Japon le «Kotoba Meiryodo Test» test de degré de compréhension de la parole, appliqué aux sujets déficients de l'ouïe. Dans ce test figurent des mots, syllabes, paroles standards permettant de déterminer pour un sujet donné, le nombre de mots compris.

Pour chaque pays et pour ce test, il existe des listes standards. Les listes les plus connues ont été rédigées par les spécialistes en psychoacoustique de l'université de Harvard. Cette liste commence par des syllabes pures ainsi que d'autres «bribes de mots» utilisés le plus souvent dans la langue anglaise. Cette liste est pour cette raison appelée la liste P.B. (Phonetically Balanced List).

Dans cette liste «PB list», on a ainsi choisi cinquante prononciations «cléf» de conversation courante, cette liste établie en 1957, fut ensuite complétée en 1967.

En 1957, elle comptait 10% de voyelles tandis qu'elle contenait 15% de voyelles en 1967, c'est-à-dire sans tenir compte séparément des consonnes et des voyelles comme le font les listes américaines et européennes.

### **Particularités du mécanisme de reconnaissance des sons naturels.**

Nous sommes entourés en permanence de sons naturels, bruit des insectes, du vent, de la pluie, etc. La voix est aussi un son naturel, transportant non seulement l'information mais aussi le sentiment (rire, pleurs, émotions, joie etc). Sur ces points, il est maintenant reconnu que le fonctionnement du cerveau des asiatiques et des européens n'est pas le même. Comme indiqué sur la figure, tous ces sons sont perçus dans l'hémisphère cérébral réservé à la musique pour les européens, tandis qu'ils sont dirigés vers l'autre hémisphère cérébral, celui réservé à la parole pour les japonais et les asiatiques. Cette théorie aurait été démontrée par le professeur Kakuta sur de nombreux sujets opérés pour anomalies diverses.

Dans les langues européennes, il a été aussi prouvé que les métis parlant une langue maternelle européenne devaient aussi être considérés exactement comme des européens. Plus exactement, cela veut dire que, par exemple, dans le japonais les voyelles ont, en «parallèle», de nombreuses significations (voir exemple sur le tableau) et sont donc reçues dans le lobe du cerveau réservé à la parole. Pour les européens, ces voyelles sont «de la musique» et reçues donc dans le lobe réservé à la compréhension de la musique, n'ayant qu'un sens «acoustique». En «forçant» les paroles et en leur donnant un rythme soit de prononciation, répétition volontaire de voyelles, de syllabes accentuées d'une voix aux accents nuancés volontaires, ces mêmes phrases sont alors perçues à 100% par les européens comme de la musique,

alors qu'une petite partie ne sera pas perçue comme telle par les asiatiques (cas des poèmes). Pour les japonais, les voyelles, formées de deux fréquences en général, et appelées «formation de Holmundt» sont en réalité très proches de nombreux sons dits naturels et sont donc perçues de la même façon. Pour les européens les langues formées de syllabes, de voyelles, de consonnes, de successions de consonnes beaucoup plus éloignées des sons naturels, (car compris en tant que mot que si ce mot entier est écouté), sont donc reçues par le lobe réservé à la parole, à la langue maternelle.

En comparant donc les mécanismes de perception du cerveau pour les asiatiques et les européens, pour la voix, les paroles, la langue maternelle et les sons naturels et lorsque ceux-ci sont comparés, les européens assimilent les sens des mots par succession de syllabes ou de syllabes suivies de consonnes, ce qui, par «calcul» leur permet de retrouver le sens de chaque mot. Par contre, si chaque mot est prononcé suivant un rythme donné, imprégné d'émotion, il «passe» cette fois dans l'autre lobe, celui-ci réservé à la musique, c'est à dire devenant un son perçu très différemment.

Pour ces tests, le professeur Kakuta a utilisé des sons de très courte durée (50 à 70 millisecondes) de façon à ce que l'auditeur ne puisse reconnaître s'il s'agit de bribes de parole ou de la musique, ou encore d'un son naturel.

A l'aide de capteurs, il devient ainsi facile de détecter le lobe recevant l'information, même s'il s'agit de voyelles (l'auditeur ne prend pas toujours conscience qu'il s'agit d'une voix humaine).

Idéogrammes	Prononciation	sens
啞	A A	Muet Interjection (Ah)
胃 意 医 五 衣 威 井 易 異 異 刻	 	Estomac Significatif Médecine Cinq Habit (Kimono) Dignité Puits Voyant (Horoscope) Différent Temps
鴉 卵	U U	Oiseau Oeuf
得 粒 柄 枝 江 公 元	E E E E E E E	Prendre Tableau Manche Branche Rivière Rencontre Euh (interjection)
尾 男	O O	Extrémité Homme

Les idéogrammes correspondant aux voyelles avec leurs significations

En réduisant ces sons à une longueur de 10 millisecondes les sons ne deviennent plus que des « clics », mais même dans ces cas extrêmes, les capteurs sont formels quant à prouver que les lobes gauche et droit ne travaillent pas de la même façon pour les européens et les asiatiques. Pour les japonais, ils seront donc toujours perçus dans le lobe réservé à la parole. Même en quadruplant le temps des voyelles par procédé électromécanique, de façon à en faire un son plus long, proche de la musique, le professeur Kakuta a prouvé que les japonais recevaient toujours ces sons dans le lobe gauche, celui de la langue\*.

\* Ce qui veut dire, en somme, que le japonais perçoit les bruits naturels, quelques percussions, les clics, les bruits de surface du disque, le ronflement résiduel, le bruit d'ambiance d'une salle de concert dans le lobe réservé à la parole. Ceci explique entre autre l'intransigeance des japonais vis-à-vis des bruits parasites dans une salle de concert, leur grand silence lors d'une écoute, et leur gêne lors de passages musicaux de disques mêlés à du bruit de surface. Cependant, il existe malgré tout quelques exceptions, en particulier, pour ceux ayant une profonde connaissance de la musique européenne.

D'autre part, en examinant le lobe de l'asiatique, on s'aperçoit de sa formation Logos/Pathos, tandis que Logos et Pathos sont dans un lobe séparé pour les européens, ce qui explique pour les japonais leur difficulté, surtout avant la grande révolution culturelle de la Meiji (1850 environ) à séparer distinctement sentiment et raison.

Pour la musique, ceci est sans doute à la base des grandes différences existant entre la musique extrême orientale et la musique européenne.

Du point de vue culturel et social, il explique de nombreux phénomènes ressentis par les européens en contact avec les asiatiques : en

particulier leur grande sociabilité et leur amabilité, leur façon de détourner les phrases ou de répondre « à côté » pour éviter de blesser autrui, qui est pour eux une chose « naturelle » et non divisée distinctement en sens, raison et sentiment.

Du point de vue sentiment, il peut ressentir d'une façon infiniment plus sensible des choses qu'un européen trouvera tout à fait banal, tel la vue d'un cerisier en fleurs, ou d'une belle montagne.

Signalons enfin, que les modèles d'écoute pour un européen comme pour un asiatique peuvent se modifier suivant que l'écoute est émotionnelle ou « intellectuelle », c'est-à-dire analytique. De même, sur un sujet européen ou asiatique, lorsque de la voix parlée est mélangée à de la musique (exception faite d'une chanson ou d'un opéra, par exemple), le tout, musique et voix passe dans le lobe réservé à la parole, ce qui explique très facilement la gêne ressentie dans un tel cas, car l'écoute ne peut plus alors être ressentie d'une façon « sentimentale » à cause de cette commutation automatique qui réalise le cerveau humain. Les orchestres étrangers de passage au Japon, félicitent souvent les auditeurs pour leur silence total pendant les concerts, oubliant qu'il ne s'agit pas là d'une question de politesse mais de nécessité absolue.

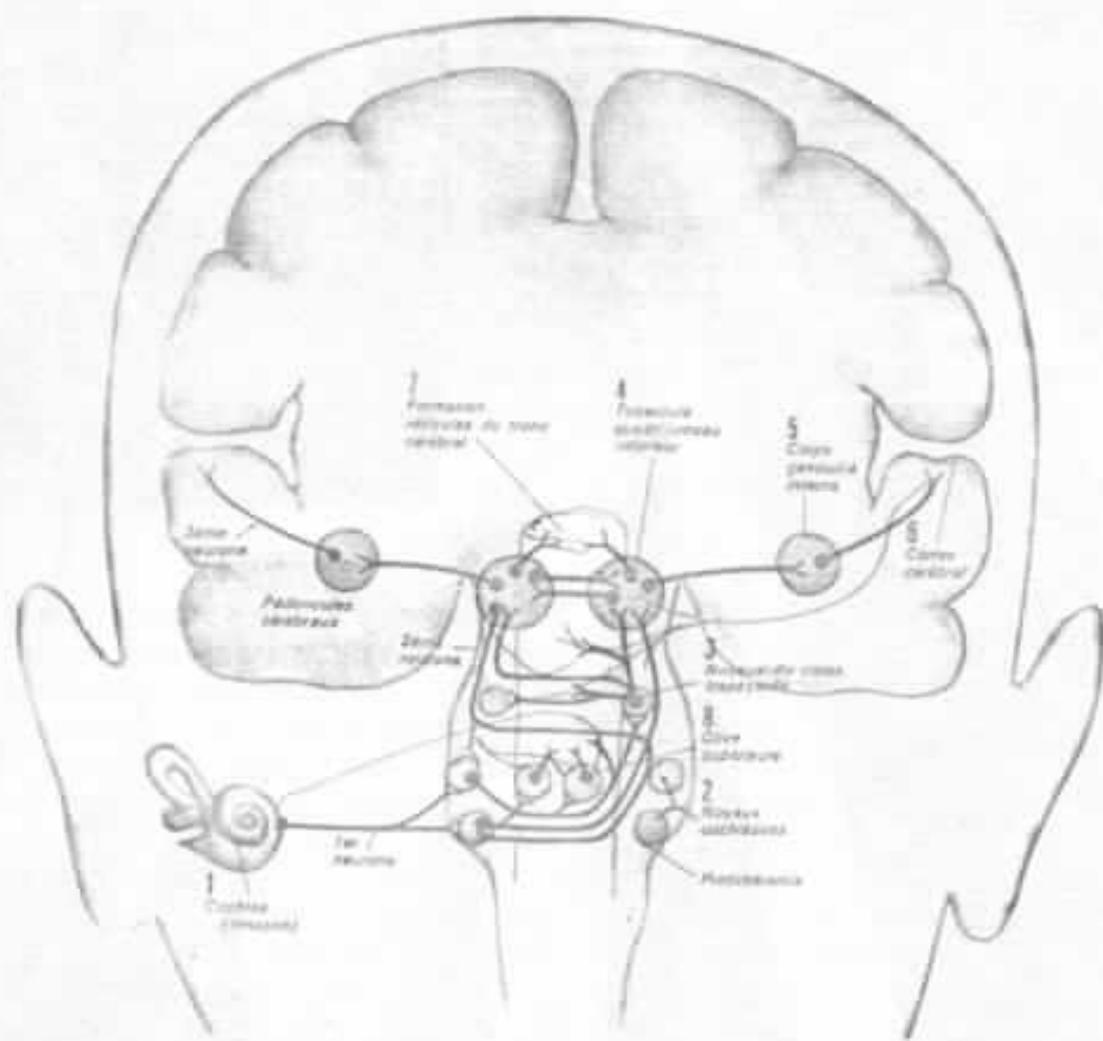
Dans ce test, l'auditeur devant reconnaître le genre de son perçu, analyse le son, sa forme, avant de l'envoyer dans le lobe correspondant, vu que l'oreille ne travaille pas comme un microphone mais comme un système à la fois récepteur et réémetteur. Ceci reste encore un point non élucidé, c'est à dire de déterminer comment fonctionne ce «comparateur automatique».

Pour les européens, la division du travail pour les deux parties du cerveau, relève de la philoso-

phie européenne, son processus de compréhension pouvant être assimilé à celui de Logos (source d'idées, calculs, mots, raison) et de Pathos (passion sentiments, musique, etc).

Il y a plusieurs milliers d'années, et plus de deux mille ans, l'attitude prise par les grecs vis à vis du naturel, fut une véritable confrontation intellectuelle où l'on doit considérer la philosophie grecque comme la première des philosophies «naturelles». De cette façon, la percep-

tion sentimentale des choses «naturelles» de plus en plus insatisfaisante, fit place à une autre perception, mettant cette fois en jeu la reconnaissance de la raison, pour laquelle la langue prend une importance capitale. Ceci explique, selon le professeur Kakuta, le mécanisme logique et fondamental à la base du cerveau européen, et leurs différences importantes dans l'écoute intelligente et sentimentale de la musique, par rapport aux asiatiques.



**Page non  
disponible**



# L'écoute du système Onken - Mahul

*Jean-Marie Piel*

La description du caisson de grave Onken par Jean Hiraga dans le numéro 2 de l'Audio-ophile a incité de nombreux lecteurs à entreprendre la réalisation de ce caisson. Comptant moi-même aux nombres de ces courageux menuisiers, et ayant enfin, après plus d'un an et demi d'acharnement et d'essais de toutes sortes, atteint des résultats me récompensant de tant d'efforts, je m'en voudrais, en préambule de cette écoute collective, de ne pas faire partager mon expérience, et, en privant le lecteur du récit de mes déboires, de ne pas lui faire gagner le temps précieux que j'ai perdu...

## **Réalisation du caisson de grave Onken**

*La première difficulté consiste à trouver un bois convenable. Après des coups de téléphone tout azimut aux fabricants et dépositaires de bois, j'ai fini par trouver un contreplaqué qui, de l'avis de Jean Hiraga, approche d'assez près, au moins par la densité, celui utilisé pour les enceintes Onken originales. Il s'agit d'un contreplaqué de hêtre, de 25 mm. On le trouve chez les établissements Nanty 175, avenue du Général Galliéni - 93140 à Bondy - sous la référence «Nantex 25». Ce contreplaqué extrêmement dur et dense n'est pas du contreplaqué «marine». En fait, la qualité «marine» est indépendante du bois, elle ne con-*

*cerne que le collage. Donc, si vous ne projetez pas de transformer un jour vos Onken en embarcation, inutile de les construire en contreplaqué «marine»...*

*Le collage est une autre difficulté. L'idéal est bien sûr, comme l'écrit Jean Hiraga, d'utiliser de la colle «à chaud». Mais un tel collage n'est pas simple à mettre en œuvre par l'amateur. Après m'être copieusement renseigné auprès de nombreux menuisiers, mon choix s'est porté sur une colle au poisson, jadis très courante : la colle «Sic». Cette colle sent mauvais mais elle est efficace, et procure des collages certainement plus «durs» que les colles vinyliques que l'on trouve partout à présent.*



Disposition du système Onken Mahul dans le local d'écoute.

*Au moins aussi important que le collage est le vissage. Mettre beaucoup de vis est bien. Bien les visser est mieux. Et ce n'est pas une petite affaire que de bien visser dans du contreplaqué de hêtre. Des avant-trous très soigneusement calibrés sont indispensables. S'ils sont trop petits, il y a de fortes chances pour que la vis casse... S'ils sont trop grands elle ne tient pas, ce qui n'est pas mieux, surtout quand on ne s'en aperçoit pas ...*

*Chaque enceinte réclame plusieurs centaines de vis. Inutile de dire qu'un tourne-vis vilbrequin s'impose, à défaut de tourne-vis électrique...*

*Une fois l'ébénisterie terminée, il s'agit de s'occuper des détails qui transforment la sonorité de l'enceinte.*

## 1 - Le feutre

*Sur ce point encore, j'ai recueilli l'avis des plus éminents feutriers de la région parisienne. Après avoir fait examiner un échantillon du feutre qui se trouve dans les Onken originales, je suis en*

*mesure de vous affirmer qu'il ne s'agit pas de feutre de laine pure, beaucoup s'en faut ! Belle économie... Un feutre relativement mou (densité, environ 150) de 10mm d'épaisseur, et non de 15mm, fera l'affaire s'il est disposé sur toutes les surfaces internes de l'enceinte, y compris sur la face qui supporte le haut-parleur. Pour parfaire l'accord, on aura intérêt à faire revenir le feutre du fond sur les côtés, jusqu'à l'amorce des événements. On supprimera ainsi un léger pic de résonance vers 50Hz.*

*Il est aussi nécessaire de faire pendre sur toute la hauteur (et la largeur) de l'enceinte, un rideau de feutre (le même feutre) que l'on fixe, non pas exactement à mi-profondeur, mais au tiers de la profondeur du côté du fond. Ce rideau supprime très efficacement les ondes stationnaires.*

## 2 - Les tasseaux internes

*Le plan de l'Audiophile préconise l'emploi d'un tasseau juste au dessous du haut-parleur.*

La présence de ce tasseau est en effet très sensible. Mais, on a aussi tout intérêt à ajouter un tasseau vertical court-circuitant le fond et le sommet, ainsi qu'éventuellement un tasseau court-circuitant les deux côtés latéraux. Après avoir essayé toutes sortes de tasseaux, j'ai opté pour une solution aussi propre qu'efficace : celle qui consiste à acheter des barres d'acier doux (3cm de diamètre) et à les faire tarauder aux deux extrémités de façon à pouvoir les fixer très solidement à l'aide de boulons.

Enfin, pour reconforter ceux qui ont construit ces caissons et n'en tirent que de forts mauvais résultats, je confesserai que dans les premiers temps, j'obtins, moi-même, des résultats excécrables : j'avais commencé par ne construire qu'une seule enceinte, et par malchance dans cette première enceinte, il se trouvait un panneau mal collé. Comme c'était la base de l'enceinte, donc la seule face sur laquelle je ne pouvais osculer les résonances de parois en les frappant de l'index, je mis fort longtemps à découvrir cette fâcheuse malfaçon... Ajoutez à cela, l'usage d'un mauvais feutre mal disposé : les résultats étaient désastreux, graves, cotonneux, tonique dans le bas-médium. J'en étais réduit à étudier le moyen le plus expéditif pour me débarrasser de ces monstres dont décidément, il n'y avait rien à tirer... La côte de Jean Hiraga dans mon estime était au plus bas...

Ne trouvant pas d'acquéreur pour mes discrets caissons, je fus dans l'obligation de persévérer. Un jour me vint l'idée d'incriminer les haut-parleurs : des 416 8B ; il me fallait des 416 8A ! Je dois dire que la substitution ne changea pas grand-chose... Depuis que mes caissons sont débarrassés de toutes leurs résonances originales, j'ai refait les comparaisons entre ces deux versions du 416 Altec. En fait, les différences sont minimes. Disons que le 416 8B délivre un peu moins de sous-grave et un peu plus de haut-médium, et que sa restitution est, de façon générale, plus sèche que celle du 416 8A. On peut, néanmoins, obtenir d'excellents résultats en montant des 416 8B, surtout si l'on prend soin de vieillir les membranes comme Jean Hiraga l'indiquait dans son article. Si une résonance subsistait dans le bas-médium, voir dans le médium, on peut tenter de ramolir doucement à la main le dôme central, en commençant par la partie la plus proche de la membrane et en veillant à ne

pas faire de plis. Normalement, ce vieillissement du dôme se fait tout seul, après deux ou trois ans d'usage.

Une chose, est de mettre au point des caissons de grave qui fonctionnent bien, autre chose, est de trouver des haut-parleurs de médium et d'aigu qui les complètent parfaitement. Ce n'est pas simple avec les Onken, en dehors de la solution Onken original, avec le médium et le tweeter à chambre de compression. Il s'agit, en effet, de trouver des haut-parleurs traditionnels dont le rendement soit suffisant. Il en existe très peu... Après de nombreux essais (WFR 17, HIF 17 H, 20 HS Audax etc.). J'ai enfin obtenu des résultats satisfaisants avec des Médomex et des tweeters Siare TWZ.

Toutefois, ce n'était pas encore parfait. Le rendement de ces haut-parleurs n'est pas tout à fait suffisant pour se marier avec le caisson de grave Onken. Subjectivement, le Medomex n'est pas toujours la douceur même, et sans doute à cause d'une bosse sensible dans le haut-médium, il semble délivrer toujours plus ou moins le même son. Cette légère coloration est d'autant plus regrettable que sa définition est très remarquable.

Le filtrage aussi ne va pas sans poser d'épineux problèmes. En effet, dans le système Onken original, le pavillon du médium opère une coupure très raide, au-dessous de 400 Hz environ. A cette coupure acoustique, s'ajoute celle du filtre vers 600 Hz. Ainsi, au-dessous de 400/500 Hz le 416 est seul à fonctionner. Dans ces conditions le bas-médium est bien défini et remarquablement dynamique. Avec un médium à cône, en filtrant à 12 dB par octave, la zone de recouvrement avec le 416 est beaucoup plus large. Il en résulte un bas médium sinon gonflé, du moins beaucoup moins transparent que lorsque seul le 416 fonctionne...

Cette constatation m'incita à utiliser pour un temps mes caissons en deux voies, avec des tweeters Siare ! La fréquence de coupure était excessivement haute pour le 416 (2500 Hz à 18 dB par octave) ; cependant, les résultats étaient très convenables, excepté un manque de définition et une coloration non négligeable dans le médium... Le bas médium notamment, était remarquablement propre, puisque seul le 416 le délivrait. Cette formule peut être un compromis d'attente pour ceux qui ne veulent pas faire d'emblée, la dépense des

caissons et des filtres réalisés par Jacques Mahul pour l'Audiophile.

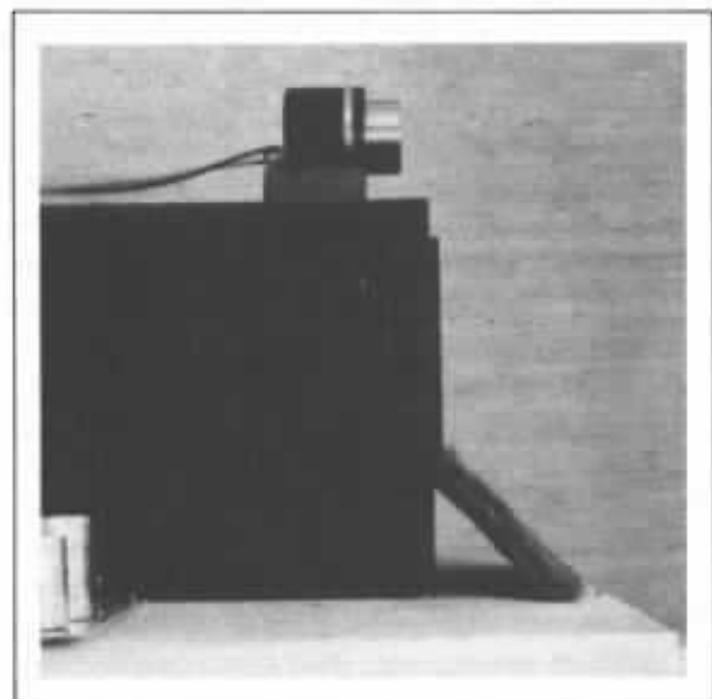
Ces caissons, dont Jacques Mahul a eu l'idée après avoir vu et entendu les caissons que j'avais réalisés à partir du Médomex et du TWZ Siare, se sont révélés - une fois bien utilisés - très supérieurs à tout ce que j'avais pu bricoler de mon côté... Mais avec ces caissons, les résultats n'ont pas été immédiatement bons !

### Première expérience d'écoute

Cette première expérience fut, il faut bien le dire quasiment catastrophique. Sur ce disque que Gérard Chrétien avait apporté, le saxophone sonnait comme s'il fuyait ! Sur un enregistrement d'orchestre, les basses roulaient inesthétiquement tandis qu'un bas-médium épais à couper au couteau masquait un médium qui, non content de paraître cotonneux, affirmait son manque de présence et de définition par des duretés cruelles. Nous étions tous au bord de la consternation...

Je soupçonnais la pièce d'être largement responsable d'une aussi déplaisante restitution. Aussitôt après le départ de mes petits camarades, j'entreprenais le déménagement de l'installation dans la pièce voisine. Je m'attendais à un mieux, pas à un miracle. Pourtant le miracle se produisit !

Les résultats n'avaient rien à voir avec les résultats décourageants obtenus dans la première



Vu de profil du système montrant le décalage entre les divers haut-parleurs.

pièce. Le grave redevenait remarquablement propre, le bas-médium discret et transparent, le médium présent et sans dureté.

Je redécrochais le téléphone pour convoquer à nouveau mes confrères aux «oreilles d'or». C'est ainsi que Jean Hiraga, Gérard Chrétien et moi-même, avons pu faire l'écoute réellement satisfaisante dont le compte rendu suit...

La morale de cette épuisante épopée ne devait céder au découragement qu'après deux ans d'essais soutenus et avoir promené vos enceintes dans toutes les pièces de votre appartement...

Il n'est pas inutile d'énumérer les divers maillons qui alimentaient les enceintes.

La platine : une Linn Sondeck. Le couvre plateau est en plomb : une feuille de 1mm, mise légèrement en «cuvette» par une rondelle de feutre sur la périphérie du plateau. Ce couvre-plateau incurvé donne d'excellents résultats, à condition d'utiliser un palet presseur (du type Keith Monks).

La cellule est une Denon DL 103 (2,3gr de force d'appui) complétée par un transformateur Anzaï.

le préamplificateur : un module d'amplificateur Roger Panthéra, alimenté par une alimentation non régulée surdimensionnée.

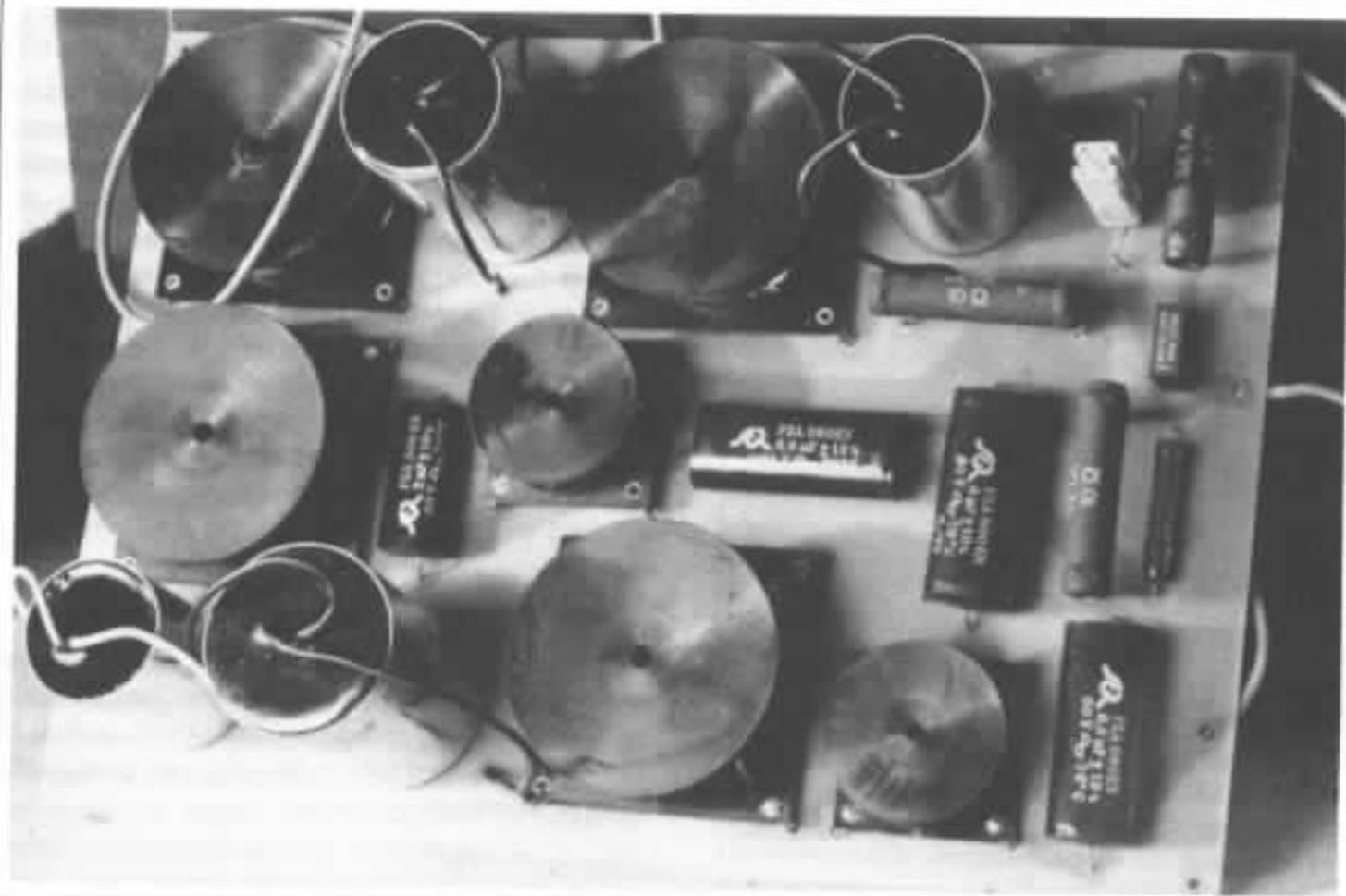
Les câbles sont de Leonisch 2,5mm, y compris pour les jonctions entre les filtres et les haut-parleurs. Ces câbles procurent sans doute une finesse un peu artificielle et flatteuse dans l'aigu, mais globalement, avec ce système, ce sont eux qui procurent les meilleurs résultats.

Il est important de préciser qu'à la suite de divers essais auditifs et de mesures, une légère modification a été effectuée sur le filtre. Afin de remonter le niveau du tweeter d'environ 1 dB, la résistance de 5,6 ohms en parallèle avec celui-ci a été remplacée par une résistance de 6,8 ohms.

### Recommandations

Avec les meilleures intentions du monde je me suis livré à quelques modifications de caisson. Notamment, j'ai «chanfreiné» la découpe des haut-parleurs de médium vers l'intérieur.

Ces tentatives se sont révélées fort néfastes : courbe déséquilibrée, excès de haut-médium, médium inconsistant, etc. Je me suis empressé de revenir à la solution initiale, exactement telle que l'a décrite Jacques Mahul dans l'Audiophile n°10.



Le filtre Onken Mahul.

*J'ai eu d'ailleurs confirmation par Jacques Mahul de ce que le médium Audax avait été étudié pour être monté sur une découpe circulaire non «chanfreinée». Le chanfreiné ne pouvait que dégrader l'équilibre et la régularité de la courbe de réponse.*

## Écoute

**- Beethoven :** *Concerto pour violon et orchestre. OISTRA CLUYTENS. Pathé Marconi.*

*L'équilibre général est excellent. «Le timbre et la situation spatiale des divers instruments n'appellent pas de critique» (J. Hiraga). Malgré la distance assez importante entre le boomer et le médium, l'homogénéité est très satisfaisante. L'aigu fin et défini, se signale à la longue par une très légère coloration métallique, pas désagréable au demeurant» (J.M.P.). On est frappé par «l'ampleur sans boursouffure de l'orchestre, et par le naturel de la restitution» (G. Chrétien). Malgré son excellente définition «le violon est un peu doux» (G. Chrétien).*

**- Schumann :** *«Carnaraval de Vienne». Arrau. Philips.*

*«Le piano est bien restitué et la cellule DL 103 y contribue certainement» (J. Hiraga). Gérard Chrétien, quant à lui, trouve le piano «homogène». Le piano que l'on entend est en effet tout à fait vraisemblable : un grand piano de concert, ouvert et près. Par rapport au système Onken original avec la chambre de compression dans le médium, le médium Audax ne laisse nullement à désirer par son naturel, mais il est sans doute moins franc, il donne un son légèrement feutré.*

*Dans le grave et le bas médium, le niveau de qualité et de réalisme pourrait bien surpasser à peu près tout ce que nous avons eu l'occasion d'entendre jusqu'ici... Quand ils sont bien réalisés - ce qui n'est pas facile ! - les caissons de grave Onken se montrent tout à fait à la hauteur de la réputation que Jean Hiraga leur a fait...*

**- Telemann :** *«Fantaisies pour flûte seule.» B. Kuijken. Accent.*

*L'un des plaisirs que procure l'ensemble*



Système de lecture électronique utilisé pour l'écoute

*Onken/Mahul, c'est l'impression, d'un disque à l'autre, d'écouter des enceintes très différentes. Preuve de neutralité, s'il en est...*

*Avec ce disque admirable sur tous les plans, on est plongé dans une acoustique de dimensions modestes, douée d'une réverbération naturelle parfaite pour favoriser sans aucune confusion la sonorité de la flûte. Celle-ci est restituée avec un réalisme qui s'affirme en prolongeant l'écoute. On a l'impression de suivre visuellement le mouvement des lèvres et des doigts. Et pourtant la restitution ne semble nullement faire appel aux trucs «habituels» d'une hifi flatteusement réaliste : relevé de l'aigu, bosse de présence, etc.*

*De son côté, Gérard Chrétien note : «son précis, nuancé. Dommage que la localisation spatiale ne soit pas plus définie».*

*Il faut faire remarquer que dans cette localisation spatiale, le local d'écoute intervient manifestement. Pour juger les enceintes à cet égard, il faudrait qu'elles soient suffisamment écartées des murs latéraux. Ce n'était pas le cas....*

**- Mozart : Concerto pour piano «Le Couronnement» n° 26. Pires. Erato.**

*Encore un très bon enregistrement. Un disque que Jean Hiraga aime beaucoup, autant pour sa*

*valeur musicale que sa fidélité sonore. «Ici le résultat est excellent, les timbres sont fins et l'ambiance très bien restituée» (J. Hiraga).*

*Effectivement, aucun défaut ne vient troubler la jouissance musicale. Pour couper les cheveux en quatre, on pourrait noter une aération moins évidente dans le médium que dans le reste du spectre, le bas médium et le grave étant exceptionnels. Il faut aussi signaler, une directivité assez prononcée dans l'aigu. Un seul auditeur profite pleinement des qualités du système. En se déplaçant d'un mètre sur le côté, on constate un effacement net de l'extrême-aigu. L'idéal serait d'écouter ce système non pas à 3 mètres de distance, mais, à 5 ou 6 mètres.*

**- «Sylvia Sass» : Aïda, Macbeth, Decca.**

*Sur ce test encore, Jean Hiraga (qui n'est pas du genre à prodiguer facilement des compliments) se montre très satisfait : «l'ampleur de la salle est bien restituée et la voix reste ponctuelle malgré le niveau sonore».*

**- Couperin : Scott Ross (clavecin) Stil (Vol I).**

*Le clavecin est ciselé avec beaucoup de subtilité, sans exagération du caractère métallique de l'instrument. Les résonances de caisse sont naturellement sensibles. Aucune boursoufflure dans le grave ou le bas médium ne vient donner l'impression que l'on a mis de la laine de verre dans la coque de l'instrument. Le phénomène est assez rare pour être souligné !*

**- Orchestre symphonique : Debussy, «Les Martyrs de St Sébastien». Pierre Monteux - Philips.**

*«Le système est suffisamment défini pour restituer toutes les nuances, les petites touches sonores qui font l'intérêt de cette musique» dit Gérard Chrétien. Il ajoute : «De l'air, de l'ampleur, aucune mise en avant des plans médium et aigu».*

*Effectivement, on est pris musicalement par une multitude de petits détails sonores, qui peuvent aller de l'extrême douceur à une dureté qui pour n'être pas aussi franche qu'avec un système à chambre de compression n'en reste pas moins explicite.*

### **Test de voix : disque de démonstration PCM Denon.**

«Les voix en anglais et en français sont naturelles, bien à leur place. Elles ne sont pas «grossies» ni «rétrécies» ni «enflées». Ce test est concluant : le médium ne souffre d'aucune coloration gênante.

#### **- Sting Band. Isao Susuki. Flying Disc.**

Ecoute à plus haut niveau. Les résultats demeurent très bons. «Dommage cependant, qu'à ce niveau, le médium ne soit pas plus dynamique pour suivre le tweeter» (J. Hiraga). Nous sommes unanimes à louer l'absence de traînage du grave, la finesse et la dynamique de l'aigu.

#### **- «Flamenco Fever». M & K**

Ce disque en gravure directe est enregistré à très haut niveau, et à l'aide d'une seule paire de microphones. Plusieurs plages extrêmement dynamiques, en particulier «Hands and Feet», composées de percussions très violentes, de claquements de mains de cymbales et de bruit de pieds, constituent un test redoutable. Ici «même à très haut niveau, le résultat est vraiment remarquable» (J. Hiraga).

### **Conclusion**

Le caisson grave Onken, est non seulement difficile à construire convenablement, mais encore difficile à marier correctement avec le local d'écoute, l'électronique et les haut-parleurs de médium et d'aigu. Mais lorsque tous ces mariages sont réussis, les résultats sont réellement hors du commun.

A notre connaissance, il n'existe pas de haut-parleurs de grave et bas médium capable de

reproduire avec une telle souplesse, une telle vérité les informations contenues dans les disques ou les bandes magnétiques. La qualité la plus étonnante de ces volumineux caissons est effectivement, comme le disait Jean Hiraga, une aptitude unique à se faire oublier, lorsque le message ne comporte pas de grave. Ainsi, lorsque seuls, les violons jouent, on a réellement l'impression de n'entendre que l'ensemble médium et aigu. Celui-ci se raccorde parfaitement avec le caisson de grave. Sa neutralité et sa définition devraient combler les Audiophiles les plus exigeants, comme elles nous ont comblés. En effet, tel qu'il est chargé et filtré, le médium Audax est très neutre. En revanche, on peut trouver qu'il manque un peu de mordant. D'autres haut-parleurs de médium en procurent davantage, mais c'est souvent au prix d'une remontée dans le haut-médium ou d'un bruit de papier dont l'Audax est pratiquement exempt. Quant à l'aigu Fostex, il est remarquablement relié à l'Audax. Son principal défaut est sa directivité. Mais il est précis, fin et vivant. Sa très légère «couleur métallique», n'est pas assez prononcée pour rompre l'homogénéité musicale du système.

A tous ceux qui ont entrepris la construction de ces ensembles, nous ne saurions que trop recommander de persévérer même si les résultats sont décevants dans un premier temps. Avec un tel système, le simple changement d'un câble, ou d'un composant modifie de façon très sensible la restitution. L'acoustique du local d'écoute a une importance toute particulière (grandes dimensions des enceintes ?). Il ne faut pas compter obtenir du premier coup les résultats réellement satisfaisants auxquels nous sommes parvenus...

**Page non  
disponible**



**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

**Page non  
disponible**

# La technique impulsionnelle appliquée aux systèmes linéaires et non linéaires.

Mme Cesarina BORDONE SACERDOTE  
Professeur à l'Instituto Elettrotecnico de Turin  
(Italie).

*Les techniques traditionnelles de mesure s'affinent, l'évolution des appareillages permettent une récolte de données de plus en plus riche et facile. Mais dans le domaine des mesures sur les équipements électroacoustiques la question de base, qui vise à la possibilité de corréler des données objectives avec la sensation qu'une reproduction sonore évoque, demeure encore en suspens. Des recherches se développent dans ce but, suivant d'un côté une direction psychoacoustique, d'un autre côté se cantonnant dans un domaine purement technique : le dialogue entre les deux domaines n'est pas des plus faciles.*

*Le jugement subjectif de la qualité d'un haut-parleur, lorsque pour simplifier, on néglige l'effet ambiant, doit être considéré indépendamment des caractéristiques objectives dans un domaine restreint de qualité : des données purement techniques ne peuvent justifier de façon satisfaisante certaines préférences, affectées par le goût personnel, par l'expérience et par l'éducation musicales. Pareillement, la subjectivité affecte l'évaluation de deux prestigieuses exécutions musicales du même morceau et, toujours dans le domaine musical, le jugement des caractéristiques acoustiques d'une salle de concert.*

## 1. La technique impulsionnelle

Ainsi doit-on à la recherche d'autres données objectives, que l'on espère plus complètes, l'application de la technique impulsionnelle aux mesures des haut-parleurs, ce qui est devenu possible grâce à l'évolution de microprocesseurs dont l'emploi est relativement simple.

Le principe de la détermination de la réponse en fréquence d'un quadripôle par son comportement en fonction du temps, lorsqu'à l'entrée on applique une tension impulsive, théoriquement de durée infinitésimale et d'amplitude infinie (fonction de Dirac), est connu depuis longtemps : les travaux de Duyts, Chaever, Heyser, Fincham, témoignent depuis une dizaine d'années de l'intérêt de cette technique pour ses applications dans le domaine des haut-parleurs.

L'étroite relation entre réponse en fréquence et réponse aux transitoires a été mise en évidence par David dans une polémique avec Voigt (*Onde Electrique*, 1938, N°198) : le théorème de Bayard, alors assez récent, venait de démontrer que «dans les systèmes linéaires il existe des relations obligatoires entre l'amplitude et la phase» à condition qu'on puisse les considérer comme respectées dans les haut-parleurs, dont le module de la réponse peut être connu dans tout le domaine de fréquences considéré. Connaissant la réponse en amplitude on peut déduire la réponse impulsionnelle.

Différentes branches de l'acoustique technique et des vibrations emploient couramment et alternativement la mesure de la réponse ou la réponse impulsionnelle pour déterminer le comportement d'un système : par exemple, le facteur de qualité d'un résonateur  $Q$ , peut être déduit, ou de la courbe de réponse ( $Q = f/\Delta f$ , ou  $\Delta f$  est la largeur de bande correspondant à l'amplitude moitié du maximum se manifestant à la fréquence  $f$ ), ou bien de la mesure du temps de réverbération  $T$  ( $Q = 0.45 fT$ ). La détermination de l'efficacité des enduits amortissants est un exemple usuel de ces techniques (la première étant employée pour la sélectivité dans le domaine des fréquences basses, la seconde dans le domaine des fréquences élevées).

Pareillement la mesure du coefficient d'absorption est obtenu traditionnellement par des données recueillies en régime transitoire (le son décroît dans une chambre réverbérante) ; on considère aujourd'hui également la mesure qui déduit ce paramètre du niveau de pression acoustique moyenne en chambre vide, rapporté au

niveau en présence du matériel ; méthode que l'ISO est en train d'étudier pour une normalisation.

## 2. Réponse en fréquence et réponse impulsionnelle

La corrélation analytique entre réponse impulsionnelle et fonction de transmission permet de passer de l'une à l'autre : à la détermination de la fonction de transmission en module et phase à partir de la fonction impulsionnelle. L'opération inverse est moins facile, puisqu'elle demande l'élaboration de deux données, amplitude et phase de la fonction de transmission, pour parvenir à la fonction impulsionnelle ; en outre on peut déduire la fonction temporelle pour une impulsion donnée.

Dans l'étude du haut-parleur on considère en général un quadripôle dont l'entrée est la tension d'alimentation du haut-parleur et la sortie la tension microphonique. (Quelques fois ce quadripôle est divisé en deux quadripôles en série, le premier étant le haut-parleur et le second le milieu de propagation jusqu'au microphone, pour lequel on suppose une transduction idéale).

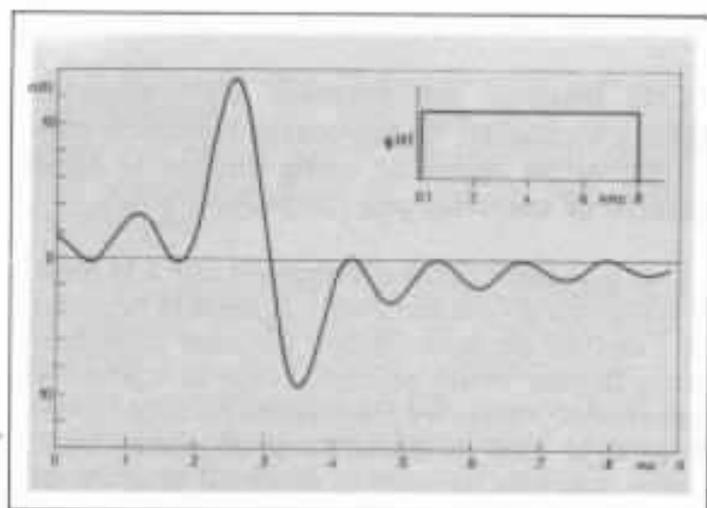
Le comportement du haut-parleur peut donc être représenté sous deux formes différentes, corréliées entre elles, la réponse spectrale en fréquence  $g(\omega)$  (en module et phase) et la réponse impulsionnelle  $a(t)$ . L'intégrale de Fourier permet de passer d'une représentation à l'autre par les deux relations réciproques :

$$g(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} a(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$a(t) = 1/2\pi \int_{-\infty}^{\infty} g(\omega)e^{j\omega t} d\omega, g(\omega) \text{ est une fonction}$$

complexe (dont la composante réelle est paire et l'imaginaire impaire) avec module symétrique et phase asymétrique par rapport à zéro ;  $a(t)$  est réelle.

On peut choisir entre ces deux représentations : l'une est la traditionnelle réponse à la fréquence, en amplitude et phase, dont le module en particulier est le paramètre habituel par lequel on juge, le plus souvent, et surtout on a cherché dans le passé, (à exprimer) la qualité d'un haut-parleur. Si certaines conditions sont respectées, la phase peut être déduite analytiquement de cette première quantité : on dispose aujourd'hui de moyens techniques qui permettent de tracer la courbe de phase en fonction de la fréquence et de compléter ainsi la description de  $g(\omega)$ .



1. Réponse impulsionnelle  $a(t)$  d'un haut-parleur idéal entre les fréquences 100 et 8.000 Hz.

La réponse impulsionnelle, fonction du temps, liée aux précédentes par une relation univoque, n'est pas encore une représentation si familière qu'elle permette une évaluation immédiate de la qualité d'un haut-parleur, mais on peut prévoir qu'elle pourra devenir habituelle dans l'avenir.

La fig. 1 se rapporte  $a(t)$  pour le cas idéal d'un haut-parleur dont la réponse est constante entre les deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$  et nulle en dehors de ces limites.

De la courbe impulsionnelle on peut déduire la courbe de réponse en module et phase, directement avec un ordinateur.

Des données obtenues pour la réponse impulsionnelle, une interprétation convenable permet de tirer une représentation plus complète, tridimensionnelle dans le système de coordonnées amplitude (généralement en dB, exprimant le module), fréquence et temps. Cette représentation nous donne la connaissance d'un « objet sonore », selon la conception de Moles. Plus

ieurs auteurs ont étudié la possibilité de l'obtenir : on rappelle les travaux de Shorter, Corrington et, récemment, de Fincham, qui a développé une technique pour tirer les diagrammes du type de la fig. 2, directement de l'enregistreur lié à l'ordinateur, avec une interprétation qui prend environ une heure.

De la représentation de ce type, on cherche à obtenir une expérience qui permette d'évaluer le comportement des haut-parleurs en régime transitoire.

### 3. Méthode de corrélation croisée

Dans un système linéaire, on peut déterminer  $a(t)$  par la méthode de corrélation croisée.

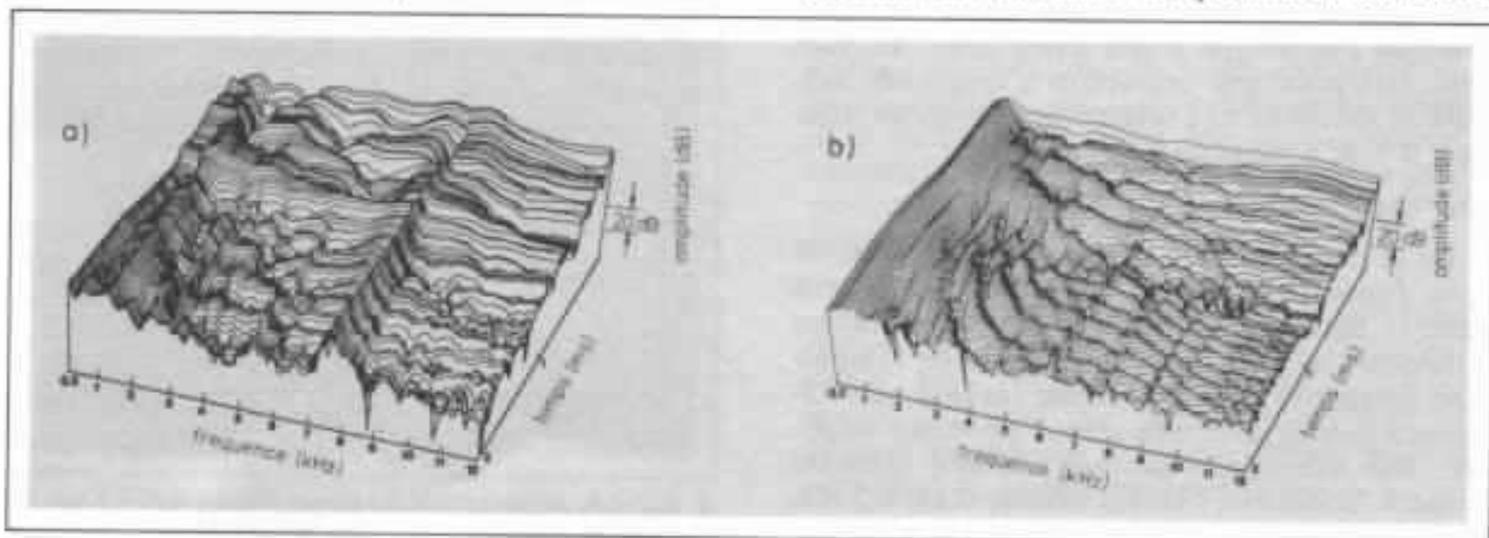
Si on considère un quadripole alimenté par une tension de bruit blanc  $f_1(\tau)$ , à la sortie duquel on a  $f_2(t)$ , la fonction de corrélation croisée  $\varphi(\tau)$  est donnée par l'expression :

$$\varphi(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f_1(t)f_2(t + \tau)dt$$

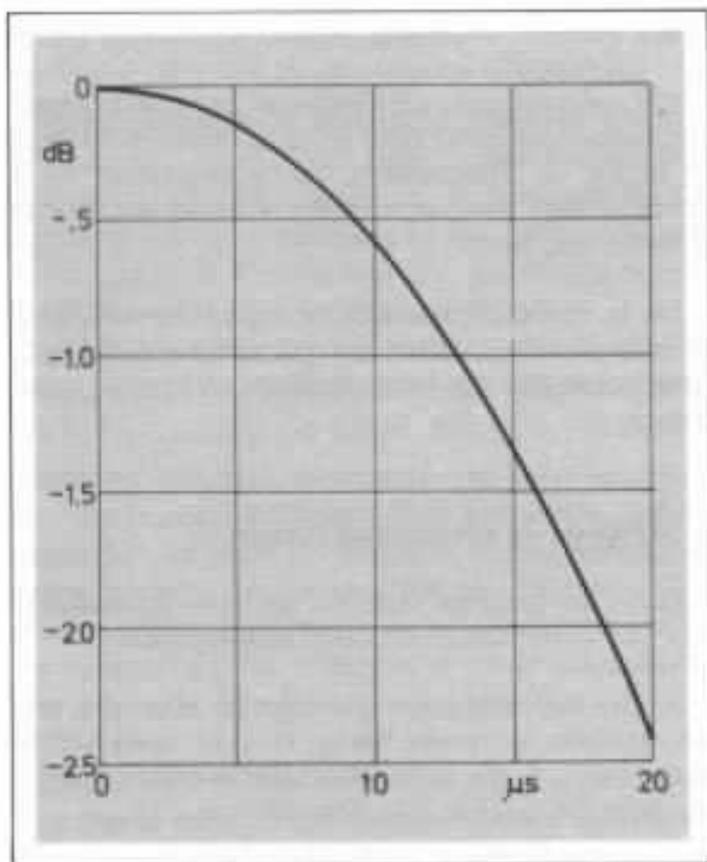
On peut démontrer que la fonction de corrélation croisée est simplement la fonction  $a(t)$  du système : ce moyen de mesure peut présenter des avantages : par exemple il est possible d'en obtenir la fonction impulsionnelle lorsqu'à l'intérieur du quadripole se produit un bruit de fond.

Dans le cas des haut-parleurs, l'application de cette méthode est limitée aux problèmes dans lesquels on considère que le haut-parleur et le milieu ambiant constituent un ensemble indivisible.

On a étudié l'extension de cette méthode aux systèmes non linéaires : les premières recherches



2. Représentation tridimensionnelle du comportement de deux haut-parleurs (d'après Fincham).



3. Différence exprimée en dB par rapport au niveau 0 à 20.000 Hz en fonction de la durée de l'impulsion.

remontent à Middleton, Weinberg et Kraft. A l'aide d'un corrélateur on déduit les fonctions de court-circuit d'un quadripole qui contient des éléments non linéaires : les expressions théoriques sont très compliquées et les résultats expérimentaux obtenus à l'aide d'un bruit blanc filtré, utilisant la transformation de Fourier, mettent en évidence que le spectre à la sortie comprend des composantes de fréquence basse, produites par intermodulation.

#### 4. Causes d'erreur

La théorie de la mesure par impulsion considère celle-ci comme infiniment brève : dans la pratique l'impulsion a une durée finie : on rappelle que pour une impulsion d'amplitude unitaire et de durée  $\tau$ , l'origine des temps se trouvant à  $\tau/2$ , l'intégrale de Fourier est :

$$g(\omega) = \int_{-\tau/2}^{\tau/2} e^{-j\omega t} dt$$

De la représentation en amplitude et phase de cette fonction, qui doit être utilisée seulement dans la partie qui peut être considérée comme constante, on peut déduire la durée de l'impulsion nécessaire pour la réponse jusqu'à une fréquence donnée avec une erreur de valeur imposée. Par exemple, pour une réponse montant jusqu'à 20.000 Hz, l'erreur admise étant 0,5 dB, l'impulsion doit avoir une durée de 10  $\mu$ s. La fig. 3 montre l'erreur en dB à la fréquence de 20.000

Hz, en fonction de la durée de l'impulsion.

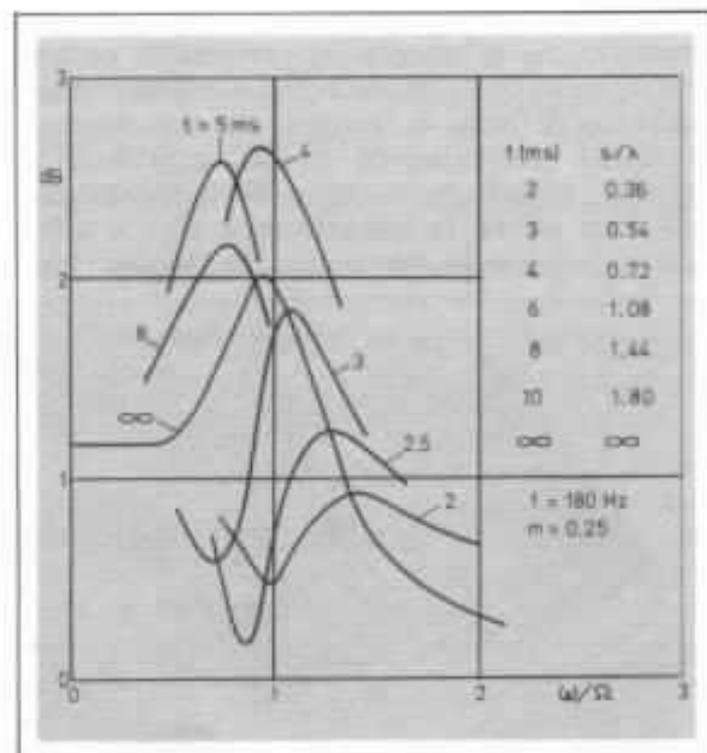
Cela pour ce qui concerne l'altération du signal à appliquer, on rappellera ensuite le comportement du signal de sortie lorsque le signal d'entrée ne constitue pas l'impulsion idéale.

Une deuxième cause d'erreur est due à la limite de temps qu'il faut imposer à la mesure pour éviter l'arrivée au microphone d'ondes réfléchies, en particulier celles provenant de la surface la plus voisine : pour les fréquences les plus basses, en général c'est la paroi la plus proche de la source, pour les fréquences élevées il peut y avoir des effets dus, par exemple, au microphone.

Si on connaît la fonction de transmission, on peut étudier l'influence de la limitation de temps de la fonction  $a(t)$ , calculée d'après  $g(\omega)$ , en supposant  $a(t)$  nulle pour  $t > \tau$ .

On peut avoir un exemple simple en supposant  $a(t) = e^{-mt} \sin \omega t$ , les diagrammes de la fig. 4 montrent les courbes de réponse pour plusieurs durées de l'impulsion, lorsque la fréquence amortie de  $a(t)$  est 180 Hz et  $m = 0,25$ .

Naturellement on peut obtenir des données intéressantes à l'aide de mesures expérimentales analogiques, effectuées soit sur des systèmes électroacoustiques, soit sur des réseaux électriques de simulation.



4. Effet de la limitation du temps d'intégration  $t$  (ou de l'espace  $s$ ) sur la réponse d'un résonateur de fréquence  $f = 180 \text{ Hz}$ , facteur d'amortissement  $m = 0,25$ .

## 5. Application de la méthode impulsionnelle

La méthode impulsionnelle pour mesurer les caractéristiques des haut-parleurs a récemment attiré l'attention des techniciens qui songent à son application dans la pratique des mesures industrielles.

La correspondance des résultats obtenus avec la méthode traditionnelle en chambre réverbérante et avec la méthode impulsionnelle a fait l'objet de vérifications en laboratoire, à tel point que la CEI envisage prochainement de normaliser cette technique.

En ce qui concerne l'application pratique de cette méthode, on utilise en général pour l'excitation des impulsions très courtes qui approchent la fonction de Dirac et qui peuvent être obtenues par synthèse : l'environnement de mesure peut être quelconque, il suffit qu'il ait des dimensions suffisamment grandes et un bruit de fond très bas. Un tel environnement présente un sensible avantage économique par rapport à une chambre anéchoïde : les limites dimensionnelles sont sensiblement les mêmes, puisque si l'on veut étendre la mesure à des fréquences basses (par exemple pour les subwoofers pour systèmes de Haute Fidélité) les salles anéchoïdes, pour la plupart, n'ont pas une absorption suffisamment élevée pour simuler l'espace libre, dans ce domaine de fréquences.

Pour cette méthode de mesure il faut disposer d'un processeur de capacité moyenne. La tendance actuelle est de confier au processeur des mesures itératives et de parvenir en peu de temps à connaître les moyennes, les écarts, etc... Par exemple on utilise des programmes pour la moyenne des mesures de temps de réverbération, pour la détermination du coefficient d'absorption ; ce qui permet de présenter comme résultats une valeur moyenne et l'écart moyen quadratique, ou la dispersion des résultats ; c'est-à-dire une évaluation plus complète de la mesure.

La même technique impulsionnelle a été employée pour les mesures d'isolement acoustique et pour la détermination d'impédances acoustiques. On obtient des résultats intéressants pour la mesure de l'impédance acoustique de l'oreille et de la cavité orale pendant la phonation ; mesures pour lesquelles on exige une très courte durée.

Enfin, l'adoption du processeur permet de simplifier l'appareillage de mesure : une fois les

programmes établis, la mesure se fait très aisément.

La technique impulsionnelle permet de déduire facilement par un processeur l'amplitude et la phase d'une réponse, qui sont tracées sur le même diagramme, avec une échelle linéaire ou logarithmique. On peut déduire également les diagrammes polaires, de façon à obtenir un bilan complet des caractéristiques du haut-parleur.

La méthode impulsionnelle est souvent utilisée en appliquant au haut-parleur des impulsions périodiques, même à fréquence infrasonore : l'intégrale de Fourier devient alors une série de Fourier.

La répétition de l'impulsion, produisant un signal périodique, en permet le traitement par les techniques traditionnelles ; par exemple avec un analyseur par bandes de fréquences, tel que les analyseurs en temps réel ; d'autres analyseurs permettent de choisir plus convenablement la sélectivité qui peut aussi être modifiée au cours de la variation de la fréquence.

Lorsque l'impulsion est très courte, son énergie est très faible : la répétition permet de cumuler les données des impulsions successives et d'en faire la moyenne, de façon à améliorer remarquablement le rapport signal-bruit de fond.

La rapidité de cette méthode de mesure pour relever et tracer la réponse en amplitude et phase est telle, que déjà des industries l'utilisent pour tout appareil fabriqué.

## 6. Evaluation de la qualité d'un transducteur

On connaît encore très peu l'influence du comportement en régime transitoire dans l'évaluation de la qualité d'un haut-parleur. Puisque toute l'information de n'importe quel signal vocal, musical, etc... est évidemment contenue dans ses variations, donc dans les transitoires du transducteur, on a cherché à les mesurer en proposant différentes méthodes, sans aboutir à des résultats quantitatifs satisfaisants.

Quelques considérations peuvent être faites à présent, en tenant compte de la variation de phase, qui, enregistrée directement, porte au moins l'espoir de matérialiser un autre élément, permettant de mieux définir en termes physiques la qualité du transducteur.

Pour ces recherches et ces mesures on peut

également essayer d'employer d'autres types d'impulsions : le traitement analytique devient plus compliqué, mais on peut réussir à mettre en évidence des éléments de différenciation entre haut-parleurs semblables ; on a utilisé des signaux triangulaires, carrés, disinusoidaux, des trains d'ondes, etc...

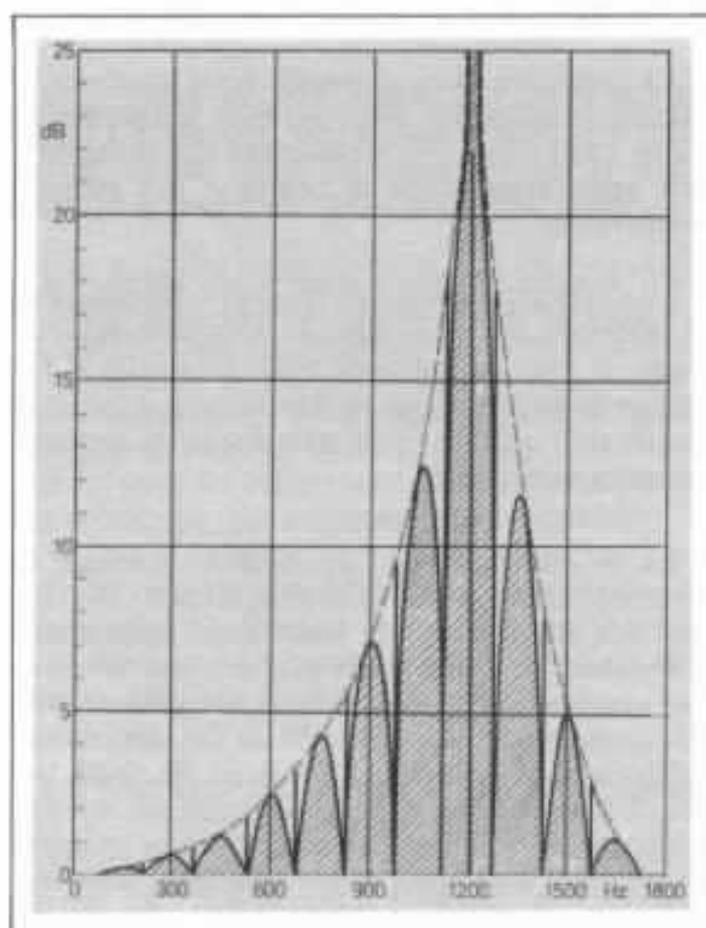
Il pourrait être utile d'examiner le comportement en régime transitoire de signaux élémentaires tirés de la voix ou de la musique : par exemple la transition d'une voyelle à l'autre, d'une plosive à une voyelle, un bref signal de batterie, un vibrato de voix chantée. Ces signaux peuvent produire des aspects particuliers de transitoires, que l'on peut mettre en évidence, par exemple en comparant le spectre de puissance du signal appliqué au haut-parleur au signal microphonique, en recherchant en même temps les composantes produites par la non-linéarité d'amplitude.

Pour certaines expériences on a utilisé un signal souvent employé et facile à produire : un train d'ondes de fréquence  $f$  et de durée  $n/f$  ( $n$  nombre entier).

Comme pour toute technique impulsionnelle, la mesure peut se faire en appliquant au haut-parleur un train d'ondes ou une série périodique de trains, suffisamment éloignés l'un de l'autre pour que le signal transitoire s'éteigne dans l'intervalle de signal nul. Les paramètres à choisir pour ce signal sont : fréquence, amplitude, durée. Généralement on utilise un train de durée multiple paire de la période du signal sinusoidal, avec phase nulle aux deux extrémités du train.

Comme pour l'impulsion élémentaire on a recours à la technique des signaux périodiquement itératifs. On obtient des résultats particulièrement simples lorsque l'on emploie des trains pour lesquels l'intervalle de signal nul a la même durée que la partie de signal sinusoidal : la fig. 5 montre l'enveloppe d'un train simple (calculé avec l'intégrale de Fourier) et d'un train périodique comparés : ce dernier n'a que les composantes impaires de la fréquence de répétition, plus une à la fréquence du signal sinusoidal, multiple paire de cette fondamentale (ordre de l'harmonique, le nombre de périodes du train d'ondes).

Dans les transitoires des circuits linéaires, pour une tension appliquée de fréquence proche de celle d'une résonance on trouve à la sortie des composantes à la fréquence de résonance. Pour certaines modalités de variation de l'amplitude, en régime non linéaire, apparaissent entre autres-



5. Spectre continu d'un train d'onde de 8 sinusoides à 1200 Hz, calculé d'après l'intégrale de Fourier, et spectre à raie du même train d'onde répétitif (intervalle nul de durée égale à celle du train).

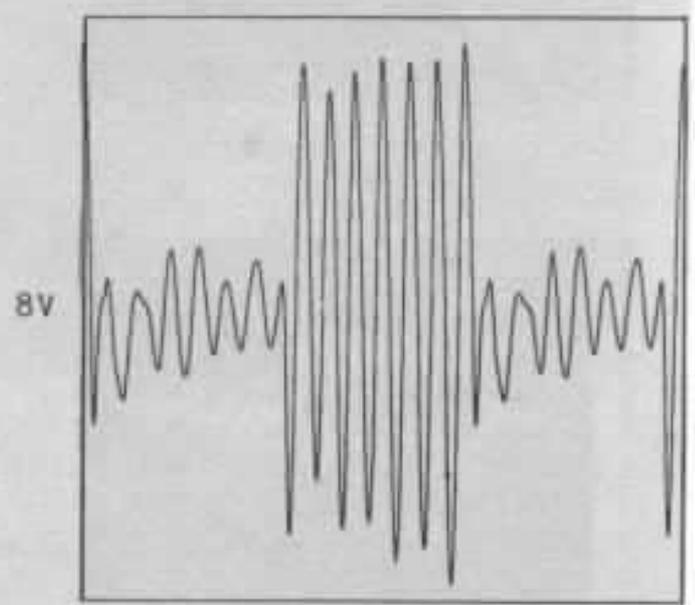
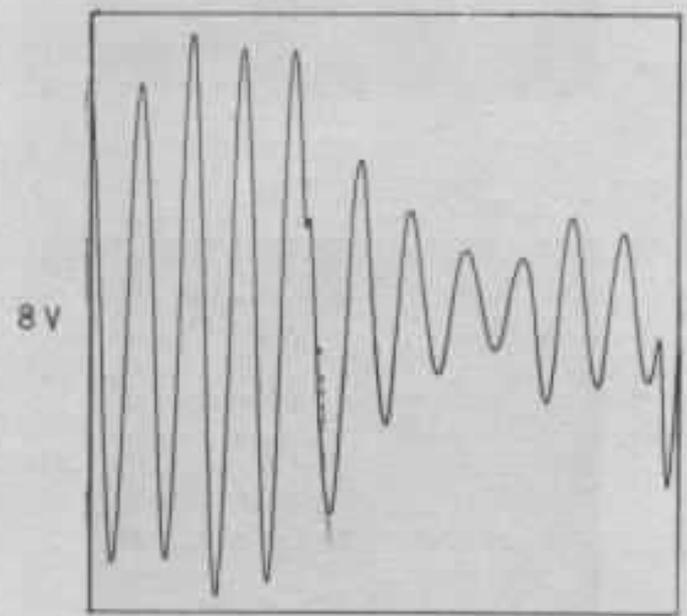
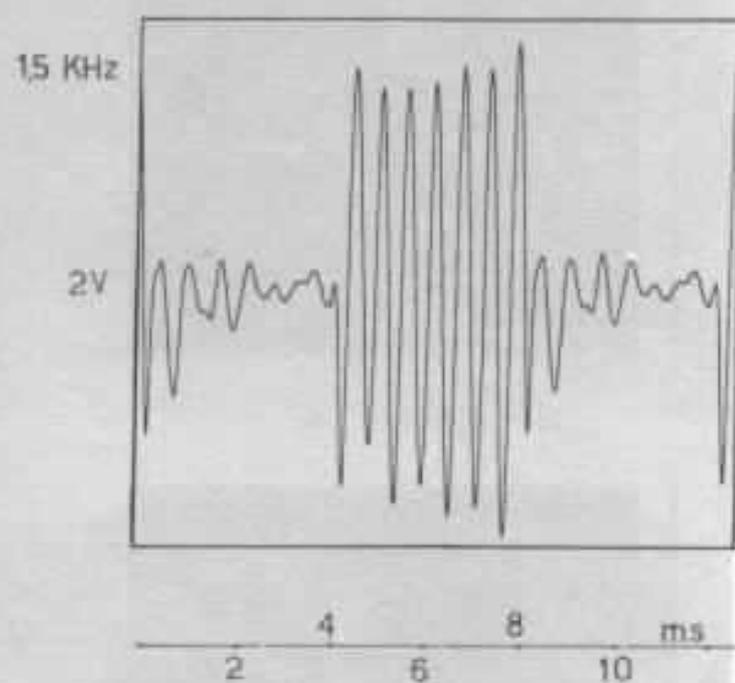
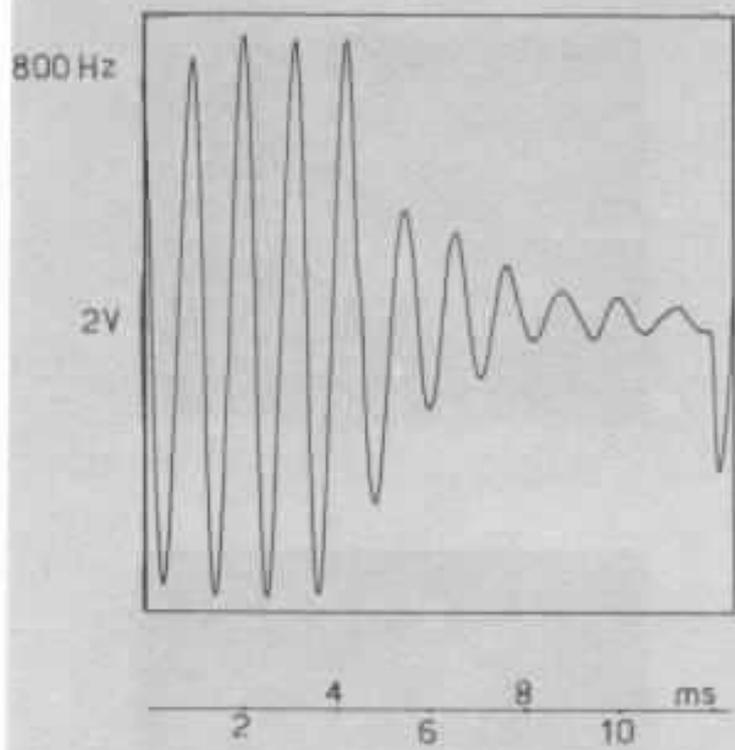
des composantes d'intermodulation de fréquence basse. Dans la complexité du signal sonore, par suite d'un effet combiné du transitoire et de la distorsion de non-linéarité, il se produit un certain nombre de composantes d'intermodulation, de niveau relativement bas, mais qui peuvent être considérées comme un bruit masquant la clarté du son, qui paraît être une des qualités fondamentales que l'on apprécie à l'écoute (fig. 6).

Pour mieux mettre en évidence certains effets, on peut adopter la technique qui consiste à éliminer le signal à l'arrivée pour la durée du train, afin d'analyser le transitoire isolé. La technique analogique-numérique peut faciliter ces conceptions.

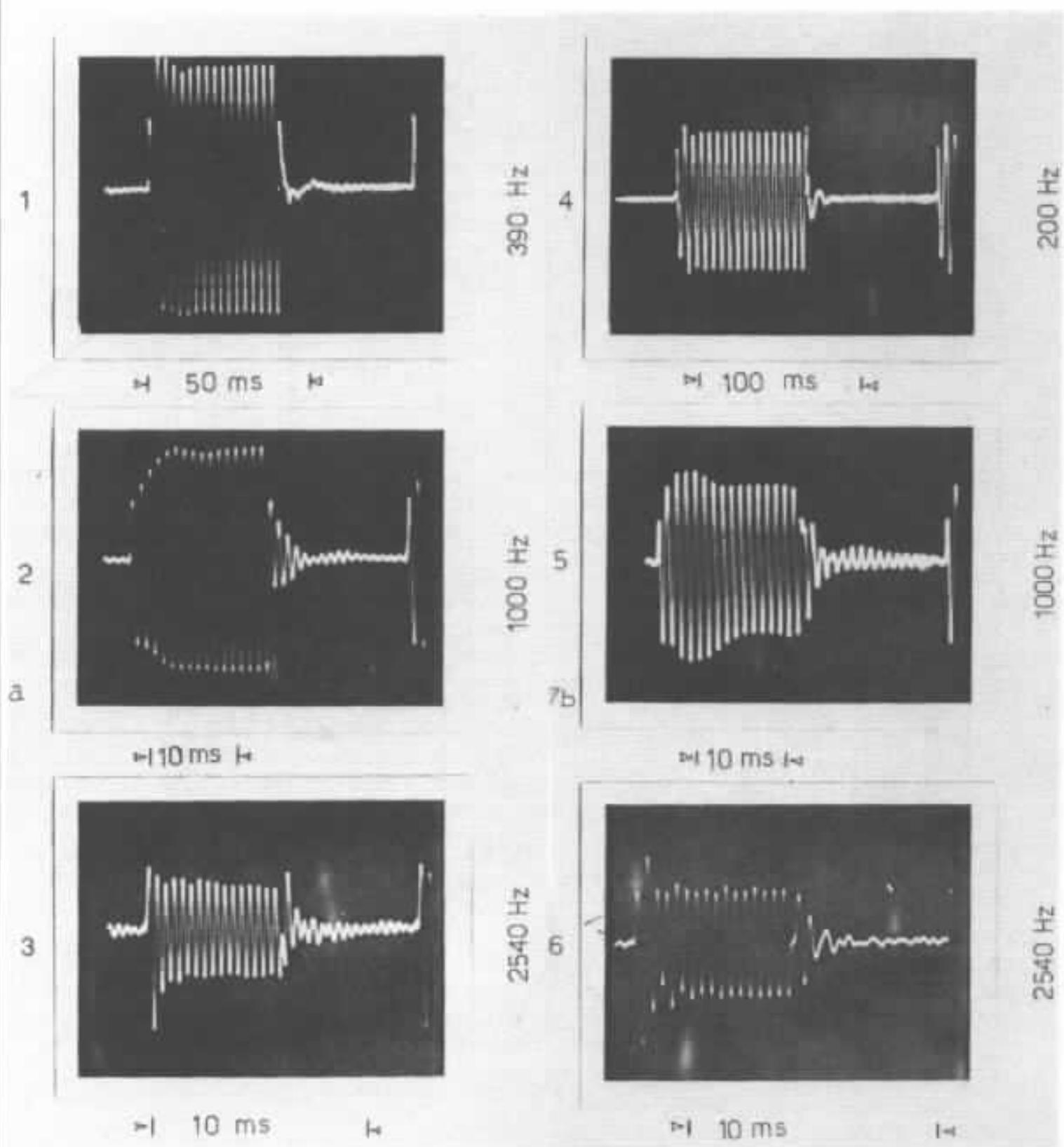
L'examen usuel qualitatif consiste à photographier le phénomène à l'oscilloscope : il y a eu plusieurs tentatives pour tirer de ces images des données quantitatives, entre autres celles de Corrigton et de Shorter.

Il est connu que ce phénomène a un aspect bien différent en fonction de la fréquence (voire la réponse) : la figure 7 montre quelques oscillogrammes, qui reflètent ce comportement.

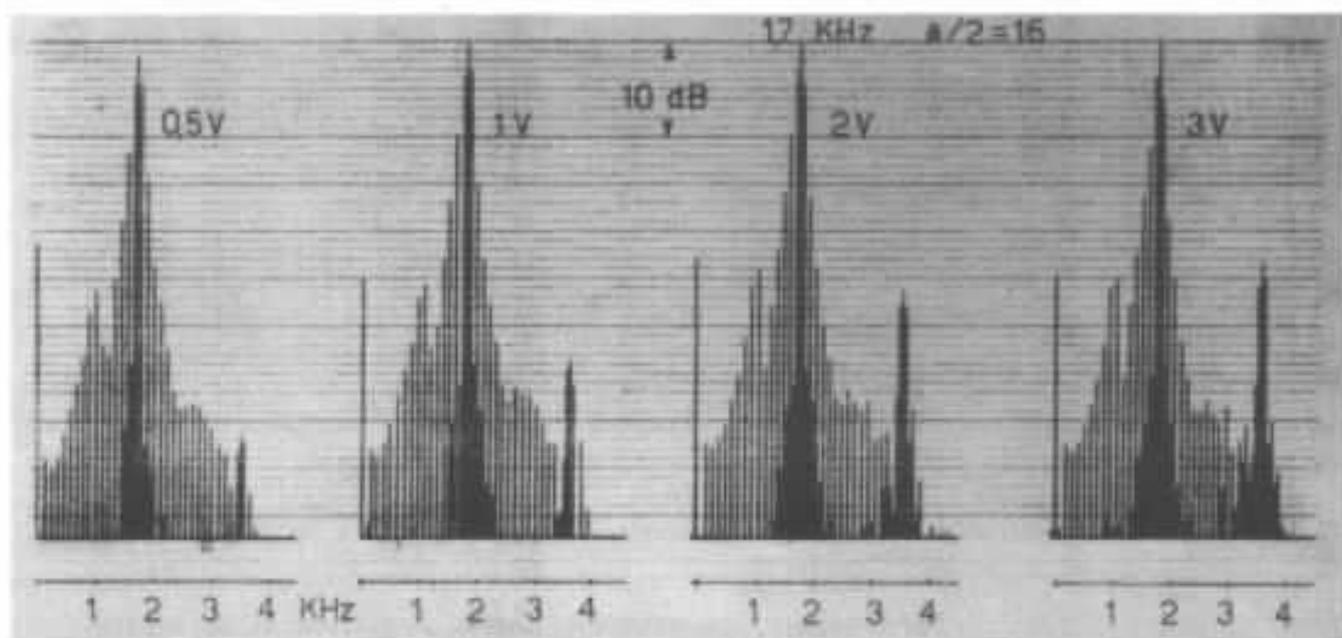
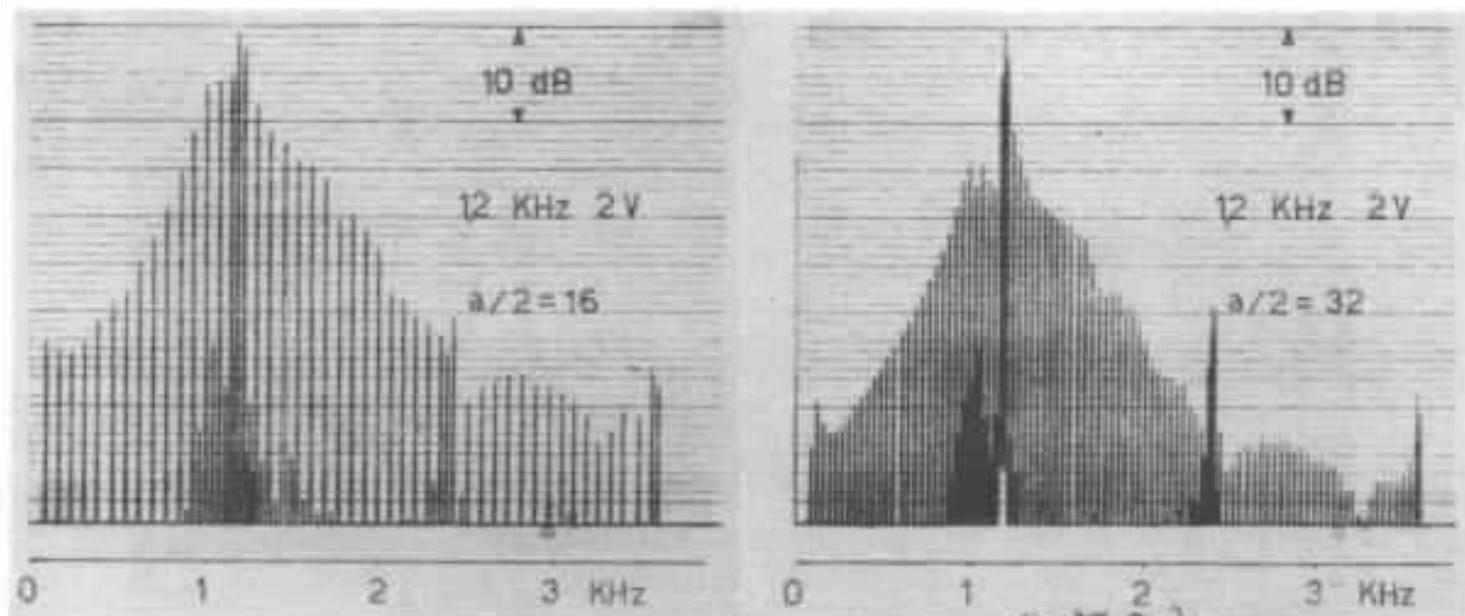
Pour étudier les caractéristiques de ce type de



6. Oscillogrammes du transitoire pour alimentation avec train d'onde à deux fréquences et deux valeurs de tension appliquée.



7. Oscillogramme du transitoire de deux haut-parleurs à différentes fréquences.



8. Spectre à raie de trains d'onde à la sortie d'un haut-parleur de faible distorsion :

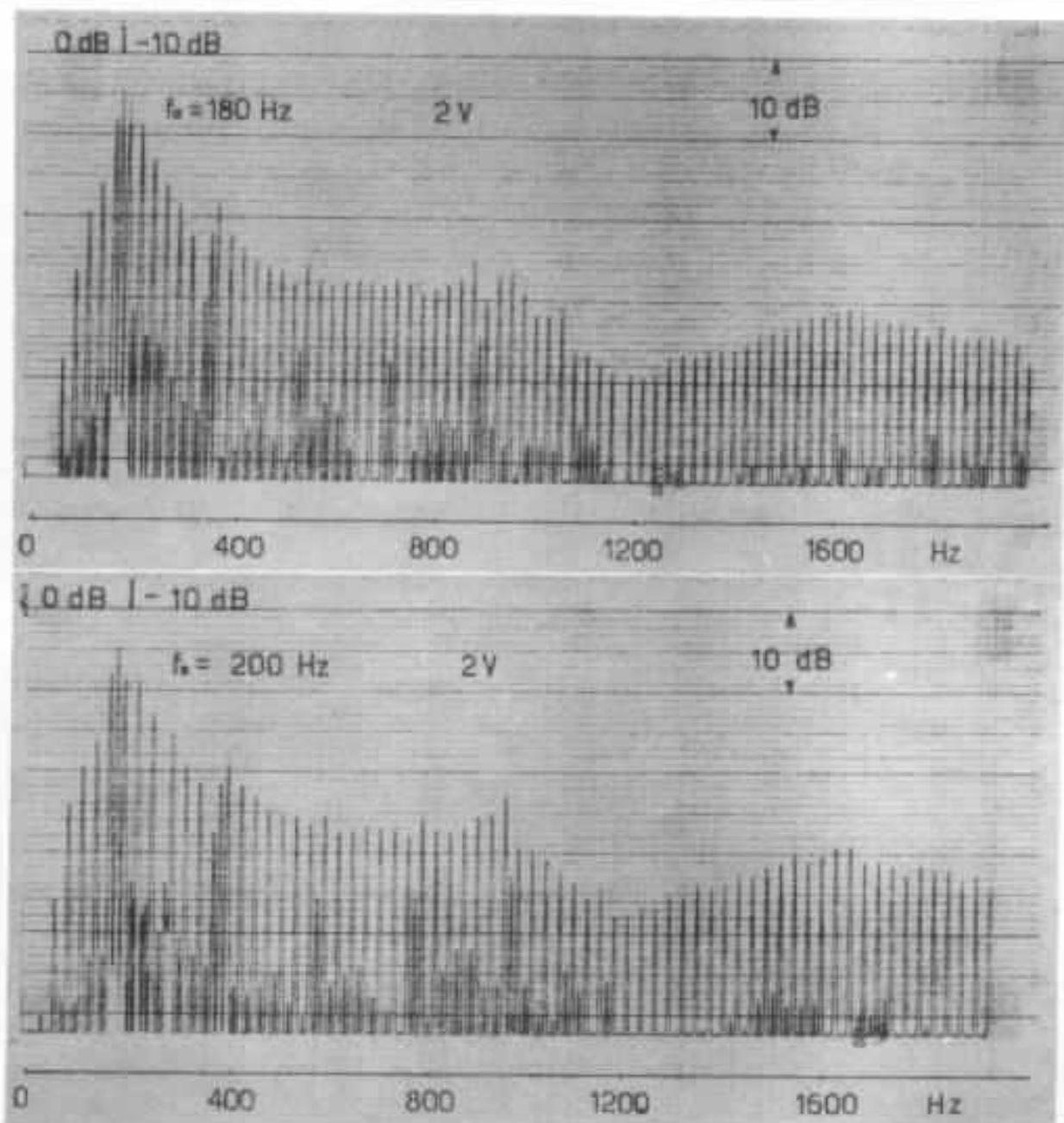
- a) pour différentes durées de train d'onde appliqué ;
- b) pour différentes valeurs de la tension de pic ;

signal appliqué au cas de haut-parleurs de qualité moyenne, on a déduit le spectre avec des analyseurs analogiques (Général Radio, sélectivité 3 Hz), ou numérique (Ubiquitus).

Un paramètre important dans l'évaluation d'un haut-parleur est la distorsion de non-linéarité, on a cherché à mettre en évidence cet aspect qui dans ces analyses se manifeste par des

composantes multiples paires (que le spectre du signal appliqué ne comporte pas) et par l'altération de l'amplitude de quelques composantes de fréquence impaire. La fig. 8 donne quelques résultats de ces analyses.

Il s'agit d'un essai pour offrir un cadre qui puisse synthétiser les propriétés du haut-parleur dans une certaine bande de fréquences : il faut



*c) et d) à deux fréquences bien proches.*

choisir la sélectivité d'analyse, qui doit suffire pour distinguer les composantes du signal d'entrée et celles produites par l'intermodulation, qui apparaissent entre les raies qu'on aurait en absence de distorsion, c'est-à-dire pour une tension appliquée suffisamment basse.

## 7. Conclusion

Pour l'évaluation de l'importance du signal transitoire à l'écoute, il faut tenir compte de ce qu'en général, il a une durée maximale de quelques dizaines de millisecondes, et l'écoute se fait dans des environnements qui ont un temps de réverbération de 500 ms au moins, qui s'ajoute et masque le transitoire du haut-parleur. Les fré-

quences propres de l'environnement dans le domaine des fréquences audibles sont très proches les unes des autres, et la réponse se produit par conséquent, en pratique, à la fréquence d'excitation, en ce qui concerne l'environnement ; tandis que pour le haut-parleur il peut se produire également des composantes remarquablement différentes en fréquence.

Dans l'évaluation rentre également le comportement transitoire de l'oreille qui permet de distinguer certains transitoires des haut-parleurs. De plus, il ne faut pas oublier que l'on a recherché dans ce travail des mesures physiques, tandis que l'écoute intelligente permet de négliger ou de recueillir certains effets, laissant au sujet un jugement qu'on voudrait bien corrélérer avec des données objectives.

# Rubrique composants

*Gérard Chrétien, Jean Hiraga*

## **Préamplificateurs Kanéda améliorations et réglages**

Pour limiter les dérives et les fluctuations de l'étage différentiel d'entrée du préamplificateur Kanéda, nous vous indiquons ici quelques petites astuces. Dans le cas de la carte A, avec une paire de 2 SK 30AGR, la modification ne pose aucun problème. Le drain et la source de ces transistors étant de construction 100% symétrique, il est possible d'intervertir ceux-ci sans inconvénient. On peut donc coller ensemble les deux parties plates des transistors (colle epoxy ou cyanolite) et réduire ainsi les dérives thermiques.

Pour la carte C + B, l'opération est un peu plus difficile. Tout d'abord, il convient de coller ensemble les deux parties plates des 2 SK 43-2 et ensuite de les plier comme indiqué sur le schéma. Pour éviter tous risques de contact entre le drain et la gate, il est sage d'utiliser une gaine isolante sur au moins, une des pattes du transistor.

La dérive thermique est fortement diminuée par le fait de coller ensemble les deux transistors

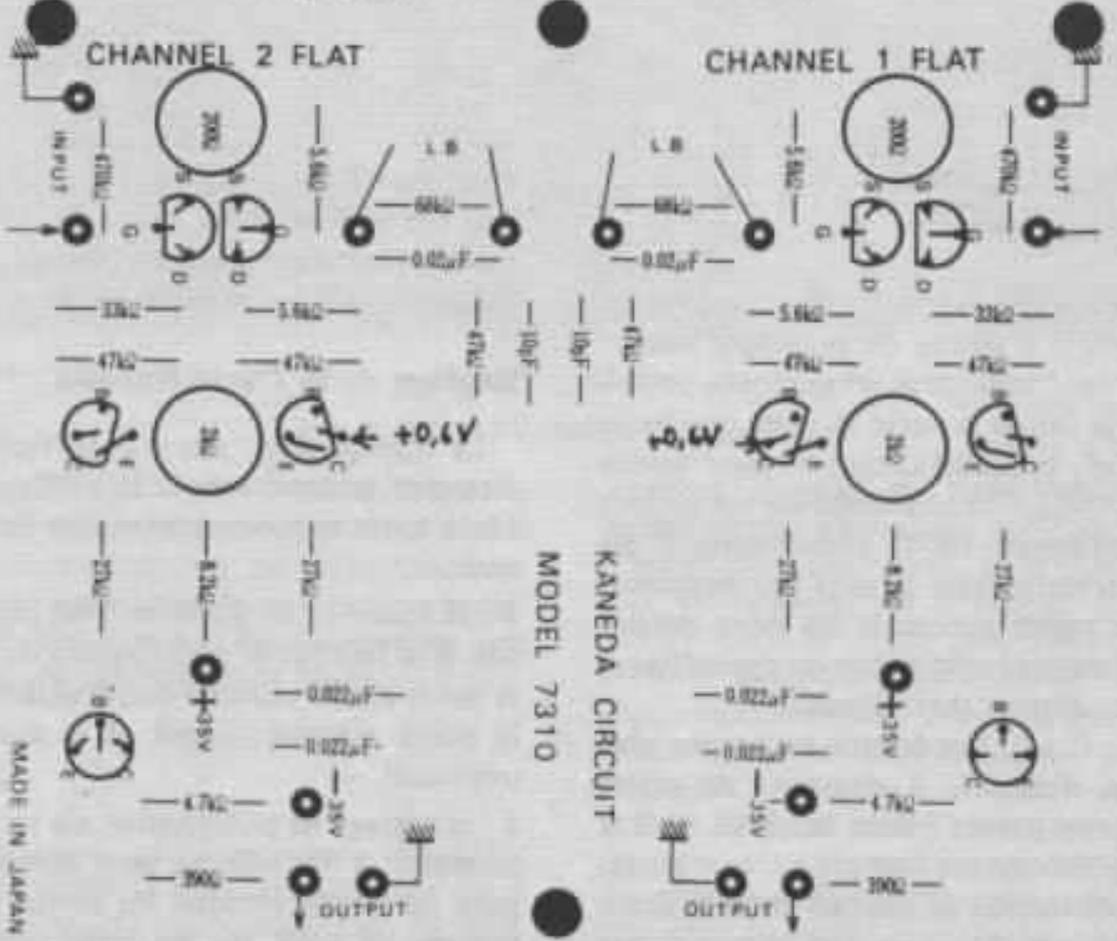
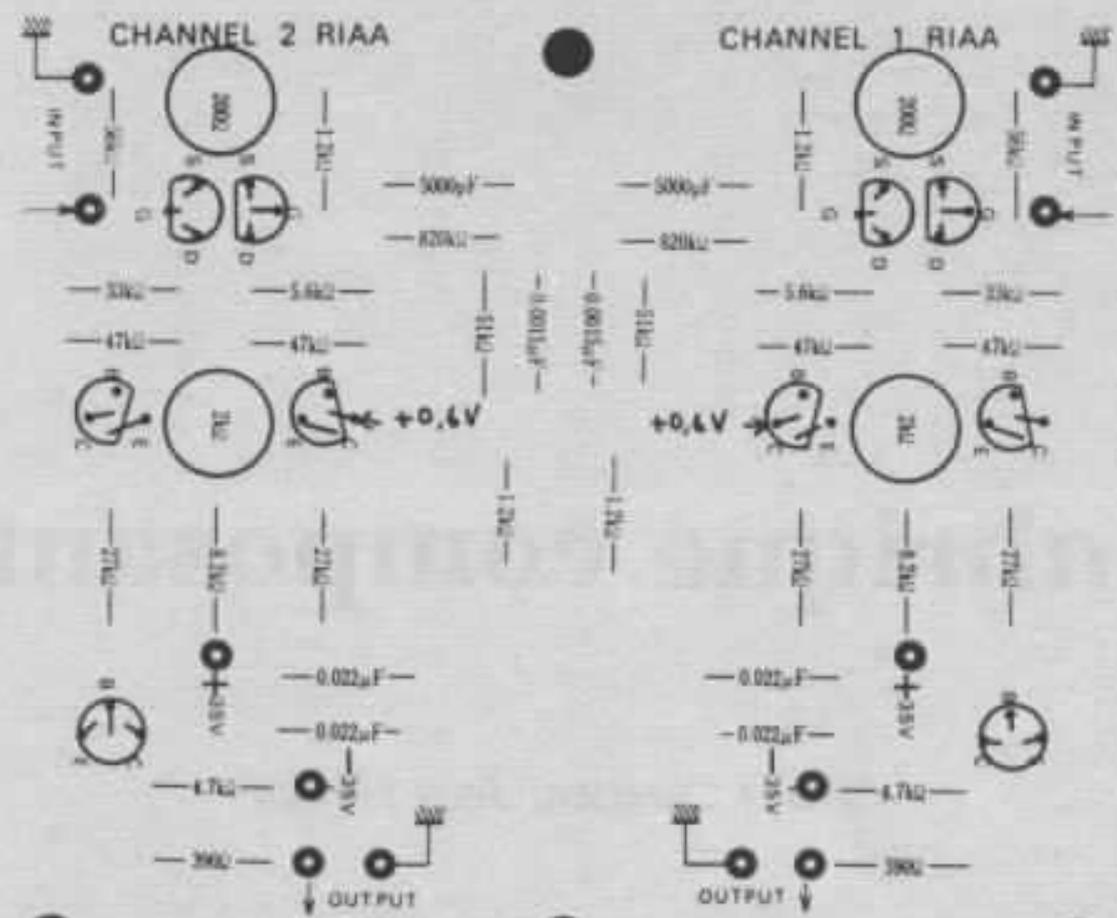
d'entrée. On peut encore la réduire, soit en collant sur le dessus des paires FET une plaque de cuivre, (8x4x2mm) soit en plaçant sur ceux-ci un radiateur comme indiqué sur le schéma.

## **Réglage de la Carte Kanéda**

Le réglage n'est pas très difficile à condition d'opérer comme suit : il s'effectuera environ 15mn après la mise sous tension du préamplificateur.

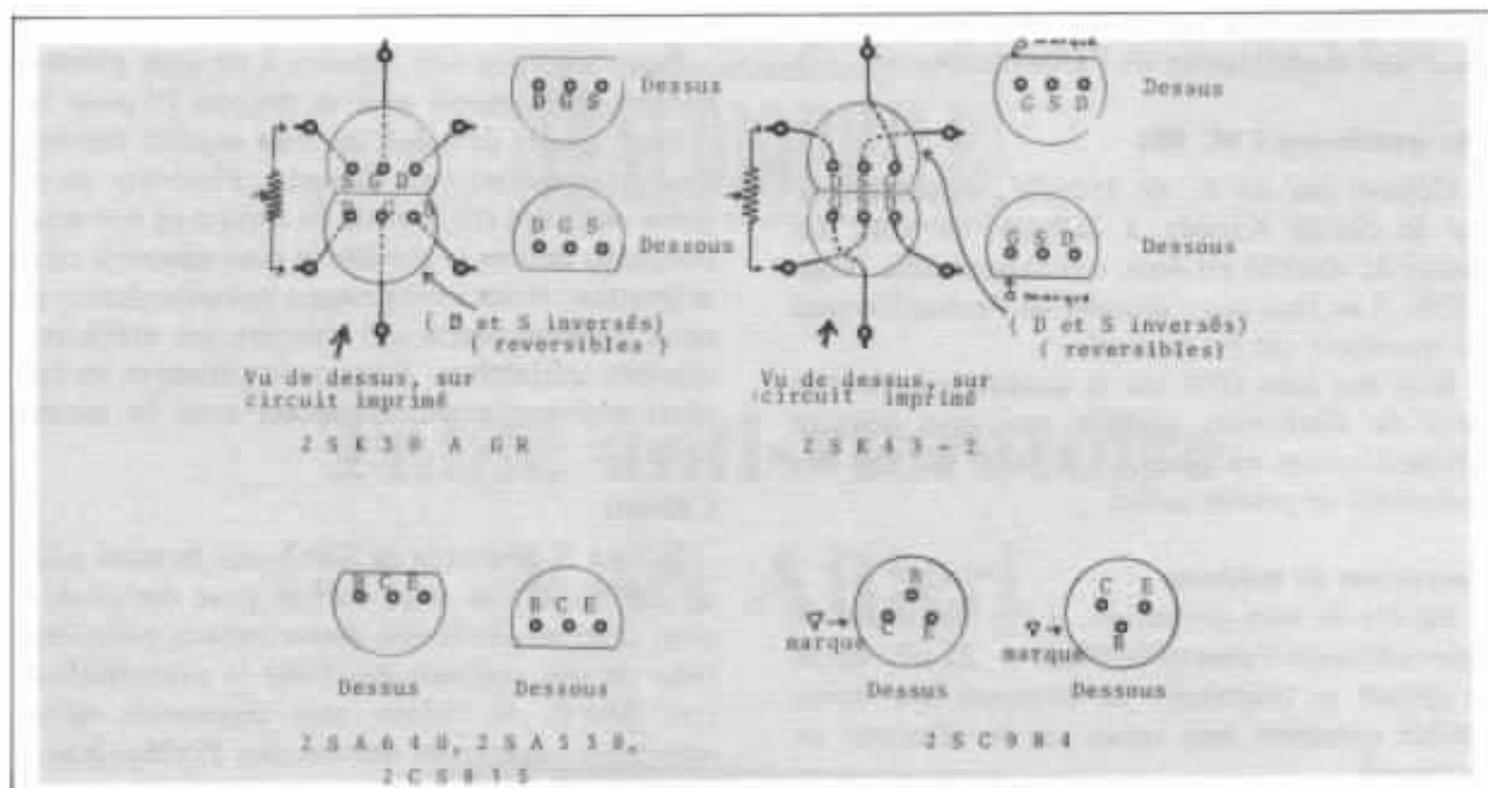
1 - le trimmer de 200 $\Omega$  ou 50 $\Omega$  (suivant modèle) agit à la fois sur la polarisation du second étage, et sur le résidu continu mesurable en sortie (entre le point marqué output et la masse du circuit imprimé).

2 - le réglage de polarisation du second étage différentiel, 2 SA 640, ne peut être ajusté s'il subsiste un résidu continu en sortie. En effet, une tension de 0,6V sur les collecteurs de la paire 2 SA 640, implique une tension nulle sur l'émetteur de 2 SC 984, 0,6V étant la tension correspondant à la jonction base émetteur.



KANEDA CIRCUIT  
MODEL 7310

MADE IN JAPAN



*Modification et brochage des divers transistors.*

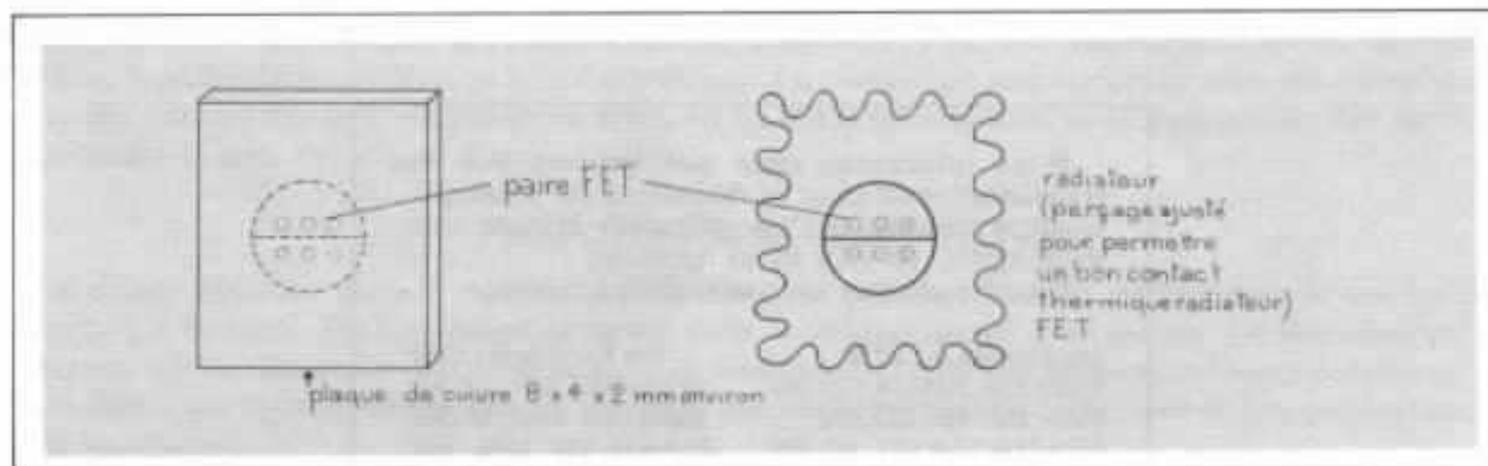
3 - une légère interaction entre les deux trimmers. Aussi les opérations nécessitent plusieurs retouches successives. Il convient cependant de toujours commencer par le réglage du trimmer de 200Ω ou 50Ω.

4 - le réglage du trimmer de 200Ω (ou 50Ω) est délicat en particulier pour les étages RIAA. Mesurez à l'aide d'un voltmètre sur l'échelle 5 ou 10V, la dérive en continu à la sortie et tournez très lentement le trimmer de 200Ω (ou 50Ω) de sorte à annuler la composante continue à la sortie. Ne réglez le trimmer de 2KΩ (+0,6V sur le collecteur des 2 SA 640) qu'après avoir terminé le réglage du trimmer de 200Ω (ou 50Ω), recommen-

cez ce réglage 2 ou 3 fois jusqu'à l'obtention de 0V ( $\pm 150$  mV max.) en sortie et +0,6V ( $\pm 0,1$ V) sur les collecteurs des 2 SA 640.

Lors du réglage du 0,6V, il peut arriver que le curseur du trimmer arrive en butée. Dans ce cas, il est nécessaire de remplacer la résistance de 8,2kΩ par une autre valeur, par exemple 7,5kΩ ou 9,1kΩ (suivant que le trimmer est en butée sur 0Ω ou 2kΩ).

**Nota :** La dérive en continu jusqu'à  $\pm 1,5$ V n'a pas d'effet sur la qualité sonore. Pour l'étage RIAA, la dérive acceptable est d'environ  $\pm 150$ mV et pour l'étage linéaire  $\pm 50$ mV.



*Exemple de radiateurs adaptables aux paires différentielles d'entrée.*

Ce réglage est à refaire lors du remplacement ou d'une modification de l'alimentation.

### Les transistors 2 SC 984

Ceux-ci ont un  $P_C$  de 350mW, ils travaillent sur le circuit Kanéda à 260mW environ. La marge de sécurité est donc très raisonnable. Toutefois, il ne faut pas s'étonner de l'échauffement du transistor qui est normal.

Bien que sans effet sur la qualité sonore et le taux de distorsion audible, on peut réduire l'échauffement en plaçant sur les 2 SC 984 des radiateurs de petites tailles.

### Correcteur de loudness

En cas de non utilisation, il est nécessaire de court-circuiter l'ensemble  $68k\Omega + 22 nF$ , sinon le circuit se trouverait en position low boost 200Hz (position non reliée sur le sélecteur de loudness).

### Self de très haute qualité

Une adresse qui intéressera sûrement certains de nos lecteurs à la recherche de selfs de très haute qualité. La société Manudax France distribue des selfs de la firme Intertechnik. A titre indicatif, voici les selfs actuellement disponibles :

2 types 16 mH -  $0,4\Omega$  - 50 A.

2 types 7 mH -  $0,3\Omega$  - 50 A.

2 types 5 mH -  $0,25\Omega$  - 50 A.

2 types 3 mH -  $0,20\Omega$  - 50 A.

Le diamètre est d'environ 3,2mm et 3,7mm pour les plus grosses. Le prix s'échelonne de 130F à 600F.

**Manudax-France**

**M. lazerges**

**17, rue de la Reine Blanche 75013 Paris**

**Tél. 336.49.00 +**

### Condensateurs Pi

Nous invitons nos lecteurs à ne plus prendre contact directement avec la maison Pi pour les condensateurs de  $0,4\mu F$  au mica argenté destinés aux préamplificateurs Kanéda. Plusieurs spécimens nous ont été fournis de sorte à ce que nous puissions définir le modèle le plus adapté à cette utilisation. Nous avons retenu une association de deux condensateurs qui procure les meilleures qualités subjectives. Pour se la procurer les lecteurs peuvent prendre contact avec la société Lectron.

### Châssis

Suite à la demande de nombreux lecteurs pour qui la réalisation d'un coffret pose des problèmes, nous avons étudié divers châssis pour chacune de nos réalisations. Pour le préamplificateur SRPP, le châssis sera disponible début novembre, avec pour dimensions 39x26x12cm.

Pour le préamplificateur Kanéda, nous avons opté pour la solution de 2 coffrets, l'un pour le circuit, l'autre pour l'alimentation de dimensions 32x20x9cm, ce châssis sera disponible courant novembre. Tous les coffrets seront livrés, percés et sérigraphiés. En outre, ils ne seront pas vendus séparément afin d'éviter toute contrefaçon.

### Délais de livraison :

La société Lectron s'excuse du retard pris dans la livraison de certains composants, tels le préamplificateur Kanéda et l'amplificateur Hiraga. Les difficultés d'obtention de semi-conducteurs spéciaux et les délais d'importation en sont responsables.

A partir de début novembre, il ne devrait plus avoir aucun problème d'attente si toutefois la demande n'est pas trop grande...

Nous informons aussi nos lecteurs que les transistors seuls pour la réalisation du préamplificateur Kanéda et l'amplificateur Hiraga sont disponibles. Ils sont livrés appairés.

Prendre contact avec la société Lectron.

Jeu kanéda A : 253F

Paire 2SK 30AGR : 29,50F

Paire 2SC 984 : 22,50F

2SD 188/2SA 627 : 82,50F

2SA 872/2SC 1775 : 22,50F

Jeu Kanéda B : 359F

Paire 2SA 640 : 22,50F

Paire 2SK 43-2 : 82,50F

2SA 634/2SC 1096 : 60F

RD 13A : 8,50F