

N° 17 NOUVELLE SÉRIE 15^e ANNÉE

L'AUDIOPHILE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS!

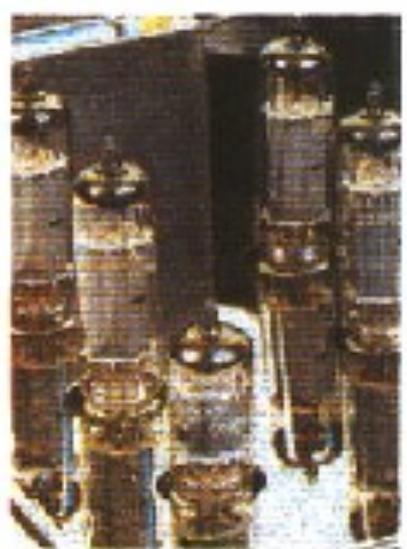


LES MUSES D'OR

à l'ensemble
lecteur CD + convertisseur
Technics SH-X1000/SL-Z1000



PANORAMA



11
AMPLIS
A
TUBES

• *QUOI DE NEUF ?*
**UN NOUVEAU FORMAT
EN AUDIONUMÉRIQUE**

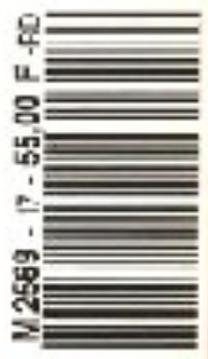
• *THEORIE*
**LES FRUITS
DE MA PASSION**

• *REALISATION*
LE BAFFLE-PLAN

• *NAGUERE*
MARANTZ MODEL 9

CLASSIQUE
pour une
discographie Mozart
1^{re} partie

JAZZ
un grand duc et
quelques oiseaux



**Page non
disponible**

Quoi de neuf?

UN NOUVEAU FORMAT EN AUDIONUMÉRIQUE : LE MINI-DISQUE

Jean Hiraga

L

Le 15 mai dernier, le département des recherches de Sony a annoncé qu'il venait de terminer la mise au point d'un nouveau format audionumérique. Comme on le sait, la guerre des nouveaux formats s'articule autour de plusieurs objectifs : miniaturisation, performances égales ou supérieures à celles du Compact Disc, recherche d'une grande fiabilité, d'un coût de revient peu élevé, possibilité éventuelle de certaines formes de compatibilité avec d'autres formats existants et surtout possibilité d'enregistrer et d'effacer (si possible) le support. On retombe du même coup dans la polémique du disque et de la bande magnétique, dans les discussions liées au temps d'accès, au risque d'effacement accidentel ou à l'usure.

Le format DAT a été la première réponse à ces exigences. Plus récemment, il a été question du format Philips DCC sur lequel nous reviendrons certainement ainsi que du disque CD-R, alias CD-WO enregistrable une seule fois.

La dernière idée nous provient de Sony. C'est le Mini-disque.

Ce Mini-disque, de diamètre 64 mm seulement, pourrait (en version pré-enregistrée) être fabriqué sans difficulté dans les usines de production de compact-disques existantes, ce qui présente beaucoup d'intérêt. Dans l'attente du lancement par Sony, fin 1992, de plusieurs

appareils au format "Mini-disque", Sony est en pourparlers avec différentes firmes, ce dans l'espoir de faire du Mini-disque un format universel.

Caractéristiques principales du Mini-disque

- 2 canaux stéréo
- Fréquence d'échantillonnage : 44,1 kHz.
- Modulation Eight to Fourteen (EFM).
- Correction d'erreurs Cross Interleave Reed-Solomon Code (CIRC).
- Codage : Adaptive Trans-

form Acoustic Coding (ATRAC).

— Dynamique : 105 dB.

— Bande passante : 5 Hz-20 kHz.

— Temps d'enregistrement/lecture : 74 mn max.

— Diamètre du disque : 64 mm.

— Diamètre du boîtier : 68 × 72 × 5 mm.

— Pleurage et scintillement : non mesurable.

On obtient, en d'autres termes, des performances similaires à celles du format Compact Disc, mais à partir d'un système de codage différent de type ATRAC.

Pourquoi un nouveau format ?

Le choix, puis la vulgarisation d'un nouveau format est lié non seulement à des questions d'ordre pratique, aux futures exigences du marché, mais aussi à des facteurs d'ordre économique, politique ou commercial. Des formats comme le film 35 mm, la cassette audio, la prise jack 6,35 mm, la cassette vidéo VHS ont réussi à s'imposer pendant de longues années sur le marché mondial. D'autres formats parfois très proches se sont multipliés inutilement sans parvenir à s'imposer avec, pour exemple, les dizaines de batteries rechargeables non compatibles pour caméscopes ou la bonne centaine de piles au mercure.

La lancée en 1963 de la cassette compacte Philips fut à l'origine de nouvelles générations d'appareils portables parmi lesquelles figurent les baladeurs. Chaque année, près de 150 millions de cassettes et plus de 63 millions de baladeurs sont vendus dans le monde. La naissance, puis la vulgarisation rapide du compact-disque permit aux utilisateurs d'apprécier tous les avantages de la rapidité d'accès aux plages, d'absence

d'usure et de bruit de fond.

En cherchant à associer ces différentes possibilités sur les appareils portables, le choix peut s'orienter :

— vers le Compact Disc (réalisable mais assez encombrant) ;

— vers le format DAT (parfaitement adapté, mais avec un temps d'accès aux plages un peu plus long, un risque possible d'usure de la bande ou d'encrassement de la tête à long terme et un prix de revient assez élevé ;

— vers le Compact Disc R ou WO, enregistrable une seule fois, peu pratique mais compatible avec le CD en lecture et encore impossible à réaliser à bas prix dans le format baladeur ;

— vers la cassette DCC Philips, très prometteuse, économique, de performances proches de celles du Compact Disc, compatible en lecture avec la cassette standard, mais avec un temps d'accès aux plages un peu plus long qu'avec le Compact Disc.

Comme on le voit, aucune de ces quatre possibilités ne peut être considérée comme représentative du meilleur compromis qui devrait être en quelque sorte le DCC (taille, compatibilité partielle, coût de revient intéressant, performances équivalentes à celles du Compact Disc, enregistrement et effacement à volonté) alliées à celles du Compact Disc (lecture optique, donc sans risque d'usure et temps d'accès aux plages très court).

L'arrivée d'un nouveau format audionumérique pourrait paraître superflue car, expérience à l'appui, celui-ci ne parvient pratiquement jamais à supplanter un autre format en cours de vulgarisation. Or, le point fort du format DAT est justement d'avoir été accepté comme standard par plus de 70 firmes dans le monde, ce qui n'est pas encore, du moins actuellement, ni le cas du DCC ni celui du Mini-disque qui sont tous deux des propositions très récentes.

Comparé à la cassette DCC, le

Mini-disque offre les mêmes capacités d'enregistrement sous un encombrement inférieur : 54 cm³ environ pour la cassette DCC contre 24,48 m³ environ pour le Mini-disque présenté dans sa cassette de protection mesurant 72 mm (largeur) par 68 mm (profondeur). La cassette protège efficacement le disque contre les rayures, les poussières, les traces de doigts et les rayons ultra-violet et facilite une manipulation rapide, le tout dans un format qui rappelle, sous une taille légèrement inférieure, celui d'une disquette 3 pouces 1/2. De même coup, ce format ne pose plus aucun problème d'utilisation en voiture, ce d'autant plus que Sony y ajoute un autre projet particulièrement utile : un système de « mémoire anti-chocs ».

Mémoire anti-chocs

Le système de mémoire anti-chocs n'est pas vraiment nouveau, ni sur les lecteurs CD, ni sur la plupart des lecteurs CD portables. Dans la plupart des cas, il est fait usage d'un système de mise en mémoire de la position de la tête de lecture. En cas de choc, le décrochement de la lecture est suivi d'un repositionnement automatique à l'endroit où s'est produit le décrochement. Il reste toutefois audible (interruption plus ou moins brève du signal audio, bruits parasites). Sur le Mini-disque, le même principe a été retenu, mais en plus sophistiqué : une mémoire de capacité 1 Mbit stocke en permanence, avec 3 secondes d'avance sur le signal de sortie, le signal lu. L'intervalle de 3 secondes de signal stocké dans une mémoire régénérée en permanence permet, lorsqu'un choc se produit, d'obtenir une quasi-continuité du signal de sortie, ce laps de temps étant suffisant pour que la tête de lecture puisse retrouver sa position exacte dans la piste gravée.

Système de compression des données numériques ATRAC

Pour obtenir 74 minutes de musique enregistrée en stéréophonie 2 pistes sur le Mini-disque de diamètre 64 mm seulement, Sony a dû faire appel à un système permettant de compresser 5 fois les données numériques. Dans sa version préenregistrée, le Mini-disque peut être gravé de la même manière qu'un compact-disque courant. Le Mini-disque en version enregistrable-effaçable à volonté fait par contre appel à une autre technologie, magnéto-optique cette fois. Précisons que dans les deux cas, le signal numérique compressé passe en codage 4 bits, ce qui explique la possibilité de miniaturisation du disque sans avoir à passer à un pas de sillon beaucoup plus étroit ou à des dimensions d'alvéoles codées beaucoup plus réduites.

Le système de compression des données ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding) mérite d'être vu un peu plus en détail. Dans les formats CD ou DAT, le signal analogique est découpé dans l'axe du temps à la fréquence de 44,1 kHz, ce qui correspond à des tranches de 0,0226 millisecondes, chacune de ces tranches étant elle-même codée en 16 bits pour former 65 536 niveaux. Sur le CD comme sur le DAT, la transformation analogique/numérique du signal s'effectue sous ces conditions, 16 bits/0,0226 ms, sans que le niveau sonore, la présence ou l'absence de celui-ci n'intervienne, vu qu'il s'agit d'un codage numérique en temps réel.

Sur le système de compression des données numériques ATRAC, le signal audio numérisé est compressé par tranches de 20 millisecondes maximum. Chacune de celle-ci fait l'objet d'une analyse d'enveloppe tout

en tenant compte des phénomènes de masque liés aux caractéristiques propres de l'oreille. En d'autres termes, il est inutile de numériser des signaux, des bandes de fréquences qui seront soumis à un effet de masque, la solution la plus astucieuse consistant à numériser seulement l'enveloppe temporelle vraiment audible. Sur le codage ATRAC, chaque tranche de 20 millisecondes (environ 1 000 fois la donnée échantillonnée) fait l'objet d'une analyse de Fourier à partir de laquelle il est possible d'extraire près de 1 000 fréquences fondamentales. Chacune de celles-ci est ensuite évaluée en amplitude sur la base de la quantification 16 bits. On y ajoute ensuite l'« effet de masque »,

lequel définit le seuil inférieur audible. On réalise de la sorte une importante économie des données conduisant à un taux de compression de celles-ci de l'ordre de 5. A la lecture, le décodeur ATRAC détecte ces centaines de signaux composites pour les former par tranches temporelles de durée maximale 20 millisecondes. Le résultat final est une qualité d'écoute équivalente à celle obtenue à partir d'un procédé de codage classique 16 bits/44,1 kHz. L'introduction dans le procédé ATRAC de deux paramètres relatifs à l'oreille, le seuil inférieur d'audibilité avec sa zone la plus sensible répartie autour de 4 kHz ainsi que l'effet de masque de fréquence, de bandes de fréquences

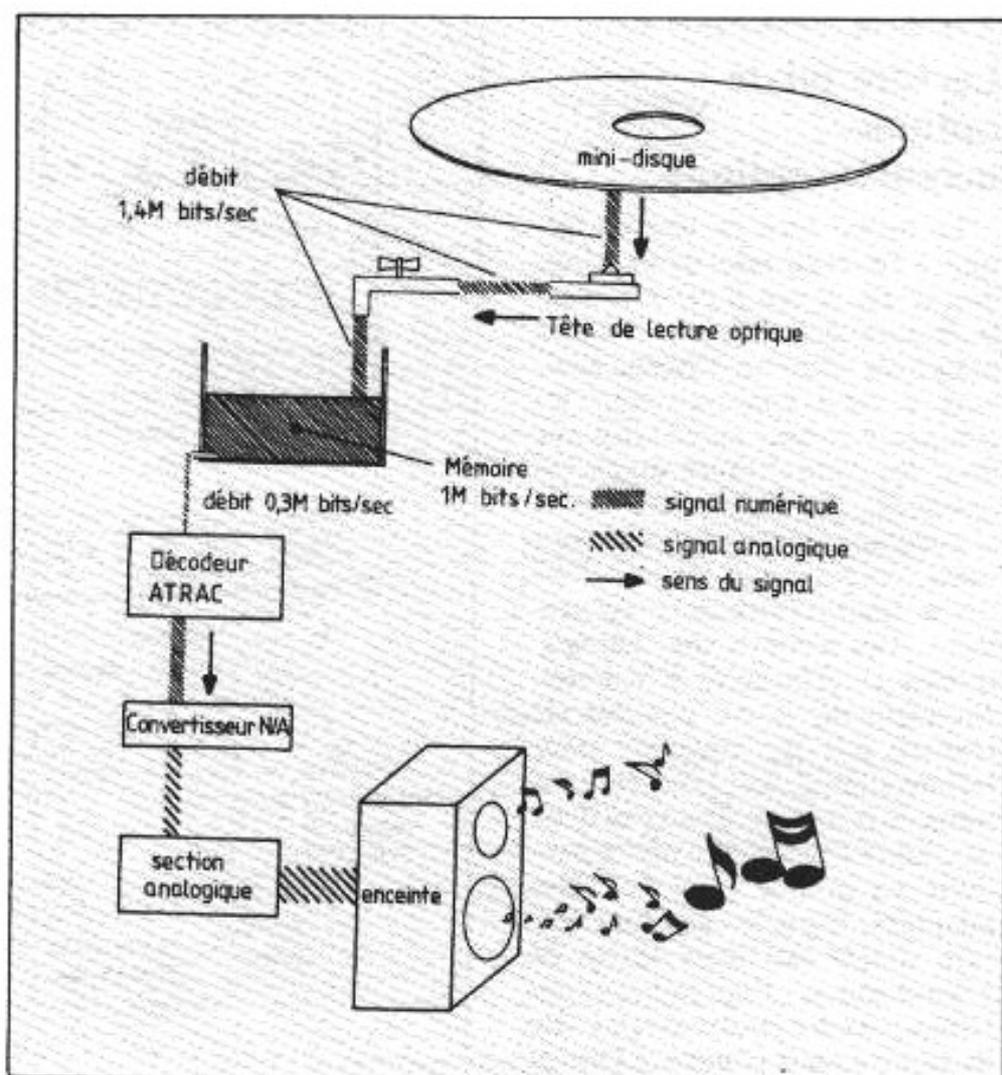


Fig. 1 : Principe de lecture du Mini-disque incluant le système de mémoire « anti-chocs ».

ces par d'autres fréquences ou d'autres bandes de fréquences se retrouvent également dans le procédé DCC de Philips.

Mémoire des données numériques

Les informations inscrites sur le Mini-disque sont lues à raison d'un débit de 1,4 Mbits par seconde. Elles sont ensuite dirigées vers la mémoire « Shock Proof Memory » de capacité 1,4 Mbit. Cette dernière envoie, avec un délai de 3 secondes, les informations compressées vers le décodeur à raison d'un débit de 0,3 Mbit/seconde. Le décodeur ATRAC se charge ensuite de l'expansion des données qui seront dirigées vers un convertisseur N/A. Vient ensuite une section analogique plus conventionnelle. Le tout est représenté sommairement sur la figure 1.

Lecture mixte optique/magnéto-optique

Le même type de tête de lecture à faisceau laser pour Mini-disque est conçu pour effectuer la lecture des disques optiques prégravés selon un procédé similaire à celui employé pour les compacts disques audio ainsi que pour les Mini-disques magnéto-optiques. Les premiers sont, comme pour les disques CD courants, prégravés de façon définitive et inutilisables en enregistrement. Les seconds sont enregistrables et effaçables à volonté. Inversement, il est possible de réaliser soit les appareils pour lecture simple, soit pour enregistrement et lecture. Pour ces deux cas, Sony déclare être prêt à produire en grande série des têtes adaptées. Dans le cas d'une lecture simple des deux sortes de Mini-disques, l'opération consiste à prendre pour base une tête de lecture pour Compact Disc et d'y apporter seulement quelques modifications (séparateur optique).

Lecture du Mini-disque magnéto-optique

Dans le cas du disque magnéto-optique les informations codées 1 et 0 et inscrites sous forme magnétique sont éclairées par un faisceau laser de puissance 0,5 mW. Selon ces informations 1 ou 0, une légère rotation du faisceau est obtenue par effet Kerr. Le faisceau laser réfléchi est envoyé sur un séparateur, sur une optique de focalisation puis dirigé vers un nouveau séparateur, polarisé cette fois, permettant de placer deux photo-diodes A et B. Ces

diodes, reliées à des amplificateurs différentiels permettront la détection des seuils de commutation et d'effectuer également la commutation (manuelle ou automatique) adaptée à chaque type de disque. Le principe est décrit sur la figure 2.

Pour le cas de la lecture du Mini-disque optique, le principe de lecture des informations gravées (sur surface métallisée et protégée d'une couche de polycarbonate) est similaire à celui du Compact Disc, la différence se situant seulement au niveau de la capture du signal par deux photodiodes et de la

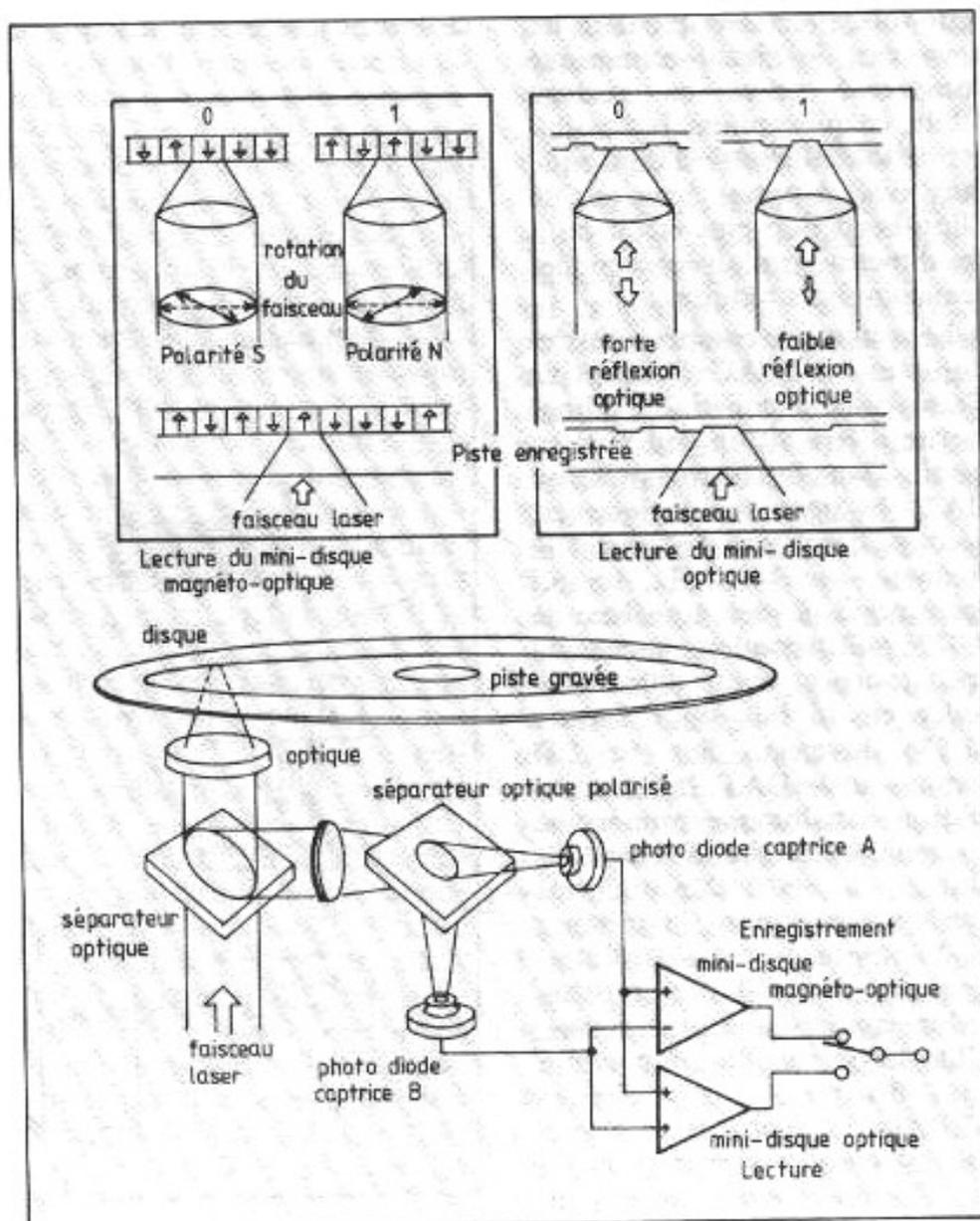


Fig. 2 : Principe de lecture des Mini-disques optiques et magnéto-optique.

combinaison des signaux reçus au niveau des amplificateurs différentiels (soustraction ou sommation des signaux).

Enregistrement par surimpression à modulation magnétique

Le Mini-disque magnéto-optique présente pour particularité la possibilité de pouvoir être enregistré et effacé à volonté grâce au principe de la surimpression à modulation magnétique. La surimpression consiste à utiliser un faisceau laser de puissance suffisante pour dépasser de façon très ponctuelle le point de Curie, ce qui produit un effacement magnétique de la piste. On peut alors y inscrire, en conjonction avec une tête d'enregistrement placée de l'autre côté du disque les informations codées sous forme de polarités magnétiques N ou S. Ces deux opérations peuvent en fait être réalisées simultanément, comme sur la figure 3. Cette combinaison du champ magnétique excitateur et de la température élevée et ponctuelle participant à cette possibilité d'effacement et de réinscription, ce principe devrait assurer une meilleure protection contre des effets isolés de température ou de champs magnétiques parasites. Le constructeur ne donne toutefois aucune précision de ce côté mais il est probable que ce genre de support nécessite les mêmes précautions d'emploi que celles prises pour les disquettes d'ordinateur.

Sony tient à rappeler qu'il existait jusqu'ici deux procédés d'effacement et d'enregistrement pour d'autres disques magnéto-optiques. Le premier faisait appel à deux faisceaux laser distincts, l'un pour l'effacement, l'autre pour l'enregistrement. Le second utilisait un seul faisceau effectuant deux passages, le

premier à forte puissance pour l'effacement, le second pour le nouvel enregistrement, ce qui doublait le temps nécessaire à la procédure.

Le procédé Sony « Overwriting » d'effacement et de surimpression en une seule opération associe les avantages de la simplicité, de la rapidité d'exécution tout en évitant tout risque de désalignement de piste ou de faisceaux. Un autre avantage du procédé Sony est d'offrir des inscriptions magnétiques particulièrement nettes, ce qui offre un gros avantage en termes de miniaturisation. La mise au point du procédé n'a pas été simple pour autant et à dû faire l'objet d'une longue mise au

point. Sony revendique par ailleurs l'avantage d'un champ excitateur trois fois plus faible que sur des procédés réalisés auparavant, soit 80 œersteds seulement et plus particulièrement un temps d'inscription en surimpression ultra-court, soit de 100 nanosecondes seulement, le tout conduisant à une faible consommation et donc à la possibilité d'une alimentation sur batteries rechargeables.

Il ne fait aucun doute que les premiers prototypes seront présentés au prochain Audio Fair de Tokyo, ce qui nous permettra d'apporter à nos lecteurs des compléments d'information sur ce nouveau format très prometteur.

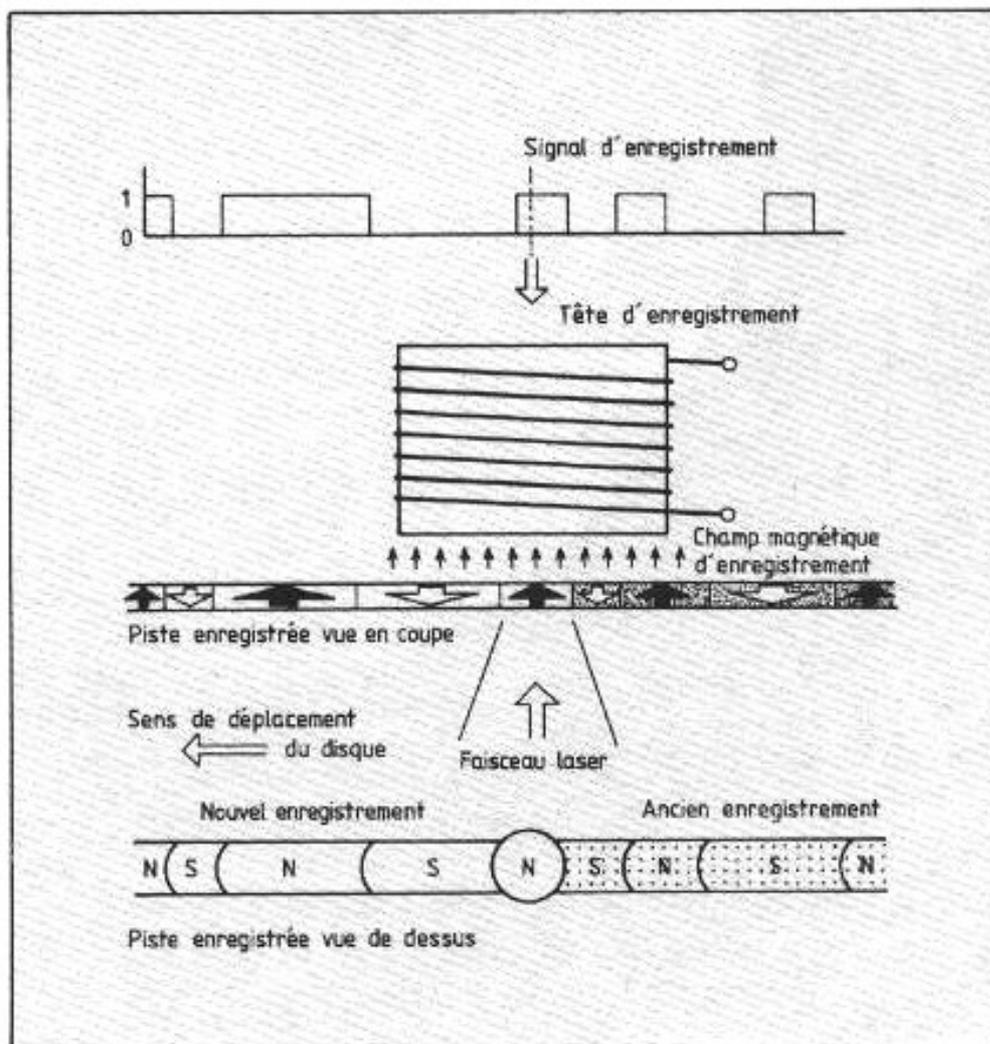


Fig. 3 : Principe de la surimpression par modulation magnétique. Lors de cette opération, le faisceau laser plus puissant que celui utilisé en mode lecture permet d'atteindre le point de Curie assurant l'effacement et la possibilité de réinscription.

**Page non
disponible**

LES FRUITS DE MA PASSION

Héphaïstos

C

royez-vous au Yéti (je ne parle pas de la crème des hommes qui me sert de voisin, mais de l'homme de Néanderthal que certains supposent encore vivre en Extrême-Orient) ? Croyez-vous aux OVNI ?

Croyez-vous aux tables tournantes ? aux sourciers ? à la vie après la mort ? aux essais subjectifs ? C'est à peu près ainsi qu'était posé, il y a quelques années (et se pose encore souvent) le problème de l'appréciation des maillons audio de grande qualité.

Grâce à nos études, nous commençons à y voir un peu plus clair et nous pensons pouvoir prochainement transposer le débat du plan affectif au plan rationnel.

Dans « Ecco homo » et dans « Humain, trop humain ! », Nietzsche pourfend l'idée que les théories scientifiques soient exclusivement objectives. Les scientifiques ne sont pas de purs esprits mais des êtres faits de chair et de sang. Face à la nouveauté, leur affectivité, leur besoin de sécurité, de stabilité interviennent bien plus qu'ils ne veulent l'avouer : toutes les théories de la physique moderne (théories de la relativité, des quanta, de la mécanique ondulatoire) nous semblent familières même si elles ne sont pas évidentes ; pourtant, elles ont eu beaucoup de mal à s'imposer dans la

communauté scientifique ; leur admission par tous doit plus au renouvellement des générations de physiciens qu'à leur perfection théorique.

« La carte n'est pas le territoire ». Cela semble évident à tous, pourtant il est beaucoup de gens qui ne voient plus que la théorie de la carte et oublient la réalité du terrain : tout phénomène qui n'est pas décrit par la théorie (ou qui n'est pas sur la carte) est nié. Bien sûr, cela fait partie de la règle du jeu scientifique tel que Descartes l'a définie dans « Le discours de la méthode », mais la validation expérimentale d'une théorie a ses

propres limites : une théorie est validée aux erreurs de mesure près ; et celles-ci autorisent souvent une certaine marge entre la théorie et la réalité. Cela permettra parfois à une nouvelle théorie plus exacte de prendre un jour le relais, parce que les erreurs de mesure auront été réduites et que les carences de l'ancienne théorie seront devenues flagrantes.

Ces considérations valent pour le domaine scientifique en général, mais elles se retrouvent dans le domaine audio, même si la situation y est un peu particulière : ce ne sont pas des mesures plus précises (des mesures au sens scientifique) qui remettent

en cause la théorie mais des perceptions (des phénomènes qualifiés de subjectifs) qui ne semblent pas en accord avec la théorie et avec les mesures sur lesquelles celle-ci s'appuie.

Quand nous avons commencé dans ces colonnes, il y a huit ans, le feuilleton technique qui décrivait les progrès de notre étude d'amplificateur, nous avons parmi nos objectifs de chercher à comprendre ces phénomènes inexplicables. Les récents essais faits sur notre prototype d'amplificateur, premier fruit de cette étude, semblent vouloir valider les idées que nous proposons pour expliquer l'inexplicable et il nous a semblé intéressant de faire le point après cette étape capitale, en particulier pour nos lecteurs qui ne suivent pas notre quête depuis son début. Dans notre exposé d'aujourd'hui, nous présenterons donc les problèmes relatifs à l'amplification que dénonce l'approche subjective au regard de la théorie. Puis nous analyserons la démarche retenue pour traiter ces problèmes. Ensuite nous verrons les explications que nous avons été amenés à proposer. Enfin nous considérerons les suites de cette étude, en particulier l'objectivation de nos théories.

Les mystères

Ma formation technique ultraclassique me poussait plutôt à être a priori dans le camp de ceux qui se moquaient des élucubrations des audiophiles ; mais comme je partageais les objectifs de ces derniers et que je suis curieux de tout (j'étais en particulier curieux de leurs réalisations dont on m'avait rapporté le plus grand bien), j'ai voulu discuter avec eux. Et quand ils m'ont dit d'écouter, j'ai écouté ; et là, malgré toute mon inexpérience des écoutes et malgré toutes mes réticences intellectuelles, j'ai reçu un choc. J'ai compris devant l'évidence sonore qu'au-

delà des affirmations qui révélaient mon esprit qui se voulait cartésien, les audiophiles mettaient en évidence des phénomènes bien réels même si leur caractère uniquement subjectif s'opposait à l'objectivité nécessaire à la preuve de leur existence.

J'étais alors convaincu qu'il y avait très probablement derrière les sensations subjectives des phénomènes objectifs à découvrir. La recherche de ces phénomènes s'inscrivait pour moi tout naturellement dans une démarche scientifique ouverte. Désormais toute affirmation dérangeante faite par un audiophile devenait un défi, un mystère à percer, une énigme à éclaircir. Parmi les mystères qui étaient relatifs à l'amplification, on pouvait alors principalement recenser les points importants suivants :

— le décalage entre le jugement des appareils de mesure et les résultats d'écoute ;

— l'apparente supériorité subjective de l'ancienne technologie des tubes ;

— l'influence des circuits d'alimentation sur les impressions subjectives

— et les effets subjectivement néfastes de la contre-réaction (alors que cette technique est reconnue pour accroître la linéarité des circuits).

Les mesures

Le mystère des mesures est certainement un des plus irritants, sinon le plus irritant ; c'est sur ce point que les affirmations des audiophiles ont le caractère le plus scandaleux d'un point de vue théorique. Enfin quoi ! Dire que les résultats d'écoute ne correspondent pas aux mesures, qu'ils peuvent même être en totale opposition : un amplificateur sonnait mieux à l'oreille qu'un autre alors que ce dernier donne de meilleurs résultats aux mesures ! On a bien tenté de proposer des explications à ce para-

doxe : l'oreille serait flattée par la distorsion qui rendrait les sons plus riches ; le rang des distorsions serait important, les distorsions d'ordre élevé étant plus agressives que celles d'ordre faible ; les mesures sont faites sur charge résistive ou sur charge simple alors que la charge réelle (celle des écoutes) présente un comportement complexe. Tout cela est vrai mais ne suffit pas à expliquer le mystère ; car souvent les mesures de distorsion se situent à des niveaux connus comme n'étant pas détectables par l'oreille.

La firme Quad, qui représente bien une certaine école traditionnelle anglaise, a eu le courage (et aussi l'aveuglement) de tirer la conclusion logique de sa négation des phénomènes dénoncés par les audiophiles : elle proclame que ses amplificateurs sont parvenus à un tel degré de perfection que les seules études maintenant envisageables concernent seulement une réduction des coûts ou une amélioration de la fiabilité.

Les mesures remises en cause par les écoutes des audiophiles concernent un peu les mesures linéaires (avec la notion de bande passante subjective) mais surtout les mesures de non-linéarité. Cette remise en cause est étonnante quand on regarde le principe des mesures de distorsion : la distorsion consiste à déformer le signal d'une manière non-linéaire et cette déformation peut être assimilée à l'ajout d'un nouveau signal. Les mesures de distorsions consistent donc à analyser les signaux ajoutés par un élément audio sur un signal donné ; le signal de test étant en général un signal sinusoïdal (mesure de distorsion harmonique) ou un mélange de deux signaux sinusoïdaux soit de fréquences proches, soit de fréquences très différentes (mesure de distorsion d'intermodulation). La mesure de distorsion est alors simplement le rapport entre les énergies du

signal total (signal original plus distorsion) et de la distorsion. Avec un principe aussi simple, il est difficile d'admettre une remise en cause : le meilleur amplificateur ne devrait-il pas être celui qui génère le moins de distorsion ?

Pour s'opposer aux affirmations des audiophiles, certains tiennent le raisonnement suivant : si on peut entendre quelque chose, on doit pouvoir le mesurer ; or on ne mesure rien, donc il n'y a rien à entendre (C.Q.F.D. !). Si je suis absolument d'accord avec la première affirmation, je ne partage pas du tout la conclusion ; celle-ci repose sur la perfection implicite des mesures actuelles, et celle-ci n'est pas établie. L'acceptation des affirmations des audiophiles conduit inmanquablement à une remise en cause des mesures. Certains ont déjà proposé de nouvelles mesures mais celles-ci n'ont pas réussi à corroborer les affirmations des audiophiles. Leurs adversaires ont vu dans cet échec une confirmation du caractère inconsistant du débat.

Le tube

Ici encore les affirmations des audiophiles ont de quoi surprendre et semblent être des provocations (pour certains elles sentiraient même le soufre !). Comment expliquer autrement cet engouement pour la technologie des tubes à vide, alors que celle des transistors a déjà fait place depuis longtemps à celle des circuits intégrés. Il est facile de traiter les audiophiles de rétrogrades. Ne préfèrent-ils pas les tubes aux transistors et les transistors aux circuits intégrés ? Et quand les amplificateurs tout numériques qui sont actuellement en cours d'étude sortiront, quel sera à votre avis le verdict des audiophiles ? Il y a tout à parier que ce progrès sera une fois de plus jugé comme étant une régression ! Il est dès lors tentant de percevoir dans cette attitude un système

antiprogrès qui explique par des choix inconscients (et inconséquents) les impressions subjectives.

Ce sentiment ne peut être que renforcé par le débat sur les mesures que nous avons évoqué ci-dessus. En effet, ce sont les mesures qui guident le développement des nouvelles technologies. L'adoption par les fabricants et par le public des nouvelles technologies résultant de ses impacts économiques et de la réaction du marché.

La publicité Stereo 30 (voir page suivante) est extraite d'un numéro des années soixante du « Wireless World » ; elle montre bien comment la technologie des transistors a été promue à ses débuts pour les amplificateurs : avec des performances mesurées voisines et avec des résultats d'écoute « indistinguables », cet amplificateur l'emportait sur ses concurrents à tubes par le poids, le volume, le prix et la fiabilité (ils auraient pu également mentionner la consommation et la dissipation). Ce sont tous ces avantages qui ont fait triompher (commercialement parlant) les amplificateurs à transistors, pendant que les progrès de cette technologie donnaient des résultats de mesure qui allaient en s'améliorant avec le temps.

A contre-courant de cette tendance générale, certains nostalgiques ont conservé leurs vieux amplificateurs à tubes, puis il est apparu que les prétendus progrès des amplificateurs à transistors n'étaient peut-être pas ce qu'on attendait. Et il est maintenant établi pour beaucoup que les amplificateurs à tubes sont meilleurs à l'écoute que les amplificateurs à transistors. Et j'ai vu dans un article du « Wireless World » d'août 1991 la consécration de cette reconnaissance : dans un article consacré à un montage hybride (« Transistor-driven valve amplifier »), John Linsley Hood (respectable représentant de l'école traditionnelle

anglaise) reconnaît : « *There is a continuing, somewhat nostalgic interest in the use of valves in audio amplifiers. Although they do not provide a cost-effective route to high audio quality, valves do have the advantage that they exhibit a more linear input transfer characteristic than bipolar devices and can consequently offer a lower open-loop distortion figure.*

They can also drive difficult loudspeaker load impedances rather better than some solid-state designs and have a rather more graceful approach to overload.

The ability of power-output valves to dissipate considerable amounts of heat also allows valve audio amplifiers to operate in class-A, which avoids the generation of high-order cross-over type distortion products. However, these qualities are mainly aspects of the (necessarily) transformer-coupled output stage, rather than of any preceding gain stage, where the benefits from the use of valves are much less. »

Ce discours trahit bien l'embarras de ceux qui ne comprennent pas les raisons de l'engouement pour les électroniques à tubes ; on a bien sûr cherché des explications à la supériorité apparente des tubes sur les transistors : comme on semble avoir constaté aussi une certaine supériorité du transistor à effet de champ sur le transistor bipolaire, on a évoqué l'impédance d'entrée ; on a aussi parlé de la haute tension, des valeurs des résistances, des valeurs des courants et de l'usage des transformateurs mais aucune explication bien charpentée ne s'est dégagée de ces tentatives d'explication.

Faire avec des transistors aussi bien qu'avec des tubes faisait partie des objectifs de notre étude d'amplificateur, espérant que cela nous permettrait de proposer un début d'explication au problème de la supériorité des tubes.

**Page non
disponible**

Les alimentations

Encore un domaine où les audiophiles ont su montrer leur conception très particulière du progrès : les alimentations non-régulées sont préférées aux alimentations régulées ; la meilleure solution demeurant l'usage d'accumulateurs. Avec évidemment une prédilection pour les solutions volumineuses et lourdes et le tout au mépris de toute mesure ou explication.

Nous avons déjà commencé à enquêter sur ce problème quand nous avons entrepris notre étude d'amplificateur mais nous nous étions cassé les dents : nous en reparlerons plus loin.

La contre-réaction

Autre sujet particulièrement épineux, la contre-réaction a fait couler beaucoup d'encre. Technique née au temps des tubes, elle a été bien utilisée dans les montages à tubes, mais l'apparition des transistors, avec la disparition des transformateurs de liaison et de sortie, a permis l'application de taux de contre-réaction extrêmement importants. Et alors que cette technique est connue pour accroître la linéarité (ce que confirmaient les mesures), son utilisation intensive s'est révélée nocive à l'écoute.

Mati Ojala, avec sa fameuse distorsion d'intermodulation transitoire, a montré que la course aux distorsions faibles (pour les appareils de mesure) au moyen de taux de contre-réaction élevés pouvait dans certains cas conduire à des saturations internes dont les effets échappaient aux mesures rationnelles. Il n'a fait que transposer dans le domaine des amplificateurs de puissance une notion bien connue pour les circuits intégrés analogiques (limitation de slew-rate) et l'application des remèdes qui évitent ces saturations n'a pas changé grand chose au paradoxe de l'application de

la contre-réaction, montrant ainsi que le problème était essentiellement ailleurs ; mais pour la première fois on avait réussi à démontrer et on avait publié dans des revues extrêmement sérieuses que les mesures traditionnelles passaient à côté de phénomènes réels. L'impact dans le public fut considérable : déjà au niveau du concept de la contre-réaction, puisque les arguments commerciaux relatifs à des taux de contre-réaction élevés (comme le facteur d'amortissement) ont actuellement totalement disparus ; maintenant il est de bon ton d'avoir des taux de contre-réaction faibles et des taux de distorsion élevés ne se cachent plus.

Pour notre part, nous avons toujours regretté que des taux de contre-réaction globale élevés permettent à des montages discutables avec des taux de distorsion en boucle ouverte très élevés de passer avec succès le test des mesures traditionnelles (faites n'importe quoi, la contre-réaction arrangera tout !). Nous avons aussi toujours pensé que les aspects dynamiques ne sont pas assez pris en compte : il est facile d'obtenir des taux de contre-réaction importants aux basses fréquences, il est beaucoup plus difficile d'avoir ces mêmes taux de contre-réaction élevés dans le haut de la gamme audio. Pour ces deux points, nous considérons l'action de Mati Ojala comme extrêmement positive même si elle n'a pas résolu le mystère de la contre-réaction.

Notre démarche

Notre démarche est avant tout une démarche ouverte animée par la volonté de comprendre sans a priori : **il y a quelque chose à comprendre ! Ce n'est pas de la magie, ce n'est pas incompréhensible !** C'est un peu comme une enquête policière où toute affirmation des audiophi-

les peut être la piste qui mènera à la solution ou être une fausse piste. Notre stratégie repose sur plusieurs axes entre lesquels nous cherchons à établir des relations :

— **réflexion sur les schémas** ; schémas existants comme schémas de notre cru. Analyse de tous les phénomènes électriques susceptibles d'intervenir. Examen des distorsions produites par tous les éléments. Mise en équation quand cela est possible des tensions et des courants ;

— **simulation sur ordinateur** du fonctionnement des circuits : nous vous avons, par exemple, montré dans le n° 31 de L'Audiophile (« L'étage de sortie de l'amplificateur - 2^e partie : une simulation sur ordinateur ») les résultats que donnait un programme de simulation de l'impédance de sortie de différents circuits. (La figure n° 1 montre un exemple de résultat obtenu.)

Nous avons également utilisé des programmes de simulation développés aux USA pour tester le fonctionnement de nos étages d'entrée mais nous n'en avons pas rendu compte dans nos articles ; ce type de programme fait actuellement l'objet d'un grand débat aux Etats-Unis. Autant sur des circuits linéaires (comme des filtres passifs, par exemple) ou assimilés à des circuits linéaires (avec des modèles linéaires pour les éléments actifs) leur fonctionnement est très bon et permet d'économiser de longues études, autant sur les circuits non-linéaires (dès qu'il y a un transistor non simplifié) leur comportement est parfois surprenant ; ils décrètent qu'un circuit conçu avant eux et fonctionnant parfaitement ne peut pas marcher, ou encore que la simulation d'autres circuits ne converge pas (ce qui correspond à une instabilité) si la charge de ces circuits est de 50 Ω , mais qu'ils fonctionnent parfaitement sur 49 Ω ou sur 51 Ω ! Il convient donc d'utiliser ce genre de programmes avec beaucoup

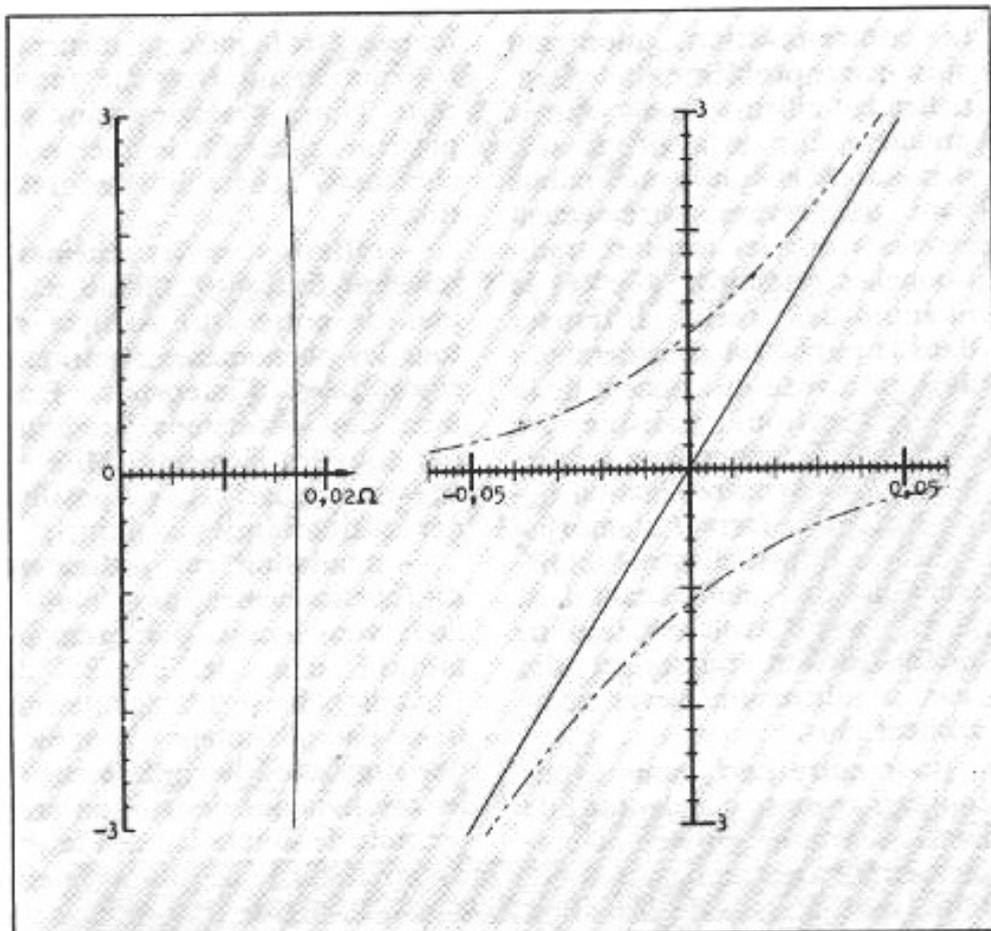


Fig. 1 : Etude sur ordinateur de l'impédance de sortie : exemple de résultat.

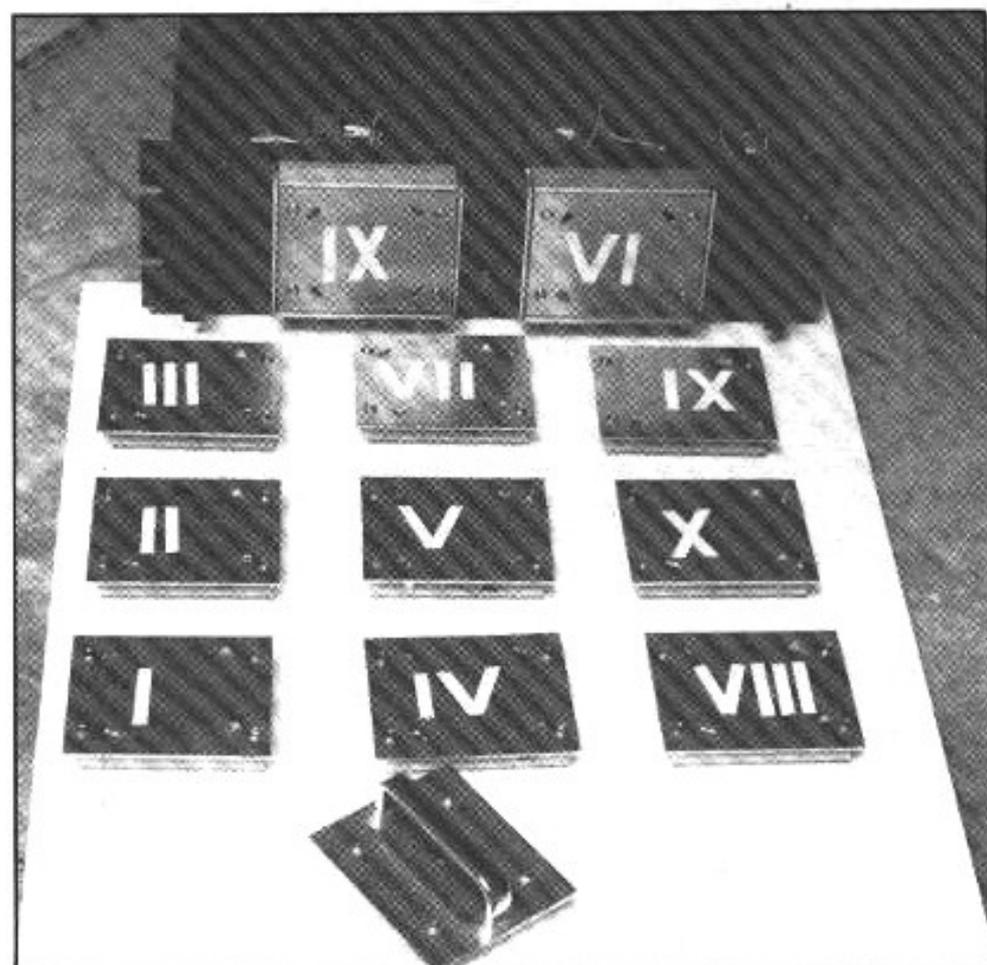


Fig. 2 : Montage de test subjectif des circuits d'entrée.

de méfiance et dans notre contexte (circuits de grande linéarité obtenus avec des composants non-linéaires) ils ne permettent pas l'économie de maquettes réelles.

— **Mesures** de tout comme du reste : mesures classiques ou mesures nouvelles (comme par exemple dans nos études sur la distorsion thermique — voir les nos 32 et 33 de *L'Audiophile*). Ainsi, les mesures de linéarité de l'impédance de sortie des amplificateurs ont révélé des problèmes évidents pour l'oreille et non détectés par les mesures classiques (voir p. 47 du n° 37 de *L'Audiophile*). Ce premier résultat d'une corrélation entre l'écoute et une mesure inhabituelle (mais très classique dans son principe) nous a vivement encouragés, car il nous montrait que nous étions dans la bonne direction. Toutefois, même si les mesures classiques n'expliquent pas tout, elles gardent un grand intérêt car elles donnent déjà de bonnes indications sur la linéarité de base des circuits.

— Enfin **expérimentations subjectives** faites dans de bonnes conditions grâce à l'équipe de *L'Audiophile* (voir la figure n° 2). Nous avons donné à nos écoutes deux objectifs. Premièrement, compléter les mesures objectives pour orienter nos choix ; deuxièmement guider notre conception : ainsi, les premières expérimentations subjectives sur les étages d'entrée (voir *L'Audiophile* n° 1 - nouvelle série) nous ont-elles aidé à concevoir de meilleurs circuits qui ont triomphé dans la seconde expérimentation subjective (voir *L'Audiophile* n° 3 - nouvelle série). En prime, nous espérons bien que ces expérimentations pourraient nous mettre sur la voie pour comprendre les mystères que nous voulions expliquer.

Avant de commencer notre étude d'amplificateur, nous avons déjà essayé de percer les mystères des alimentations par

une méthode semblable ; mais sans succès ! Avec du recul et maintenant que nous sommes sur une bonne piste, nous comprenons les raisons de cet échec : nous avons traité le boîtier préamplificateur qui avait servi aux expérimentations subjectives comme un « boîte noire », alors que les phénomènes mis en jeu le faisaient intervenir d'une manière capitale. En revanche, nous voyons maintenant le type de mesure qu'il aurait fallu faire pour comprendre ; nous avons alors fait beaucoup de mesures dont certaines assez originales pour des circuits d'alimentation, mais pas la bonne.

En revanche, dans notre nouvelle étude, notre démarche s'est révélée payante. Peut-être avons-nous eu un peu de chance mais petit à petit nous avons vu se dégager de nos réflexions une théorie qui explique beaucoup de choses et qui a l'air de bien tenir debout. Le succès des essais subjectifs de la première version de notre amplificateur montre à nos yeux que nous sommes sur la bonne voie. Il manque encore la définition d'une mesure qui vienne étayer nos hypothèses, mais je suis sûr que maintenant ce n'est plus qu'une question de temps.

Nos réponses

Les réponses que nous apportons aux mystères auxquels nous nous sommes attaqués forment un système cohérent qui se tient très bien. Nous comprenons mieux pourquoi la théorie classique a si bien résisté : elle n'est pas fautive, mais quand la distorsion devient faible les hypothèses sur lesquelles elle repose ne sont plus vraies et elle ne sait plus rendre compte de la réalité de nos perceptions. Nous proposons donc une théorie qui nous semble mieux convenir pour les distorsions faibles et qui explique les prétendus mystères aux yeux de la théorie classique.

La théorie communément admise repose sur deux bases qu'il faut bien identifier : un modèle de distorsion et un modèle de notre perception des distorsions. Pour que la théorie soit valide, elle doit :

- prendre en compte toutes les natures de distorsion et savoir gérer des combinaisons de distorsions de nature différente ;

- savoir apprécier l'impact des différentes natures de distorsion sur notre perception ; cela revient à faire une bonne corrélation entre les mesures et l'écoute.

Il me semble que la théorie actuelle n'est pas satisfaisante. La distorsion n'a qu'un seul modèle et une seule échelle (bien sûr, je parle ici de la distorsion non-linéaire). Ensuite la corrélation entre cette échelle et l'écoute résulte plus d'un bon sens empirique établi aux débuts de l'électronique (avec les tubes) et appa-

mesure donne apparemment satisfaction depuis les débuts de l'électronique, qu'elle est fondamentalement valable ! Ainsi pour les mesures de distorsions linéaires (que je ne remets pas en cause), j'ai déjà proposé un modèle théorique (voir la figure n° 4) qui donnerait satisfaction aux mesures classiques de bande passante et de variation de gain, ainsi qu'un résultat à l'écoute pouvant être très mauvais. Bien sûr, l'idéal reste « pas de distorsion », mais la démarche classique commet deux erreurs : elle ne conçoit qu'un type de distorsion, ensuite elle a une vision simpliste de notre perception auditive.

La figure n° 5 en montre le schéma implicite utilisé ; l'oreille est un microphone qui transforme les sons en signaux nerveux. Ce schéma, s'il permet de comprendre pourquoi le cerveau

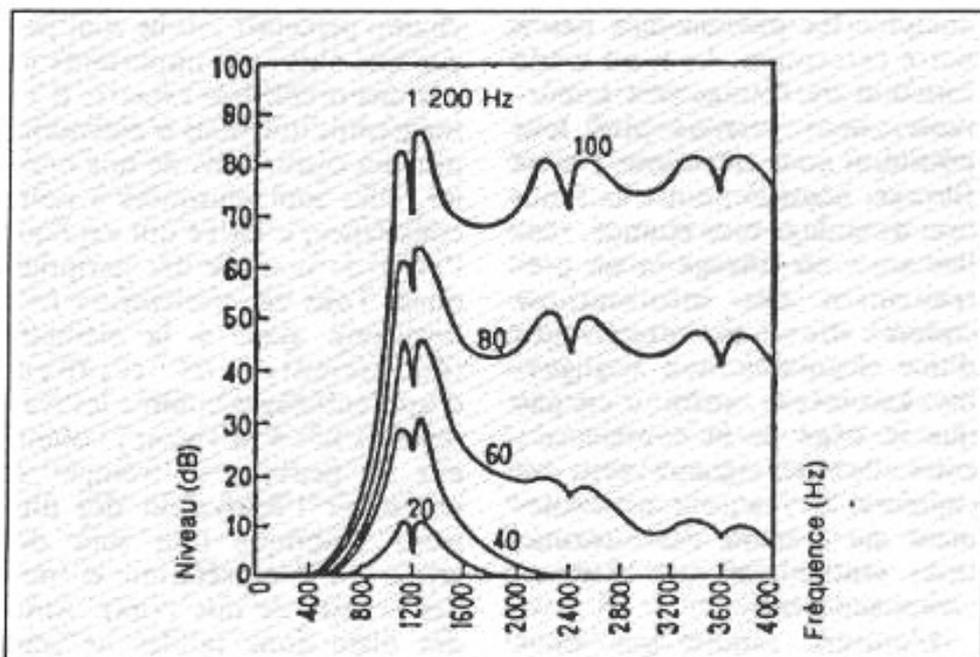


Fig. 3 : Effet de masque (perte de sensibilité de l'audition sur les harmoniques).

remment validé par des années de pratique, que de savantes études ; ainsi les mesures de distorsions harmoniques mesurent-elles un phénomène auquel l'oreille est peu sensible à cause de l'effet de masque des harmoniques (voir la figure n° 3).

Ce n'est pas parce qu'une

est sensible aux sons, ne permet pas de pénétrer finement notre perception de l'univers sonore. De même, utiliser le concept de caméra de télévision pour l'œil n'explique pas la perception visuelle.

Il me semble que le schéma de la figure n° 6 permet de mieux

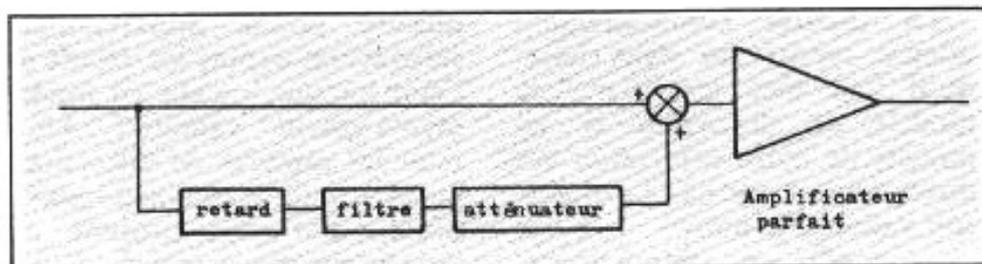


Fig. 4 : Exemple de distorsion linéaire particulièrement pernicieuse.

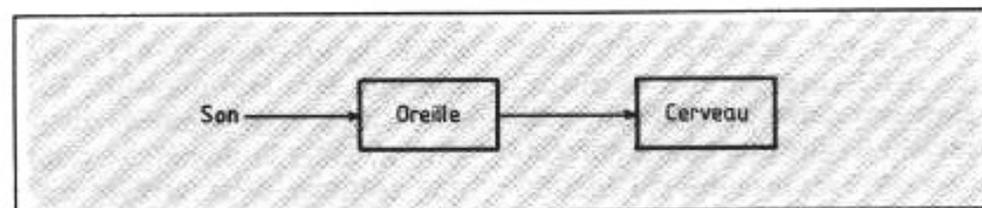


Fig. 5 : Modèle habituel de la perception sonore.

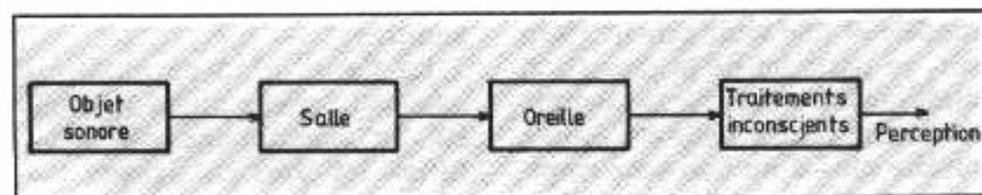


Fig. 6 : Autre modèle de la perception sonore.

analyser les phénomènes liés à notre perception. Le local a une fonction de filtrage très importante, nous verrons plus loin pourquoi nous entendons peu ce filtrage. L'oreille, outre sa fonction de codage bien connue, réalise aussi un filtrage et un prétraitement des informations codées ; elle est en outre affligée d'une distorsion non négligeable. Le cerveau, enfin, n'est pas que le siège de la conscience ; entre elle et les signaux reçus des capteurs, il y a tout un traitement qui présente des informations synthétisées que la conscience sait gérer.

L'univers sonore que nous reconstruisons dans notre conscience n'est ni un reflet exact de la réalité, ni la transcription brutale des signaux nerveux reçus des oreilles ; c'est la reconstruction à partir de ces informations (fractionnaires et déformées), des composantes de cet univers sonore qui sont jugées plausibles et dignes d'intérêt. Ainsi les filtres liés au local d'écoute sont très rapidement évacués du

champ perceptif ; ils ne sont perçus que s'ils sont importants ou par une oreille très experte. Il y a longtemps que nous n'entendons plus les distorsions de nos oreilles, elles sont masquées à notre conscience, c'est ce qui explique l'effet de masque des harmoniques. Tous ces traitements font beaucoup appel à la mémoire inconsciente, ils résultent d'apprentissages comme les traitements liés à la vision ; comme eux ils peuvent se tromper et engendrer l'équivalent des illusions d'optique (qui sont des erreurs d'interprétation et non des erreurs de nos yeux). Ainsi des distorsions faibles ne sont plus perçues comme des mutilations du son mais elles induisent des déformations plus ou moins subtiles de notre perception ; d'où les termes très imagés (presque poétiques) employés par les audiophiles pour rendre compte de leurs impressions subjectives.

Le fameux seuil de perception de la distorsion (entre 2 % et 0,1 %) que la théorie classique oppose aux audiophiles n'est que

le seuil de reconnaissance de la distorsion en tant que telle, et non le seuil d'influence réelle de la distorsion sur la perception.

Les mesures

La question des mesures est capitale (nous lui avons consacré tout un article dans le n° 35 de *L'Audiophile*) mais elle est rarement bien analysée. Tout d'abord, il y a un grave problème de fond ; les mesures classiques se font avec des sinusoïdes en application du théorème de Fourier. Celui-ci permet de décomposer tout signal continu en signaux sinusoïdaux ; ainsi le fonctionnement de tout système linéaire peut être parfaitement caractérisé par sa réponse aux signaux sinusoïdaux. C'est pourquoi, prétendre pouvoir analyser les non-linéarités d'un système par ses seules réactions aux signaux sinusoïdaux est une **hérésie scientifique**, sauf dans le cas où on ne trouve pas de non-linéarité par une mesure de sensibilité infinie ! L'extrapolation qui est faite au cas où les résultats des mesures de distorsion sont faibles, est couramment admise, mais c'est une grave erreur ; cette extrapolation repose sur un modèle simpliste où les distorsions ne sont dues qu'à une fonction de transfert non-linéaire. Là où le bât blesse, c'est que cette fonction de transfert est considérée comme stable ! Nous savons que ce n'est pas toujours vrai, surtout pour les circuits à transistors.

Dans le cas de l'audio, à cause des traitements de notre cerveau, c'est très important : une distorsion faible, stable, sera vite repérée, analysée, compensée et éliminée de notre champ perceptif comme non-porteuse d'informations. Notre « oreille » aura vite fait d'apprendre à ne plus l'entendre. Nous ne nous rendons compte de rien, tout juste d'une légère modification de l'objet sonore perçu. En revanche, une distorsion faible mais

changeante, instable, imprévisible, ne peut être éliminée et sera donc facilement perçue et ressentie comme agressive.

Nous verrons plus loin comment se produisent ces instabilités dans les circuits électroniques ; elles résultent soit des variations rapides de l'amplitude des signaux, soit des interactions de signaux très basse fréquence avec des signaux situés dans le reste de la bande audio. Il n'est donc pas possible de détecter et encore moins possible d'analyser de tels phénomènes avec les signaux purs et stables des mesures traditionnelles.

Le tube

Dans notre article du n° 6 (nouvelle série) de *L'Audiophile*, nous proposons déjà dans la conclusion de l'analyse des propriétés physiques des tubes, une raison de la supériorité subjective des tubes sur les transistors : celle-ci est liée à un défaut du transistor, à son instabilité thermique. Autrement dit, c'est la distorsion thermique qui rend le transistor mal adapté aux circuits audio. Au début de notre étude, la réponse des transistors au traceur de courbes (voir la figure n° 7) nous montrait déjà ce défaut du transistor dont on ne se souciait plus depuis longtemps sauf pour les transistors de puissance. Mais nos expériences sur la distorsion thermique ont montré que cette instabilité pouvait prendre des formes surprenantes (voir la figure n° 8).

Lorsque ces expériences ont révélé que le fameux transistor à effet de champ 2SK 30 AGR, bien connu des audiophiles pour sa musicalité (*sic*) était dépourvu de distorsion thermique, nous avons compris que nous tenions une piste très sérieuse pour expliquer les différences subjectives entre tubes, transistors bipolaires et transistors à effet de champ.

Dans le transistor bipolaire les caractéristiques fondamentales

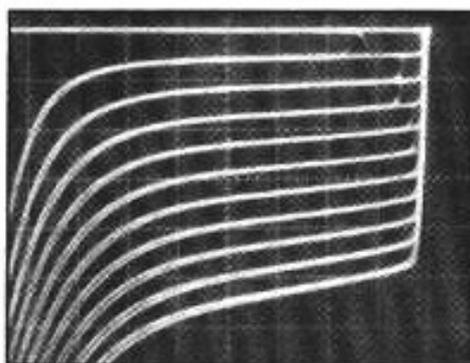


Fig. 7 : Transistor bipolaire au traceur de courbes.

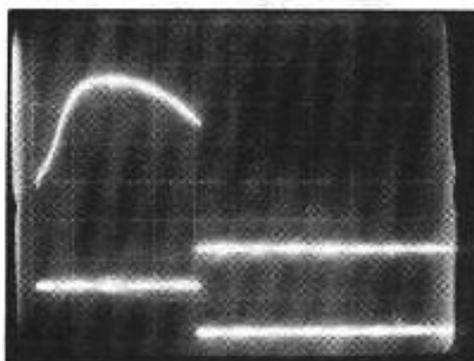


Fig. 8 : Distorsion thermique surprenante.

sont très liées à la température de la jonction base-émetteur ; or, le signal module souvent la tension collecteur, donc la puissance dissipée dans le transistor est fonction de l'amplitude de ce signal. Cette puissance chauffe le transistor et détermine la température de la jonction. Si l'amplitude des signaux n'est pas fixe, la température de la jonction variera et donc sa fonction de transfert sera modulée par le signal avec les conséquences subjectives décrites plus haut. Et voilà pourquoi votre amplificateur à transistors est mauvais sur les signaux d'amplitude variables que représente la musique. Mais je vous rassure tout de suite : il est bien meilleur pour les signaux pour lesquels il a été conçu (les signaux sinusoïdaux) et je ne saurais trop vous recommander, pour bien profiter de votre amplificateur à transistors, de restreindre votre écoute à ces seuls signaux.

Dans les transistors à effet de champ, l'effet de la température est fonction du courant (il y a même un courant pour lequel

elle est sans effet) ; c'est pourquoi si le transistor est polarisé au voisinage de ce point les effets de la distorsion thermique peuvent être fortement réduits.

Dans les tubes, la dissipation se fait au niveau de la plaque et n'influence pas les caractéristiques du tube. Celui-ci est donc totalement étranger à la distorsion thermique.

Les alimentations

Le problème des alimentations est lui aussi lié à la stabilité des circuits, qu'ils soient à tubes ou à transistors. Toutefois, nous verrons plus loin pourquoi les circuits des amplificateurs à transistors sont plus sensibles à ce problème. Si la température fait varier les caractéristiques des transistors, les alimentations peuvent faire varier les caractéristiques locales en jouant sur le point de polarisation : son changement modifie la distorsion en petits signaux (voir la figure n° 9).

En général, les alimentations sont filtrées pour présenter une basse impédance dans la bande audio, mais un filtrage descendant bien plus bas comme en proposent les audiophiles permet une meilleure stabilisation des points de polarisation et fournit donc des caractéristiques plus stables. En classe A, les signaux très basses fréquences associées à une impédance d'alimentation non négligeable peuvent moduler la polarisation pour les signaux du reste de la bande audio. En classe B, un phénomène supplémentaire intervient : la consommation moyenne est fonction de l'amplitude des signaux, donc les variations des tensions d'alimentation qui résultent des variations du signal moduleront les distorsions par l'intermédiaire du point de polarisation.

La contre-réaction

La contre-réaction améliore la linéarité des circuits mais elle a

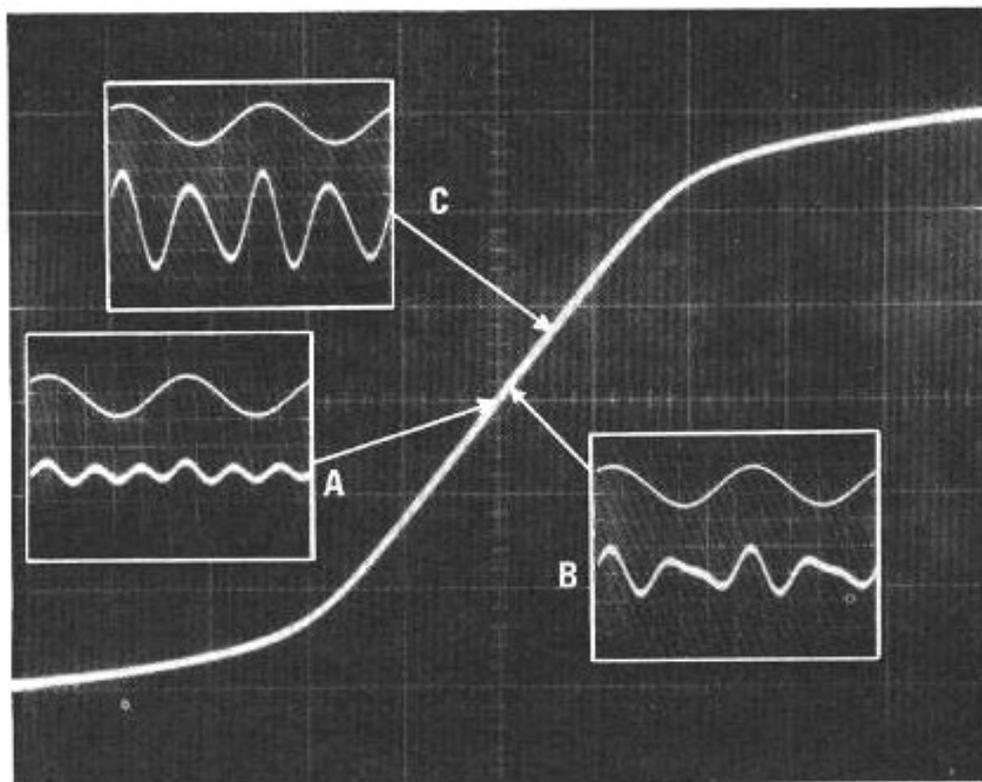


Fig. 9 : Influence de la polarisation sur la distorsion.

des effets pervers qui aggravent les phénomènes décrits ci-dessus (dérive thermique et variation des alimentations). En effet, la contre-réaction a ses limites que nous avons dénoncées à plusieurs reprises. Dans le cas de la contre-réaction globale, son point faible est le circuit d'entrée dont les non-linéarités ne sont

pas réduites par le gain des autres étages.

Malheureusement, les dérives thermiques et celles des alimentations sont injectées en entrée par la boucle de contre-réaction globale et toutes ces dérives modulent fortement la polarisation du premier étage. La distorsion de cet étage, qui est relative-

ment faible mais qui n'est pas réduite par la contre-réaction, est donc très instable. Et cette instabilité de la distorsion est ressentie de manière agressive par notre audition, rendant pour nos oreilles le bilan de l'action de la contre-réaction globalement négatif.

Nous avons vu que les tubes ne souffraient pas de distorsion thermique ; en plus les dérives d'alimentations ne sont généralement pas injectées en entrée par la boucle de contre-réaction puisque celle-ci échantillonne très souvent le signal de sortie derrière le transformateur de sortie qui a la bonne idée d'éliminer le continu et ses dérives. Une raison de plus à la supériorité subjective des amplificateurs à tubes.

Mais notre prototype d'amplificateur à transistors (voir la figure n° 10) a montré, par le succès de ses essais subjectifs, que la technologie des transistors pouvait être maîtrisée en tenant compte des phénomènes décrits ci-dessus et habituellement ignorés et qu'elle pouvait être, subjectivement parlant, compétitive. Oui, il a une vie après la mort... du tube !

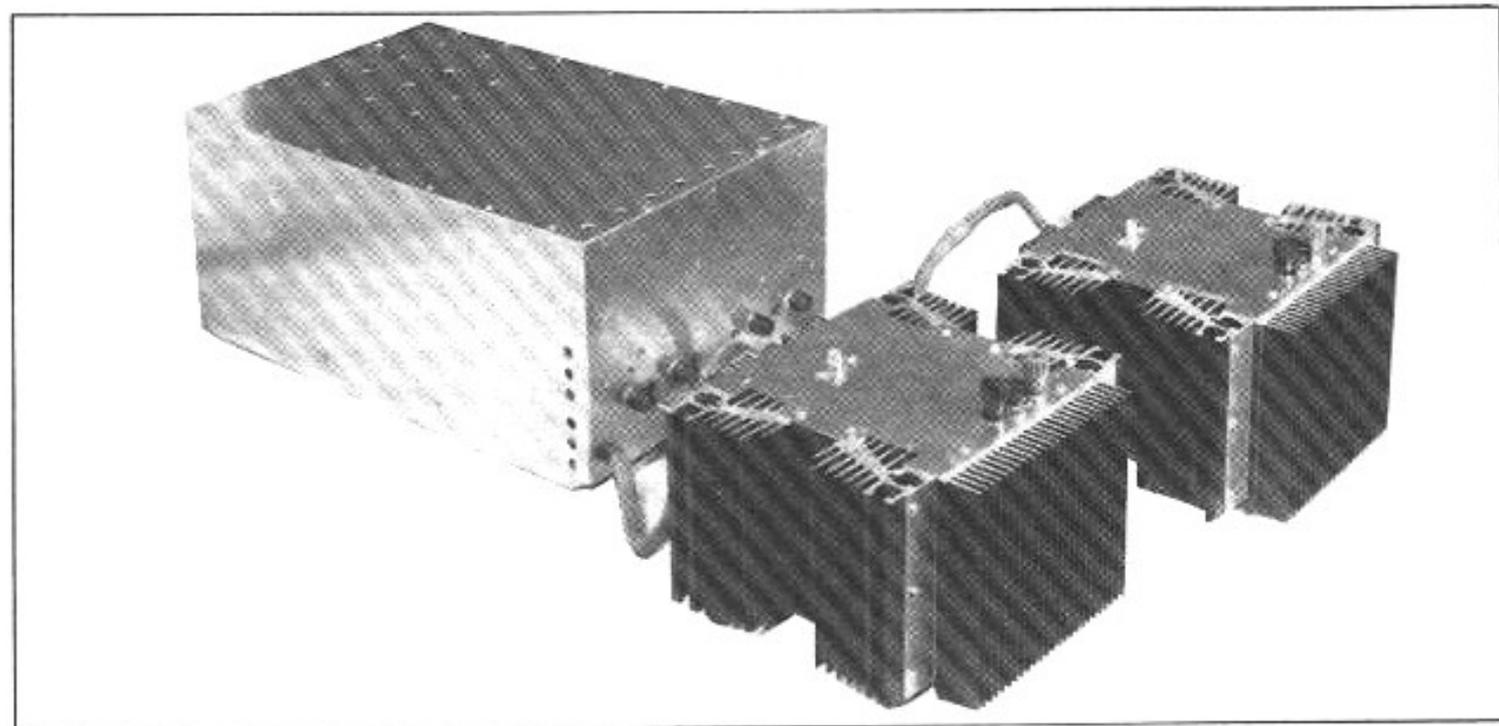


Fig. 10 : Première version de notre amplificateur.

Nos projets

Après avoir élaboré cette théorie, nous voulons la valider de manière objective, étendre notre méthode à d'autres circuits et pousser les progrès pour les amplificateurs à transistors le plus loin possible.

Une nouvelle mesure

Nous sommes convaincus du bien-fondé de notre théorie : elle explique trop bien les mystères qui échappaient à la théorie classique et les essais subjectifs de notre amplificateur, conçu en fonction d'elle, lui apportent une confirmation sonore. Mais pour pouvoir convaincre en dehors du cercle restreint des audiophiles et faire profiter un large public de nos découvertes, il faut concevoir une mesure qui montre objectivement, à tous, les phénomènes que nous dénonçons dans les amplificateurs et qui présente une meilleure corrélation avec les résultats d'écoute.

Nous avons commencé à réfléchir à plusieurs dispositifs de mesure et entrepris la réalisation d'une maquette mais, par faute de temps, nous n'avons pas encore abouti dans cette étude. Car ce n'est pas simple : les mesures classiques utilisent des signaux sinusoïdaux, c'est-à-dire des signaux ultra-simples, pauvres en informations ; cela simplifie énormément les mesures. La difficulté, ici, est de trouver des signaux relativement simples qui soient capables de mettre en évidence les phénomènes que nous soupçonnons et de définir un moyen de génération et d'analyse de ces signaux.

Notre ambition n'est pas de proposer une mesure universelle qui supprime les mesures actuelles, mais une mesure qui les complète. Nous pensons qu'il doit encore y avoir d'autres formes de distorsion qui ne sont pas soupçonnées ; en particulier les nouveaux traitements liés à la

digitalisation du son doivent introduire des distorsions particulières ; toute nouvelle technologie apporte de nouvelles possibilités de distorsion, c'est ce qui explique souvent les réticences des audiophiles.

Il est dommage que par paresse intellectuelle, les concepteurs de circuits ne se posent pas trop de questions. Ce ne sera que quand nous aurons défini une nouvelle mesure et publié un article dans une revue sérieuse (vous savez bien, celles dans lesquelles on voit des gens aligner force équations sur notre sujet pour masquer leur incapacité totale à comprendre la vraie réalité, (pas celle de leurs équations), que nos découvertes accéderont à une grande audience et que les amplificateurs à transistors s'amélioreront.

D'autres études

En attendant, nous envisageons d'appliquer notre méthode d'investigation dans deux nouveaux domaines : tout d'abord, dans les convertisseurs numérique/analogique des lecteurs de compact-disc ; nous vous avons déjà entretenu de premières analyses théoriques, la prochaine étape est une modélisation sur ordinateur des différents procédés de suréchantillonnage, ensuite sont prévues des expérimentations subjectives sur différentes maquettes. A suivre, donc.

Autre domaine intéressant, celui des filtres actifs d'enceintes. La théorie classique prétend (première loi d'Ohm) que l'oreille est insensible à la phase. L'expérience des audiophiles ne semble pas en accord avec elle ; cela nous donne bien envie de mettre notre nez là-dedans !

Amélioration de l'amplificateur

Dans nos projets immédiats, nous voulons améliorer notre

amplificateur sur plusieurs plans. Nous vous avons déjà entretenu de nos déboires avec la pollution thermique dans la première version et des solutions provisoirement appliquées ; nous avons également été sensibles aux très légères critiques émises contre notre amplificateur : il donne de très bons résultats aux mesures traditionnelles, le médium et l'aigu seraient fantastiques mais il ne serait pas irréprochable dans le bas du grave. Nous avons essayé de remédier à cela en agissant au niveau de la capacité d'entrée mais sans effet notable. Enfin, nous avons toujours dans nos cartons la classe A quadratique pour l'étage de sortie (voir le n° 29 de *L'Audiophile*).

Tout cela nous pousse à concevoir une nouvelle version plus propre à subir des modifications liées à des expérimentations complémentaires car la version actuelle ne s'y prête pas bien. En outre, nous souhaitons la conserver à titre de référence pour les expérimentations futures.

Conclusion

Nous espérons que ce point fait après les essais subjectifs vous aura donné une meilleure vue générale sur nos études et sur notre démarche. Comme tous les gens passionnés, nous nous laissons peut-être emporter par notre sujet dans nos différents articles, au risque de ne pas toujours bien faire sentir où nous voulons en venir. Dans ce cas, notre exposé d'aujourd'hui était bien utile même s'il montre que, malgré les résultats déjà obtenus, il y a encore bien du travail.

Nous vous présenterons dans le prochain numéro les premiers résultats de l'application de nos théories à des amplificateurs à transistors déjà existants. Vous verrez que vous pouvez déjà en tirer profit pour le plus grand bien de vos oreilles.

A suivre...

MARANTZ



MARANTZ MODEL 9

Patrick Vercher

S

aul B. Marantz fonda la société qui porte son nom en 1954.

Il a su s'entourer dès sa création d'ingénieurs électroniciens de grande valeur tels que M. Sequerra qui fit parler de lui vingt ans plus tard avec les tuners du même nom.

Les amplificateurs à tubes qui sortirent des usines de Long Island jusqu'en 1968 sont considérés comme des classiques, au même titre que les Mac Intosh de la même époque.

Certains appareils tels que le tuner Model 10B dont l'étude coûta une fortune à cette société peuvent encore rivaliser de nos jours avec des matériels de très haut de gamme.

Certains délires d'ingénieurs de cette firme n'ont pas eu le même succès, tels que la table de lecture à bras radial faisant appel à un système pantographe extrêmement délicat à régler qui sortit en 1964. Le passage à la transistorisation s'effectua en 1966 avec la commercialisation de l'amplificateur Model 15 et du préamplificateur 7 t (t comme transistors) à la place du 7 c à tubes.

C'est en 1968 que M. Marantz vendit son affaire aux frères Tuchinsky de la société Superscope, importateur à l'époque de Sony aux USA. Au début des années 80, Marantz est passé dans le giron de Philips tout en gardant son entière indépendance en ce qui concerne la réalisation des appareils et leur commercialisation. L'esprit d'innovation de la marque est restée. L'enthousiasme est toujours présent, le concepteur des produits actuels, M. Ken Ichiwata, est un « audiophile » dans l'âme, perfectionniste de l'extrême.

L'amplificateur Marantz Model 9 est relativement méconnu par rapport au préampli 7C et à l'amplificateur stéréophonique 8B. Pourtant ce bloc mono, capable de fournir plus de 70 W à partir de son double push-pull de EL 34, a fait la joie de bien des audiophiles de la première heure mais aussi de sonoritateurs « de luxe » qui appréciaient son écoute, surprenante de douceur tout en ayant un punch redoutable. C'était le compagnon idéal de certaines enceintes à haut rendement à pavillon qui avaient la fâcheuse tendance à virer vers les sonorités nasillardes West Coast peu appréciées en France.

Nous avons ces blocs mono depuis de nombreuses années, jamais ils ne nous ont déçus. Même si la transcription d'amplificateurs à tubes modernes apportent beaucoup plus de définition et de tenue dans le grave, les Model 9 savent traduire toute la charge émotionnelle d'une interprétation avec une étonnante perspective sonore.

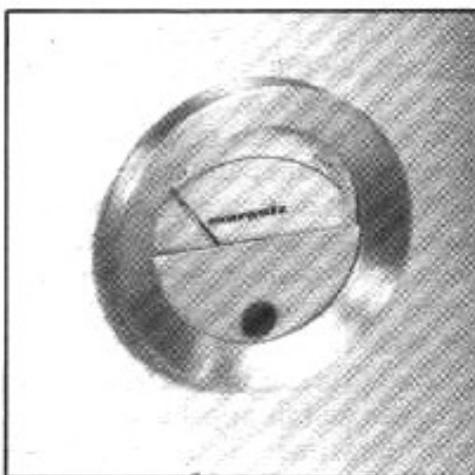
Rappelons qu'en 1963, deux blocs mono Model 9 valaient 6 000 F, ce qui en francs constants signifierait une somme de 80 000 F actuellement. Rien d'étonnant qu'il soit considéré comme le très haut de gamme de l'époque, même le 275 Mac Intosh coûtait moins cher.

Les circuits du Model 9 ont été élaborés à partir d'un cahier des charges très sévère qui imposait même l'étude de composants spécifiques. Le schéma de base est totalement différent de celui du Model 8B. Il ne s'agit pas d'une version bridgée de ce célèbre ampli stéréophonique mais bel et bien d'une unité monophonique originale. Le schéma ci-joint donne un aperçu de la configuration complexe. Nous décourageons tous ceux qui voudraient réaliser de nouveau un Model 9 : il leur manquerait des pièces spécifiques, telles que le

transformateur de sortie dont le secret est jalousement gardé (emprisonné à l'intérieur des enroulements), sans parler des résistances et capacités ajustées avec une très haute précision.

En suivant le chemin de la modulation, juste après la fiche d'entrée Cinch, on trouve le réglage de niveau par potentiomètre. Ensuite, un petit circuit RC commutable qui correspond à un filtre passe-bas. En effet, le Model 9 est capable de descendre jusqu'à 2 Hz sur l'entrée directe et, à l'époque, avec certains disques voilés, les haut-parleurs se transformaient vite en ventilateur avec tous les dommages que cela induit.

Après ce réglage de niveau et



Indicateur de précision pour le réglage des polarisations.

ce filtre commutable d'infra-graves vient le premier étage amplificateur de tension basé sur une moitié du tube double triode 6DJ8. Ce premier étage n'apporte pas de gain. Entre les deux moitiés de cette double triode figure le circuit inverseur de phase. Ainsi le signal attaque la deuxième moitié soit du côté plaque, soit du côté cathode. Ensuite vient une deuxième lampe 6DJ8 montée en déphaseur de Schmidt, qui reçoit une partie de la contre-réaction côté cathode. Ce déphaseur est en couplage direct avec l'étage driver abaisseur d'impédance constitué par un tube double triode 6CG7.

A la sortie de cet étage driver on constate la présence de quatre capacités de liaison ainsi que des réglages de polarisation indépendants pour chaque tube de puissance. Une correction de phase est aussi appliquée pour chacun des tubes à partir d'un réseau RC. L'étage final est constitué par un push-pull parallèle de pentodes EL34. Pour des raisons de stabilité de fonctionnement on remarque la présence d'une self pour les deux tubes finaux. Une commutation est prévue pour un fonctionnement purement en triode, auquel cas la puissance diminue à 35 W. Les pentodes fonctionnent suivant le principe ultra-linéaire. Une capacité est placée avant l'attaque du primaire du transformateur de sortie, toujours pour stabiliser le fonctionnement.

Le transformateur, spécifique à Marantz, dispose de quatre sorties au secondaire pour les impédances 1, 4, 8, 16 Ω . L'impédance de 1 Ω peut paraître surprenante mais il ne faut pas oublier que ce type d'amplificateur était aussi utilisé en laboratoire pour effectuer des expériences sur les tables vibrantes, les moteurs, les transducteurs spéciaux. Dans certains types de sonorisation, les montages en série parallèle des haut-parleurs pouvaient faire descendre aisément l'impédance autour de 1 Ω . Sans oublier que certains panneaux électrostatiques de l'époque avaient des courbes d'impédance qui chutaient aisément à ces valeurs dans les fréquences élevées.

L'alimentation est aussi extrêmement soignée avec un énorme transformateur à quatre enroulements secondaires indépendants. Le premier produit la tension nécessaire après être passée par les selfs de filtrage et réseaux doubleurs de tension pour le tube d'entrée et le déphaseur. On constate un ajustage du courant alternatif entre le déphaseur et le driver.

On remarquera qu'afin de réduire le bruit de la diode de redressement, sur la ligne 152 V qui alimente le premier étage, on trouve un petit réseau RC constitué d'une résistance de 10 k Ω et d'une capacité de 10 μ F.

Le deuxième enroulement est prévu pour le chauffage du filament du tube driver, le troisième délivrant 63 V pour les autres filaments des lampes et le quatrième, après redressement par simple alternance, pour la polarisation -43 V qui va vers les quatre résistances ajustables citées plus haut. Ces réglages sont accessibles en façade de l'ampli pour ajuster indépendamment la polarisation de chaque tube de puissance en fonction de la position d'un sélecteur rotatif. La présence du galvanomètre en façade (milliampèremètre incorporé) facilite l'obtention de l'équilibrage en continu par réglage séparé des tensions de polarisation pour amener celles-ci à une valeur qui doit être de 50 mA (débit anodique de chaque tube EL34 sans la présence de signal). Ainsi en fonction de l'usure des tubes ou de leur changement, on peut effectuer aisément le réglage le plus précis possible de la polarisation.

Chaque Model 9 mesure 40x21x27 cm et ne pèse pas moins de 27 kg, ce qui donne déjà une idée de la robustesse du châssis et de la qualité des transformateurs fabriqués spécialement. Le transformateur de sortie est exceptionnel. Les ingénieurs de chez Marantz ont su trouvé le meilleur compromis pour avoir une très forte inductance à vide et une inductance de fuite négligeable.

On remarquera sur le schéma la présence de la résistance R_A dont la valeur pouvait être modifiée en fonction du facteur d'amortissement que l'on désirait. A l'origine, l'amplificateur Marantz avait un facteur de 20, ce qui pouvait être un peu trop élevé pour des enceintes closes

avec des haut-parleurs à faible rendement. Aussi, en fonction des valeurs de résistances appropriées fournies par le constructeur, on pouvait abaisser ce facteur d'amortissement à 2, 1, voire 0,5. Sur des systèmes à haut rendement, la valeur d'origine est parfaite, un haut-parleur de grave de 38 cm en charge bass-reflex ou pavillon est bien maintenu dans tous ses déplacements.

Une trappe amovible à la base du bloc dissimule la prise d'entrée, le bornier de sortie haut-parleur (avec le point commun et les quatre impédances) ainsi que l'accès aux vis en relation avec les résistances ajustables des tensions de polarisation des tubes de puissance. Toutes les liaisons s'effectuent par l'avant, ce qui peut paraître surprenant mais qui, en pratique, s'avère fort bien conçu car cela évite d'attraper un tour de rein en voulant déplacer les appareils. Les câbles peuvent être dirigés vers le bas dans le cas d'encastrement de l'ampli dans un meuble de style rack.

La fabrication extrêmement soignée ne fait appel à aucun circuit imprimé. Tout le câblage s'effectue en l'air, allant au plus court. Les composants passifs sont alignés sur des barrettes à cosses, des câbles assurent les liaisons vers les supports des tubes en stéatite. Même à l'heure actuel, esthétiquement parlant, le Model 9 ne paraît pas démodé. La forme du galvanomètre qui a été reprise par la suite par Nagra se retrouve de nos jours sur certains amplificateurs tels que le Air Tight (à tubes) ou certains amplis à transistors de très haut de gamme. La luxueuse face avant champagne métallisé procure à ce bloc une sensation indescriptible de puissance. Les commandes sont très bien disposées symétriquement avec un accès direct au fusible de protection secteur. Trois clés, l'une pour inverser la phase absolue,

l'autre pour mettre en service le filtre d'extrême-grave et enfin la troisième pour la mise sous tension côtoient de manière symétrique le réglage de gain et le sélecteur pour le réglage individuel de polarisation des tubes de puissance.

Un basculeur placé sur le châssis à côté des tubes de puissance permet de passer d'un fonctionnement en pentode à un fonctionnement en triode.

Les mesures

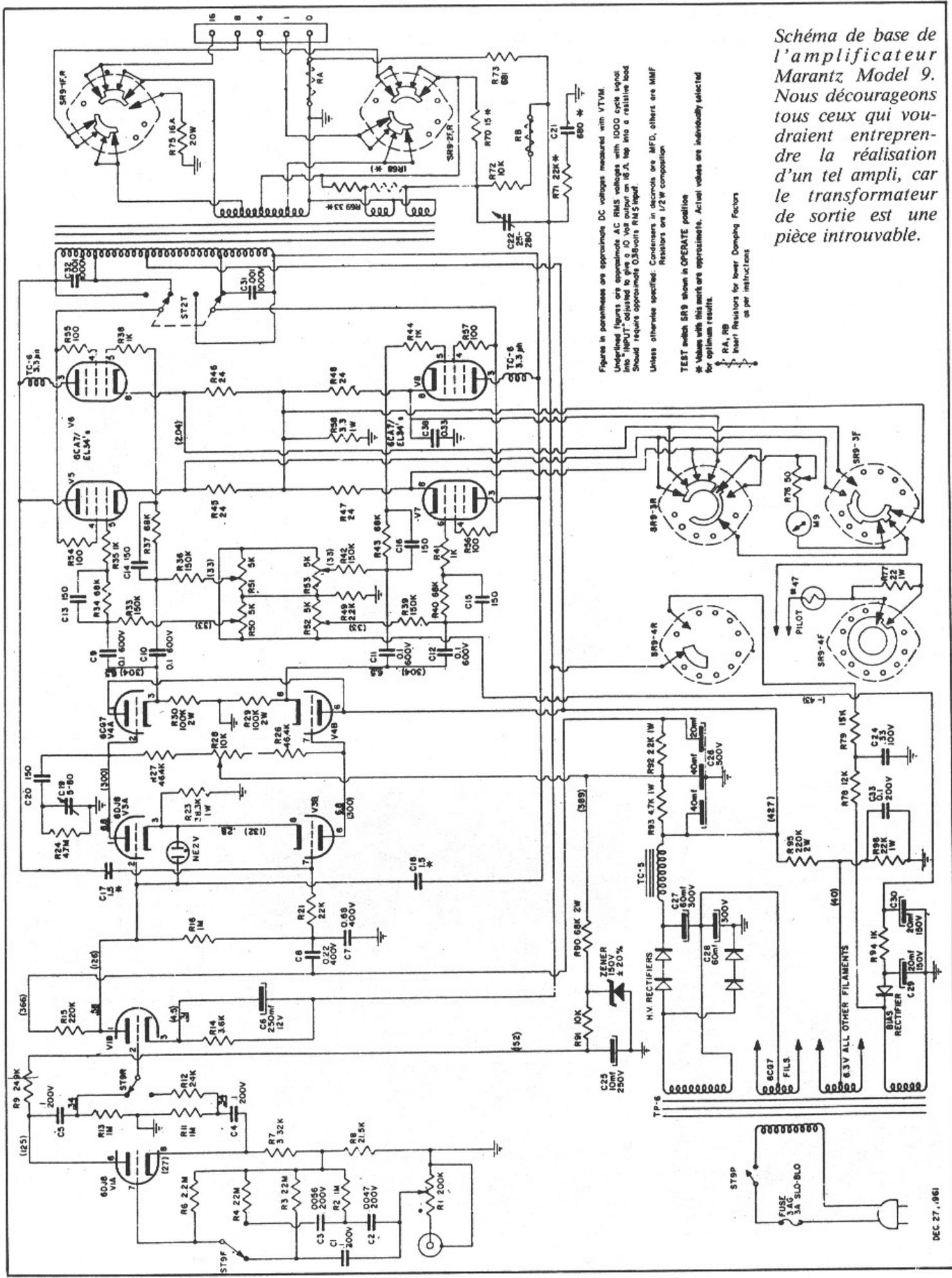
La puissance maximale mesurée s'élève à 94 W sur l'impédance de 8 Ω en mode de fonctionnement pentode. En fonctionnement triode, on peut compter sur 35 W. Ces puissances sont disponibles sur toutes les impédances 1, 4, 8, 16 Ω . Le constructeur annonçait une puissance nominale de 70 W.

Le rapport signal/bruit s'élève à 95 dB en linéaire, valeur correcte si on tient compte de la puissance.

Les taux de distorsion sont, d'une manière surprenante, très faibles. A 70 W, nous avons relevé 0,06 % ; à 1 W, 0,02 % et à 100 mW, 0,025 %. Pour cette dernière valeur, il est difficile de cerner la part qui revient à la distorsion de celle du bruit. Le spectre de distorsion relevée à 40 W laisse apparaître un bon dégradé d'harmonique avec prédominance de l'harmonique 2, qu'il faut peut-être mettre en relation avec la « musicalité » de ces blocs monos. La bande passante, selon la position du filtre en entrée s'étend de 2 Hz à 50 kHz à -1 dB sur la position test et sur la position normale de 20 Hz à 50 kHz à -1 dB. La réponse sur signal carré ne présente aucune trace de suroscillations parasites ou de dépassements.

L'écoute

Nous avons replacé les Model 9 dans le contexte d'une chaîne de l'époque, puis en liaison avec un système plus moderne. Avec



Figures in parentheses are approximate DC voltages measured with VTVM.
 Underlined figures are approximate AC RMS voltages with 1000 cycle signal into "HOUT" adjusted to give 0 Volt output on 10.5 A tap into a resistive load. Should require approximate 0.38 volts RMS input.
 Unless otherwise specified: Condensers in microfarads are MFD, others are MMF. Resistors are 1/2W composition.
 TEST switch SR9 shown in OPERATE position.
 * Values with this asterisk are approximate. Actual values are individually selected for optimum results.
 RA, RB Mean Resistors for lower Damping Factors as per instructions.

Schéma de base de l'amplificateur Marantz Model 9. Nous décourageons tous ceux qui voudraient entreprendre la réalisation d'un tel ampli, car le transformateur de sortie est une pièce introuvable.

un préamplificateur 7c et sur les systèmes JBL de type Hartsfield, on est pour le moins étonné du mélange de douceur et de dynamique que dégage ces blocs monos. Sur des tests de piano de concert, l'ampleur de l'instrument est restituée sans être tronquée, avec une couleur sonore véridique, sans épaissement du haut-grave. Les attaques ont une franchise peu courante pour un ampli à tubes de cette époque et se rapproche des électroniques à tubes modernes. La perspective sonore est extraordinaire : on se croirait en permanence au concert. Les rapports entre sons directs et sons réfléchis sont bien respectés sans halo parasite et on tombe imperceptiblement sous le charme voluptueux d'une transcription qui est aux antipodes du dessèchement sans âme des électroniques transistorisées. Sur de l'opéra, la présence des voix vous fait passer un véritable frisson. Les interprètes ont du « coffre » et n'ont pas une voix de tête nasillarde. Les déplacements sur la scène peuvent être suivis avec facilité.

En mode de fonctionnement pentode, c'est peut-être dans l'aigu que l'on se rend compte des différences par rapport à des

électroniques à tubes modernes qui paraissent filer plus haut avec une analyse plus fouillée des micro-détails.

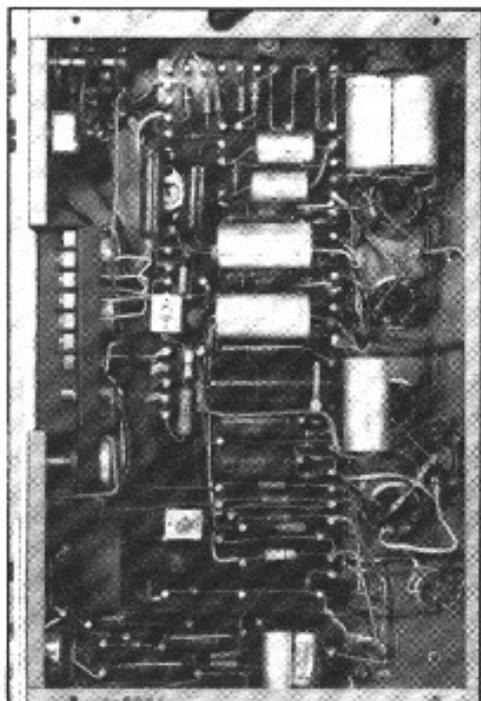
En mode triode, dans le haut-médium on retrouve un caractère soyeux, très raffiné, en particulier sur les instruments à cordes dont les envolées dans les notes élevées ne « coincent » pas et ne virent pas à l'aigu. En revanche, selon ce mode de fonctionnement en triode, le grave est moins précis, moins ferme.

Avec les Marantz Model 9 le

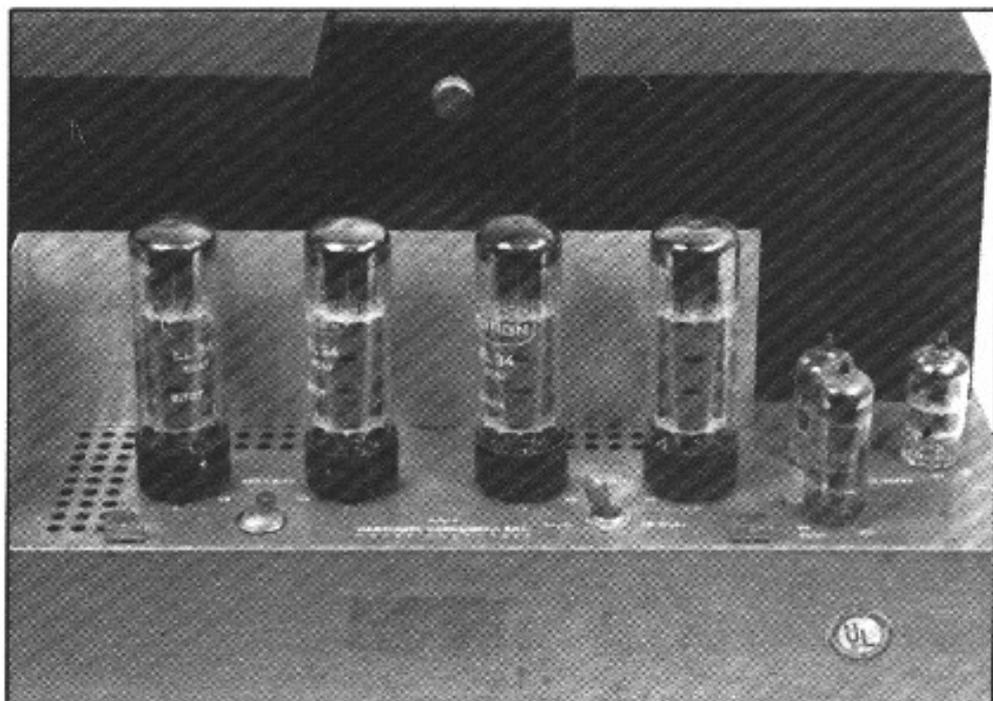
plaisir d'écoute est toujours au rendez-vous. On se laisse emporter par les mélodies, sans chercher à analyser sans arrêt tel ou tel manque, tel ou tel défaut. L'essentiel, au sens propre du mot, de la musique passe d'une façon presque magique. On ne peut qu'être admiratif devant le savoir-faire des ingénieurs de l'époque, qui ont su s'attaquer aux vrais problèmes de la transcription musicale, défrichant le terrain pour bien des générations suivantes.



La trappe a été retirée laissant apparaître la prise d'entrée Cinch, les borniers de sortie haut-parleurs et les vis de réglage des tensions de polarisation ainsi que l'équilibre du courant continu.



Vue de dessous révélant le câblage en l'air sans circuit imprimé.



Du côté des tubes de puissance EL 34, on remarquera l'inverseur qui permet de passer d'un mode de fonctionnement pentode en triode.

**Page non
disponible**

Phénomènes subjectifs de l'audition

2^e PARTIE

Jacky Mas

N

ous avons vu, au cours du précédent article, les phénomènes subjectifs fondamentaux de l'audition. Nous réunissons dans ce dernier volet un certain nombre de données qu'il était difficile d'intégrer à la classification adoptée.

Nous évoquons également les problèmes des effets de masque, et quelques éléments importants de l'exploration de l'audition. Il n'est pas question d'être exhaustif dans cet article, mais nous espérons que les éléments que vous trouverez dans les pages qui suivent vous apprendront à mieux connaître encore votre oreille...

Quelques compléments sur la perception des sons réels

Il semble, d'une manière générale en sciences, que la complexité des phénomènes étudiés nécessite la création d'un nombre toujours plus élevé de paramètres descriptifs. C'est ainsi qu'en physique des particules, il a fallu introduire de plus en plus de grandeurs (on dit en termes scientifiques « d'observables ») pour décrire le monde subatomique des quarks, comme par exemple l'étrangeté, le charme, la couleur, etc. De la même façon en psychophysique et en psycho-acoustique, le besoin d'aller plus loin dans certaines études a nécessité l'introduction de nouveaux concepts.

Les différentes caractéristiques des sons, comme l'intensité, la hauteur et le timbre, ont été ainsi complétées progressivement par d'autres, comme la clarté, le volume et la densité. Par exemple, un son de basse fréquence a pour une faible sonie, un volume aussi important qu'un son aigu d'intensité forte. En procédant intuitivement, on peut accepter l'idée que les sons de plus haute fréquence, qui donnent une impression de plus faible volume, présentent une densité plus importante.

On parle de la rugosité ou de la rudesse d'un son d'une certaine fréquence lorsque ce dernier est modulé en amplitude par une fréquence plus basse (par exemple, un son à 1 000 Hz modulé à 50 Hz). Ce paramètre (r) est quantifiable et on montre

qu'il est proportionnel au carré de la variation relative de pression sonore (cf. *L'Audiophile* n° 14). Bien entendu, r dépend de la fréquence modulée, et la fréquence optimale pour r passe par un maximum qui dépend de cette fréquence modulée. Cette rugosité est sensible en particulier lorsque l'on tente de percevoir des sons de fréquences très voisines. Nous avons précisé (*L'Audiophile* n° 15) que ces « mélanges » de fréquences engendraient des battements. Le désagrément subjectif provoqué par cette rugosité est fonction de la fréquence des sons combinés, et surtout de leur écart fréquentiel. A partir d'un Δf donné, les deux sons présentent des caractéristiques de consonance ou de dissonance variables selon leur rapport fréquentiel.

Pour les sons complexes, nous savons que le timbre est donné par leur richesse harmonique (*L'Audiophile* n° 16). Rappelons que seule l'amplitude de ces harmoniques est responsable du timbre. Cependant, l'audition simultanée de deux sons de fréquence voisine n'obéit plus de façon absolue à cette règle, et le chevauchement des sons introduit une dépendance de phase dans la perception de leur timbre. C'est par ce biais également que l'on peut expliquer les problèmes de dissonance et de consonance perçues lors de l'audition simultanée de deux sons complexes. En effet, deux sons semblent d'autant plus consonants que le nombre de coïncidences harmoniques entre les deux est grand. C'est la génération de battements entre certains harmoniques des deux sons qui introduit une dissonance. Cette dissonance semble maximale à une oreille occidentale pour un intervalle d'un demi-ton dans toutes les gammes.

Il a été démontré que le *seuil absolu d'audition* est plus faible en audition binaurale. Théoriquement, pour deux récepteurs parfaits (mêmes seuils pour chaque oreille), la sommation des effets au niveau cérébral devrait faire reculer le seuil à 50 %, ou encore de 3 dB. En pratique, le seuil de chaque oreille est différent, et le « gain » ou recul du seuil binaural est plus faible que cette valeur théorique. Cette écoute binaurale a également des effets sur les *seuils différentiels* en intensité. Mais, dans ce cas, l'instabilité permanente des seuils intrinsèques de chaque oreille ne permet qu'un assez faible recul de ce seuil. L'instabilité temporelle des seuils intrinsèques de chaque oreille est probablement due au contrôle du Système Nerveux Central qui favorise l'un ou l'autre récepteur selon son apport informatif. Il est clair que l'intensité subjective est d'autant plus grande que la dif-

férence de phase des sons écoutés tend vers zéro.

Les *diplosies* correspondent à des sensations de hauteur différente perçues pour des signaux identiques en intensité et en fréquence. Ces anomalies de perception dépendent de la fréquence et leur importance diminue lorsque l'intensité des sons augmente. On peut artificiellement créer de tels phénomènes en exposant l'une des oreilles à des stimuli intenses (120-140 dB) pour une fréquence donnée.

Les effets de masque

Dans la grande majorité des cas, ce ne sont pas des sons purs que l'on écoute dans un silence absolu. Notre univers sonore est polymorphe et c'est un mélange de nombreux bruits et/ou de sons qui arrive à notre oreille. La simple réduction ou, à l'extrême, la disparition totale de la perception d'un son en présence d'autres sons, constitue l'*effet de masque*. Cet effet a été très largement étudié par deux auteurs E. Wegel et C.E. Lane. Pour tenter d'appréhender au mieux les phénomènes mis en jeu, la plupart des expériences sont réalisées en audition monaurale. La première expérience, toujours dans un souci de simplification, a été effectuée à l'aide de sons purs. Il est possible de procéder de deux façons : soit la fréquence et l'intensité du son masqueur sont fixées et il s'agit de faire varier l'intensité du son masqué, soit l'intensité du son masqueur est variable pour une fréquence donnée et, l'intensité et la fréquence du son masqué sont fixées. Dans le premier cas, il a été mis en évidence que :

— l'effet de masque est d'autant plus important que les fréquences des deux sons diffèrent peu ;

— les fréquences testées sont d'autant plus masquées qu'elles sont supérieures à celle du son masqueur, ce qui a pour consé-

quence évidente que les basses fréquences ont un effet masquant très important ;

— la dépendance des intensités des deux sons n'est linéaire que pour des sons de fréquence proche, et elle devient beaucoup plus complexe pour des sons de fréquences très différentes. De plus, nous avons vu précédemment que l'audition de deux sons de caractéristiques voisines s'accompagne de plusieurs phénomènes parasites (battements, mélanges et sons différentiels).

Dans le second cas, des conclusions complémentaires aux précédentes ont pu être établies :

— l'éloignement des fréquences des deux sons testés a pour conséquence de nécessiter une intensité plus grande du son masqueur pour maintenir l'effet ;

— les fréquences les plus élevées n'ont pratiquement pas de pouvoir masquant.

Lorsque le son pur masquant est substitué par un bruit blanc, toutes les fréquences sont perçues pour une même intensité du son masqué jusqu'à environ 500 Hz. Au-delà, il est nécessaire de relever le niveau du son masqué de 10 dB/10 kHz pour maintenir la perception. Le masquage est bien entendu fonction de la densité spectrale du bruit utilisé.

Il est également intéressant d'étudier l'influence du paramètre temporel dans les expériences de masquage. En effet, il se produit un masquage résiduel (*masquage proactif*) même après l'interruption du son masquant. Il a été également observé un *masquage rétroactif* (relèvement du seuil du son masqué avant le début du son masquant). Les courbes obtenues dépendent de la nature des sons utilisés (deux sons purs, un son pur et un son à bande étroite, deux sons à large bande, etc.). Fletcher a constaté dès 1940 que, seules, les fréquences situées autour de celle du bruit masqué étaient importantes. Cela peut facilement être mis

en évidence par une expérience utilisant une bande étroite pour le bruit masquant : seule la fréquence centrale présente un maximum très marqué. De ces constatations a émergé une notion importante, celle de *bande critique*. La largeur de bande minimale masquant une fréquence donnée semble être reliée au pouvoir de discrimination fréquentielle de la cochlée. Enfin, notons que le masquage proactif est à rapprocher des phénomènes de fatigue auditive dont nous avons parlé dans l'article précédent.

La surdité et son exploration

Il n'est pas question de passer en revue en quelques lignes les différentes pathologies de l'audition, mais compte tenu des données physio-anatomiques que nous avons rappelées, il est possible d'évoquer simplement le problème de la surdité.

Avant de donner une classification élémentaire des surdités, il est nécessaire de connaître les méthodes utilisées pour les explorer. A ce stade, il semble important de différencier les techniques d'*acoumétrie*, réalisables rapidement sans le recours à un appareillage sophistiqué, de l'*audiométrie* où l'utilisation de systèmes spécifiques est indispensable. L'*acoumétrie* élémentaire fait appel à des diapasons (ut_2 ou la_3) ou plus simplement encore à la voix. Dans ce dernier cas, l'étude se fait à l'aide de mots à consonance grave et aiguë, en mesurant la distance minimale de bonne compréhension. Les diapasons étaient utilisés autrefois pour évaluer la gamme tonale perçue par les patients, mais cette utilisation n'a bien entendu plus cours actuellement avec l'introduction de l'*audiométrie liminaire tonale*.

Les épreuves utilisant des diapasons permettent d'évaluer les

conductions aériennes (CA) et osseuse (CO). C'est le rapport entre ces deux types de conduction qui oriente vers tel ou tel type de surdité, comme nous le verrons un peu plus loin. La technique consiste à ébranler un diapason de fréquence basse (128 Hz) puis de le maintenir d'une part à environ 1 cm de l'oreille et, d'autre part, en appliquant le pied du diapason dans un deuxième temps soit sur la mastoïde (derrière l'oreille), soit sur le sommet du crâne (vertex). Chez le sujet sain, la conduction aérienne a toujours une durée supérieure à la conduction osseuse (100 secondes environ contre 30 secondes) et le rapport CO/CA est d'environ 1/3.

Dans l'épreuve de Schwabach, le diapason est posé sur la mastoïde ou le vertex. Si la conduction osseuse est raccourcie (par exemple 15 secondes), il s'agit d'une lésion de l'oreille interne et c'est le type même de la *surdité de perception*. L'épreuve de Rinne nécessite la mesure de CO et de CA. Si les deux paramètres sont également réduits, il s'agit d'une surdité de perception, par contre lorsque CA est raccourcie et que CO est inchangée, voire prolongée, il s'agit alors d'une *surdité de transmission*. Dans ce cas, le rapport CO/CA est largement modifié, voire inversé. L'épreuve de Weber (diapason sur le vertex) permet de confirmer une surdité de transmission (le son est renforcé du côté de l'oreille malade) ou de perception (le son est diminué du côté de l'oreille malade). Ces tests sont simples à réaliser et permettent de localiser approximativement la lésion acoustique. Dans certaines pathologies (ostéopongiose), il est nécessaire de les compléter par deux autres épreuves : celle de Bing et celle de Gellé. La première est réalisée comme l'épreuve de Schwabach, mais cette fois on demande au sujet d'obturer son conduit auditif externe dès que la perception

du diapason disparaît. Si la perception est prolongée quelques secondes, cela signifie que l'appareil de transmission est encore fonctionnel. Dans le cas contraire, le son n'est pas perçu et cela signe la surdité de transmission. Par souci d'homogénéité, on appelle la CO avec obstruction de l'oreille, la COA (Conduction Osseuse Absolue) et COR (Conduction Osseuse Relative), la CO mesurée par l'épreuve de Schwabach. L'épreuve de Gellé est comparable à celle de Bing, mais nécessite l'introduction d'un ustensile pneumatique dans le conduit auditif externe que l'on place au contact du tympan. La CO n'est modifiée lors de l'enfoncement tympanique qu'en cas de fonctionnalité de l'étrier, dans le cas contraire l'épreuve est négative. Il existe bien d'autres techniques en acoumétrie, mais nombre d'entre elles sont aujourd'hui abandonnées, compte tenu de la place de l'audiométrie tonale.

Ces méthodes sont simples et relativement efficaces lorsqu'elles sont mises en œuvre par des opérateurs entraînés. Elles permettent de dépister une surdité uni-ou bilatérale, d'évaluer grossièrement la topographie de la lésion et tout cela à moindre coût. En pratique, l'exploration des déficits auditifs est réalisée par l'audiométrie. Le principe de la méthode est excessivement simple et met en œuvre un audiomètre, appareil permettant de modifier les fréquences et les intensités des sons. Elle est dite *liminaire* lorsque le but recherché est la détermination des seuils d'audibilité. On recherche fréquence par fréquence (en réalité, d'octave en octave) le seuil d'audition du sujet. La courbe obtenue est parabolique chez le sujet normal (courbe de Wegel). Le plus souvent, c'est le graphique inversé qui est utilisé : le trait supérieur du graphique est la référence 0 dB (courbe liminaire compensée) et les intensités

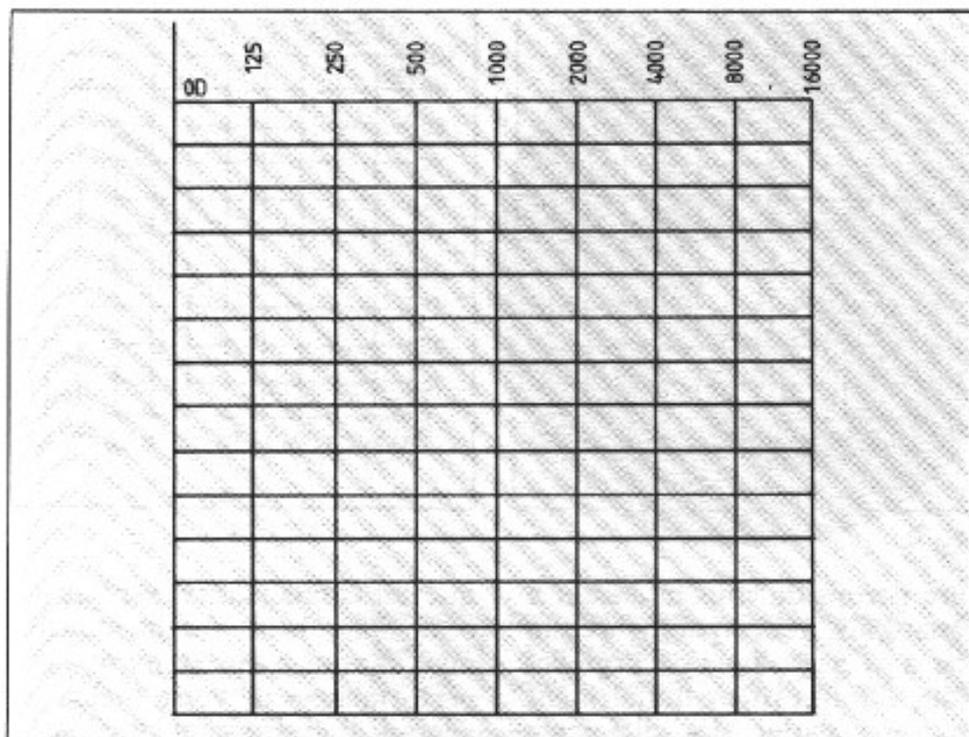


Fig. 1

sont croissantes vers le bas du graphique (voir figure 1). L'audition aérienne est étudiée à l'aide d'un casque et l'audition osseuse à l'aide d'un vibreur. Les mêmes tests d'audiométrie peuvent être réalisés, mais cette fois plus rapidement, puisque les épreuves de Schwabach et de Rinne sont obtenues avec les courbes de CO (vibreur) et de CA (casque). Il en va de même des autres épreuves. Enfin, l'audiométrie supra-liminaire étudie le comportement des récepteurs aux différentes intensités. La méthode est particulièrement importante dans l'étude des distorsions de hauteur et d'intensité. Nous avons évoqué le seuil différentiel en fréquence, et il est clair que ce seuil évolue avec l'âge du sujet. Pour étudier le rôle des intensités, il suffit de rechercher, comme précédemment pour le seuil d'audibilité, le seuil de douleur pour toute la gamme des fréquences audibles. On détermine ainsi le *champ auditif tonal*, surface délimitée par les courbes des seuils d'audibilité et de douleur.

Nous avons mentionné qu'il était difficile de préciser une intensité à un dB près, et que la

gamme utilisé en musique se contenait de sept intervalles. Il faut cependant préciser que le *seuil différentiel d'intensité* est lui beaucoup plus faible puisqu'une différence de 1 dB à 1 000 Hz est parfaitement perçue par une oreille saine chez l'adulte jeune. Notons que ce seuil est fonction de la fréquence. Les élargissements et les rétrécissements du champ tonal jouent également un rôle sur les valeurs de ce seuil.

Lorsque l'on explore certaines surdités, on constate que l'élévation du seuil d'audibilité peut s'accompagner ou non d'un relèvement du seuil de douleur (*marge dynamique*). Ce phénomène a été étudié par Fowler qui lui a donné le nom de *recrutement*. On parle donc de recrutement lorsque la *marge dynamique* de l'oreille lésée est conservée. Cela est dû à l'atteinte partielle de l'oreille interne (épithélium sensoriel), sans lésion des fibres nerveuses. Il peut donc se produire une mobilisation (recrutement) des fibres nerveuses au-delà d'une intensité élevée, ce qui explique une certaine conservation de la marge dynamique. Ce test ne peut être effectué que pour les surdités unilaté-

rales et permet de différencier, dans les surdités de perception, celles qui mettent en cause l'épithélium sensoriel et celles qui résultent d'une lésion du nerf auditif lui-même (8^e paire des nerfs crâniens). L'épreuve de Fowler consiste à choisir la (ou les) fréquence(s) pour laquelle (ou lesquelles) la différence des seuils d'audibilité est la plus marquée, puis à étudier l'écart d'intensité permettant l'égalisation des niveaux entre les deux oreilles. Prenons un exemple concret : soit un patient présentant un écart de 30 dB entre les seuils d'audibilité des oreilles droite et gauche à 4 kHz, et supposons que ce soit l'oreille gau-

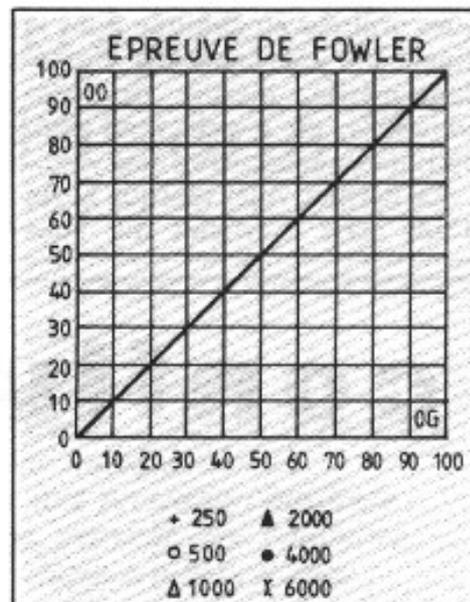


Fig. 2

che qui soit atteinte. A l'aide d'un casque, il est facile de lui faire percevoir du côté sain un son de 4 000 Hz pour des intensités fixées. On cherche pour chaque intensité présentée du côté sain, le niveau nécessaire à lui soumettre du côté lésé pour qu'il ait une sensation d'équilibre des intensités. En répétant l'expérience pour différentes intensités, il est facile de construire une courbe présentant les intersections des intensités sur un graphique (figure 2). En l'absence de recrutement, la courbe obtenue reste parallèle à

la première bissectrice du graphique. Dans le cas contraire, on observe une courbe qui rejoint cette première diagonale à partir d'une certaine intensité (figures 3a et b). Il est possible, à l'aide d'un appareillage spécial, d'étudier le recrutement des surdités bilatérales.

Retenons qu'il peut exister trois grands types de surdité :

— de transmission, lorsque les lésions intéressent l'oreille externe ou moyenne ;

— de perception, si l'atteinte se situe sur les fibres nerveuses ou est localisée à l'oreille interne ;

— et mixtes.

Nous n'évoquerons pas ici les autres tests (phonétiques, en particulier) et les différentes techniques utilisées en clinique pour le diagnostic des surdités (impédancemétrie, mesure des oto-émissions, etc.), cela nous conduirait beaucoup trop loin.

Ce dernier volet marque la fin d'une série d'articles qui vous

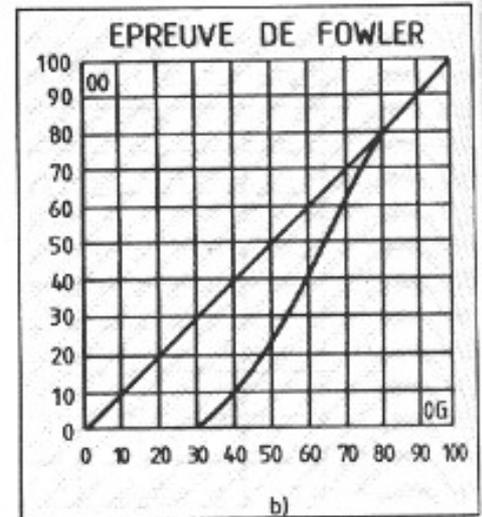
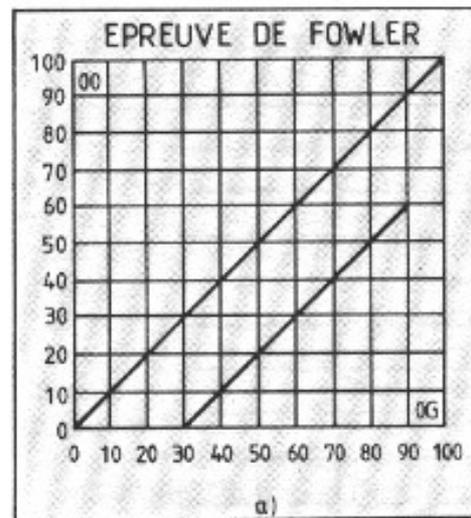


Fig. 3

aura permis de vous intéresser à l'anatomie, à la physiologie et un peu à la pathologie de l'oreille. Nous avions projeté initialement de vous parler des différents types de prothèses auditives, mais compte tenu de la densité de ce dernier article, il nous a finalement semblé préférable de différer cette partie. Finalement, nous savons maintenant que notre récepteur est imparfait et

que nos connaissances sur l'audition sont bien fragmentaires, mais si vous avez retenu que les performances de votre oreille se dégradent rapidement avec l'âge, nous ne pouvons que vous engager d'une part à la ménager (réduisez les niveaux d'écoute !) mais, d'autre part, à l'utiliser le plus souvent possible (allez au concert !) pendant qu'elle vous procure encore tant de joies.

POINT DE VUE

PRISE DE SON ET STEREOPHONIE : vers de nouvelles solutions ?



*A*mplieur, profondeur, équilibre, ainsi qualifions-nous d'une multitude d'adjectifs aussi bien une prise de son que le système chargé de la restituer. Le domaine de la restitution est vaste mais nous ramène inexorablement vers le premier maillon de la chaîne, celui qui permet de figer une prestation musicale : les microphones. Ces derniers, nous les jugeons tous les jours, souvent sans connaître les tenants et les aboutissants de la prise de son. Une seule chose semble certaine : l'infinie variété des résultats obtenus...

La mise au point récente par la firme Schoeps d'un microphone stéréophonique exploitant toutes les ressources de l'électro-acoustique nous a incité à analyser les différents paramètres de ce qui apparaît comme une approche du microphone stéréophonique idéal.

Les techniques utilisant deux microphones associés en couple existent depuis longtemps (XY, ORTF, NOS, MS, tête artificielle, système Jecklin...). **Toutes ont pour but avoué de capter l'espace tridimensionnel perçu**

par l'auditeur. Des deux catégories de couples microphoniques — coïncidents et non-coïncidents — nous ne retiendrons lors de notre exposé que ces derniers, auxquels la distance — variable — entre les capsules confère la faculté de restituer l'espace d'une manière incomparable.

Champ libre - VS Champ diffus

La notion de champ sonore diffus ou libre est relative : hormis dans un milieu spécifique

(chambre anéchoïque), elle est subordonnée à la position de l'auditeur ou du capteur. On parle de champ libre lorsque l'onde directe prédomine sur l'onde sonore réfléchi. En milieu réverbérant, le champ libre se situe à proximité de la source sonore. A l'inverse, si on s'éloigne de la source, le rapport son direct/son réfléchi va se modifier jusqu'à ce que le son réfléchi prédomine sur le son direct : on se situera alors en champ diffus. Ces deux facteurs dépendent bien sûr étroitement

du temps de réverbération de la salle. On comprendra aisément que le placement optimal d'un microphone stéréophonique ne peut se faire dans l'ignorance de ces facteurs.

Caractéristiques de l'audition binaurale quant à la localisation spatiale des sources sonores

L'élaboration d'un microphone stéréophonique capable de capter le champ sonore perçu par un auditeur doit forcément prendre en compte de manière précise les « caractéristiques auditives » de ce dernier. Ici, deux types de paramètres sont à considérer : les critères de localisation des sources sonores et, comme résultant de ces critères, les « performances du système binaural quant à la localisation de ces sources.

Localisation par différence d'intensité

Lorsqu'une source sonore n'est pas dans la ligne de visée (voir fig. 1A) de l'auditeur, la pression acoustique perçue par

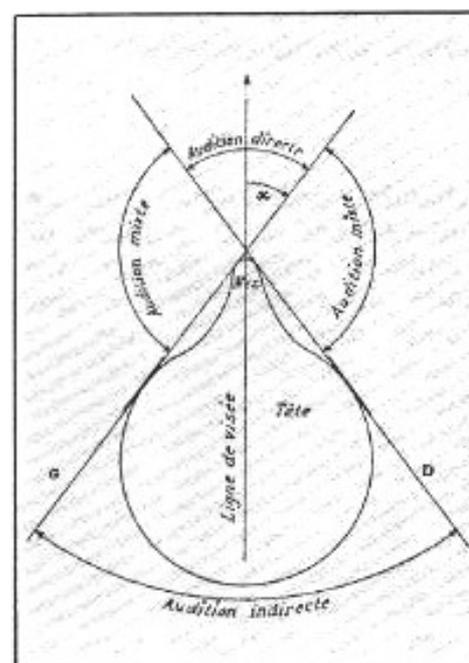


Fig. 1A (d'après H. Bouasse).

les deux oreilles n'est pas la même, ce qui permet à l'auditeur de déterminer approximativement la position angulaire de cette source. Si l'auditeur tourne la tête de manière à faire correspondre sa ligne de visée et la source, il égalise les intensités gauche et droite c'est-à-dire qu'il retrouve une impression de source centrale. Précisons plusieurs points. Si la localisation droite/gauche peut s'avérer assez précise, la localisation de sources placées à 0° et 180° (devant-derrrière) est souvent plus problématique. D'autre part, si l'effet d'ombre dû à la

tête peut aider à la localisation des sons aigus (dans les hautes fréquences, les dimensions de la tête deviennent significatives par rapport aux longueurs d'onde, ce qui a pour effet d'accroître les différences d'intensité gauche/droite (voir fig. 1B), dans les fréquences graves, il n'en va pas de même. On sait par ailleurs que les différences d'intensité dans ces fréquences tendent à disparaître : à mesure que la longueur d'onde de la source augmente par rapport aux dimensions de la tête, la différence des intensités devient une plus petite fraction de l'une d'elle.

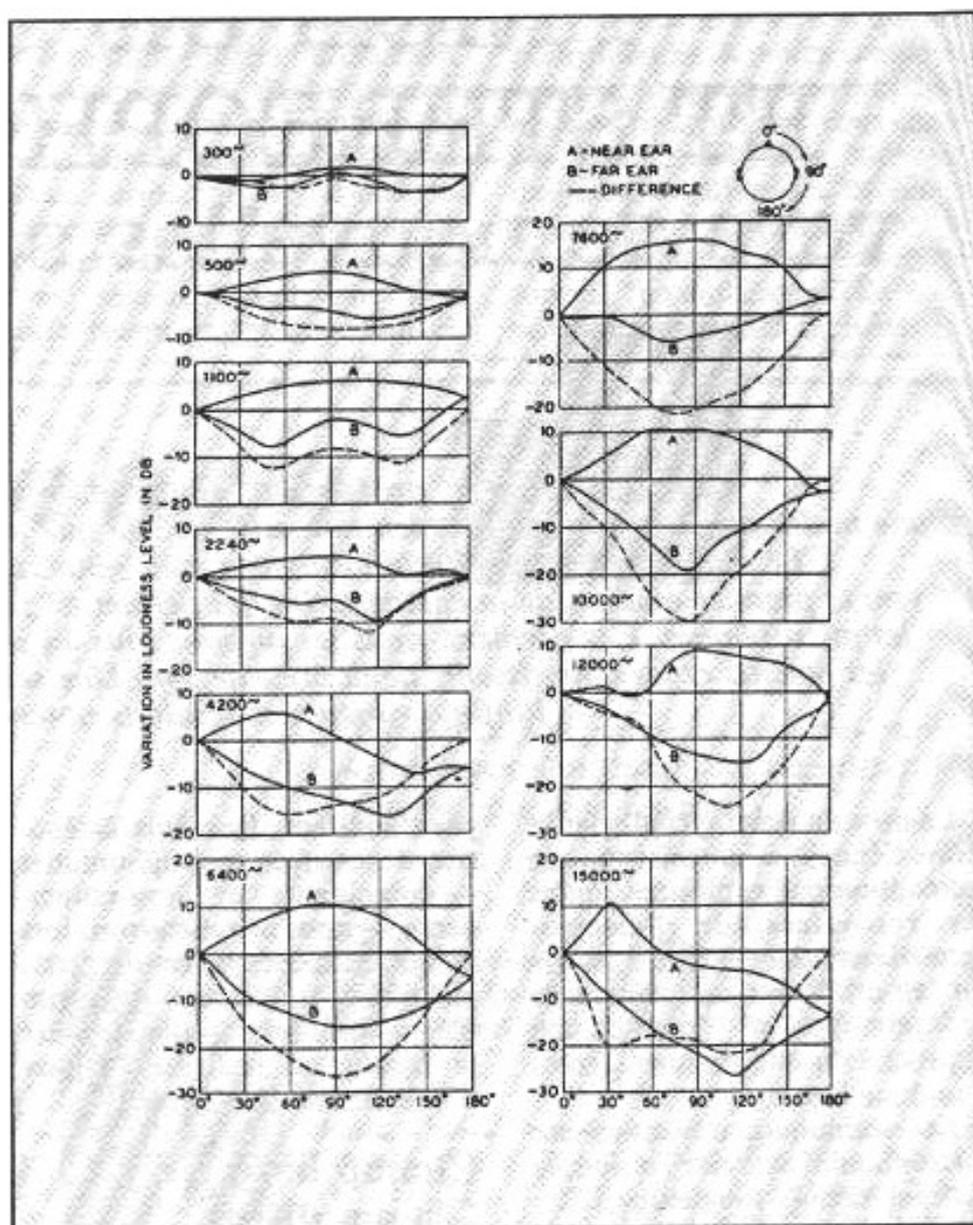


Fig. 1B : Variation de niveau sonore lorsque l'on déplace une source sonore dans un plan horizontal autour de la tête (d'après J.C. Steinberg et W.B. Snow).

Localisation par différence de phase

Ici, plus que l'ombre acoustique de la tête ou l'orientation des pavillons auriculaires, c'est la distance entre les deux oreilles qui induit une différence de phase lorsque la source n'est pas alignée avec l'axe de visée. De même, des sources multiples décalées dans l'espace induisent elles aussi un déphasage.

Il faut cependant signaler que si des différences de phase peuvent exister dans toute la bande audible, elles ne sont réellement pertinentes que pour les sons graves, dont la fréquence limite peut varier selon les auditeurs de 500 à 1 000 Hz. Ceci étant dû au fait que pour des sons aigus, la localisation par différence de phase conduit à l'existence d'images multiples difficiles à discriminer (voir Réf. 1).

En résumé, ces deux critères de localisation nous permettent de cerner quelque peu les performances du « système binaural ». A savoir, on peut affirmer que :

1. La localisation de sources sonores latérales placées dans le plan horizontal traversant les deux oreilles est assez précise.
2. La localisation avant-arrière est difficile.
3. On sait par ailleurs qu'il se produit une perte de sensibilité en dehors du plan horizontal.
4. Si la localisation de la profondeur (VS localisation angulaire dans le plan horizontal) utilise les deux critères cités plus haut (phase et intensité), elle met en jeu d'autres mécanismes. D'une part, l'appréciation de l'intensité absolue de la source (valable pour une source en mouvement : rapprochement ou éloignement) mais surtout l'évaluation de la

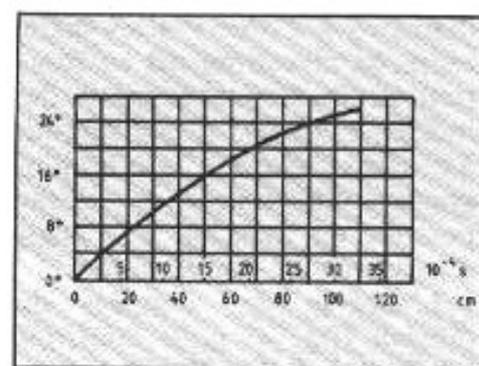
quantité de son réverbéré par rapport au son direct, évaluation permettant d'apprécier — de manière approximative il est vrai — la distance à laquelle se trouve la source sonore.

A ce stade, précisons que le critère n° 1 est généralement pris en considération lors de l'élaboration d'un microphone (ou à défaut, d'un couple de microphones). Le critère n° 2 a peu de valeur dans le domaine de l'enregistrement musical : la source sonore est à peu près toujours devant l'auditeur : les seules informations qui lui parviennent à 180° sont des informations de réverbération, c'est-à-dire des informations diffuses. En revanche, les critères n° 3 et n° 4, bien qu'étant quantitativement peu présents dans le mécanisme global de l'audition binaurale, sont d'une importance majeure dès lors qu'il s'agit de mettre au point un microphone stéréophonique. Or ces critères ne sont pas pris en compte. Nous verrons plus loin de quelle manière ils sont intégrés dans la conception du microphone stéréophonique KFM 6 U.

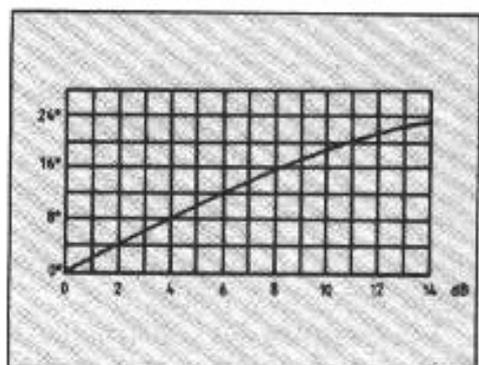
Interactions entre le milieu et les microphones. Notion d'objet intrus

Une forme en acoustique se singularise par les modifications qu'elle provoque dans un milieu donné. Ainsi, l'introduction d'un microphone dans un champ acoustique s'accompagne d'un phénomène de diffraction (autour du microphone) responsable d'irrégularités de réponse en fréquence de ce dernier en fonction de l'incidence des ondes

sonores atteignant sa capsule. Le microphone se comporte en fait comme un objet intrus qui perturbe le champ acoustique dès que sa taille devient non négligeable par rapport à la longueur d'onde ; le tableau (fig. 3) donne à titre indicatif les longueurs d'onde en cm pour des fréquences allant de 100 Hz à 20 kHz pour une vitesse de transmission de 340 m/s. Les longueurs d'onde de 5 kHz à 20 kHz allant de 6,8 cm à 1,7 cm, on explique aisément le fait que le diagramme polaire d'un microphone omnidirectionnel devient progressivement directif aux fréquences élevées, ce phénomène



Influence des différences d'intensité.



Influence des différences de temps.

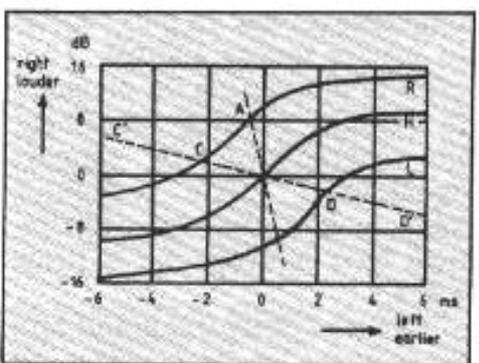


Fig. 2 Influence du mélange de différences de phase et d'intensité.

F (kHz)	0,1	1	3	5	10	12	15	20
λ (cm)	340	34	11,3	6,8	3,4	2,8	2,3	1,7

Fig. 3 : Longueur d'onde pour des fréquences comprises entre 100 Hz et 20 kHz.

f kHz	Sphère				Cylindre			
	1/2"		1"		1/2"		1"	
	$\Delta L(90^\circ)$ dB	ΔL_{max} dB						
1	0	0	0	0	0,5	0,5	1,5	1,5
5	1,0	1,2	3,5	5,0	2,5	3,0	5,0	6,5
10	3,5	5,0	4,5	7,2	5,0	6,5	8,5	13,0
12	4,0	5,7	4,7	9,0	6,5	8,5	9,5	14,0
15	4,2	6,2	5,0	10,0	7,5	10,0	9,5	15,5

Fig. 4 : Effet de diffraction sur la fréquence (voir texte).

de directivité lié à la diffraction dépendant également de la forme du microphone.

Le tableau (fig. 4) donne pour des dimensions normalisées de deux formes simples (microphones sphériques et cylindriques de diamètre 1/2" et 1") les différences de niveau en dB en fonction de la fréquence pour des incidences de 90° (θ par rapport à 0° dans l'axe, fig. 5) et les plus grandes différences de niveau possible en fonction de l'angle d'incidence de l'onde sonore.

L'analyse des données du tableau (fig. 4) nous confirme l'influence de l'effet de diffraction sur la réponse non axiale en fonction de la fréquence (rapport longueur d'onde-objet « intrus ») et celle non négligeable de la forme. Tout ceci donne à penser que le phénomène de diffraction qui se produit autour du corps du microphone doit affliger bon nombre de microphones dont la formes commerciales donnent à penser que...

Les réponses des constructeurs face à ces problèmes sont multiples :

— Rendre l'objet petit face aux longueurs d'onde les plus courtes du spectre sonore audible. Toutefois la diminution du diamètre de capsule entraîne facilement une dégradation du rapport signal/bruit (cette technique étant malgré tout particulièrement bien maîtrisée par la firme B & K).

— Rendre l'objet très grand afin de déplacer les irrégularités du spectre sonore vers les très basses fréquences ; principe du miroir

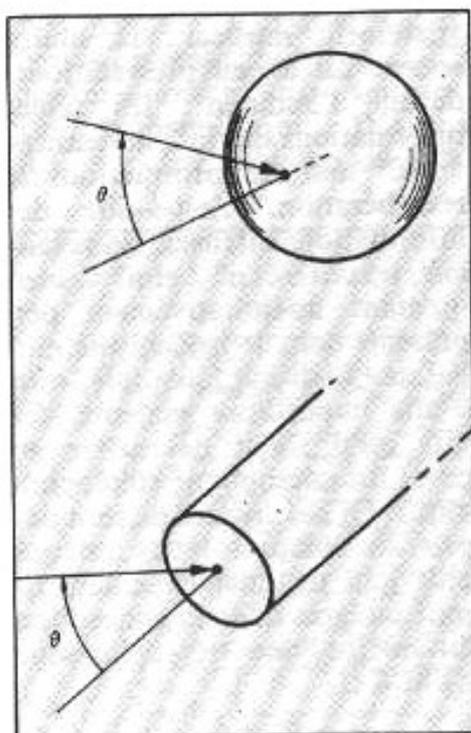


Fig. 5 (d'après M. Rossi)

acoustique, système performant mais d'utilisation délicate, surtout en stéréophonie.

— Utiliser les propriétés acoustiques d'une forme géométrique afin d'améliorer la réponse d'un capteur ou de permettre à deux capteurs de restituer un espace tridimensionnel.

La sphère, forme idéale ?

Une forme géométrique destinée à contenir un transducteur ne doit pas ou peu perturber le champ acoustique, ou alors elle doit le faire d'une manière spécifique.

Concrètement, l'intégration d'une forme sphérique dans la réalisation de transducteurs per-

met d'aboutir à la notion de correcteur passif lié aux propriétés de diffraction d'un obstacle (baffle acoustique), ceci tout en assurant des transitions plus douces que celles provoquées par un dioptre plan, transitions dont les caractéristiques de fréquence et de niveau sont fonction des dimensions de la sphère.

L'analyse de la diffraction en propagation ou par réciprocity de la diffraction à l'émission d'un obstacle sphérique nous confirme par ailleurs les propriétés énoncées ci-dessus. Mais il faut conserver à l'esprit le fait que les limites établies par l'acoustique géométrique ne permettent qu'une approximation des phénomènes de diffraction.

Diffraction en propagation par une sphère rigide

(Réf. 2)

L'obstacle, une sphère de rayon a , est placé dans le champ lointain de la source (onde plane).

— Pour ka inférieur à 1, k étant le nombre d'onde en rad/m, l'intensité acoustique diffractée s'écrit :

$$I_d = (k^4 a^6 / 9 r^2) (1 - 3 \cos \theta)^2 I_i \quad \text{W/m}^2$$

I_i = intensité acoustique diffractée en l'absence de la sphère.

r et θ = coordonnées polaires ayant pour origine le centre de la sphère.

Le champ diffracté est maximal en direction de la source ($\theta = 0$) la dépendance en k^4 explique que les basses fréquences soient peu diffractées.

— Pour ka supérieur à 1 :

$$I_d = (a^2 / 4r^2) [1 + \cot^2 \frac{1}{2} \theta \cdot J_1^2(ka \sin \theta)] I_i \quad \text{W/m}^2$$

La pression correspondante

$$P_d \approx (a/r) R \cdot \text{Exp}[-jkr(1 + \cos \theta)] P_i \quad \text{en Pascal (Pa)}$$

R est un coefficient de

réflexion fonction de ka et θ pour $\theta=0$ (direction de la source) $R \approx 1/2$.

Donc une sphère, même de grande dimension, ne se comporte pas comme un dioptré plan ($R=1$ expliquant le doublement de la pression acoustique en regard d'un baffle infini).

Pour $\theta=180^\circ$, ce champ résultant $P=P_i+P_d$ s'annule presque, ce qui explique l'ombre acoustique projetée derrière la sphère.

Diffraction à l'émission par une sphère rigide

(Réf. 2)
L'objet est placé au voisinage de la source. La courbe (fig. 6) exprime la variation de directivité $D(\theta)$ en fonction de ka et selon θ d'une sphère de rayon a dont un seul élément de surface rayonne.

Pour ka inférieur à 1, l'obstacle est négligeable par rapport à la longueur d'onde et n'entraîne pas de modifications du champ acoustique.

Pour ka supérieur à 1, l'obstacle induit une directivité du rayonnement d'autant plus accentuée que ses dimensions sont grandes par rapport à λ .

Pour rappel :

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = cT \text{ en mètres}$$

$$k = \frac{\omega}{c} \text{ rad/m}$$

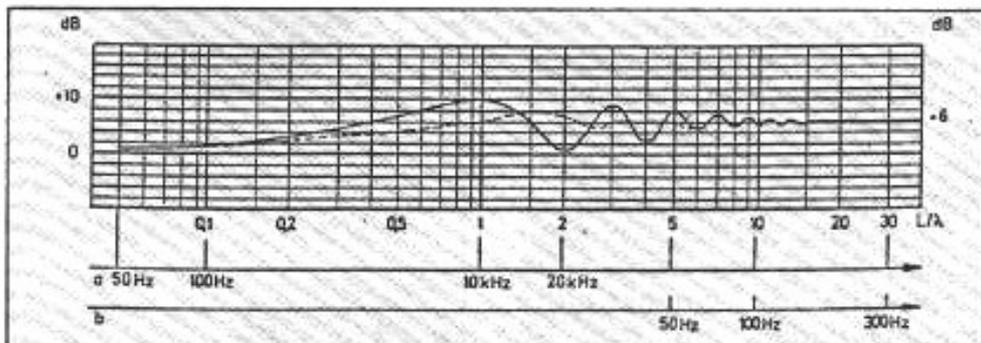


Fig. 7 : Variation typique de la pression acoustique au centre de la surface frontale d'un objet réfléchissant en fonction de sa dimension et de la longueur de l'onde sonore incidente. a) Echelle de fréquence correspondant à un objet de faible dimension. b) Echelle de fréquence correspondant à un objet de grande dimension (34 m) (d'après Müller, Blank, Davis - Bell Telephone, 1937).

$$\omega = 2\pi F$$

$$c = (P k^{-1})^{-1/2} \text{ m/s}$$

La courbe (fig. 7), relevée des variations de pression acoustique au centre de la surface d'un cube (en fonction de la fréquence et de l'incidence d'une onde sonore de front plan), exprime à merveille le chaos induit dans un champ acoustique par cette forme.

La sphère microphonique stéréo Schoeps KFM 6 U

L'ensemble des considérations théoriques précédentes — dont le but est de permettre la réflexion — n'est qu'un reflet des développements théoriques et pratiques effectués par Schoeps durant la conception de ce microphone.

Lors d'une entrevue à la dernière convention de l'A.E.S., M. Jörg Wuttke, directeur technique de cette firme, nous a précisé la philosophie dans laquelle a été élaboré le KFM 6 U.

L'idée directrice était d'abord la prise de son stéréophonique non pas en considérant le couple comme deux microphones mono, mais bien comme un microphone stéréophonique à part entière. Le cahier des charges incluant notamment une courbe de réponse linéaire dans l'axe stéréophonique du micro et la prise en compte de la nécessité d'obtenir des différences de

niveau individuelles dépendantes de la fréquence. Ceci malgré le choix de capteurs de pression assurant une réponse en fréquence linéaire jusqu'aux plus basses fréquences.

Les deux capteurs de conception spécifique sont placés à la circonférence d'une sphère de 200 mm de diamètre et sont diamétralement opposés. La sphère entre les deux capsules, de par

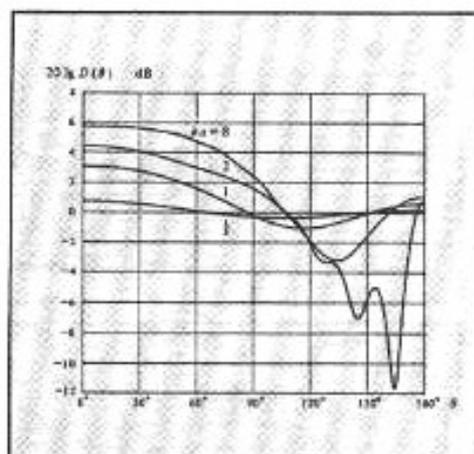


Fig. 6 (d'après M. Rossi).

son diamètre, permet des différences de temps et provoque des différences de niveau individuelles dépendantes de la fréquence de manière plus cohérente que celles induites par un baffle plan.

La ligne de visée stéréophonique est perpendiculaire et médiane à l'axe des deux capsules, ce qui correspond à une orientation des capsules de 90° par rapport à une source ponctuelle. La réponse en fréquence des capsules est relevée électroniquement au-dessus de 10 kHz. Examinons un cas pratique : lorsqu'une capsule « reçoit » une source de manière frontale (dans son axe), on constate donc un renforcement des fréquences aiguës. La seconde capsule (placée à l'opposé) possédant les mêmes caractéristiques, sa réponse en fréquence chutera peu dans les hautes fréquences, ceci malgré l'effet de diffraction de la sphère et malgré le fait que cette capsule est située à 180° par rapport à la source sonore. Ainsi, le KFM 6 U possède-t-il

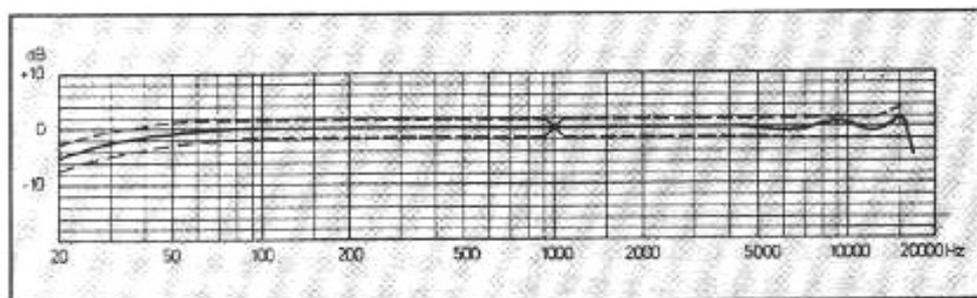


Fig. 8 : Réponse en fréquence du microphone KFM 6 U dans l'axe stéréophonique. La réponse en champ diffus se situe dans les tolérances indiquées en pointillés.

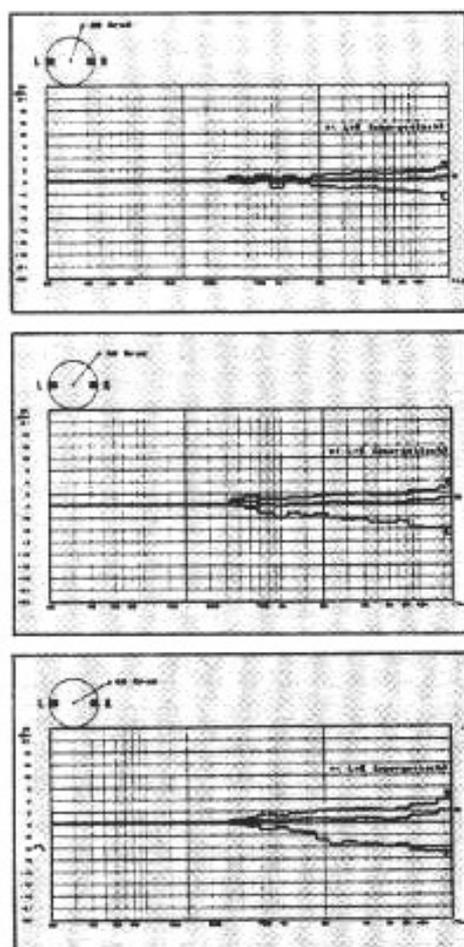


Fig. 9 : Réponses en fréquence pour une source sonore se dirigeant vers la droite aux angles de 20°, 40° et 60°. Courbe du haut : droite. Courbe du bas : gauche. Courbe du milieu : somme des énergies gauche/droite. (Doc. Schoeps)

une courbe de réponse linéaire aussi bien dans l'axe stéréophonique qu'en champ réverbérant.

D'autre part, un « cache » présentant deux perforations (de quelques millimètres) alignées dans un axe vertical et équidistantes de son centre est placé devant les membranes des capsules, ce qui a pour effet d'altérer

la réponse globale du microphone en dehors du plan horizontal et de contribuer à la linéarisation de la réponse en champ diffus. Ce qui signifie que chaque cellule possède un diaphragme de directivité asymétrique et que l'inclinaison de la sphère modifie la perception du champ sonore.

Ces facteurs participent à l'obtention d'une représentation réaliste de la profondeur de champ acoustique. Toutefois, le placement d'un tel microphone doit se faire avec le plus grand soin : le rendu subjectif du KFM 6 U est, affirme M. Wuttke, fortement lié à sa position dans l'espace. Ainsi l'utilisation d'un obstacle acoustique inter-capsule (sphère) a permis d'utiliser des capteurs de pression — dont on connaît les excellentes performances dans les basses fréquences — sans pour autant sacrifier la spatialisation (fig. 8 et 9).

Notons qu'une firme telle que Schoeps qui possède à son catalogue tous les systèmes de prise de son stéréophoniques a su remettre en cause les principes établis en concevant cette sphère qui représente la synthèse de ce qui peut être fait en électroacoustique dans ce domaine.

Si certains couples stéréophoniques ont dû leur succès à des impératifs de compatibilité monophonique, on peut se demander si un microphone de conception réellement stéréophonique aux qualités subjectives et réelles dignes de l'audio-numérique ne s'imposera pas comme LA solution aux person-

nes effectuant des enregistrements par ces procédés.

Bibliographie

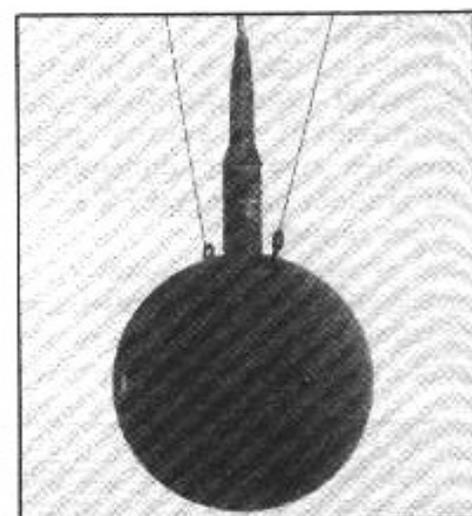
H. Bouasse, « Acoustique générale », Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 1987 (réf. n° 1).

J.C. Steinberg, W.B. Snow, « Auditory Perspective - Physical factors », 1934 cité in « An Anthology of reprinted articles on stereophonic techniques », 1986 Audio Engineering Society, Inc.

J. Jecklin, « A different Way to record Classical Music », 1981, J.A.E.S., vol. 29, n° 5, cité in « An Anthology of reprinted articles on stereophonic techniques », 1986 Audio Engineering Society, Inc.

M. Rossi, « Electroacoustique », éd. Dunod, 1986 (réf. n° 2).

Documents Schoeps GmbH, Spitalstr. 20, 7500 Karlsruhe 41, Imprt. Elna France.



POINT DE VUE

L'ECOUTE HIFI QUEL NIVEAU ? QUELS REGLAGES ? (2^e PARTIE)

A

près avoir établi que le confort de l'écoute Hi-Fi passe par la recherche d'un écart de niveau important entre bruits parasites de toute nature et signal utile, et que l'authenticité sonore absolue tient au respect des niveaux acoustiques des sources réelles, en raison des phénomènes de masquage :
il faut se préoccuper de fixer quelques niveaux de référence permettant à l'audiophile, si tant est que son environnement l'y autorise, de retrouver chez lui les timbres et les tonalités qui « signent » l'écoute directe.

Retour sur la notion de confort d'écoute

Comme l'ont montré beaucoup d'experts (Fletcher, Moles, Leipp, Feldtkeller), le confort d'écoute se mesure par l'écart existant entre le spectre de la modulation utile et le spectre de bruit nuisible, dans une représentation graphique telle que celle de la figure 1.

Ainsi, la dynamique d'écoute se trouve-t-elle enfermée entre deux limites : voir la zone hâchurée qu'il convient d'étendre autant que possible,

— soit en haussant le niveau d'écoute, pour échapper au bruit ambiant (avec une limite fixée par la nuisance à l'égard du voisinage) ;

— soit en abaissant le niveau de bruit ambiant (très difficile en

habitat urbain) ;

— soit en agissant sur les deux paramètres à la fois (cas de l'écoute au casque).

Des tests faits par les téléphonistes ont montré qu'en l'absence d'informations de redondance — présence d'éléments facilitant la compréhension d'une phrase par exemple — l'intelligibilité des syllabes isolées (logatomes) chutait très vite

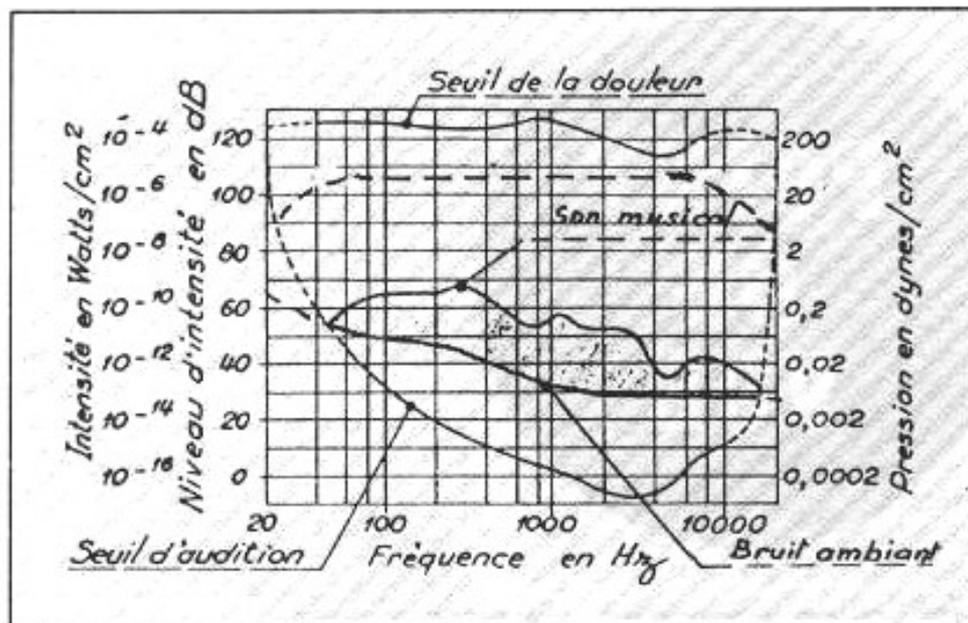


Fig. 1 : Spectrogramme montrant la diminution du confort d'écoute en présence de bruit. (La zone grisée indique la plage de confort.) La ligne en tireté indique la limite de la reproduction sans distorsion.

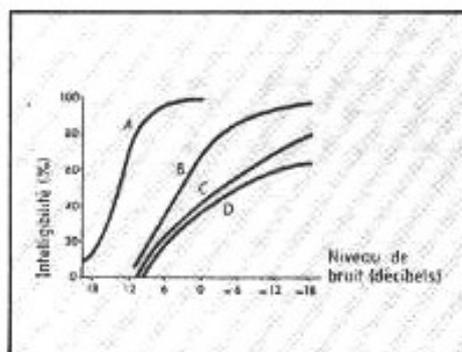


Fig. 2 : L'intelligibilité des logogrammes D, des mots C, des phrases B, et des chiffres A, en %, en fonction du bruit masquant en décibels (par rapport au signal) (d'après A. Moles).

en présence de bruit (voir figure 2). On note, en effet, que chaque décibel gagné sur le rapport signal à bruit peut faire progresser de plusieurs pourcents le taux d'intelligibilité d'une phrase ou d'un chiffre.

Par ailleurs, les mêmes tests ont montré l'importance de la bande centrale d'audition correspondant au domaine des sons du langage et de la musique (1), là où l'oreille humaine présente la plus grande finesse de perception.

Ces règles de bon sens étant rappelées, on peut s'interroger sur les inconvénients d'une écoute à bas niveau, en dehors

des effets physiologiques énumérés en première partie.

Les trahisons des bas niveaux

S'il est vrai que l'électronicien cherche d'abord à se prémunir contre des distorsions liées aux niveaux forts (effets de saturation), il ne faut cependant pas ignorer les trahisons de l'électronique et des transducteurs fonctionnant à niveaux faibles, à savoir :

Au niveau électronique

— Remontée de la distorsion pour des modes de fonctionnement en classes de polarisation B' ou AB (cf. l'étude typologique du comportement des amplificateurs à tubes ou à transistors -L'Audiophile nos 8, 9, 10 et 12).

— Distorsion des préamplificateurs dont l'étage d'entrée peut se comporter comme un détecteur de modulations parasites (induction radio/TV) en l'absence de tout filtrage d'entrée.

Au niveau des haut-parleurs

— Discrétisation du déplacement de la partie rayonnante : le déplacement de l'équipage mobile se fait par sauts successifs en raison de la difficulté pour le

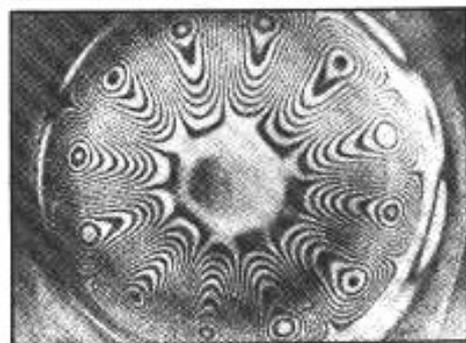
moteur à vaincre les forces de frottement.

— Instabilité des caractéristiques de directivité due à des échanges d'énergie entre modes de vibration mal contrôlés : les résultats d'analyse holographique (2) montrés en figure 3 attestent que les caractéristiques de rayonnement sont loin d'être constantes en fonction de l'amplitude.

— Directivité de haut-parleur trop grande pour un local trop amorti : les sons en-dehors de l'axe peuvent tomber au-dessous du seuil d'audibilité (sinon au-dessous du bruit ambiant), ce qui peut expliquer de véritables trous dans le spectre perçu.

Quel réglage de niveau ?

Ecouter au niveau réel des instruments ou des voix est une chose, respecter la dynamique (c'est-à-dire l'écart chiffré en décibels entre le son le plus fort et le son le plus faible) en est une



a) Vibration à 2 000 Hz.
b) Même haut-parleur. Même fréquence d'excitation. L'amplitude de la vibration est environ deux fois plus élevée.

Fig. 3 : Holographie de la membrane d'un haut-parleur (d'après The Journal of the Acoustical Society of America, Volume 53, Number 4, 1973).

autre. Il se trouve, en se référant au graphique de la figure 1, que la dynamique se trouve enfermée entre deux bornes qui ne dépendent pas de l'installation :

— la borne supérieure qui est fixée par la limite tolérable par l'environnement ;

— la borne inférieure qui est fixée par le bruit ambiant. On trouvera en figure 4 quelques références de niveaux de crête permettant d'évaluer la capacité d'une installation domestique à restituer les niveaux réels et, en particulier, d'estimer la puissance électrique nécessaire, en-dehors de toute contrainte d'environnement.

— la borne inférieure qui est fixée par le bruit ambiant. On trouvera en figure 4 quelques références de niveaux de crête permettant d'évaluer la capacité d'une installation domestique à restituer les niveaux réels et, en particulier, d'estimer la puissance électrique nécessaire, en-dehors de toute contrainte d'environnement.

On peut remarquer alors :

1) que pour la plupart des exemples musicaux mentionnés, le niveau acoustique minimal tombe généralement dans la même plage que le bruit ambiant (lequel évolue entre 40 et 50 dB pour un living calme, entre 50 et 60 dB pour un local réputé bruyant). **Cette situation laisse espérer qu'on peut respecter chez soi une dynamique réelle approchant 50 dB, mais seulement dans les cas les plus favorables (bruit au-dessous de 50 dBA) ;**

2) que les niveaux de crête connaissent une trop grande dispersion (75 à 108 dBA dans les exemples cités) pour constituer une référence de réglage.

A contrario, **deux résultats de mesure paraissent devoir être pris en considération, parce qu'indépendants du programme :**

— la **mesure du niveau des applaudissements** (82 à 88 dBA) (3) ;

	Distance du micro	Niveau max. (dB)	Dynamique (dB)
Contrebasse	6 m	87	42
Orgue	25 m	100	38
Xylophone	25 m	75	26
Cymbales	4 m	93	30
Pièce pour piano	3 m	102	42
Pièce pour piano	7 m	97	48
Quatuor à cordes	2,5 m	96	43
Sonate en sol majeur de Beethoven (violon, piano à queue)	2 m, 6 m	95	44
Chant (soprano, piano à queue)	1 m, 6 m	102	47
Chant (soprano, contralto)	4 m, 3 m	101	45
Chant (soprano, piano)	2 m, 5 m	102	42
Chœur hommes (40 personnes)		100	42
Petit orchestre (Concerto Brandebourgeois J.S. Bach)		97	51
Grand orchestre (symphonique)	5 m du chef	108	43
Théâtre Champs-Élysées	dernier rang d'orchestre	75, 84 ¹⁾	
Pleyel	12 ^e rang d'orchestre	80, 88 ¹⁾	

1) 1^{er} chiffre : accord de l'orchestre - 2^e chiffre : applaudissements

Fig. 4 : Niveaux acoustiques à la prise de son (norme dBA).

	Distance du micro	Niveaux max. (dB)	Dynamique (dB)	Obs.
Clarinette	1,5 m	106	48	
Flûte	1,5 m	107	43	
Piano	3 m	104	41	
d'après « Absolute Amplitude and Spectra of Certain Musical Instruments and Orchestras by L.J. Sivian, H.K. Dun and S.D. White ».				
Bureau climatisé		51		
RER ligne B		70		80 km/h
Airbus A 320		72		900 km/h
TGV Atlantique		66		300 km/h
Automobile		68 à 75*		130 km/h

* selon modèle, en place avant.

Fig. 5 : Niveaux acoustiques de sources sonores familières (norme dBA).

Salle	Position d'écoute	Oeuvre	Niveau max. (dBA)
Th. des Chps-El.	dernier rang d'orchestre	Hymne (fin de) (O. Messiaen)	90
dito	1 ^{er} balcon	Symphonie n° 32 (W.A. Mozart)	85
dito	dito	Symphonie n° 9 (Chostakovitch)	92
Pleyel	12 ^e rang d'orch. ¹⁾	Ouverture de « La Fiancée Vendue » (Smetana)	92
dito	dito	Concerto n° 1 (Chopin)	78 ²⁾

1) environ 15 m du chef 2) sur partie soliste

Fig. 6 : Niveaux acoustiques en salle de concert (orchestre symphonique).

— la mesure durant le temps d'accord de l'orchestre (73 à 80 dBA selon la salle et la place occupée).

S'agissant d'instruments ou de bruits divers, on se référera au tableau de la figure 5 pour disposer de quelques repères supplémentaires.

Ces dernières données appellent les commentaires suivants :

1) La reproduction d'instruments rapprochés aussi familiers que la flûte, le piano ou la clarinette, n'est pas sans poser des problèmes de nuisance et de restitution par l'ensemble amplificateur-haut-parleurs car, curieusement (mais c'est reconnu), les niveaux d'écoute habituels d'orchestre sont plus faibles (ça ne dépasse pas 90-92 dBA en grande salle à plus de 15 m du chef).

2) La reproduction en local très bruité (c'est le cas de l'automobile) suppose un travail d'adaptation important pour améliorer le rapport signal à bruit.

S'agissant plus particulièrement des niveaux rencontrés en salles de concert, la figure 6 précise quelques résultats sur programmes de musique classique. On notera une assez bonne stabilité autour de la valeur de 90 dBA pour un orchestre symphonique (100 à 120 musiciens), valeur qui peut servir de référence pour un auditeur mélomane fréquentant les grandes salles habituelles.

On ne peut qu'être surpris de

l'écart des niveaux constatés à courte distance avec les instruments familiers et l'orchestre symphonique écouté en grande salle. On peut en déduire que l'écoute d'enregistrements du premier type est quasi impossible à niveau réel dans un environnement non protégé, si ce n'est au casque.

Retrouver le niveau du direct suppose finalement :

— qu'on dispose d'une référence : retenir 90 dBA comme niveau de crête en reproduction d'orchestre symphonique constitue une première indication.

Adopter la plage 82 à 88 dBA sur des applaudissements peut constituer une deuxième indication. Beaucoup d'enregistrements « live » contiennent ce type d'information, à commencer par la célèbre série des enregistrements du nouvel an par l'orchestre de Vienne.

— qu'on dispose d'un indicateur de niveau :

- soit sous la forme d'un sonomètre (ou décibelmètre) ;
- soit sous la forme d'un indicateur de puissance délivrée par l'amplificateur, en supposant connue la sensibilité des enceintes acoustiques (4).

A cet égard, deux questions se posent :

Comment joue le local ?

Comment la reproduction stéréophonique modifie-t-elle le niveau d'écoute subjectif ?

Pour ces deux questions, on peut admettre, dans les cas usuels, que la combinaison de la stéréophonie, de la réverbération en salle d'écoute et de la distance auditeur-enceintes acoustiques ne change pas l'équation de départ, à quelques décibels près.

Concrètement, cela signifie que le bilan acoustique, tel que représenté en figure 7, conduit à

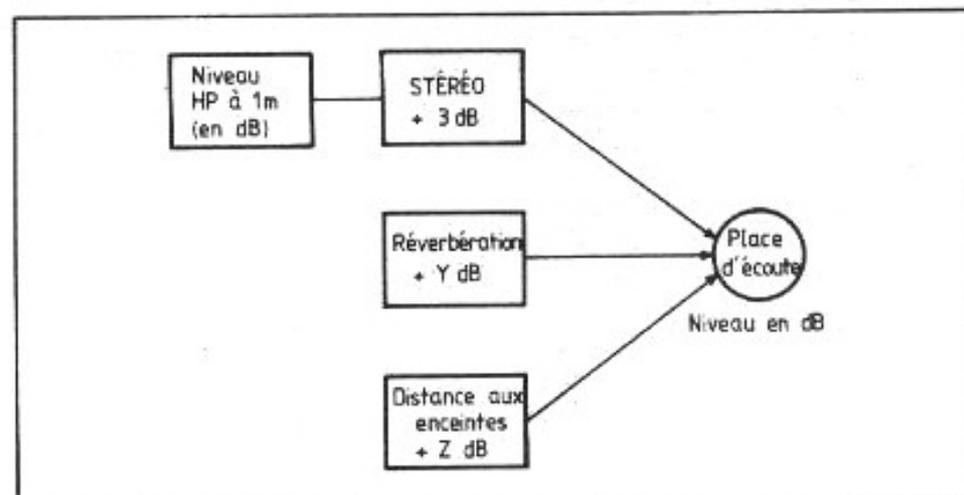


Fig. 7 : Bilan acoustique (estimation grossière) en écoute domestique.

un niveau d'écoute entre 3 et 5 m pas très différent du niveau délivré par chaque enceinte acoustique à 1 m de celle-ci et sous 1 watt électrique d'excitation.

Pour des enceintes données pour une sensibilité de 90 dB/watt à 1 m, on obtient grossièrement 90 dB à la position d'écoute, toujours avec une excitation électrique de 2×1 watt efficace.

On en déduit qu'il suffit d'une puissance de 2×1 watt efficace pour obtenir le niveau crête de l'écoute en concert dans les conditions de la figure 6. Naturellement, une marge de bon fonctionnement conduit à adopter 2×10 W eff ou 2×15 W eff.

Pour des enceintes de sensibilités différentes, il conviendrait de faire une correction correspondant à l'écart de sensibilité.

Ainsi, avec des enceintes acoustiques de sensibilité 87 dB/W à 1 m, on obtiendrait un niveau d'écoute de 90 dB à quelques mètres en doublant la puissance émise (+ 3 dB). Une marge de confort conduirait alors à adopter 2×20 ou 2×30 watts pour l'amplificateur.

On note que, dans ces hypothèses, compte tenu de la sensibilité moyenne des réalisations actuelles d'enceintes acoustiques (84 dB/W/1 m à 96 dB/W/1 m), on obtient le niveau de 90 dB à quelques mètres des

haut-parleurs avec des puissances comprises entre 2×4 watts et $2 \times 0,25$ watt (2×10 W à 2×40 W, marge comprise).

Tout niveau excédant ces limites ne peut qu'être le résultat d'une recherche de sensations « plus musclées » (rock, voix et instruments très proches, bruits).

Les règles précitées ne s'écartent pas beaucoup des recom-

mandations contenues dans l'abaque de la figure 8 qui indique une plage de sensibilité plus réduite (85 à 90 dB/W/1 m), mais visent un confort plus

grand à la position d'écoute (96 dB à 2 m, soit 102 dB à 1 m) (5).
Il resterait à vérifier que ni la stéréophonie, ni la bande passante, ne changent le niveau subjectif de l'écoute. Des expérimentations très sérieuses confirment la relative stabilité des réglages, en dépit des modifications de la largeur de bande

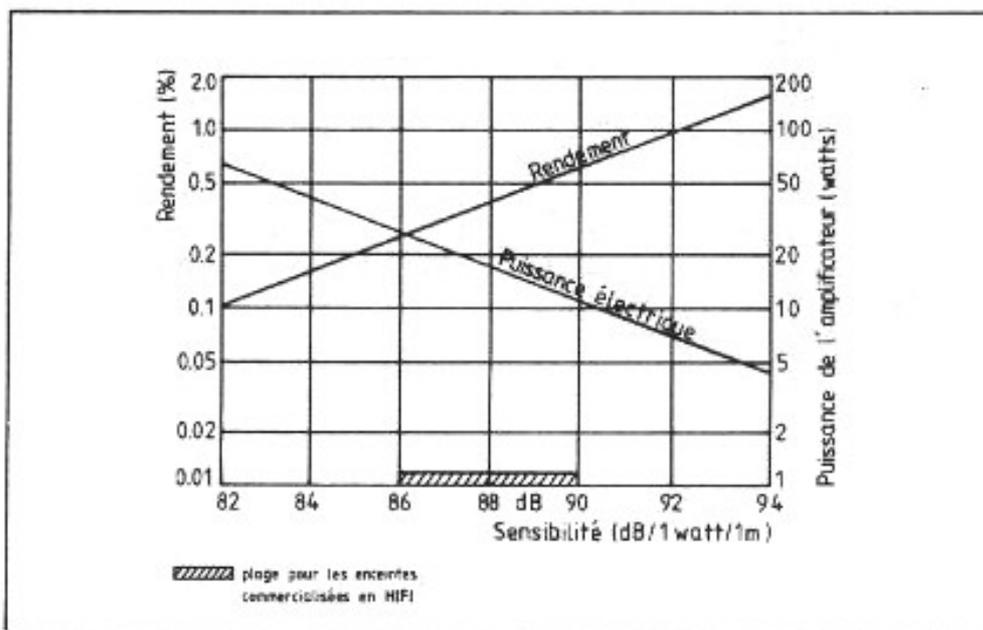


Fig. 8 : Abaque pour la détermination de la puissance efficace de 96 dB à 2 m de distance, en local semi-réverbérant. Cet abaque s'applique à des haut-parleurs à large bande, en modulation musicale, associés à des enceintes acoustiques closes ou à évent (d'après KEF Electronics).

mandations contenues dans l'abaque de la figure 8 qui indique une plage de sensibilité plus réduite (85 à 90 dB/W/1 m), mais visent un confort plus

reproduite, comme en témoigne la figure 9. Ce résultat surprenant montre que des différences de niveau d'écoute entre la prise de son et la réception présentent moins d'inconvénients que prévu, car le réglage des auditeurs est fait en raison d'un équilibre global et d'une adaptation de la force sonore aux conditions locales. Voilà qui peut tempérer la quête de l'absolu en matière de volume sonore.

Et finalement, que faire ?

Face à une réelle complexité de l'écoute en différé, on ne peut qu'être prudent sur les règles à appliquer :

— soit, qu'en puriste, on s'accroche au diktat du sonomè-

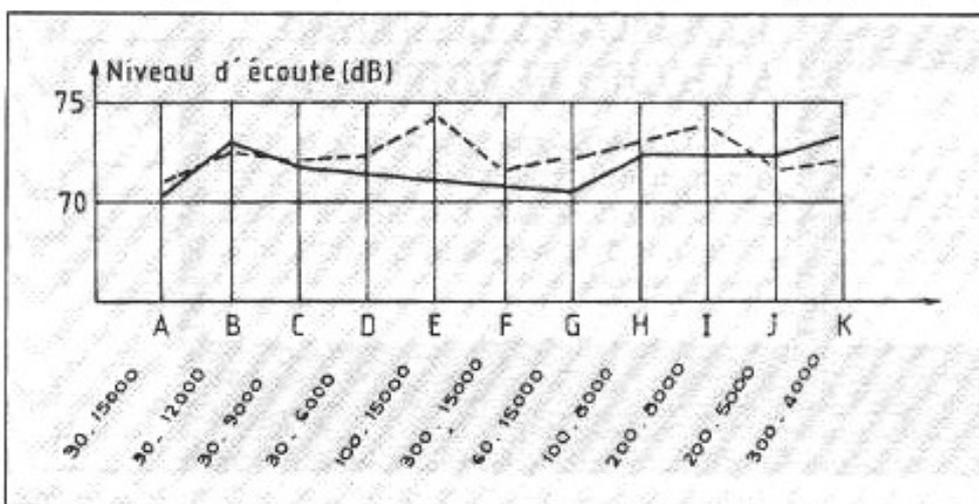


Fig. 9 : Niveau d'écoute et bande passante. Le réglage dépend assez peu en moyenne de la bande passante. — stéréo ; - - - - - mono (d'après R. Condamines : « Stéréophonie » ouvrage de la Collection CNET-ENST).

tre. Auquel cas, il conviendra d'obtenir de l'installation un niveau minimal de 90 dBA pour les crêtes de modulation sur programme symphonique classique, en visant 100 à 105 dBA pour des formations plus intimistes ;

— soit qu'on recherche l'émotion liée à des petits bruits qui « signent » une présence et, dans ce cas, l'écoute à niveau plus fort qu'en réel peut s'imposer, sinon l'écoute au casque ;

— soit qu'un environnement exceptionnellement calme autorise la restitution de toute la dynamique, en sacrifiant quelque peu l'authenticité des timbres.

On voit alors que la gamme des puissances nécessaires peut connaître une grande amplitude.

— Si 2×10 watts peuvent suf-

fire avec des enceintes de sensibilité moyenne (90 dB/watt à 1 m) pour l'orchestre symphonique classique, il faut dépasser 2×100 watts pour approcher le piano réel à quelques mètres.

Ces valeurs passent respectivement à 2×40 watts et 2×400 watts dans le cas d'enceintes acoustiques peu sensibles (par exemple 85 dB/W à 1 m).

D'où l'intérêt de rechercher d'abord des enceintes à grande sensibilité pour couvrir les cas les plus exigeants, puis de s'intéresser à l'indication permanente des puissances délivrées par l'amplificateur, comme un automobiliste s'intéresse au compte-tours, pour une conduite intelligente.

(1) C'est aussi le domaine de la téléphonie dont la bande passante

nominale est comprise entre 300 et 3 400 Hz, en vertu d'une norme respectée mondialement.

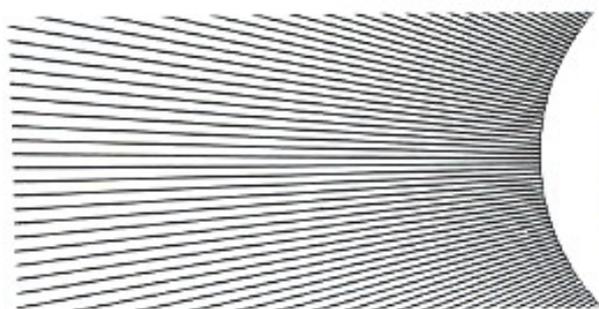
(2) Procédé consistant à créer des interférences à partir d'un faisceau de lumière monochromatique (source laser) pour visualiser les déplacements de membranes par rapport à une position de référence.

(3) Pour l'anecdote, une valeur de 90 dBA a été mesurée au concert du Théâtre des Champs-Élysées à l'occasion du 80^e anniversaire d'Olivier Messiaen, au moment où le public s'est aperçu de la présence du Maître (auparavant le niveau des applaudissements évoluait entre 82 et 84 dB).

(4) exprimée en dB par watt à 1 m.

(5) KEF fait mention d'un niveau de 103 dB à 1 m pour un piano quart de queue jouant la partition notée ff de la sonate Appassionata de Beethoven.

**Page non
disponible**



QU



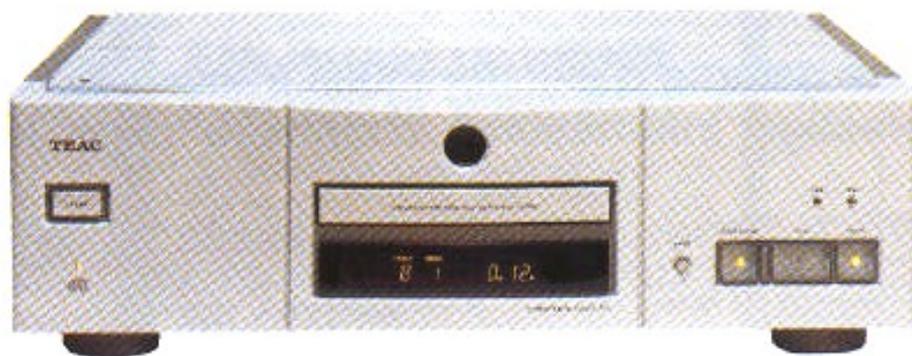
Sony DAT : copie conforme.

57 ES présente une nouveauté importante : le système SCMS qui autorise une génération de copies numériques à partir d'une source numérique. Ce système SCMS utilise une technologie de codage très sophistiquée qui rend possible l'enregistrement en direct à partir d'un lecteur CD muni d'une source numérique sans passer par le stade de conversion

numérique/analogique. Cet enregistrement 100 % numérique ne subit donc aucune perte de qualité. Cependant, le système SCMS ne permet pas l'enregistrement numérique sur une autre cassette DAT. Ce DAT fonctionne avec les trois fréquences d'échantillonnage 48 kHz, 44,1 kHz et 32 kHz, cette dernière pour l'enregistrement longue durée. Le système de correction d'erreurs, très sophistiqué, rend ce DAT particulièrement insensible aux vibrations et le rend aussi fiable dans le mode de recherche accélérée des séquences musicales. La conversion analogique/numérique linéaire s'effectue selon le mode 1 bit Pulse qui, rappelons-le, fait appel à une seule source de courant et un seul commutateur. La puissance de calcul de ce convertisseur est extraordinaire. Ainsi il peut convertir jusqu'à 45 millions de pulsations par seconde. A l'écoute le résultat obtenu est très naturel, l'image tridimensionnelle est parfaite, les nuances les plus fines et les transitoires sont restitués avec une rare capacité dynamique. L'expérience acquise par Sony pour les tambours de têtes de magnétoscopes et caméscopes a servi pour le DAT qui est équipé de quatre têtes sur un tambour de haute précision, afin de maintenir les performances dans le temps.

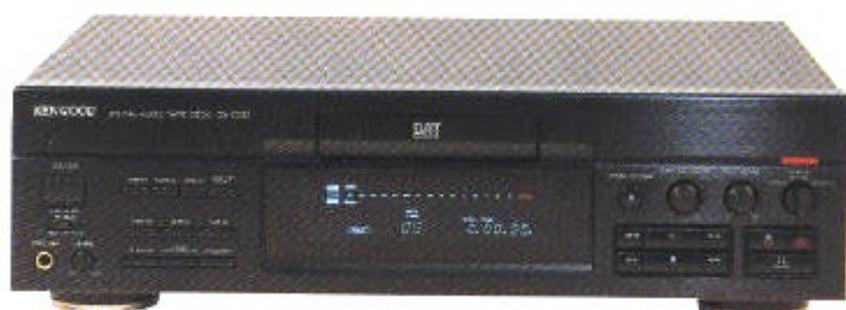
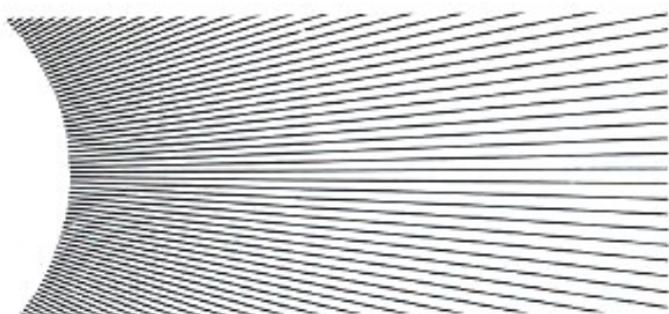
Teac XI, une mécanique qui fixe de nouvelles normes

Le dernier lecteur CD, muni d'un convertisseur intégré, Teac XI, nous a transportés d'enthousiasme à son écoute par l'exceptionnelle linéarité de son équilibre tonal, sa précision d'analyse, la profondeur de l'image stéréophonique. Sur les petits signaux, il va réellement plus loin que les autres modèles de cette catégorie de prix (moins de 30 000 F) grâce à un respect absolu des moindres infimes écarts de niveau. Rien d'étonnant à cela,



quand on détaille son extraordinaire mécanique d'entraînement ou ses circuits de traitement numérique, de conversion et d'amplification. Ainsi, la section mécanique est radicalement différente de celle des autres lecteurs CD. L'entraînement du disque CD s'effectue par le dessus par l'intermédiaire d'un immense plateau qui maintient un contact parfait sur toute la surface du disque et l'empêche en tournant de vibrer. Ainsi, le plan de lecture du disque reste parfaitement parallèle par rapport au bloc de focalisation diode laser, évitant de faire travailler beaucoup trop les circuits de correction d'erreurs qui agissent par moyennes successives entre les informations situées avant et après « le manque ». Ce système de lecture dit VRDS est une exclusivité Teac. On trouvait déjà un système similaire sur le lecteur PI qui s'est vu décerné nos Muses d'Or. Une réalisation remarquable.

ID



Kenwood DAT DX-7030, un enregistreur numérique avec circuit DPAC

Les enregistreurs-lecteurs DAT sont souvent le siège de certaines distorsions numériques dues à un manque de précision des divers circuits d'horloge qui doivent synchroniser toutes les opérations. Pour sa platine DAT DX-7030, Kenwood a développé une horloge-mère qui fonctionne à une fréquence très élevée (1 024 fois supérieure à la normale) pour son convertisseur numérique/analogique 1 bit. En effet,

la précision dans l'axe du temps est encore plus important pour reproduire toutes les nuances musicales avec les systèmes de conversion N/A à 1 bit. Car ces systèmes convertissent par « PCM » les informations de l'axe de niveau sur l'axe du temps. Une instabilité de la base de temps provoque des phénomènes de jitter (sautillements) qui entraînent souvent des sonorités agressives et peu mélodieuses. L'horloge-mère haute précision qui équipe ce convertisseur est à base d'un circuit oscillateur à la pointe de la technologie. Ainsi le convertisseur 1 bit 64 fois suréchantillonné avec mise en forme du bruit de quatrième ordre fonctionne de manière idéal puisqu'il reçoit le signal de référence de l'horloge-mère de haute précision par l'intermédiaire d'un circuit original DPAC. La mécanique centrale repose sur un châssis rigide. Le DAT est muni du système de gestion de copies SCMS qui autorise l'enregistrement direct d'une source numérique mais qui ferme la porte aux copies multiples. Grâce au principe du sous-code, enregistré en même temps que les signaux musicaux, on peut sélectionner et éditer très facilement les morceaux. Des performances dignes d'une machine de studio.

Yamaha DSP-A1000, recreation de toutes formes d'acoustique sonore chez soi

L'ampli-préampli intégré DSP-A1000 est une véritable centrale de traitement des informations audio et vidéo pour recréer chez soi l'acoustique et l'ambiance de studios, salles de concert, décoder les films vidéo sur disques ou cassettes selon les divers procédés de codage Dolby Pro Logic et Dolby Surround. Cet intégré regroupe en un seul appareil : 7 amplificateurs (!), 1 processeur d'espace sonore hyper-performant, 1 décodeur Dolby Surround Pro Logic. Les circuits DSP mis au point par Yamaha permettent de recréer des champs sonores connus mis en mémoire mais aussi de modifier les nombreux paramètres qui caractérisent un champ sonore.



On peut ainsi jouer sur les dimensions apparentes de la salle d'écoute, l'éloignement de la source sonore, le temps d'établissement du premier pic de réverbération par rapport au son direct, la couleur sonore du local (réfléchissant ou absorbant), la durée de réverbération, le temps de retard entre le son direct et l'apparition des effets et l'absorption des hautes fréquences selon la dimension de la salle. Le décodeur Dolby Surround/Pro Logic offre des caractéristiques de dynamique exceptionnelles ainsi qu'une séparation parfaite entre les canaux, de quoi réaliser son « home theater ».



Theta

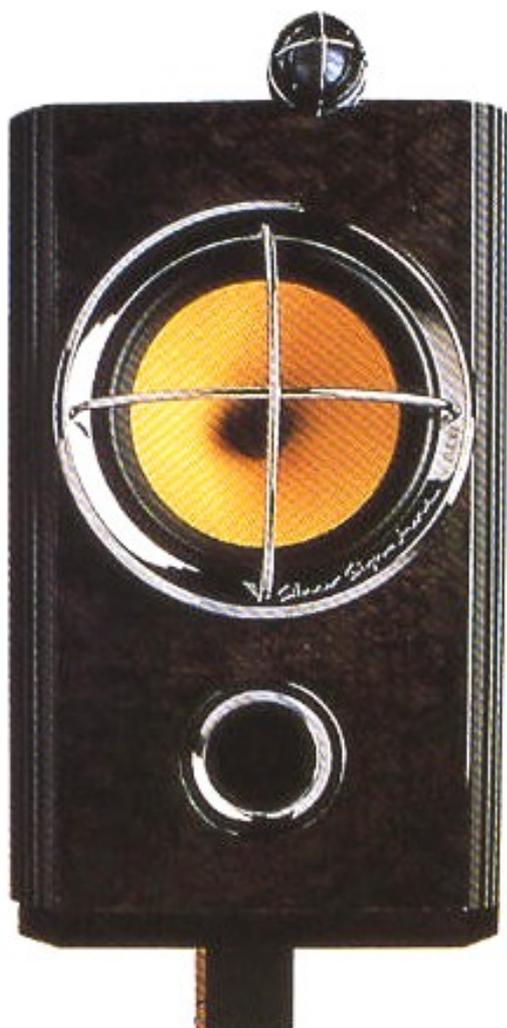
La société américaine Theta Digital a réussi en très peu de temps à séduire les audiophiles épris de naturel sonore, à partir de ses convertisseurs ultra-sophistiqués, capables de transcrire les nuances musicales à la manière d'un système analogique. Le dernier modèle, Theta DS Pro Prime fait appel, pour la première fois, à un convertisseur numérique/analogique 1 bit en combinaison avec un circuit programmable DSP ROM. Ainsi un micro-processeur

d'origine Motorola à 4 fois la fréquence d'échantillonnage est utilisé comme étage d'entrée avant le circuit de conversion d'origine Philips SAA 7350 1 bit DAC. Le programme, mis au point par Theta, a permis d'optimiser les domaines de temps et de fréquences. A l'écoute, ce convertisseur se caractérise par une grande douceur de restitution des fréquences élevées, un parfait respect de l'étagement des plans sonores, et surtout un rare sens de la mélodie. Conjointement à ses convertisseurs, cette firme propose aussi un lecteur universel CD Vidéo à la mécanique de haute précision qui présente l'avantage d'une lecture avec un minimum d'erreurs. En effet, selon le vieil adage : « Qui peut le plus peut le moins », les lecteurs de disques vidéo bénéficient de systèmes de focalisation et d'un faisceau laser plus puissant et plus précis, faisant moins intervenir les circuits de correction. Cet appareil, universel d'utilisation, car capable de lire tous les formats actuellement disponible ouvre aussi la voie vers des installations de très haut de gamme audio/vidéo. Disponible en France sous le format PAL, il peut lire les disques vidéo laser sans aucun problème. La qualité de l'image est à la hauteur de celle du son, la haute définition n'est plus seulement réservée au domaine de l'audio. Naturellement le convertisseur Theta DS Pro Prime peut fonctionner avec n'importe quel lecteur CD munie de sorties numériques soit sur fiches coaxiales 75 ohms, soit sur fiches optiques EIAJ.

Pioneer PD 7700, un lecteur CD de prix abordable, disposant d'une mécanique d'entraînement à plateau

Les problèmes de lecture des disques CD numériques sont nombreux. Le principal défaut réside dans les multiples vibrations engendrées par le disque CD en rotation, faisant travailler énormément le système de focalisation. Bien que le lecteur CD soit muni de circuits d'auto-corrélation effectuant en permanence des moyennes, il existe des manques d'informations numériques trop importants pour être recréés correctement. Aussi, à l'instar d'une table de lecture analogique, Pioneer, sur son lecteur CD 7700, entraîne le disque CD par un plateau lourd, qui le maintient sur toute sa surface. Le capteur et le moteur d'entraînement sont placés au-dessus du disque dont la face portant la gravure des informations numériques est dirigée vers le haut, et non pas vers le bas comme sur l'ensemble des lecteurs CD. Le disque ne risque plus de vibrer en cours de rotation. Par l'inertie du plateau, les fluctuations du couple moteur sont atténuées d'où un recul très net des phénomènes de jitter. Venant compléter cette mécanique d'entraînement de haute précision, le moteur linéaire d'entraînement de la tête assure un accès ultra-rapide à la plage désirée et supprime les risques de vibration et de bruit des systèmes conventionnels (avec courroie, poulie, crémaillère). Le PD 7700 est muni d'un convertisseur de type 1 bit ultra-rapide pour éviter les problèmes de distorsion sur l'échelle de temps. Son écoute raffinée, sa délicatesse de timbre, son pouvoir d'analyse sont étonnants pour un appareil proposé à 2 290 F. D'autant plus qu'il dispose de sorties numériques optiques, de la possibilité de copies synchronisées avec une platine cassette, d'une télécommande de toutes les fonctions, d'une programmation de plage et d'un afficheur ultra-complet.



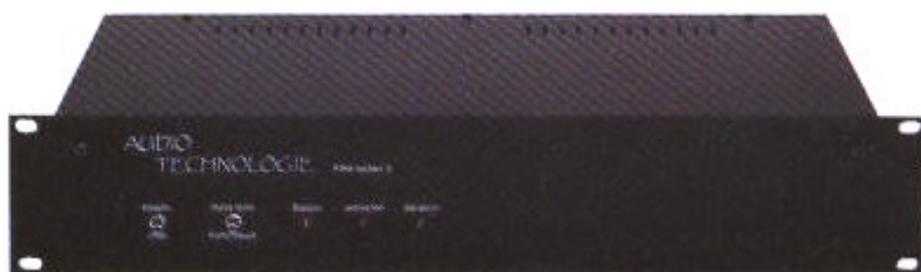


BW Silver Signature

BW vient de fêter son 25^e anniversaire. Cette société anglaise a été à la base de nombreuses innovations technologiques. Sur le modèle ultra-compact (45 × 25,4 × 24,5 cm) Silver Signature, les chercheurs de BW ont réussi un système 2 voies sans compromis capable de restituer avec une linéarité extraordinaire la gamme des fréquences comprises entre 35 Hz et 22 kHz. Cette enceinte a été réalisée sans considération de prix de revient. Aussi on retrouve, pour une rigidité absolue du coffret, l'architecture interne de type Matrix composée de toute une série de parois ajourées, style casier à bouteilles, qui cassent la formation des ondes stationnaires et réduisent à néant les résonances de parois. Mais cette enceinte doit son nom par le fait que le filtre indépendant logé dans un coffret dispose de selfs bobinés en fil d'argent pur, de même que les câbles de liaison en bi-câblage ainsi que les fils des bobines mobiles respectives des haut-parleurs grave-médium et tweeter. C'est pour la première fois à notre connaissance que des haut-parleurs sont bobinés avec du fil d'argent pur et que les câbles de liaison et selfs adoptent le même type de matériau. L'argent est un conducteur optimal apportant un minimum de perte dans la transmission du signal. Ainsi, le haut-parleur de grave-médium de 17 cm à membrane dans une nouvelle structure kevlar développée par BW possède un pouvoir de définition extraordinaire dû à la transmission intégrale du signal. Le tweeter à dôme hémisphérique, en alliage d'aluminium anodisé de 5 microns d'épaisseur, est monté sur le dessus de l'enceinte dans une ogive lourde en forme d'obus qui diminue les phénomènes de diffraction et optimise la mise en phase par rapport au haut-parleur grave-médium. Un résultat extraordinaire à l'écoute de clarté, de naturel, un événement sonore !

Audio Technologie, des filtres secteur efficaces

Aucun élément d'une chaîne haute-fidélité ne peut fonctionner correctement si elle n'est pas alimentée par une tension secteur suffisamment pure. Or, de nombreux phénomènes de pollution apparaissent sur les lignes du secteur. Celles-ci vont des variations de tension



aux micro-coupures en passant par les bruits engendrés par les appareils domestiques. Toute cette pollution se traduit par un son qui peut apparaître instable dans le temps, entaché de distorsions dans le haut-médium aigu, froid, manquant de précision sur les attaques. Le constructeur français Audio Technologie propose toute une série de filtres secteur dont le Modèle 3 d'une puissance de filtrage de 2 000 W. Ce filtre dispose de cinq prises pour pouvoir brancher divers appareils. Il est conçu, comme son nom l'indique, pour filtrer les résidus mais aussi remédier à des baisses de tension secteur (toujours préjudiciables à la vie des électroniques). Extrêmement bien conçu, ce filtre, qui fait aussi office de « régulateur », apporte réellement un plus à l'écoute, par une transparence sonore accrue, en particulier dans le haut-médium aigu et un sentiment de naturel dans l'enchaînement des notes. Les petites informations de réverbération sont beaucoup mieux mises en valeur avec, de surcroît, un meilleur respect du temps d'établissement des transitoires. Contrairement à bien d'autres filtres, on peut utiliser l'Audio Technologie avec des amplis de forte puissance sans ressentir de phénomènes de tassement de la dynamique ou de variations instantanées de niveau. Il répond immédiatement, sans inertie aux plus fortes sollicitations en courant grâce certainement à une structure interne surdimensionnée et dûment testée. Les autres modèles de la gamme sont tout aussi performants, chacun dans la catégorie « de puissance ». Ces filtres constituent aussi une excellente protection contre les risques de surtension secteur en particulier pour ceux qui habitent en « bout de ligne » à la campagne où les variations peuvent être de très grande amplitude. Il ne s'agit pas d'un gadget mais d'un maillon à part entière.

**Page non
disponible**

11 MARQUES D'AMPLIS A TUBES



n se souvient des luttes partisans,

d'ailleurs bien sympathiques, qui opposaient, il y a peu d'années encore, les adeptes du son tube aux inconditionnels du son transistor.

En 91, force est de constater que la frontière qui séparait les deux camps est devenue bien diffuse...

Rares sont en effet les électroniques n'utilisant que des tubes en composants actifs.

Faudrait-il en conclure que cette évolution est le signe de la lente et irrémédiable disparition du tube que l'on annonçait déjà il y a 25 ans ? Certainement pas.

Au contraire, lorsque l'on analyse les produits présentés dans ce panorama, on note que la technologie tube est de plus en plus utilisée de manière spécifique, dans des endroits «stratégiques» des circuits, en association avec le meilleur de la technologie des semiconducteurs.

Chaque marque, selon la configuration de son circuit, l'esthétique sonore recherchée, le style de son concepteur, fait appel au tube pour transcender les modèles qu'elle propose.

De l'alimentation aux étages de puissance en passant par les circuits divers sans oublier les sections analogiques en sortie de convertisseur...

Le tube ne cesse de susciter l'enthousiasme et les passions de ceux pour qui l'écoute est l'objectif majeur.

AUDIO RESEARCH

Audio Research est le pionnier des constructeurs des électroniques à tubes sans compromis. Depuis 1970, ses productions sont considérées comme des références incontestées en termes de musicalité, qualité de fabrication, valeur indémodable. Sur une électronique Audio Research rien n'est laissé au hasard, tout est pensé pour extraire la moindre information du signal musical appliqué à l'entrée.

Le dernier né des préamplificateurs ligne LS2 est fidèle à cette tradition de perfection tout en apportant une souplesse d'utilisation peu commune avec, en particulier, trois jeux de prises de sortie, une asymétrique, une Cinch et deux autres symétriques sur prise Canon XLR.

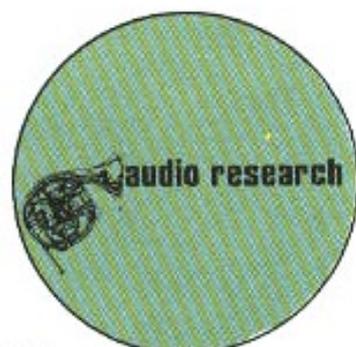
Ce type de sortie permet d'attaquer un amplificateur muni d'entrées symétriques, avec une liaison longue sans problème de bruit parasite ni ronflement. Conçu selon la technologie hybride transistors/tubes, le LS2 possède des circuits de gain travaillant en pure classe A, capable de délivrer instantanément 45 V. Avec ses fortes possibilités en courant, il peut attaquer des liaisons longues ou des amplificateurs à basse impédance d'entrée.

Il bénéficie d'une alimentation extrêmement sophistiquée avec pas moins de deux transformateurs indépendants et un nombre impressionnant de circuit de régulation.

Un niveau circuit de contre-réaction active a permis de supprimer les effets néfastes des capacités de couplage en sortie. De ce fait, la qualité du grave est extraordinaire, le préampli LS2 transforme n'importe quel système. C'est aussi l'interface idéale avec les lecteurs CD grâce à son entrée insaturable et le maintien de l'impédance de 50 kiloohms.

Principales caractéristiques :

Préamplificateur ligne LS2 : Gain sortie principale : 18 dB, sortie symétrique : 24 dB - **Impédance d'entrée :** 50 kiloohms - **Impédance de sortie :** 250 ohms asymétrique ; 500 ohms symétrique - **Niveau d'entrée maximum :** 20 V - **Niveau de sortie en pointe :** 45 V - **Prix indicatif :** 27 500 F



Distributeur : Europe Audio Diffusion ; 89200 Marrault - Tél. : 86.33.01.09

AIR TIGHT

La société japonaise Air Tight est spécialisée dans la réalisation et la fabrication d'amplificateurs à tubes d'une musicalité exceptionnelle. Les schémas sont dus à un électronicien, M. Miura, à qui l'on doit les amplificateurs à lampes de la première heure des grandes entreprises japonaises.

Inconditionnel des tubes, il n'admet aucun compromis, aussi il ne faut pas s'étonner de constater que le câblage est entièrement effectué en l'air et non sur circuit imprimé et que les composants sont non seulement dûment triés mais pour certains spécialement réalisés selon ses propres spécifications, tels que les transformateurs d'alimentation et de sortie. L'ATM-2 est un remarquable amplificateur stéréophonique faisant appel, en sortie, à un push-pull de KT 88. Ce tube a été choisi par le concepteur qui le place au-dessus de tout en matière d'amplification audio. Ce push-pull travaille en classe B avec les grilles-écran connectées aux transformateurs de sortie dans une configuration ultra-linéaire.

Chacun de ces transformateurs de sortie est capable d'admettre 100 W à l'entrée de l'enroulement primaire et on dispose sur les enroulements respectifs du secondaire 4 et 8 Ω de 85 W.

La configuration est assez classique pour l'étage d'entrée avec un ampli en tension autour d'une ECC83 puis une double triode opérant en déphaseur de Schmidt (12AU7) puis une troisième double-triode 12BH7A en cathod-follower comme étage driver. Par rapport à un montage classique, on est en présence d'un étage supplémentaire dont le gain est inférieur à l'unité qui présente les avantages d'une amplification très linéaire et stable avec une relative immunité contre les effets de courants de grille.

L'écoute est splendide, la musique vit, frémit, sait émouvoir, sans qu'apparaissent des colorations agréables ou désagréables, typiquement « tubes ». Le pouvoir expressif de la transcription, la vivacité, le respect du suivi mélodique, la beauté des timbres sont permanents sur tous les types de musique. Rarement un ampli a apporté autant de finesse, de délicatesse, de subtilité à la transcription.

Principales caractéristiques :

Amplificateur :

ATM-2 : Puissance : 2×80 W/4 Ω /8 Ω - **Distorsion par harmonique :** inférieure à 0,07 % - **Poids :** 32 kg - **Prix indicatif :** 42 950 F.



C2R : 6, rue Poirier-de-Narcay, 75014 Paris - Tél. : 45.39.44.89.

CASO

La firme française de la région de Toulouse, Caso, est spécialisée dans l'électronique aéronautique. On lui doit nombre de tableaux de bord prototypes et de production pour avions de ligne ou militaires.

Elle a à sa disposition des laboratoires de recherche et ateliers extrêmement performants.

On retrouve ainsi cette démarche de rigueur et de perfection sur sa gamme d'électroniques à tubes de très haut niveau. La présentation luxueuse et le sérieux de fabrication sont à la hauteur de la réputation de ce constructeur dans les domaines de l'électronique de pointe.

Ainsi, le préampli PA I dispose d'une double alimentation avec filtrage conséquent et régulations indépendantes pour les tubes ECC83, 6DJ8, EL84, EZ81 afin d'éviter tout souffle ou bruit parasite.

L'ensemble des composants est monté sur circuit imprimé de qualité militaire, avec contacts plaqués or pour les divers commutateurs, fiches Tiffany, câbles de liaison haute définition.

Pour l'amplificateur S 40, fonctionnant en classe A véritable, avec un double push-pull de KT88, le constructeur n'a pas hésité à investir dans des transformateurs de sortie aux tolérances très sévères.

L'alimentation est sans aucune régulation. Avec ce fonctionnement en classe A, on dispose de 40 W par canal.

La quiétude de fonctionnement de ces électroniques à tubes se caractérise par l'absence de souffle parasite ou de ronronnements. Cela se traduit à l'écoute par la transcription des signaux de très faible amplitude sans qu'ils paraissent noyés dans un brouillard sonore

ce qui rendrait la tâche encore plus difficile pour percevoir les différences entre micro-informations.

Le tonus, la vivacité, le caractère mélodieux de ces électroniques à tubes

sont au-dessus de tout soupçon. La beauté de la transcription est une permanence sur tous les types de musique

Principales caractéristiques :

Amplificateur

S 40 : Configuration classe A - Double push-pull de KT88 — **Puissance** : 2 x 40 W / 4 Ω / 8 Ω / 16 Ω - **Rapport signal/bruit** : supérieur à 90 dB - **Poids** : 38 kg - **Prix indicatif** : 32 000 F

Préamplificateur

PA I : **Sensibilité entrée phono** : 1,36 mV pour 1 V en sortie - **Sensibilité entrée CD** : 1 V - **Prix indicatif** : 24 000 F



Caso : 10, rue Velasquez, 31700 Blagnac - Tél. : 61.30.90.00.

COCHET

Les électroniques à tubes conçues par Yves Cochet sont proposées

soit toutes montées, soit en kits aisément réalisables. Le préamplificateur P3 se distingue extérieurement par des lignes très pures, sobres. Une façade chromée existe en option, apportant une touche « High End ».

Il peut traiter aussi bien les sources haut niveau CD, Tuner, platine-cassettes que bas niveau phono aimant mobile. Les circuits sont basés autour du tube double triode ECC82 avec correction RIAA par réseau RC pour l'entrée phono et du même type de lampe pour l'étage ligne mais sans contre-réaction afin d'obtenir respectivement un gain de 40 et 25 dB.

L'amplificateur AL 3 est équipé d'un double push-pull de EL 34 par canal, capable de fournir près de 70 W avec une stabilité de fonctionnement parfaite.

Les transformateurs de sortie d'origine Chrétien sont surdimensionnés.

Ils procurent une adaptation optimale aux charges 8 et 16 Ω .

Cet ensemble se caractérise à l'écoute par une grande musicalité due en grande partie à la facilité du suivi rythmique, à l'extrême finesse du médium, à la rapidité du grave et à l'absence de phénomène d'intermodulation. L'excellent rapport signal/bruit contribue à étendre la plage dynamique même sur les petits signaux. Les deux électroniques offrent un rapport agrément d'écoute/bruit pratiquement imbattable.

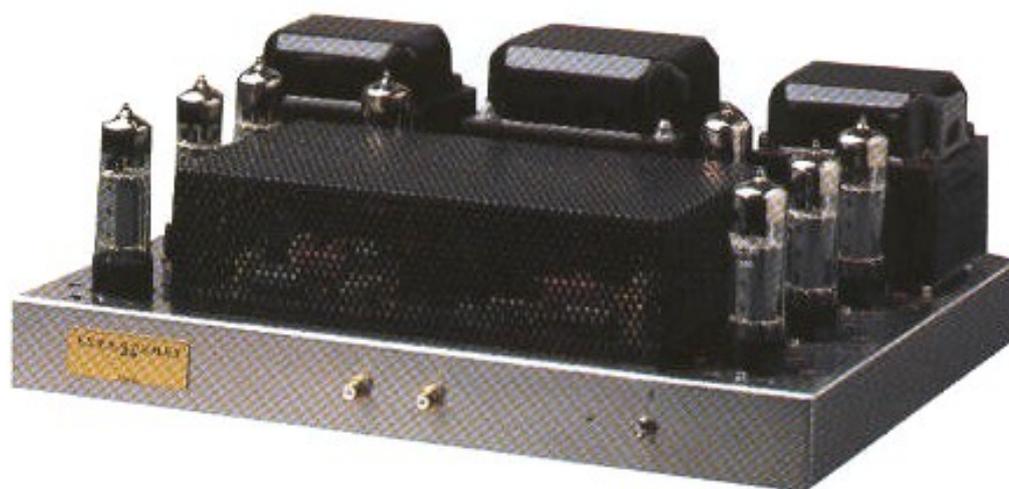
La solution du kit est très séduisante et le montage grandement facilité car les divers éléments sont pré-câblés, il n'y a pas de mise au point à effectuer.

Principales caractéristiques

Préamplificateur P3 : Sensibilité entrée auxiliaire : 100 mV - Gain : 25 dB - Sensibilité phono : 2,5 mV - Gain : 40 dB.

Amplificateur AL3 : Puissance : 2 x 70 W - Rapport signal/bruit : non pondéré : 99 dB - Temps de montée : 2,2 μ s -

Prix : P3 en kit : 3 500 F. Monté : 4 500 F. Option façade chromée : 700 F. AL3 en kit : 8 200 F. Monté : 11 200 F.



COCHET

H.P. Systèmes : 35, rue Guy Môquet, 75017 Paris - Tél. : 42.26.38.45

JADIS

La renommée des électroniques à tubes Jadis a largement dépassé le cadre de nos frontières. Internationalement reconnus pour leur musicalité, les amplificateurs Jadis sont les dignes représentants d'une certaine forme de prestige français. Ils sont fabriqués sans aucun souci d'économie au niveau des composants, témoins les transformateurs bobinés, imprégnés, montés individuellement pour répondre au cahier des charges Jadis et fournir une bande passante très large, sans phénomène de rebondissement, ou de distorsion importante dans l'aigu.

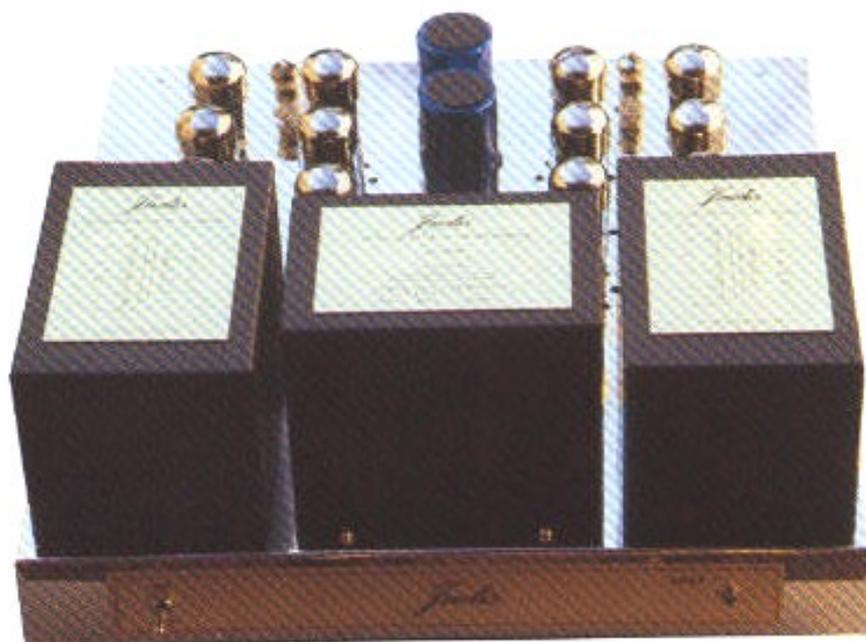
Le bloc d'amplification stéréophonique Defy 7 utilise une configuration particulière pour l'étage de puissance basée sur un triple push-pull de EL 34/6CA7A pour fournir par canal 100 W avec moins de 0,6 % de distorsion tout en conservant un dégradé harmonique superbe. Les transformateurs de sortie de très haute qualité maintiennent cette puissance sur les impédances 1, 4, 8, 16 ohms (la commutation s'effectue par des straps internes).

La finition superbe, châssis chromé, cadres transformateurs avec plaques dorées où la configuration des enroulements est gravée, apporte une touche de classe à cet ampli. Hautement musical, il combine l'extraordinaire richesse harmonique procurée par les EL 34 avec une énorme réserve de puissance grâce au montage triple push-pull.

Le compagnon idéal de cet amplificateur est le préampli J.P.L. avec ses quatre entrées ligne, son entrée spécifique C.D. avec tube adaptateur d'impédance pour tirer tout le parti des sources numériques.

Principales caractéristiques :

Amplificateur DEFY 7 : Puissance : 2 x 100 W sur 1/4/8/16 ohms - **Bande passante :** 20 à 20 000 Hz à 0 dB - **Sensibilité et impédance d'entrée :** 0,775 V/100 ohms - **Poids :** 32 kg - **Prix indicatif :** 38 600 F.



Jadis : Chemin du Pech, 11800 Villedubert - Tél. : 68.78.63.30
Distributeur : Tetra Distribution : 4, avenue Comte Edwin Garin,
06000 Nice - Tél. : 93.53.30.90

KLIMO

Les électroniques allemandes Klimo remportent depuis quelques années un vif succès auprès des mélomanes épris de naturel sonore. Conçues avec un très grand soin pour une fidélité maximale, ces électroniques à tubes, à l'esthétique très « professionnelle » sont capables de driver n'importe quel type de charge avec une stabilité inconditionnelle, sans phénomène d'accrochage ou d'oscillations. Elles font partie des rares électroniques à tubes, capables d'attaquer des impédances aussi basses que 1 ohm, laissant ainsi ouvert un large choix d'enceintes (isodynamiques, à ruban ou électrostatiques à la courbe d'impédance torturée). Les blocs monos Linnet disposent d'un triple push-pull de EL 34 en sortie capable de fournir 100 W sur les impédances 1, 4, 8, 16 ohms.

Les tubes de puissance, spécialement triés, sont d'origine Telefunken (reconnus pour leur musicalité). Les réglages de polarisation ont été simplifiés au maximum afin de maintenir les performances optimales, même en cas de changement des tubes. Le qualité des timbres, la profondeur des plans sonores obtenus à partir des Linnet vous plongent au cœur des interprétations musicales. Toute la sensibilité du jeu des artistes est transcrite avec un rare pouvoir d'émotion.

Principales caractéristiques :

Amplificateur Linnet ; 3 blocs monos 100 W sur 1/4/8/16 ohms - **Bande passante** : 5 Hz à 75 kHz (-3 dB) - **Distorsion par harmoniques** : inférieur à 0,21 % - **Impédance d'entrée** : 100 kiloohms - **Sensibilité** : 0,7 V - **Poids** : 50 kg la paire - **Prix indicatif** : 39 000 F la paire.



KLIMO

Importateur : Atelier Esotérique Audio-Visuel : 1, rue du Château,
67190 Mutzig - Tél. : 88.38.87.56

LECTRON

L'équipe de Lectron a su tirer le meilleur parti des deux technologies tubes et transistors dans l'étude de ses électroniques hautement musicales. Ainsi, le tout nouveau JH 60 a bénéficié de l'expérience acquise au cours des développements des JH 50 et JH 80.

Il constitue l'exemple même de ce que l'on peut entendre de plus beau en matière de transcription sonore véridique sans les défauts classiques des tubes ou des transistors.

Cette patiente et minutieuse recherche tendant vers une transcription sonore la plus limpide, la plus vraie actuellement possible, concrétise, avec le JH 60, une superbe unité stéréophonique dont les circuits de puissance font appel à un push-pull d'EL34 attaqué par des étages d'entrée à transistors FET puis des transistors bipolaires.

Afin de pouvoir atteindre cette transparence sonore incomparable, les concepteurs ont créé des circuits d'alimentation faisant appel à des régulations ultra-rapides, des capacités haute tension de type propylène.

Le choix méticuleux des résistances s'est effectué suite à des écoutes comparatives.

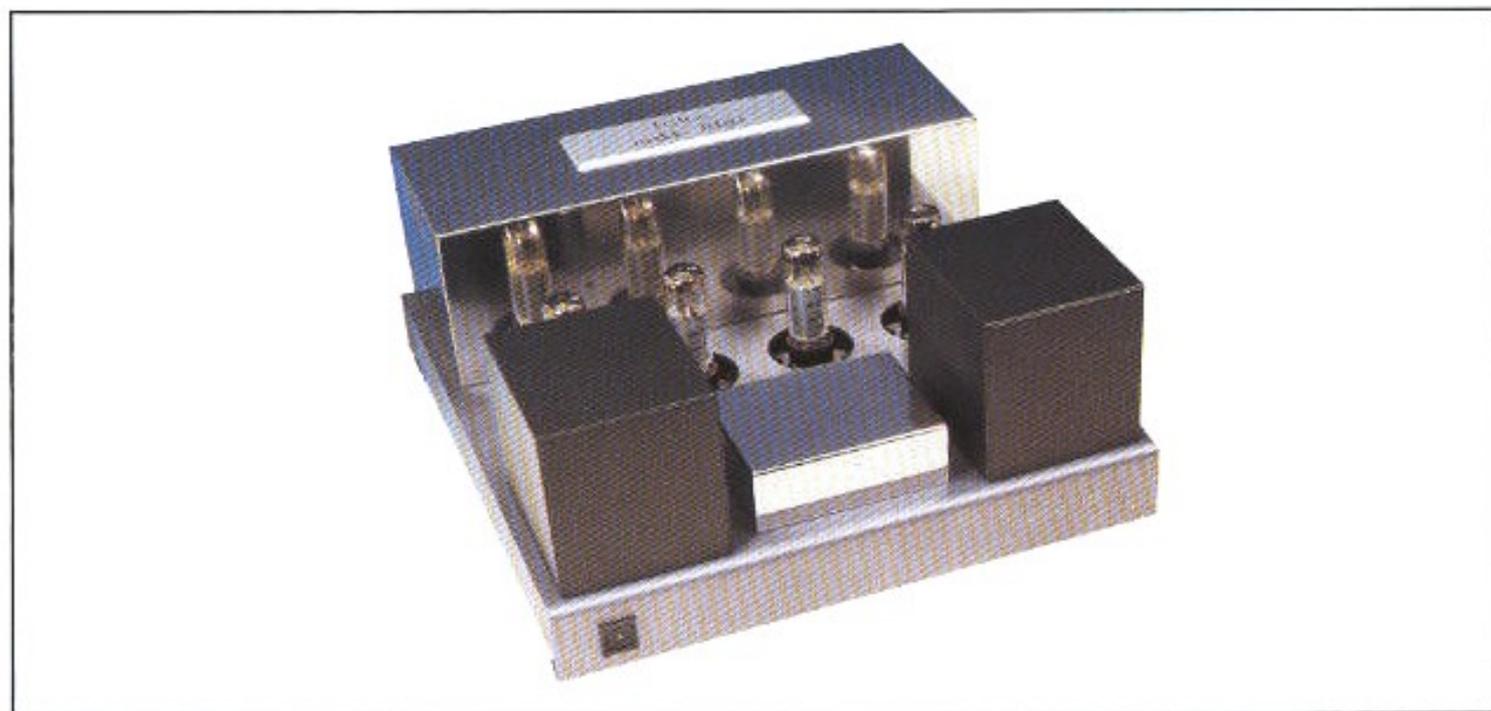
La qualité d'un amplificateur avec des tubes de puissance est largement tributaire des transformateurs de sortie.

Là encore, pas de petites économies, les transformateurs ont été réalisés sur cahier des charges Lectron par le maître incontesté de ce composant, Partridge. Aussi il ne faut pas s'étonner que, contrairement à bien d'autres électroniques à tubes, la qualité de l'extrême-grave et du grave soit aussi évidente, avec un caractère tendu, bien défini, sans aucune lourdeur qui opacifie le bas-médium, l'ensemble de la restitution est absolument superbe à tous points de vue. Très peu d'amplificateurs sont capables d'une telle rigueur dans le placement de l'image stéréophonique en trois dimensions, sans fausses perspectives outrancières et répétitives.

Sa stabilité de fonctionnement est inconditionnelle, on peut l'utiliser avec tous types de haut-parleurs électrodynamiques ou électrostatiques.

Principales caractéristiques :

Puissance : 2 x 50 W/4/8 Ω - **Taux de distorsion :** inférieur à 0,05 % - Technologie hybride transistors FET en entrée, bi-polaires en drivers, tubes EL34 en sortie, transformateur Partridge - **Poids :** 28 kg - **Prix indicatif :** 29 000 F



Lectron : 1, boulevard Ney, 75018 Paris - Tél. : 42.38.84.53

LUXMAN

Luxman avec sa série Brid propose toute une gamme d'électroniques hybrides tubes/transistors associant les deux technologies pour mieux en tirer toute la quintessence musicale. Le dernier-né des lecteurs CD de la série Brid, le D 107u, est une version optimisée du D 105u. Le D107 se distingue extérieurement par son affichage ambre et son graphisme de couleur or. Il dispose au sein de ses circuits de deux transformateurs ligne en sortie analogique. Cette technologie apporte un filtrage analogique naturel, sans déphasage, qui se traduit à l'écoute par un sentiment de fluidité et de naturel extraordinaires.

Pour cette raison, nous lui avons attribué nos Muses d'Or (voir n° 14) tant nous avons été séduits par ses performances musicales, ses possibilités d'exploitation, son prix encore raisonnable, inférieur à 10 000 F.

L'esthétique sonore qu'il propose, jamais stressante, avec des timbres qui ne sont pas simplifiés dans leur structure harmonique, des plans sonores stables avec une extraordinaire notion de relief, captive, séduit, donne envie d'écouter de la musique sans jamais être agassé ou lassé par des défauts répétitifs ou des effets sonores artificiels. Finies les duretés agressives dans l'aigu, le manque de naturel du médium, le grave desséché, avec le D 107u on a enfin une approche sonore « analogique », qui est un enchantement permanent. Les ingénieurs de Luxman n'ont pas oublié non plus la section mécanique de type central, extrêmement rigide, insensible aux vibrations, ni l'influence déterminante du parcours des lignes de masse avec le circuit en étoile « Star ». Le double convertisseur numérique/analogique 18 bits élimine les problèmes de distorsions de croisement et de rotation de phase dont sont entachés les convertisseurs uniques. Une remarquable réalisation qui démontre une parfaite maîtrise du traitement des signaux numériques et des étages à tubes en sortie.

Principales caractéristiques :

Convertisseur numérique/analogique 18 bits, filtre numérique à octuple suréchantillonnage, étage de sortie à tubes, transformateur ligne en sortie analogique pour le filtrage - **Rapport signal/bruit** : 107 dB - **Bande passante** : 5 Hz à 20 kHz - **Distorsion par harmonique** : 0,05 % - **Prix indicatif** : 9 890 F.



Alpine Electronics France, 98, rue de la Belle-Etoile, Z.I. Paris-Nord II, BP 50016, 95945 Roissy Charles-de-Gaulle Cedex - Tél. : 48.63.89.89.

SOLEN

La démarche de ce constructeur français est originale, aussi bien dans la conception de ses circuits hybrides que dans l'esthétique révolutionnaire de son intégré K2. En effet, les formes de l'appareil tranchent radicalement avec tout ce que l'on a coutume de voir pour se rapprocher d'une « sculpture moderne ».

Derrière la fenêtre de l'« angle cassé » de cet intégré, on peut distinguer les deux tubes triodes ECC83 qui servent au circuit d'entrée pour attaquer les étages de puissance réalisés à partir de transistors bi-polaires avec polarisation pour un fonctionnement en classe AB. En fait, la section préamplificatrice adopte un circuit dérivé du célèbre SRPP. L'étage de sortie à transistors bipolaires est monté en suiveur.

Afin que la stabilité soit parfaite entre les canaux, l'alimentation est de type double mono.

Pour lutter contre toutes les formes de distorsion par intermodulation transitoire, le taux de contre-réaction est très faible, de l'ordre de 14 dB seulement. Un circuit de protection électronique, très efficace, intervient en cas de court-circuit ou de surchauffe

des transistors de puissance. Les enceintes sont aussi protégées contre tout risque de passage de courant continu.

La section préampli est très complète, elle peut traiter toutes les sources sans introduire de bruit de fond.

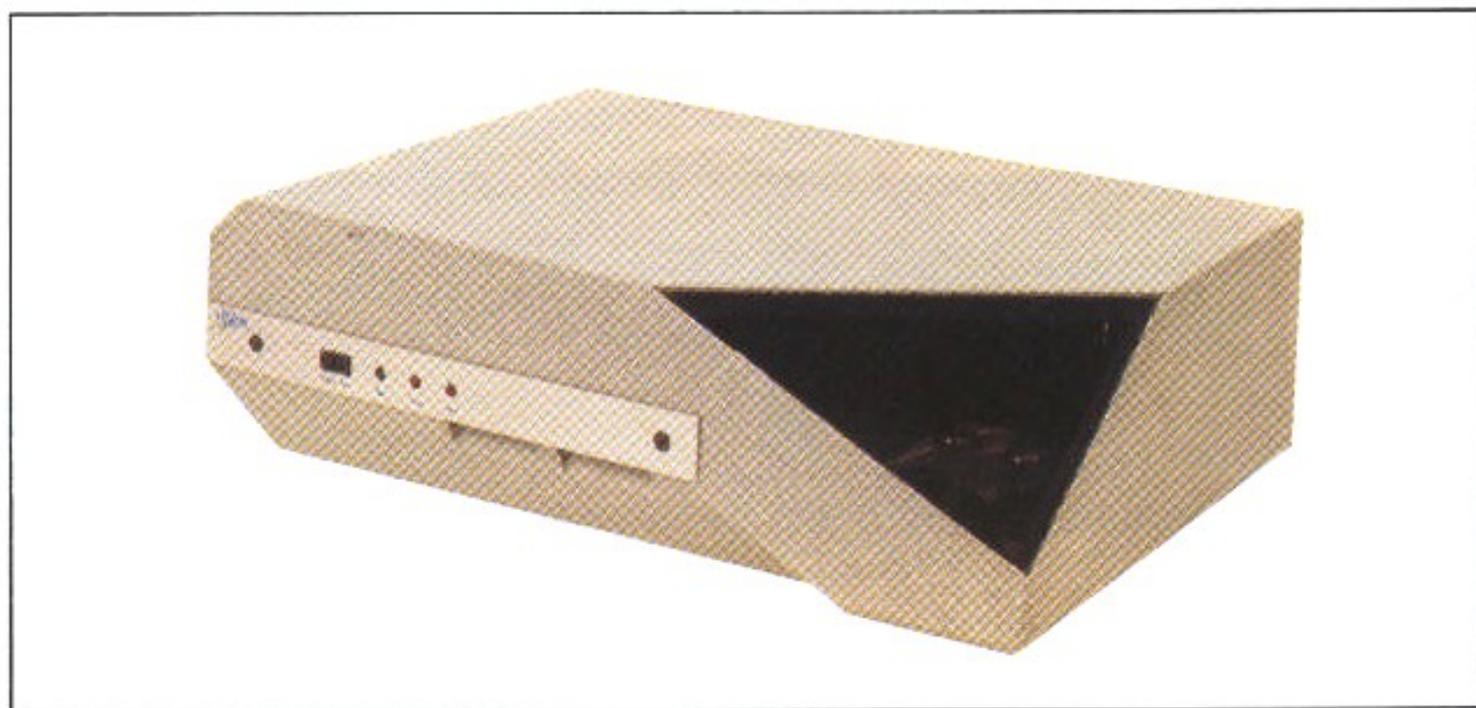
Le coffret, d'un design original Solen, est réalisé en pierre de synthèse, ce qui rend l'appareil particulièrement insensible aux vibrations extérieures et lui assure une certaine immunité contre les rayonnements parasites.

Cet intégré, révolutionnaire dans sa forme et dans le fond, procure une écoute extrêmement dynamique avec un respect étonnant des timbres, un suivi mélodique facile et une qualité de silence qui met en valeur les micro-détails très importants dans la restitution des ambiances.

Une remarquable réussite qui tranche avec le ronron des électroniques courantes.

Principales caractéristiques :

K2 : Hybride (tubes ECC81 en SRPP, étages de sortie à transistors, en classe AB) - Alimentation de type double mono
- **Puissance** : 2 x 100 W/8 Ω - Coffret réalisé en pierre de synthèse - **Poids** : 16 kg - **Prix indicatif** : 17 900 F.



C2R : 6, rue Poirier-de-Narcay, 75014 Paris - Tél. : 45.39.44.89

VERDIER

Les électroniques à tubes conçues et réalisées par M. Jean-Constant Verdier ne manquent pas d'originalité. Perfectionniste, il a su sans nostalgie passéiste créer des schémas vraiment novateurs afin d'obtenir une musicalité incontestable.

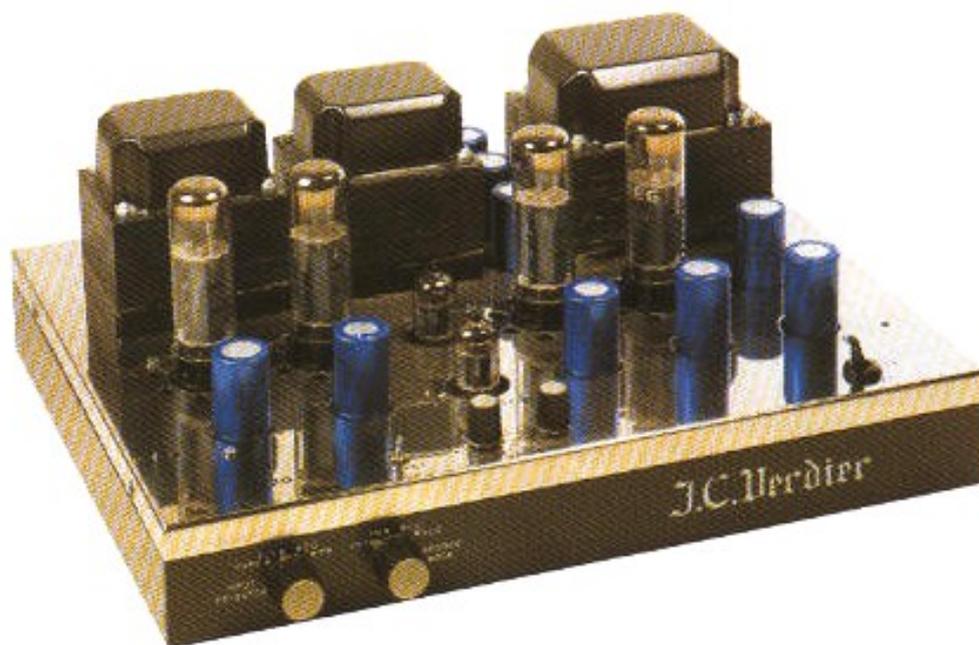
L'écoute du 220 ou 220 Control est un véritable enchantement. L'harmonie des couleurs de timbre, l'extrême finesse dans l'analyse des messages complexes, cette impression que les notes s'enchaînent les unes aux autres avec fluidité et naturel procure un sentiment de plénitude qui n'est jamais gâché par l'agressivité dans le haut-médium aigu ou un manque de tenue dans le grave. Les dimensions de l'image stéréophonique sont respectées, les enceintes paraissent avoir quadruplé de volume. On est face à une scène stéréophonique gigantesque tout en conservant une focalisation précise des sources émissives. Il est certain que le push-pull d'EL 34 polarisé en classe A, conjointement avec un transformateur de sortie de très haute qualité avec des tôles à grains orientés, faible self de fuite, nombre important de spires au secondaire apportent leur contribution à cette restitution dont le grave ne s'écroule pas, à la moindre sollicitation.

La version Control est équipée de commutateurs d'entrée qui permettent de sélectionner indépendamment les entrées que l'on écoute de celles que l'on enregistre. Les réglages de volume par potentiomètres indépendants pour chaque canal ainsi qu'un inverseur permettent d'accéder directement aux entrées de l'amplificateur et autorisent de nombreuses configurations y compris la multi-amplification. La double entrée facilitera d'ailleurs cette dernière opération.

Principales caractéristiques :

220 : Puissance : 2×20 W/8 Ω - Bande passante : 20 Hz-60 kHz - Sensibilité d'entrée : 0,5 V - Push-pull EL 34 travaillant en classe A - Poids : 12 kg - Prix indicatif : 11 250 F.

220 Control : Spécifications identiques au 220 mais avec deux commutateurs d'entrée - Prix indicatif : 12 750 F.



Verdier : 5-7, rue d'Ormesson, 93800 Epinay - Tél. : 48.41.89.74

VTL

Ce spécialiste américain des amplificateurs à tubes a créé la surprise en proposant un convertisseur numérique/analogique de type 20 bits avec section de sortie analogique entièrement à tubes.

La musicalité de ce convertisseur a laissé pantois les critiques du monde entier. Il traduit avec une facilité déconcertante toutes les nuances dans les changements de rythme, toutes les différences de timbres parfois très proches, avec un caractère analogique « fruité » typique des réalisations VTL.

On a vraiment l'impression, à l'écoute d'un tel convertisseur, d'avoir affaire à une source analogique et non pas à un support numérique. Un lecteur CD fonctionnant conjointement avec le convertisseur VTL va encore plus loin dans le respect, le temps d'établissement et l'extinction des notes,

l'élégance des volutes rythmiques, l'appréciation des distances entre interprètes. Ce convertisseur fait appel à deux énormes modules de conversion d'origine Ultra-Analog fabriqués selon le cahier des charges VTL.

Le signal en sortie attaque la section à tubes qui prend aussi en charge le desemphasis, le filtre passe-bas et assure aussi le gain nécessaire pour attaquer un préamplificateur.

Les modules de conversion renferment des circuits hybrides monolithiques et composants discrets pour obtenir une résolution de 20 bits. Le filtrage numérique est à 8 fois la fréquence de suréchantillonnage.

Le décodeur VTL utilise aussi un circuit de réduction de jitter pour éliminer les écarts de temps entre l'horloge du lecteur numérique et celle du convertisseur.

Le filtrage analogique et le gain à la sortie du convertisseur sont obtenus à partir d'une double triode 12AT7. L'alimentation dispose de pas moins de quatre transformateurs indépendants et de huit alimentations stabilisées différentes nécessaires pour les circuits de logique, de conversion et à tubes. Une réalisation vraiment originale qui tranche avec tout ce que l'on a pu proposer jusqu'à ce jour en matière de conversion.

Principales caractéristiques :

Convertisseur numérique/analogique hybride - Définition : 20 bits - Décodage de toutes les sources - **Fréquence d'échantillonnage** : 32/44,1/48 kHz - Sorties Cinch non-symétriques et prises Canon - Version avec sorties symétriques sur option par transformateur/adaptateur - **Prix indicatif** : 76 500 F.



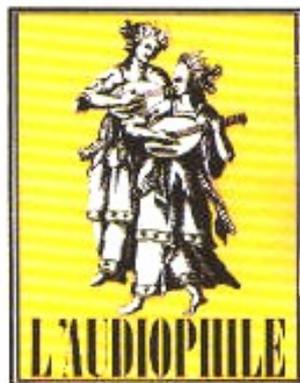
Présence Rive Gauche : 7, avenue du Maine, 75015 Paris
Tél. : 45.48.49.89

**Page non
disponible**

LES MUSES D'OR

Octobre 91





à l'ensemble lecteur CD+convertisseur TECHNICS SH-X1000/SL-Z1000

Jean Hiraga

C

hez Technics, la série 1000 fait partie d'un projet qui a consisté à mettre en valeur les ultimes possibilités offertes par différentes technologies développées par cette grande firme japonaise, sans les limitations habituelles de l'encombrement ou du coût de revient. L'ensemble SH-X1000/SL-Z1000, très haut de gamme Technics en matière de lecteur CD et de convertisseur N/A de type MASH, mérite de ce fait d'être classé parmi les meilleures références actuelles. La mise au point de cet ensemble a mobilisé quinze ingénieurs pendant 18 mois, dont cinq spécialistes des circuits intégrés. Il a résulté de ce grand projet la mise au point de convertisseurs et de filtres numériques ultra-performants conçus spécialement pour ces versions de prestige.

Surnommé « M. Mash », M. Yutaka Hirota, directeur du développement des lecteurs CD et des technologies avancées de Technics a été chargé, voici deux ans, du projet « 1000 ». Ce projet consistait à faire reculer jusqu'à leurs dernières limites les possibilités de l'audio-numérique appliquée aux lecteurs CD. Ce projet ne mobilisa pas moins de quinze ingénieurs pendant 18 mois avec, parmi eux, cinq grands spécialistes des

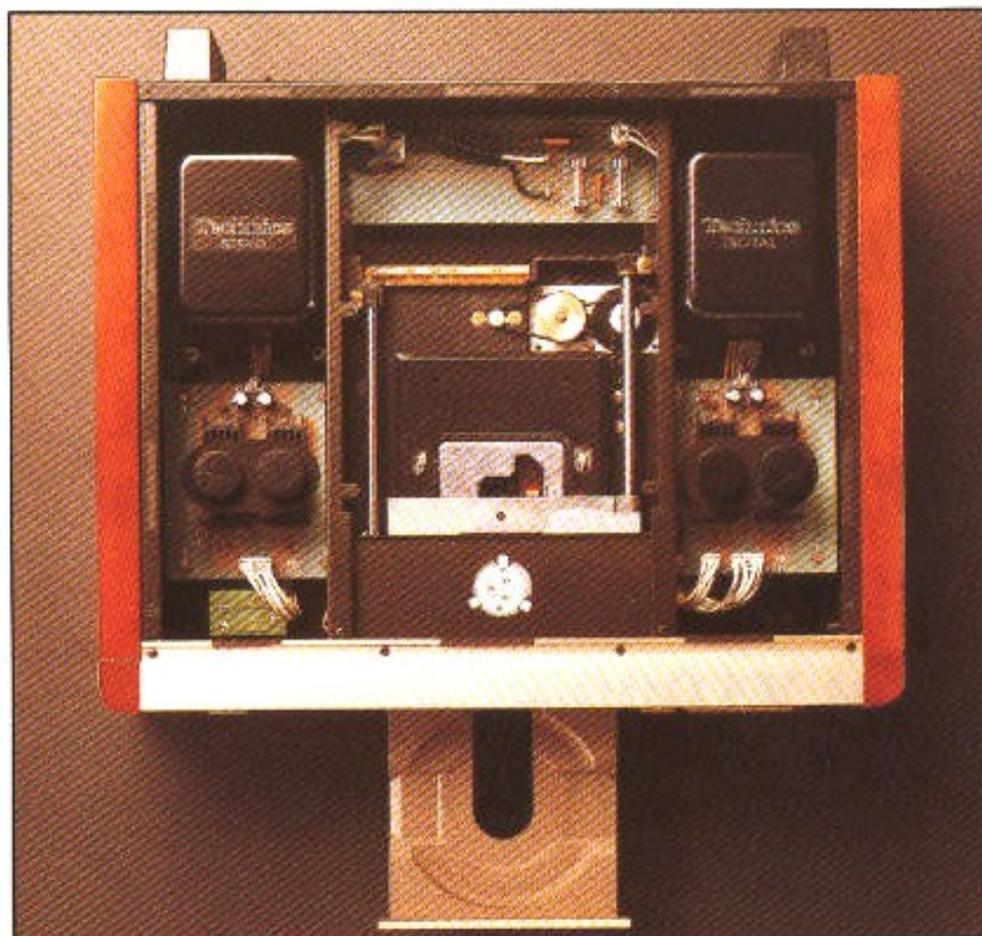
circuits intégrés LSI et VSLI (haute et très haute intégration). Ce projet porta ses fruits avec la mise au point, la commercialisation de l'ensemble lecteur CD/convertisseur Technics de très haut de gamme SL-Z1000/SH-X1000. Il permet aussi de faire de grands pas en avant en termes de perfectionnement, de compréhension de divers phénomènes parasites pouvant nuire à la fidélité de restitution et ainsi d'améliorer sensiblement les per-

formances des nouvelles générations de lecteurs CD et de convertisseurs. Pour la série 1000, les objectifs visés par l'équipe étaient :

— recherche d'une très haute linéarité de conversion N/A à bas niveau ;

— recherche d'un rapport signal/bruit se rapprochant au mieux des possibilités permises par le convertisseur N/A MASH ;

— recherche d'un très faible



Lecteur CD SX-Z1000.

taux de distorsion par harmoniques et par intermodulation.

Le procédé de conversion numérique/analogique MASH de Technics a été à l'origine conçu pour surmonter des problèmes de tolérance de fabrication liés aux convertisseurs N/A conventionnels. En effet, la linéarité de ceux-ci n'est jamais parfaite, notamment au voisinage de 0. Une première solution à ce problème a consisté à augmenter le nombre de bits, ce qui n'apporte de bons résultats que dans des conditions très précises.

Dans les autres cas, plus courants, le résultat peut en effet s'inverser par rapport aux prédictions, un nombre croissant de bits ayant tendance à faire croître le nombre d'erreurs de quantification. On a pu par ailleurs se rendre compte qu'une quantité impressionnante de petits détails d'apparence assez secondaire pouvait altérer sensiblement les performances sur signaux fai-

bles. Rappelons que le procédé MASH à modulation de largeur d'impulsion Multi-Stage Noise Shaping, de codage 3,459 bits a été à l'origine développé par le groupe Technics en collaboration avec la firme Nippon Telegraph & Telephon.

Afin de démontrer de façon flagrante la supériorité du procédé de conversion MASH par rapport à d'autres procédés concurrents (multi-bits, DSP), Technics a mis sur le marché en 1990 le double disque de mesure Digital 3A (réf. AD-D 3A 001 et 002). C'est, à notre connaissance, les seuls disques de mesure qui, en association avec les convertisseurs MASH rendent possible l'extraction de signaux gravés très faibles (-90 dB par exemple) ou bien encore faibles et de fréquence très élevée (-80 dB, 20 kHz par exemple) sans être pour autant entièrement masqués par le bruit de quantification ou par la dis-

torsion. Sur ce test, d'autres procédés de conversion, bien qu'excellents à l'écoute à partir de niveaux un peu plus élevés noient totalement dans les parasites les signaux gravés en-deçà de -70 à -80 dB. Annoncer comme performances une plage dynamique de 98 dB et un rapport signal/bruit de 120 dB est bien. Technics, lui, est sans doute le seul constructeur qui a conçu un disque permettant de vérifier l'exactitude des performances atteintes par l'ensemble SH-X1000/SL-Z1000.

Le lecteur CD

Le lecteur CD SL-Z1000 bénéficie de la longue expérience de Technics pour ce qui concerne la construction anti-vibrations et la lecture ultra-précise du signal gravé. Pour gagner quelques 20 dB en rapport signal/bruit par rapport aux modèles de milieu de gamme de la même marque, Technics a dû réviser, étudier et perfectionner chacune des sections composant ce lecteur CD :

- une construction ultrarigide, symétrique et anti-vibrations ;

- deux transformateurs d'alimentation, l'un réservé à l'asservissement de la lecture, l'autre à l'extraction du signal numérique, disposés de part et d'autre de la mécanique centrale.

Ces transformateurs, à double blindage, sont montés sur amortisseur et imprégnés d'un matériau composite résine-caoutchouc. La construction anti-vibrations consiste à isoler au mieux le bloc de lecture optique des vibrations issues soit de l'appareil lui-même (disque en rotation, transformateurs, servo-mécanismes), soit de l'extérieur (transmission par voie mécanique ou par voie aérienne). Le bloc optique est monté sur un châssis massif en fonte d'aluminium injecté. Ce bloc flotte sur des suspensions combinant ressorts + amortisseurs.

Le bloc optique est équipé d'un moteur linéaire à asservissement ultra-rapide. Au niveau des rails de guidage de la tête, l'attraction magnétique assure un contact mécanique bloc-tête permanent et évite tout risque de vibrations. Les autres protections contre les vibrations sont assurées par un châssis aux parois épaisses (2 mm) recouvert d'une plaque supérieure massive (aluminium de 3 mm d'épaisseur) et de pieds anti-vibrations de grande surface.

Sur les alimentations des circuits d'asservissement et des circuits de lecture numérique, les quatre condensateurs de filtrage (3 300 μ F/63 V) sont coiffés de bagues anti-vibratoires. Si de telles précautions pourraient paraître superflues, n'oublions pas que la vitesse de défilement linéaire est de 1,2 à 1,4 m/s et que les informations gravées n'ont qu'un demi-micron de largeur, la moindre vibration parasite entraînant un travail supplémentaire de la part des circuits d'asservissement.

Au niveau du bloc optique, le Technics SL-Z1000 est l'un des rares lecteurs CD à être équipé de quatre lentilles en quartz (et non pas en polycarbonate moulé), ce qui améliore sensiblement la focalisation. Au moment de la coupure de l'alimentation du lecteur, un système de verrouillage automatique du bloc de lecture entre en action en évitant tout problème suite au transport de l'appareil.

Le moteur d'entraînement à couple élevé est associé à des circuits d'asservissement ultra-rapides. Sur cet appareil, Technics n'utilise pas d'asservissement numérique de la lecture mais un système à interpolation linéaire basé sur huit échantillons. Très sophistiqué, ce système offre des performances de correction pratiquement équivalentes à celles des systèmes de correction par procédé numérique (dernières générations de lec-

teurs CD Technics). Un contrôle de l'inertie de la masse en mouvement sur le couple du moteur assure une adaptation optimale sur les disques CD de 12 cm ou sur les « single » de diamètre 8 cm. Le tiroir de chargement est soigneusement découplé de la platine mécanique et du châssis. Son mouvement est asservi (vitesse variable assurant rapidité d'exécution, silence et absence de chocs).

Du côté circuits, les masses et les alimentations séparées pour les sections asservissement et numériques ainsi que les différents blindages assurent l'extraction d'un signal audio-numérique dépourvu de parasites et parfaitement corrigé. Les deux sorties numériques disponibles à l'arrière du lecteur sont toutes deux de type optique.

Le SL-Z1000 est assorti d'une télécommande infra-rouge à 46 touches. Certaines fonctions comme la recherche rapide ou lente, la recherche d'index, la

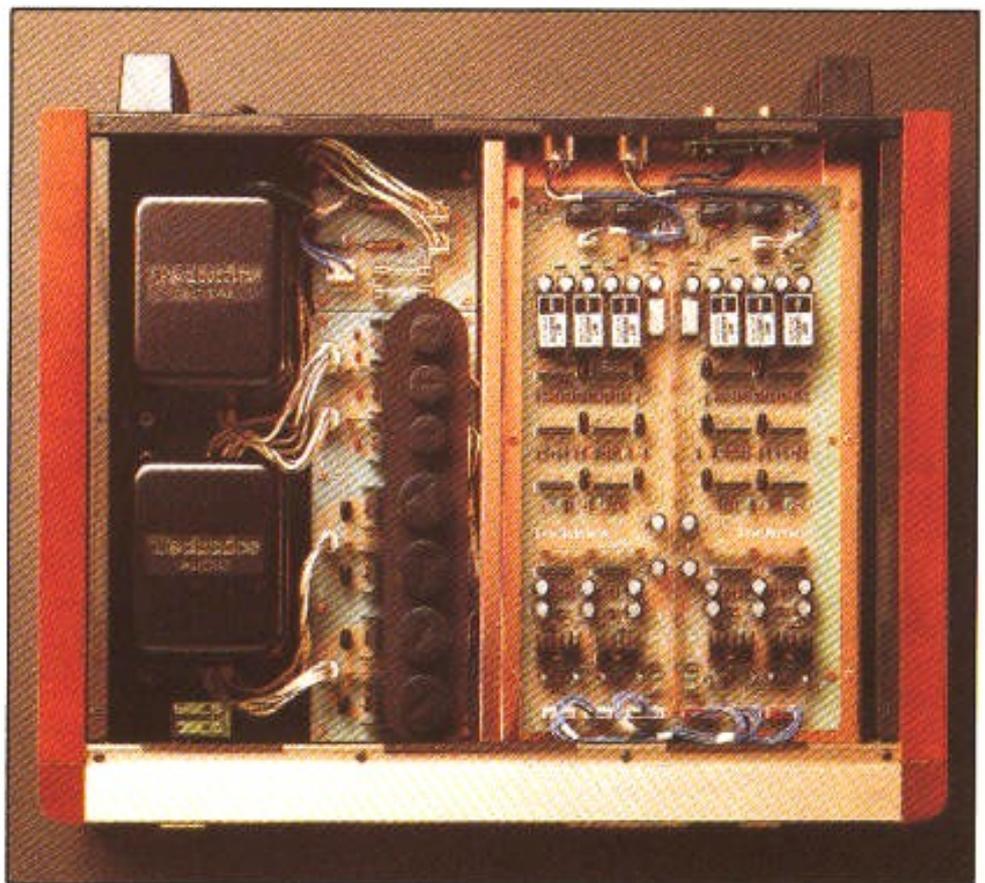
répétition ne sont accessibles qu'à partir de cette dernière.

Le lecteur CD est présenté dans un style très raffiné, identique à celui du convertisseur qui l'accompagne. Dimensions : 484 x 139 x 419 mm, face avant en aluminium brossé teinté champagne, face avant très sobre avec tiroir central, affichage multifonctions à gauche et six touches à droite (tiroir, lecture, stop, pause, plage précédente et suivante). Le lecteur comme le convertisseur qui l'accompagne pèsent chacun 20 kg.

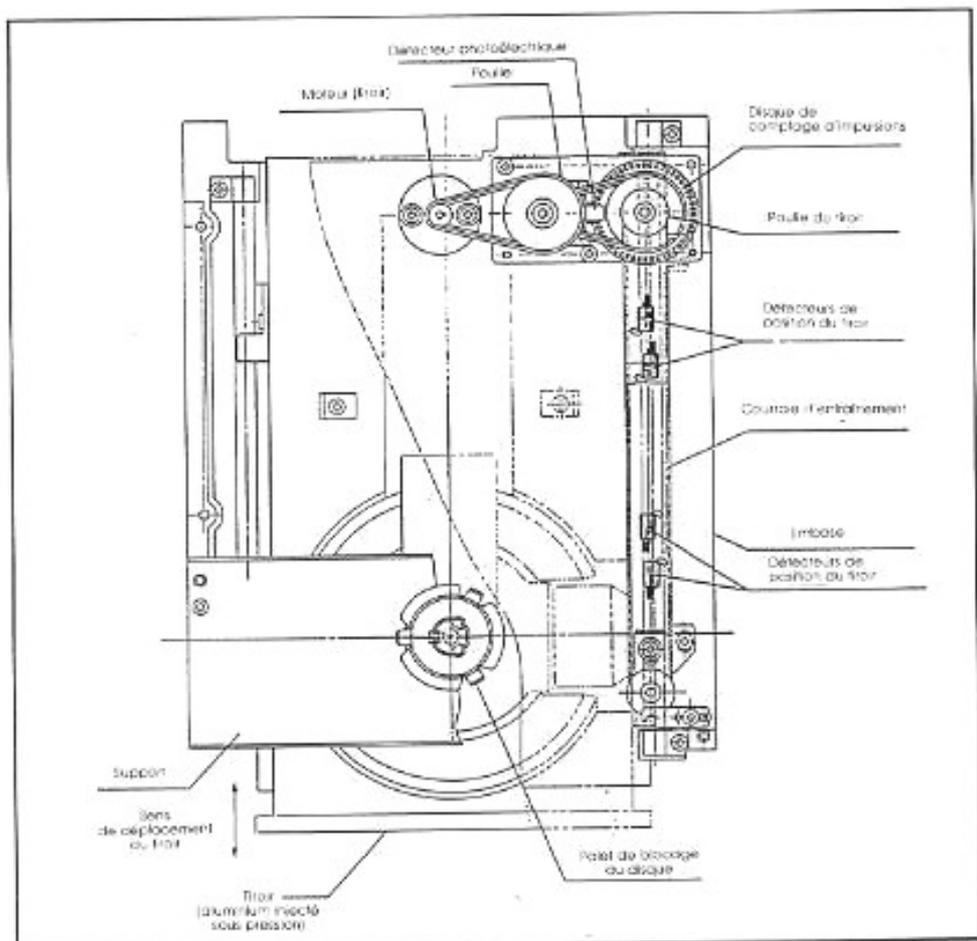
Le convertisseur N/A SH-X1000

Le convertisseur SH-X1000 reprend la même esthétique, la même finition que le lecteur CD qui le précède pour former un ensemble très élégant mais dont le poids total, 40 kg, nécessite certaines précautions lors de leur installation.

Les capacités du procédé



Convertisseur N/A SH-X1000.



Système de chargement du disque du SL-Z1000.

MASH ont pu être mises pleinement en valeur grâce à des circuits extrêmement sophistiqués auxquels viennent s'ajouter des circuits intégrés spécialement conçus pour ce modèle.

Les circuits dits « anti-jitter », conçus pour éviter un phénomène d'errance, dans l'axe du temps, des signaux numériques transmis n'ont rien de vraiment nouveau. Sur les configurations comprenant un seul circuit PLL (Phase Locked Loop, à bouclage de phase) il est impossible d'éliminer ce phénomène d'errance du signal dans l'axe du temps, ceci même si l'on reste dans la fourchette de tolérance admise par le standard EIAJ (Electronic Industry Association of Japan).

En mode « haute précision », le niveau 1 admet une tolérance de ± 50 PPM. Celle-ci passe $\pm 1\,000$ PPM en mode « précision standard ». Sur les lecteurs CD courants la fourchette de déviation en fréquence et de

l'ordre de ± 20 PPM. L'errance peut être réduite en faisant appel à deux circuits PLL, l'un rapide, l'autre plus lent et synchronisé sur le premier. La fréquence d'horloge admise au convertisseur N/A gagne ainsi en stabilité.

Une autre approche consiste à utiliser un système en boucle fermée dit « bi-directionnel link ». Bien que performant, ce système a pour défaut de positionner le quartz, l'oscillateur et le circuit générateur de l'horloge très près du convertisseur N/A et du filtre numérique. De ce fait, on sort du standard EIAJ, le lecteur CD en boîtier séparé devant être relié au bloc convertisseur par l'intermédiaire de deux câbles.

Rappelons que le phénomène d'errance, d'instabilité de la fréquence d'horloge est provoqué par les liaisons capacitives, inductives, résistives des pistes sur les circuits imprimés, par des références de masse, de tension

d'alimentation en courant continu dont le potentiel n'est pas parfaitement stable ainsi qu'à des phénomènes de couplage parasite entre composants actifs ou passifs par effet capacitif ou magnétique. La fréquence d'horloge, parfaitement stable au niveau du quartz peut ainsi perdre en stabilité en certains points du circuit. Le format numérique normalisé fait appel à un mode de repérage dit « bi-phase » qui contient les données de contrôle, mais également le signal de discrimination gauche-droite des canaux audio, surnommé LRCK (Left-Right Clock). Il en résulte que la présence de jitter aura une influence directe sur la qualité du signal audio. Ce jitter étant le plus souvent de nature cyclique (100 Hz, correspondant aux résidus de redressement secteur), il en résultera un effet d'intermodulation sensible sur les faibles niveaux.

Sur le convertisseur SH-X1000, Technics a orienté son choix vers un circuit entièrement nouveau.

On dispose tout d'abord de trois entrées référencées CD, AUX 1 et AUX 2. Elles sont toutes de type optique, l'entrée AUX 2 étant en revanche mixte optique/coaxiale Cinch (inverseur placé entre ces entrées). Toutes les entrées optiques sont reliées à une interface audio-numérique par l'intermédiaire de photo-coupleurs, ce qui a pour avantage de séparer les lignes de masse du convertisseur de celles du bloc de lecture du disque. On attaque ensuite (voir figure) un processeur numérique très performant DSP qui comprend :

- un microprocesseur ;
- trois commutateurs « Narrow-Wide » ;
- une mémoire RAM (Random Access Memory ou MEV (mémoire vive) de capacité 1,5 Mbits.

La suppression du phénomène de jitter est obtenue comme suit : le système fait appel à un

circuit PLL ultra-rapide qui reçoit les données numériques contenant un signal d'horloge de stabilité moyenne. A l'intérieur du bloc DSP, les données sont stockées temporairement dans la mémoire vive RAM, de capacité 1,5 Mbits. Les données sont ensuite régénérées en association avec une horloge issue d'un quartz ultra-stable à fréquence élevée, sans relation avec le signal d'horloge présente à la sortie de l'interface numérique. Le débit de données stabilisé totalement dans l'axe du temps pourra ensuite être dirigé vers le filtre numérique puis vers le convertisseur N/A de type MASH.

L'avantage de ce procédé est de ne nécessiter qu'une seule connexion numérique avec le lecteur CD et d'offrir une valeur de jitter pratiquement nulle et indépendante de l'amplitude du jitter présent à l'entrée du circuit DSP.

Le lecteur SL-Z1000 figure parmi les plus performants sur le critère du jitter car celui-ci, avant d'être éliminé par le circuit Jitter Free Interface du convertisseur n'est que de ± 4 ppm. Pour des déviations plus grandes, Technics a prévu sur chacune des entrées numériques un

inverseur « Wide-Narrow » qui agit sur le microprocesseur et permet à la mémoire vive RAM de travailler soit à plein régime (avec une marge de sécurité de 1,5 fois supérieure à la capacité requise), soit en régime modéré. Dans les deux cas, on dépasse très largement la durée maximum d'enregistrement des disques CD (elle est de 74 minutes), soit 94 mn en mode Narrow et au moins 12 heures en mode Wide.

La capacité de la mémoire vive RAM excède donc largement les besoins requis pour l'obtention d'une valeur nulle de jitter. Aucune coupure du son ne risque de se produire pendant l'écoute, une protection supplémentaire étant une commutation automatique, un passage en mode PLL numérique en cas de saturation accidentelle de la mémoire vive. En mode PLL numérique, un circuit VCO (oscillateur commandé en tension) travaille avec un cycle de 11 secondes, plaçant ainsi le spectre du jitter en dehors de la bande audio. Bien entendu, le gros avantage de ce convertisseur est d'être compatible avec n'importe quel modèle de lecteur CD

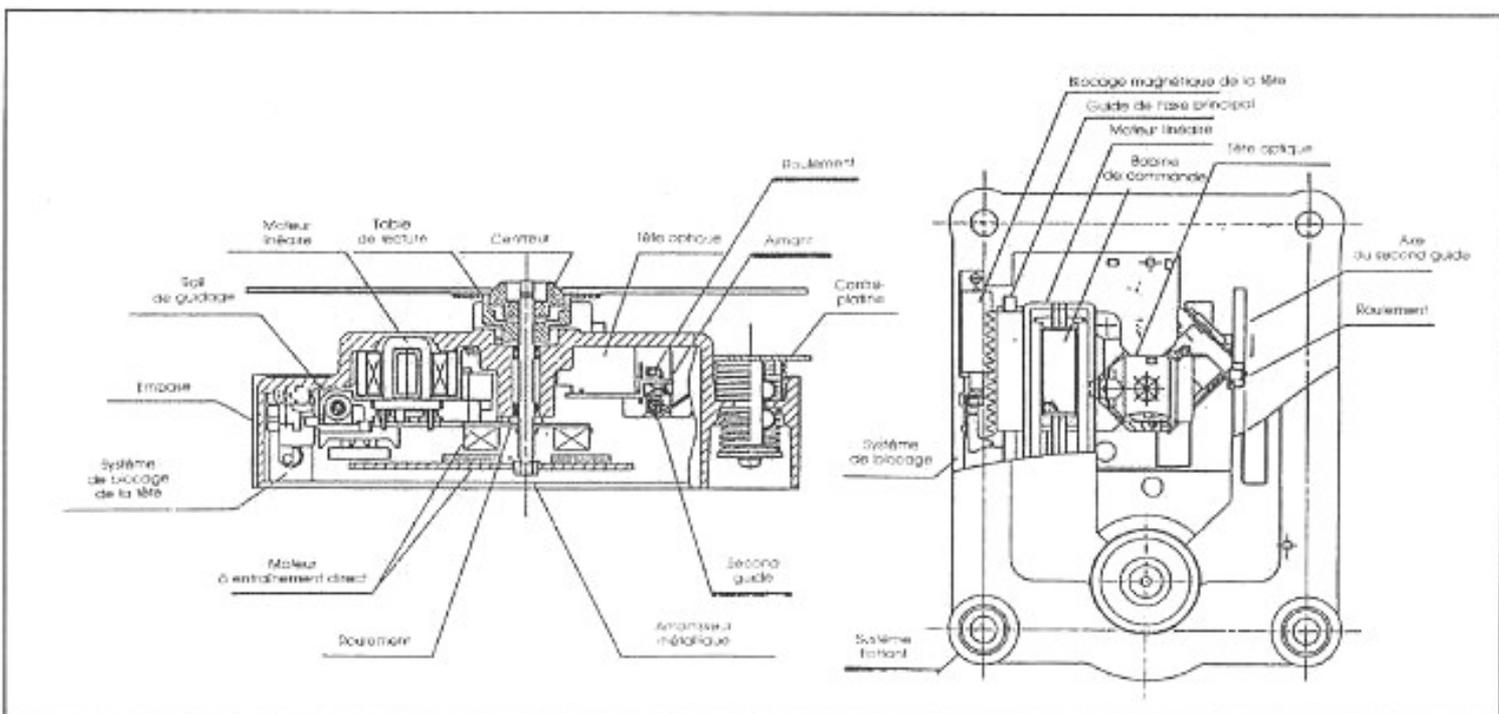
équipé d'une sortie numérique.

Le circuit de désaccentuation est numérique, ce qui évite les pertes d'insertion, réduit le nombre d'étages analogiques et les rotations de phase aux fréquences élevées.

Dans la section numérique, il a d'autre part été prévu une pré-compensation de phase due aux caractéristiques du filtre analogique passe-bas.

Rappelons que pour ce modèle, Technics a conçu le circuit à haute intégration LSI MN 64730, le plus performant de tous les convertisseurs N/A MASH. Ce circuit est suivi de deux circuits intégrés PWM (modulation en largeurs d'impulsions), soit un total de huit convertisseurs N/A pour les deux canaux. La séparation des composants actifs permet d'atteindre le chiffre étonnant de 110 dB pour la diaphonie.

La section analogique est conçue à partir d'une philosophie de pur audiophile : mesure, écoute sur programme musical des composants hi-fi, passifs, des alimentations, des circuits, ce, jusqu'à l'aboutissement du meilleur résultat global. Ainsi, sur la section analogique, Technics n'a



Structure du bloc optique sur châssis en fonte d'aluminium du lecteur SL-Z1000.

pas hésité à utiliser des composants audio rares et onéreux tels que les condensateurs Soshin à quatre sorties (élimination de la self parasite des armatures).

Les sorties analogiques s'effectuent soit en mode asymétrique (prises Cinch dorées), soit en mode symétrique (prises XLR genre Cannon).

L'agencement des différentes sections du convertisseur est réalisé de façon rationnelle : blindage central séparant l'alimentation des circuits, deux transformateurs blindés du côté alimentation (un pour le numérique, l'autre pour l'audio), section N/A sur grand circuit imprimé en verre époxy, avec implantation symétrique gauche-droite et rail de masse central. Du côté alimentation, on ne compte pas moins de onze circuits de stabilisation des tensions d'alimentation positive et négative pour les sections numérique et analogique. Après le transformateur, le redressement en pont des sept alimentations (trois symétriques, une asymétrique) est suivi d'un filtrage par sept condensateurs électrochimiques. Tous ces derniers sont coiffés d'un matériau amortissant destiné à éliminer les résidus de vibrations parasites.

La face avant, sobre, élégante, comporte à gauche trois voyants indiquant la capture d'un signal dont la fréquence d'échantillonnage est de 32 kHz, 44,1 kHz ou

	Suprême MN 64730+ MN 64731	MN 6474
Suréchantillonnage :	8 fois	4 fois
Linéarité de la bande passante :	$\pm 0,00005$ dB	$\pm 0,0072$ dB
Réjection de bande :	110 dB	62,7 dB
Suréchantillonnage MASH :	32 fs	32 fs
Bruit de requantification :	-123 dB	-106 dB
Nombre de sorties PWM :	8	4
Distorsion THD + bruit :	0,0014 %	0,003 %
Dynamique :	101 dB	98 dB
Horloge :	768 fs	768 fs

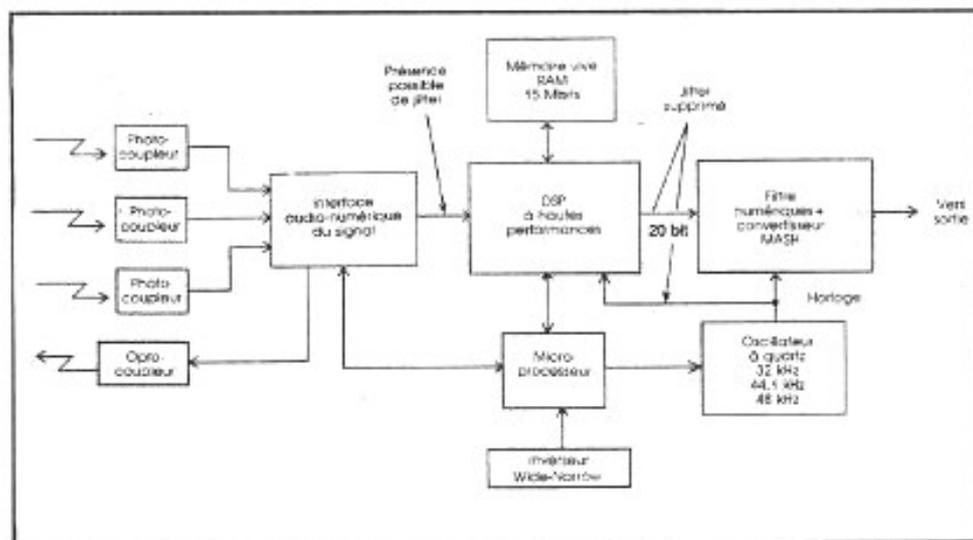
Comparaison des caractéristiques des circuits intégrés « Advanced MASH » MN 64730/731 par rapport à un circuit MASH plus courant, le MN 6474.

48 kHz (réception DBS par satellite, lecteur CD, DAT). A droite sont situées les trois touches du sélecteur d'entrées ainsi que la fameuse touche « jitter free ».

Comme on le voit, l'ensemble SL-Z1000/SH-X1000 mérite largement de faire partie des meilleures références en audio-numérique et de se voir attribuer nos Muses d'Or, ce, dans le cadre d'un programme de recherches qui ne cessent d'avancer.

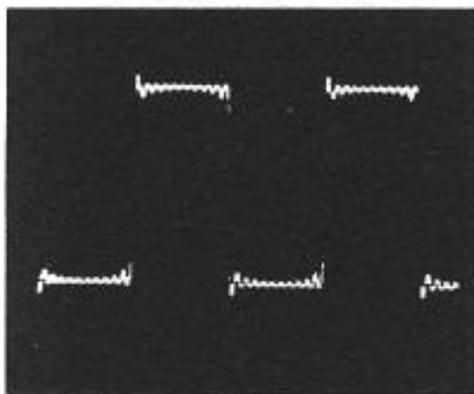
Un voyage récent de l'équipe d'ingénieurs Technics en France a permis à *L'Audiophile* de poser plusieurs questions à M. Hirota (voir début de l'article) en ce qui concerne cet ensemble ainsi qu'au sujet de l'avenir de l'audio-numérique. Tout d'abord, M. Hirota nous a fait savoir que le laborieux travail de

perfectionnement de la lecture du disque CD a porté ses fruits, l'un des aboutissements étant cet ensemble. Sa commercialisation n'a été possible que grâce à la répercussion des recherches sur d'autres gammes de produits offrant une meilleure rentabilité. Du circuit MASH il a été ainsi possible de progresser et de passer au circuit « Advanced MASH » dont le rapport S/B théorique atteint 123 dB et dont l'horloge mère travaille sur 33,86 MHz. De même c'est en quelque sorte les performances remarquables du lecteur SL-Z1000 qui ont servi de base pour la mise au point de nouveaux circuits d'asservissement, de nouvelles platines mécaniques. A propos du format Compact Disc, M. Hirota déclare que si dans le haut de gamme on commence à en ressentir les limites, on doit tenir compte des exigences du marché et des possibilités des constructeurs en matière de technologie et de coût de revient. Ce format obtient un énorme succès et il ne serait donc pas question de l'abandonner. Par contre, une extension du format CD pourrait être envisagée, la recherche d'une plus grande miniaturisation orientant les ingénieurs vers différents systèmes de compression des données, ou même d'utilisation éventuelle de lasers bleus (possibilité de réduire sensiblement la taille du faisceau).

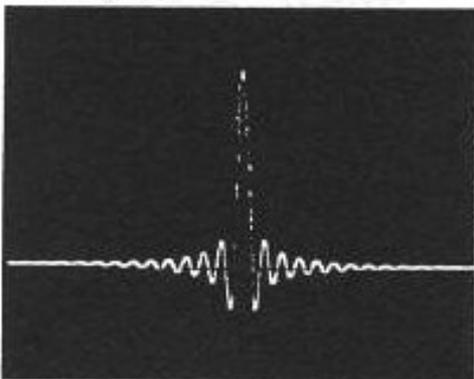


Principe du circuit « Jitter Free » adopté par Technics sur le SH-X1000.

Le format CD-WORM (enregistrable une seule fois), intéressant et fiable, pourrait figurer parmi les solutions d'avenir dans l'audio numérique. Pour la cassette DCC, le groupe Technics a, comme on le sait, pris la décision d'adopter ce format sur de nouvelles gammes d'appareils qui seront commercialisées début 1992.



Réponse sur signal carré de l'ensemble Technics.



Réponse sur impulsion de l'ensemble Technics.

Suite à une question posée à M. Hirota, celle d'une « personnalité sonore bien typée » selon l'origine du convertisseur (Burr Brown, Sony, Yamaha, Philips, etc.), celui-ci déclare que ce phénomène existe effectivement, même si les composants périphériques peuvent jouer un rôle de « colorant » ou de masque. Certains d'entre eux produiraient invariablement une sensation de « médium-aigu en avant » ou d'« extrême-grave comme écourté ». Des remarques qui semblent se recouper parfaitement avec celles d'autres chercheurs et audiophiles. Quant à l'ensemble SH-X1000/SL-Z1000, M. Hirota l'estime

« trop perfectionné partout » pour que d'autres innovations apportées depuis dans ce domaine soient en mesure d'en faire très vite un produit « d'avant-dernière-garde ». C'est un avis que nous partageons aussi.

L'écoute

Patrick Vercher

L'ensemble lecteur et convertisseur Technics 1000 nécessite une petite mise en chauffe préalable avant de trouver son plein équilibre et le maximum de définition. Cet ensemble se distingue par l'équilibre parfait entre les paramètres souvent contradictoires de respect de la structure des timbres, capacité dynamique, définition et perspective sonore. En effet, bien des lecteurs de très haut de gamme mettent en avant l'un de ces paramètres au détriment des autres, d'où une restitution un peu disloquée, peu naturelle, qui fait dire encore à certains que la lecture analogique est supérieure. Le pouvoir d'analyse du système 1000 dépasse l'entendement. Ceux qui ont l'habitude d'écouter des bandes master de studio retrouveront aisément la même impression de séparation des informations les unes des autres quand celles-ci arrivent toutes en même temps. On peut ainsi suivre aisément les jeux différents de plusieurs interprètes sans chevauchement parasite.

Les phénomènes d'intermodulation sont presque totalement rejetés procurant une clarté d'expression sonore à laquelle on n'est pas forcément habitué. Les micro-informations sont décortiquées avec précision et respect des différences de petits niveaux, là où se situe toute la différence entre une transcription plate manquant d'allant et une musicale chantante, juste. Si on analyse plus finement chaque registre, on ne peut qu'être ébloui par la teneur et la richesse du registre grave. L'articulation

entre les notes s'effectue sans caractère hâché mais avec une belle continuité. Le niveau jusque dans l'extrême-grave est respecté avec une extraordinaire stabilité, même sur une succession d'impacts violents où la confusion est souvent de mise chez la concurrence. Le registre très riche du bas-médium allie douceur et capacité dynamique avec une bonne perspective sonore mais sans outrance. Il n'y a pas de phénomène de projection du médium et sans pour autant tomber dans une fausse réverbération, peut-être plaisante à première écoute mais dont on se lasse vite par effet répétitif. L'aigu, très subtil, ne dérape jamais vers une tendance ferrailante ou agressive, les timbres filent avec naturel et sans rupture avec le médium. La transcription devient à la fois éblouissante, nerveuse, pleine de vie tout en conservant une impression de corps, de masse. Les ingénieurs de chez Technics ont su tirer le maximum de la technologie de décodage MASH en l'état actuel de la technique des composants. Ils ont su éviter les pièges de mise en avant de certains paramètres au détriment d'autres pour se concentrer vers une restitution homogène, extrêmement musicale, sans artifice flatteur.

Jean Hiraga

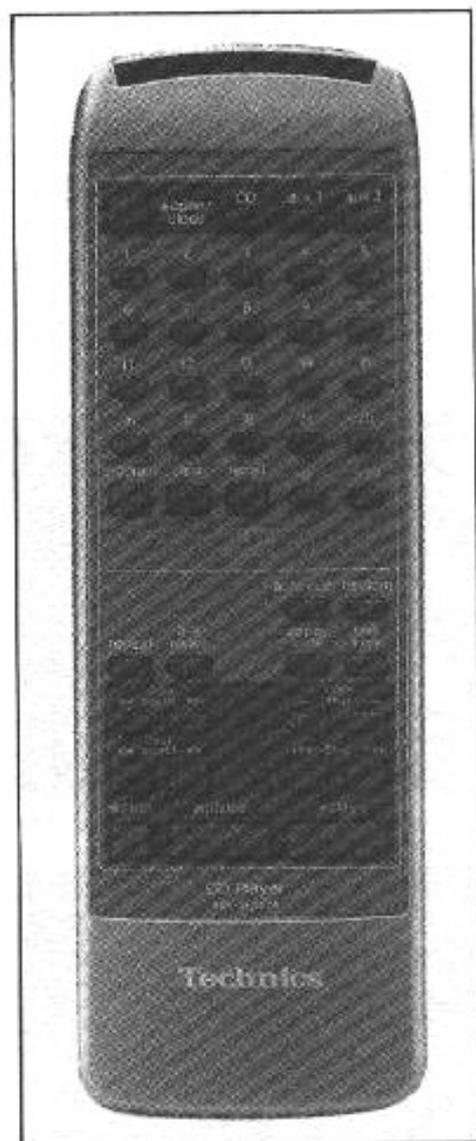
L'écoute critique des matériels de très haut de gamme est parfois assez déroutante. En effet, il peut arriver que l'on sorte d'un « format », d'un « son-type » auxquels nos oreilles s'étaient habituées. La notion de référence peut perdre alors beaucoup de son poids, surtout lorsqu'on a affaire à cet ensemble Technics SL-Z1000/SH-X1000. La fusion de plusieurs sortes d'instabilités d'ordre mécanique, électromécano-acoustique et électronique peut, dans le cadre d'un heureux hasard, aboutir à des effets sonores irréels, falsifiés qui

n'empêchent nullement de produire sur l'auditeur des effets agréables, voire même « envoûtants ». Pour être plus concrets, une instabilité de phase peut avoir pour conséquence un élargissement anormal de la scène stéréophonique ou créer un effet tridimensionnel sans rapport avec la nature réelle de la prise de son. Tous ces « tours » peuvent être en grande partie déjoués par une série de tests, par l'écoute de plusieurs prises de son dont le contenu est bien cerné. Sur des prises de son effectuées en milieu non réverbérant, on doit par exemple obtenir des sources de nature très mate, extrêmement ponctuelles, parfaitement positionnées en direction comme en distance. D'autres types de références s'y ajoutent et permettent d'évaluer avec une petite marge d'erreur ce dont un maillon est capable.

De toute évidence, l'ensemble SL-Z1000/SH-X1000 n'est pas du genre à falsifier les sons, à tricher, à les enjoliver pour les rendre plus beaux que nature. La lisibilité, très poussée, ne s'accompagne d'aucune dureté, ceci même sur des messages très complexes. Les prises de son en « close up » ont pour conséquence de détourner les sons, de les détacher des fonds sonores avec une sensation de relief sai-

sissante. Les ambiances contenues dans chaque enregistrement des plus marquées jusqu'aux plus discrètes entourent les instruments, les artistes sans ajouter de lourdeur, sans non plus épaissir les principaux traits formant le piano, le tuba ou la contrebasse. Cette impression se renforce lorsqu'on passe en mode « jitter free ». La mise en service de cette fonction produit une image stéréo encore plus vraie, avec des sources fictives plus stables, mieux étagées en profondeur. Sur les prises de son multi-micros le caractère propre à chaque microphone apparaît de façon bien distincte. Les percussions sont propres, ciselées et filent haut sans aucune tendance coïncée ou écourtée. Le grave est expressif, riche en informations, avec un caractère charpenté très appréciable car contribuant à donner aux divers instruments des dimensions physiques réalistes. Cette qualité, rare parmi les lecteurs CD, fait revivre de nombreux enregistrements datant des années 60, sans les problèmes de pleurage, d'aptitude à la lecture liés aux cellules, aux tables de lecture et au disque microsillon.

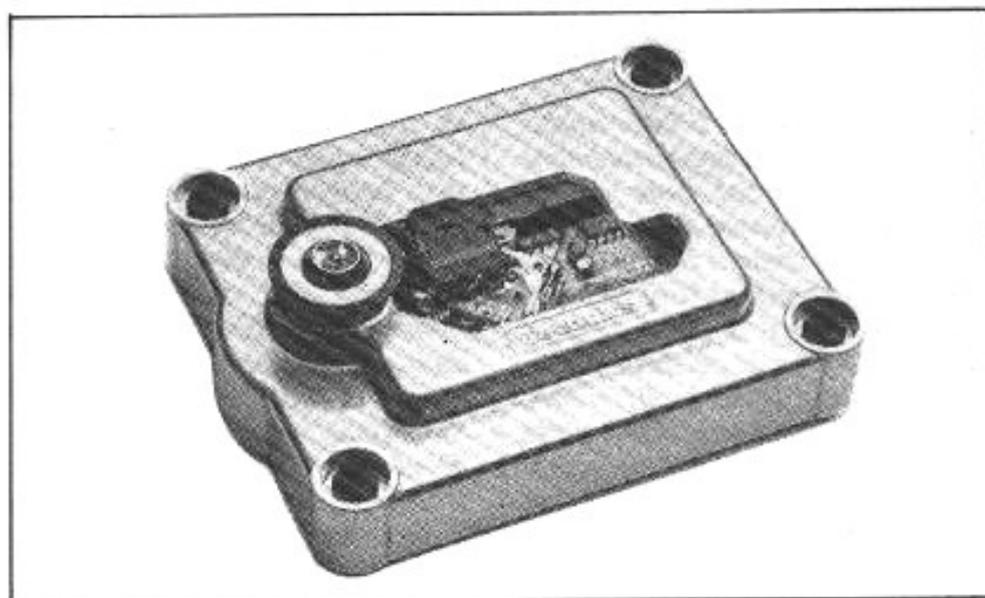
De l'ensemble se dégage une impression de linéarité de réponse en fréquence remarquable, doublée d'une transparence exceptionnelle dans tous les



Télécommande à infra-rouges.

registres. De telles performances méritent d'être mises en valeur par des maillons à la hauteur, parfaitement maîtrisés au niveau de leur association et des performances d'écoute, ainsi qu'un choix des meilleurs disques sur les plans de l'interprétation et de la prise de son. Grâce à des références de ce genre en matière de lecture audionumérique, les derniers mordus du disque noir finiront pas apprécier cette nouvelle source à sa juste valeur, près de dix ans après sa mise sur le marché.

Le seul petit regret que l'on pourrait formuler à propos du convertisseur SH-X1000 est l'absence de sortie casque, ce qui implique le passage à travers d'autres maillons, ceci au détriment du rapport signal/bruit.



Bloc de lecture optique sur bâti en fonte d'aluminium injecté.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Réalisation personnelle.

LE BAFFLE-PLAN, LA SOLUTION MEDIUM

Guy Chuiton

L

*essentiel de la musique est reproduit
par les fréquences moyennes, pour lesquelles le baffle-plan présente de grands avantages.
Pour la première fois, un article de L'Audiophile en parle.*

Depuis plus de dix ans, la presse spécialisée n'a publié d'articles nouveaux que sur la reproduction des basses fréquences, basés sur les travaux de Thiele, Small, Béranek, etc. On a focalisé l'attention des lecteurs sur une bande de fréquences allant de 30 à 150 Hz, ce qui est bien peu eu égard au reste des fréquences à reproduire. Les travaux de ces chercheurs sont bien entendu d'une très grande valeur, en ce qu'ils ont permis la modélisation et la prédétermination des ensembles enceinte/haut-parleur, par la simulation (en CAO par exemple) et la quasi-normalisation des protocoles de mesures des HP basses-fréquences.

Mais ces études basées sur le résonateur de Helmholtz, donc

en pression, ne considèrent en aucun cas le fonctionnement vibratoire des membranes, concevable pour les fréquences basses, mais inacceptable dans le médium.

Rares sont les fabricants d'enceintes acoustiques qui utilisent les moyens informatiques récents pour la modélisation des enceintes au-dessus de 150 Hz. Les solutions conventionnelles sont encore appliquées de manière quasi-empiriques, les charges acoustiques pour le médium étant généralement :

- le coffret-clos
- le coffret accordé (bass-réflex)
- la ligne acoustique en 1/4 d'onde
- l'écran (baffle-plan)
- le pavillon (exponentiel ou

autre).

Comme beaucoup d'amateurs, j'ai eu aussi ma période de recherche du grave, considérant que rien de particulier n'était à chercher plus haut en fréquences. Mais le passage récent à la multi-amplification active, à filtres réglables, m'a donné le loisir d'expérimenter autre chose que le coffret clos, en gardant comme principes de base :

- médium en vraie large bande (150 Hz à 7 kHz) ;
- grave central (mono à sommation électrique) ;

Après divers tests, notamment des réalisations 1/4 d'onde, l'orientation vers l'écran acoustique a été choisie, suite à une réflexion relativement longue sur la charge acoustique des membranes.

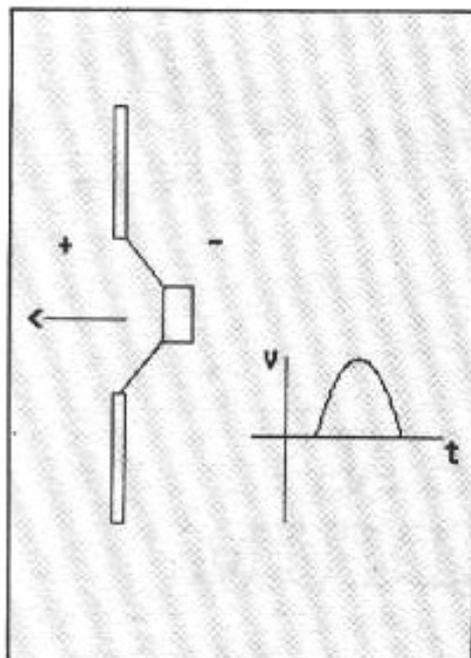


Fig. 1 : Impulsion positive.

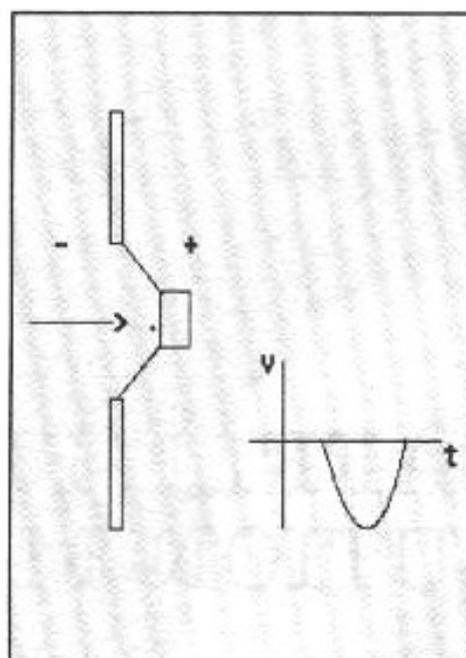


Fig. 2 : Impulsion négative.

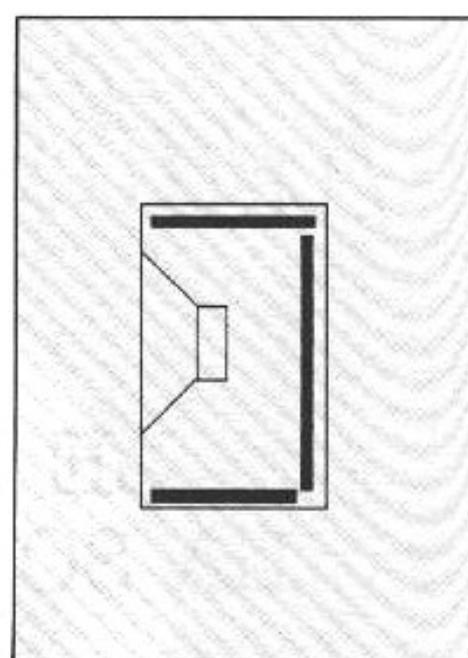


Fig. 3 : Clos amorti.

Principes acoustiques

Contrairement à une idée admise, l'émission d'un haut-parleur par une seule face de la membrane est nécessaire et suffisante. En effet, le HP déplace l'air par un mouvement de piston ou la vibration de sa membrane.

Quand le mouvement est positif (sortant), l'air est poussé devant la membrane (figure 1).

Quand le mouvement est négatif (rentrant), l'air est aspiré par la membrane (figure 2).

L'avant de la membrane reproduit donc intégralement les signaux électriques appliqués à la bobine mobile.

La récupération de l'onde arrière par un artifice acoustique (accord) donnera un signal dont la phase sera variable en fréquence par rapport à l'onde avant et une résultante acoustique allant du doublement à l'annulation de l'onde sonore totale.

Un phénomène primordial est généralement négligé : le retour de l'onde arrière après réflexion sur les parois du coffret, clos ou accordé, ou même ligne acousti-

que. C'est une véritable contre-réaction acoustique sur la membrane, sous la forme d'un signal réfléchi au temps $(T+t)$, du signal émis au temps (T) après un décalage temporel (t) . Les solutions classiques pour remédier à cela sont les absorbants phoniques dans le coffret.

Le coffret-clos

L'air enfermé dans le coffret va agir comme un ressort, en compression et en extension, et freiner les mouvements de la membrane, d'où une réponse amor-

tie. Les absorbants phoniques utilisés pour amortir les réflexions internes ne peuvent être linéaires en fréquence, ceci peut entraîner une coloration du son. En outre, les dimensions et la forme de l'enceinte sont primordiales pour une bonne réussite du coffret-clos.

Le coffret accordé

L'avantage recherché est une extension de la réponse grave à volume égal. Dans le médium, on revient quasiment au cas du coffret clos. L'utilisation d'un coffret accordé en médium, à la fréquence de coupure du filtre est la cause d'une bosse dans la courbe de réponse.

Cette solution est généralement utilisée pour un accord à la plus basse fréquence à transmettre par le système, donc dans le grave.

La ligne acoustique en 1/4 d'onde

L'intérêt de cette solution est de déterminer une dimension de l'enceinte tenant compte de la fréquence à transmettre ($\lambda/4$ à la F_c). Le coffret peut être clos (amorti) ou ouvert. Mais le résul-

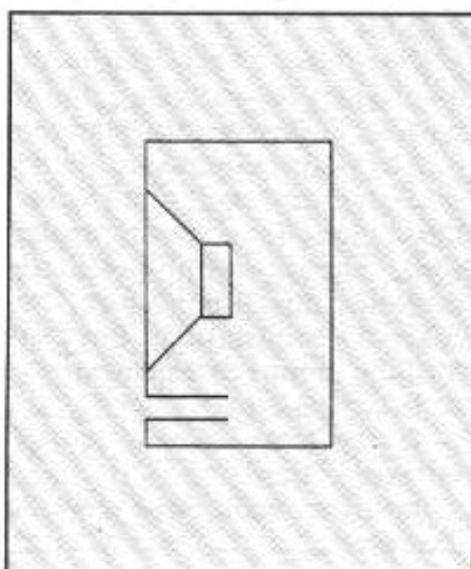


Fig. 4 : Bass-reflex.

tat est proche de celui obtenu en bass-reflex pour la réponse en fréquence près de l'accord. D'autre part, les phénomènes de réflexions dues au coffret ne sont pas éliminés.

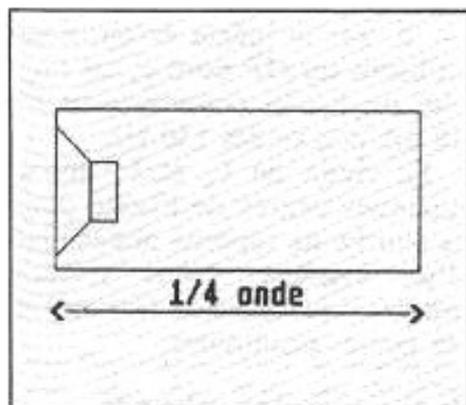


Fig. 5 : Ligne accordée.

L'écran acoustique

L'écran (ou baffle-plan) est une solution élégante pour séparer les ondes avant et arrière émises par le haut-parleur. Cette solution remédie aux problèmes précédents :

- pas de volume clos derrière la membrane ;
- pas de réflexions sur les parois du coffret.

La coupure basse de l'écran est définie par le court-circuit acoustique quand le trajet AV/AR entre les deux faces de la membrane est égal à $\lambda/2$. (Deux ondes déphasées de $\lambda/2$ s'annulent.) La détermination de la dimension nécessaire à une fréquence de coupure d'écran (F_c)

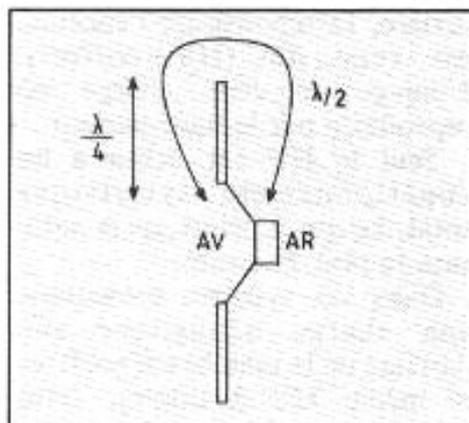


Fig. 6 : Coupure basse de l'écran.

est directement liée à la longueur d'onde correspondante. C'est la seule formule à connaître pour calculer un baffle-plan. On ose à peine la rappeler :

$$\lambda = \frac{C}{F_c}$$

d'où nous déterminons $\lambda/2$ et $\lambda/4$.

Exemple :

$$F = 150 \text{ Hz}$$

$$\lambda = \frac{340}{150}$$

$$\lambda = 2,26 \text{ m}$$

$$\frac{\lambda}{4} = 0,56 \text{ m.}$$

Cet exemple nous montre que les dimensions pour 150 Hz sont du domaine du raisonnable, pour un usage domestique.

L'écran acoustique est dit **INFINI** quand il y a séparation totale de l'onde AV et l'onde AR du HP, ce qui correspond à des fréquences jusqu'au continu. En pratique, la notion de baffle infini s'applique à un écran FINI au-dessus de sa fréquence de

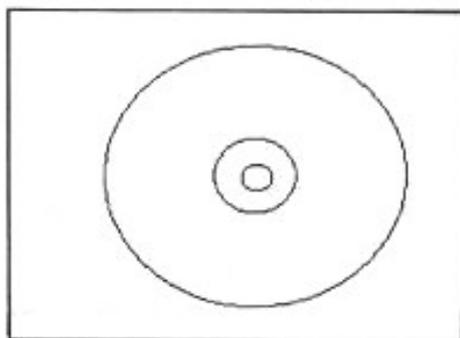


Fig. 7 : Ecran circulaire.

coupure F_c . Dans notre exemple, l'écran de $\lambda/4 = 56 \text{ cm}$ sera dit **INFINI** au-dessus de 150 Hz.

La coupure naturelle de l'écran est de 6 dB/octave en dessous de F_c .

La forme de l'écran

L'écran plan élémentaire est un cercle de rayon $\lambda/4$, à F_c donné (figure 7).

Cet écran présente le même défaut que l'écran carré régulier (figure 8) pour la courbe de réponse, sous la forme d'une anti-résonance marquée à la fré-

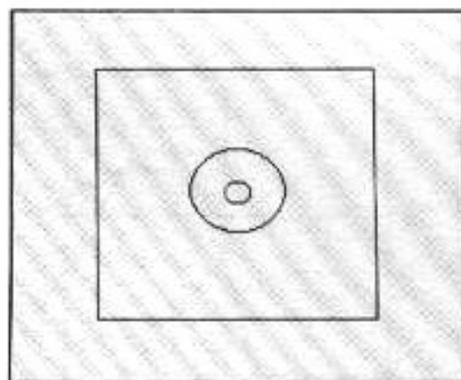


Fig. 8 : Ecran carré régulier.

quence de coupure F_c . L'amplitude de cette anti-résonance est de (-10 dB), trop importante pour être acceptable.

La solution à ce défaut consiste à décentrer le HP sur l'écran (figure 9). Il y a réguli-

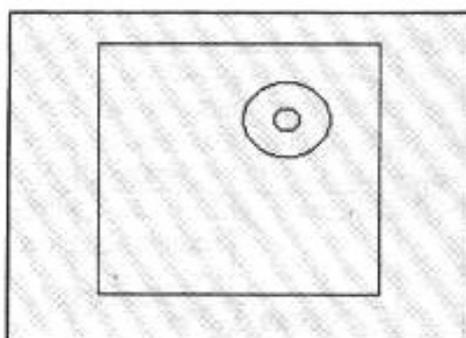


Fig. 9 : Ecran carré décentré.

sation de la courbe de réponse, due à sa dissymétrie relative (figure 10). Ce type d'écran correspond au baffle CEI Normalisé, servant au tracé des courbes de réponse des HP.

Le lissage de la courbe de réponse est obtenu par la non-régularité du court-circuit acoustique. Nous verrons par la suite son application dans la forme possible pour un baffle-plan non symétrique.

Influence de la dimension d'écran et du HP

Plus l'écran est de dimensions importantes, plus il peut reproduire des fréquences basses sans atténuation. (La coupure est toujours de 6 dB/octave.) Un haut-parleur coupe à 12 dB/octave en dessous de sa fréquence de résonance ($F_{r, HP}$). L'atténuation résultante sera fonction de l'écran et du HP utilisé.

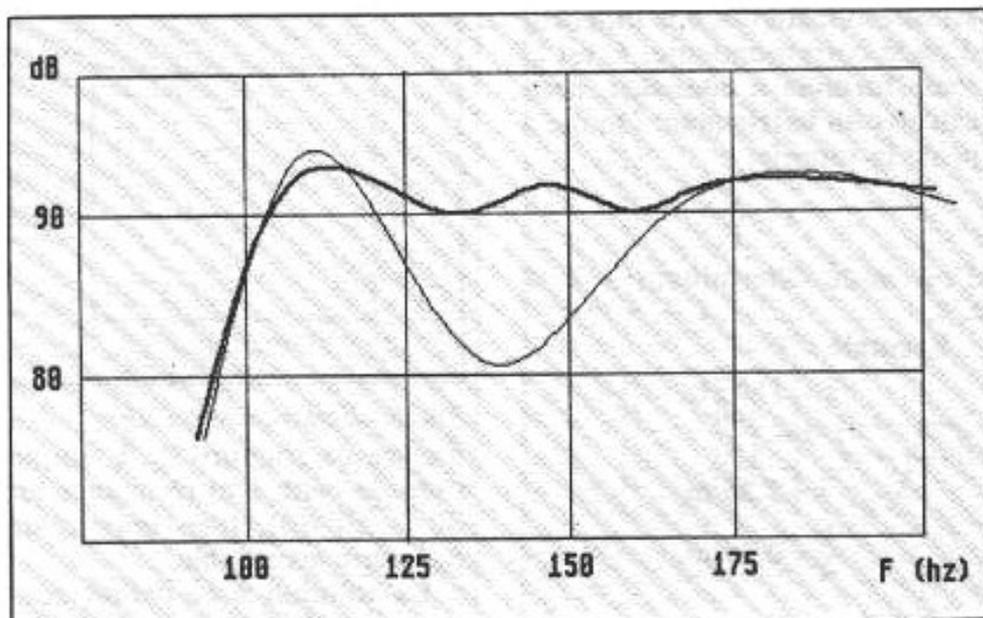


Fig. 10 : Réponse écran régulier/écran décentré.

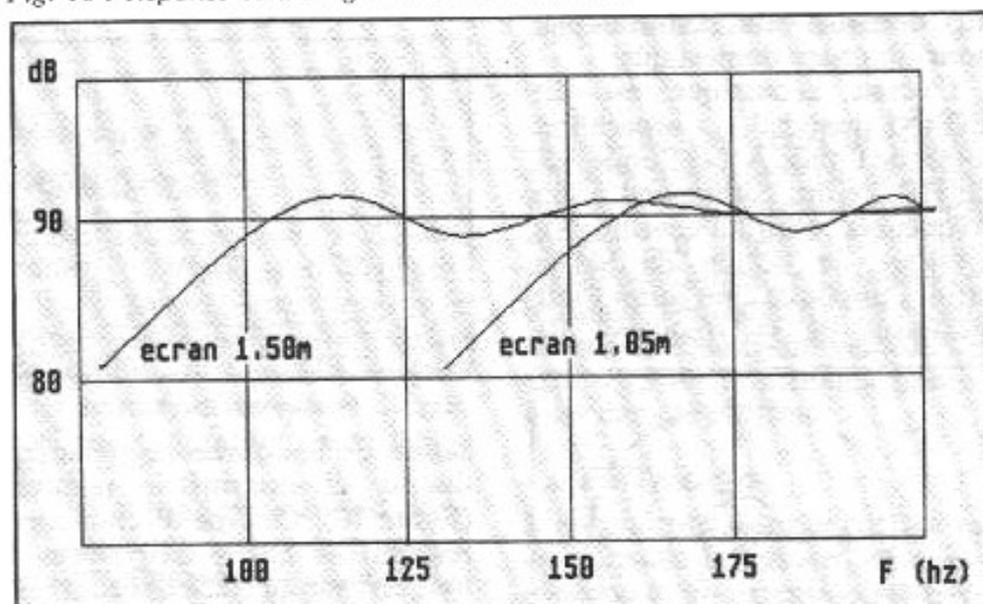


Fig. 11 : Influence de la dimension, HP décentré (1/2 longueur d'onde).

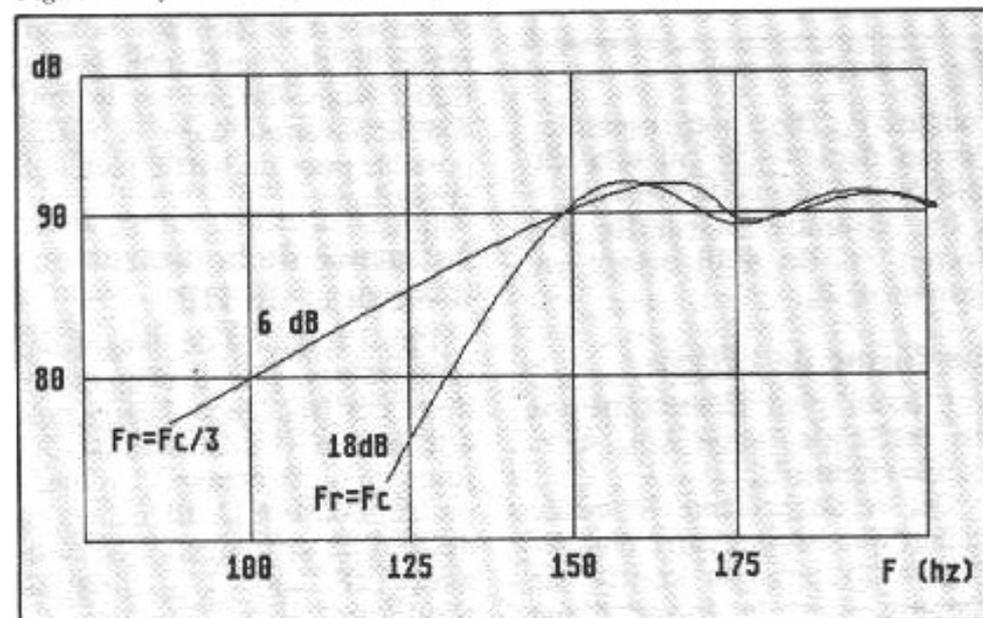


Fig. 12 : Influence de la fréquence de résonance HP.

Exemple (figure 12)

— L'écran a une F_c à 150 Hz environ, le Hp a une $F_r = \frac{F_c}{3}$ (~ 50 Hz). La coupure résultante sera de 6 dB jusqu'à 50 Hz, puis 18 dB en dessous.

— Si, sur le même écran, nous utilisons un HP dont F_r est proche de F_c , la coupure sera de 18 dB/octave dès 150 Hz.

Le choix de F_c et F_r donne quelques degrés de liberté pour la courbe de réponse acoustique d'un système. Nous verrons ensuite l'influence du filtrage sur les pentes résultantes.

Influence des rebords

Pour réduire l'encombrement vite excessif de l'écran, il est possible de replier ses bords. On arrive ainsi à l'écran à rebords (figure 13). (Si on replie trop, on refait une ligne acoustique !)

L'influence des rebords est significative, en particulier sur l'acuité de la résonance à la fréquence de coupure (figure 14).

Plus les rebords sont importants, plus la surtension se manifeste.

Dans l'expérimentation des prototypes, nous verrons l'importance des rebords, et pas seulement près de la coupure.

L'adaptation du haut-parleur

Dans le système à baffle-plan, la réponse de l'« enceinte » est celle du haut-parleur, alors que dans tout système à charge arrière, la réponse de l'enceinte est celle du (HP + coffret). L'image de cette charge est reproduite par le haut-parleur.

Seul le HP sur écran a un fonctionnement symétrique total, ce qui a priori est la solution la plus favorable.

Dans un système présentant une charge acoustique sur l'arrière de la membrane (coffret et même HP à dôme), cette charge agit en compression lors des mouvements négatifs, et en

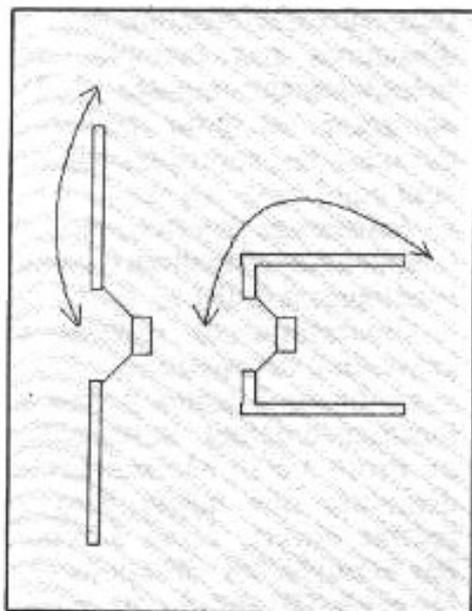


Fig. 13 : Les deux cas extrêmes d'écran.

freinage lors de mouvements négatifs. La charge s'oppose au déplacement dans les deux sens, et cela s'entend. Paradoxe, plus le déplacement voulu est important (écoute à contenu dynamique important), plus le freinage est efficace, d'où réduction de la dynamique transitoire. L'analogie pour comprendre ce phénomène est celle de la main entrant dans l'eau : lentement elle s'enfonce, rapidement elle frappe l'eau. Bien évidemment, la compliance de l'air est plus faible, mais comme les masses en mouvement sont faibles, l'analogie est transposable.

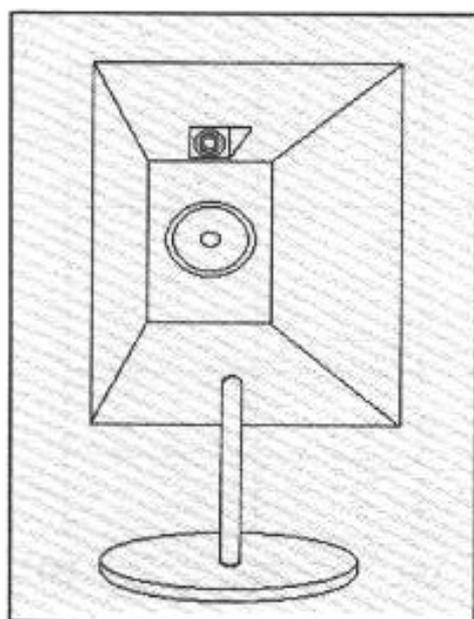


Fig. 15 : Prototype 1.

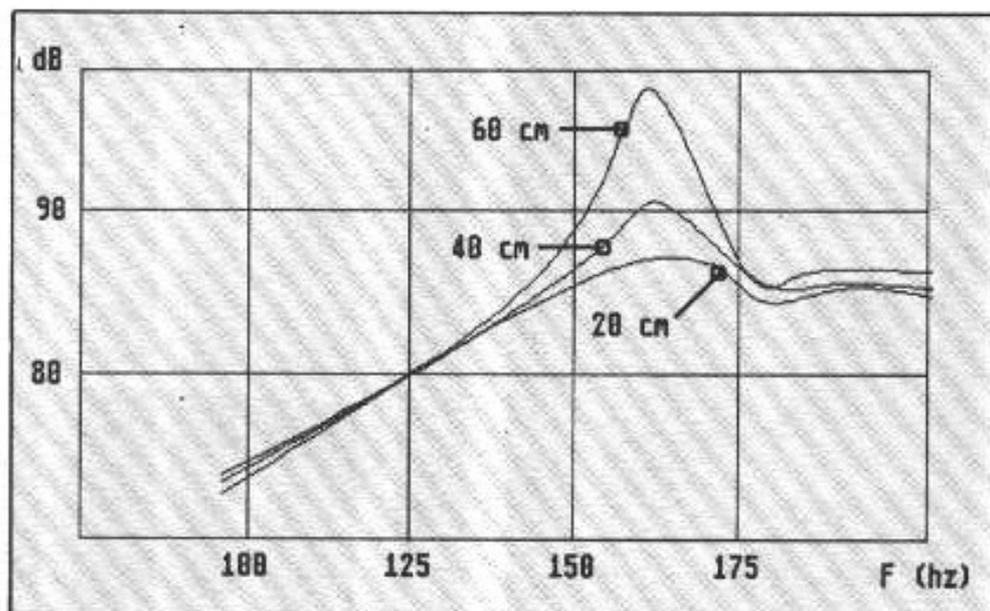


Fig. 14 : Influence de la profondeur des rebords.

Ceci est vrai quand le HP fonctionne en piston. On sait qu'un HP ne fonctionne en piston que sur une faible partie de sa bande passante (voir annexe 1), au-dessus son fonctionnement sera vibratoire, par fractionnement de membrane. On raisonnera en débit d'air quand le HP est en piston et en vibrations émises en mode fractionnement et tenir compte des effets des parois proches.

Ces effets secondaires seront visibles sur la courbe d'impédance de l'enceinte et du HP (figure 16 bis). Au-delà de la fréquence de résonance du HP et du

coffret, on note plusieurs remontrées d'impédances, pouvant être liées à la charge. Or, l'amplificateur ne connaît la charge qu'à travers son impédance. Il est évident que plus celle-ci sera régulière, et moins l'amplificateur aura de soucis !

Application

Un écran à 160 Hz donne un $\lambda/2$ de 1,06 m. Cela semble encombrant au départ, de ce fait le Proto n° 1 (figure 15) est un écran à rebords, mais replié à 60° simplement.

Les principes de base de cette réalisation sont :

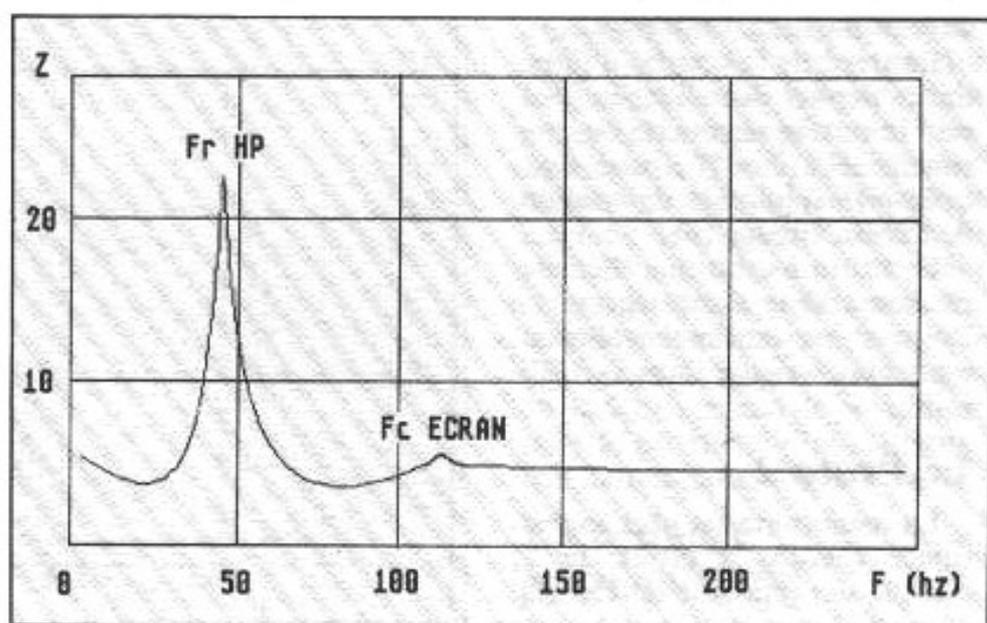


Fig. 16 : Courbe d'impédance HP sur écran.

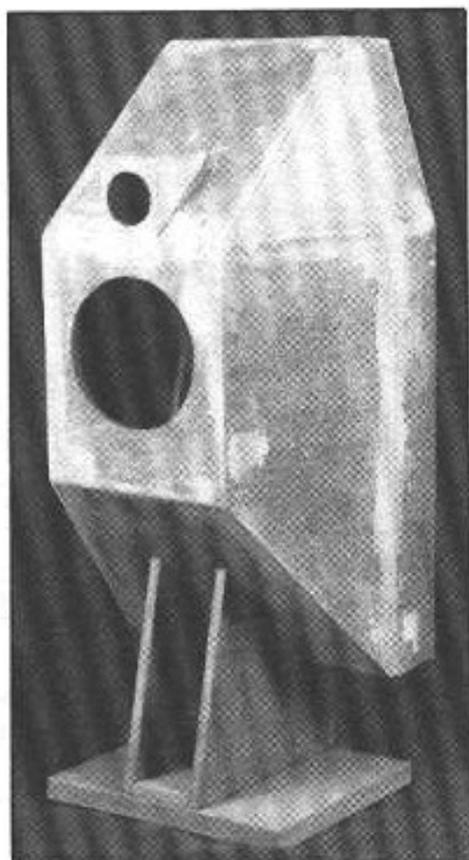


Photo 1 : Proto 2 face avant.

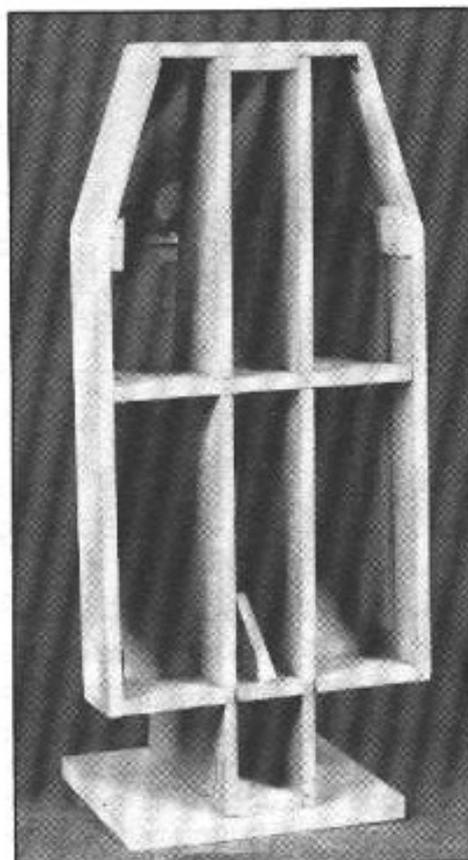


Photo 2 : Proto 2 face arrière.

- coupure vers 160 Hz
- face AV réduite (faible bafflage)
- bon dégagement de l'onde arrière.

Le rôle du Proto 1 est de valider la théorie acoustique. Avec les mêmes HP qu'un coffret clos (satellite médium-aigu), soit Siare 17 MSP et Fostex FT 96, l'écoute est concluante en termes de transparence, sensibilité.

Le tracé de la courbe d'impédance permet de valider la théorie : la courbe résultante est quasiment celle du HP, juste marquée à la fréquence de coupure de l'écran (figure 16).

Le Proto 1 avait une ébénisterie sommaire, assez légère. Le Proto 2 en est une évolution, mais plus sérieuse dans sa réalisation.

Le Proto 2

La menuiserie est plus sophistiquée (photos 1 et 2), la F_c atteinte se rapproche de 150 Hz. La validation de l'écoute a été possible sur ce prototype.

Cette surcaractérisation des voix d'hommes par exemple, était précédemment imputée au HP de grave, et pour pallier ce défaut, la solution adoptée était :

- écartement des fréquences de coupure grave/médium (coupure supérieure à 6 dB) ;
- diminution du niveau de grave de 2 dB environ.

Le Proto 2 ayant permis de localiser le défaut, la réalisation du Proto 3 était nécessaire. Ceci démontre que même dans un coffret ouvert, écran à rebord par exemple, les vibrations émises par le HP et ramenées par les parois du coffret ont un effet non négligeable.

Le Proto 3

C'est un baffle-plan le plus proche possible de l'écran plan, à quelques petites astuces près. La fréquence de coupure est nécessairement identique aux précédentes, donc les dimensions totales à considérer poseront quelques problèmes :

- encombrement ($\lambda/2 = 102$ cm)
- position des HP (bafflage du tweeter)
- esthétique générale.

Le critère esthétique, donc la forme extérieure visible de l'enceinte est le guide de la réalisation. Les esquisses ont permis

Des résultats auditifs similaires ont été obtenus, mais en raison de la transparence de la restitution, des défauts étaient mis en évidence, essentiellement dans le bas-médium.

Curieusement, le défaut ressenti était celui d'un « son de boîte ». A vouloir trop bien faire l'ébénisterie, l'importance des parois n'est plus négligeable.

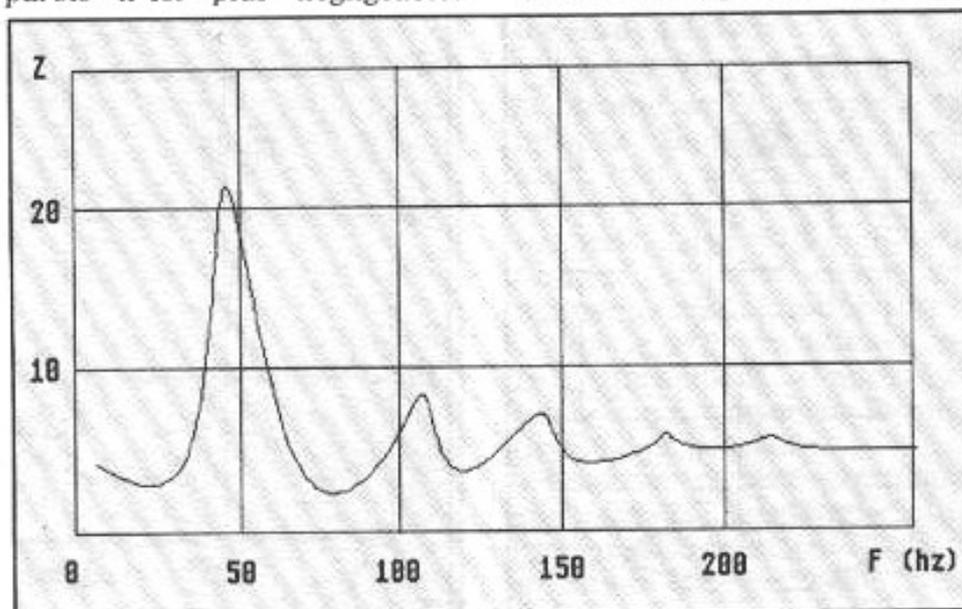


Fig. 16 bis : Courbe d'impédance HP en coffret.

de dégager une forme possible (photos 3 et 4), à mi-chemin entre le menhir et la planche de surf (sans rive), à condition d'augmenter le parcours du court-circuit par deux joues latérales, servant également à l'assise du baffle-plan. Cette astuce est la seule dérogation à l'écran-plan. Sans cela, la fréquence de coupure serait bien restée à 160 Hz, mais avec une atténuation progressive dès 100 Hz.

Réalisation

L'écran est débité dans de l'aggloméré de 5 cm, assurant la rigidité et l'inertie voulues. Cette solution a été choisie en raison de la disponibilité de ce matériau pour le Proto 3. Dans l'optique d'une réalisation définitive, une solution autre serait souhaitable.

Les dimensions sont données par les figures 17 et 18. Les HP sont placés à hauteur d'écoute, l'auditeur normalement assis dans un fauteuil. Par commodité, chaque HP est fixé sur un contre-baffle, dont les fixations sont identiques pour chaque HP.

Un large chanfrein dégage l'émission arrière du HP. Le profil non régulier des joues-support latérales et leur espacement complètent l'effet d'écran sans perturber le dégagement de l'onde arrière.

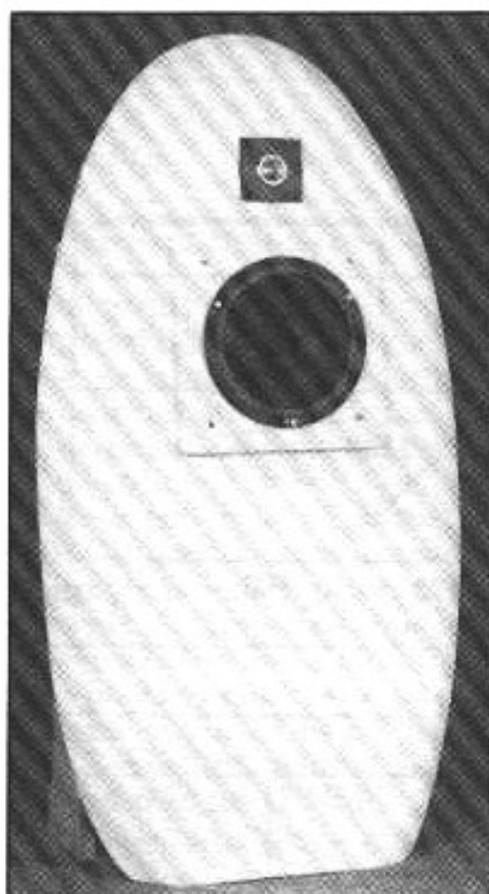


Photo 3 : Proto 3 face avant.



Photo 4 : Proto 3 face arrière.

Avec les mêmes HP, les résultats d'écoute sont ceux attendus :

- meilleure transparence ;
- disparition des toniques « son de boîte ».

A l'usage, des retouches au réglage du filtre actif sont possibles :

- coupure grave-médium ramenée à (-3 dB) à 160 Hz ;

— remontée du niveau de grave.

Les défauts préalablement imputés au 38 cm ne se manifestent plus, mais encore fallait-il avoir un bas-médium assez propre pour s'en apercevoir. Dans la mesure où la transparence était insuffisante et que quelques colorations existaient, il n'était pas facile de diagnostiquer cela.

L'écoute par elle-même est qualifiable de transparente, finement musicale. La moindre inflexion comme les fortes sont reproduits naturellement. Les qualités du Siare 17 MSP sont utilisées au mieux, je ne peux que regretter la non-disponibilité de ce HP (fabrication arrêtée) remarquablement musical. L'écoute de réalisations actuelles comparables ne me permet pas de parler en termes de progrès, et pose le problème d'une alternative de remplacement au Siare.

La coupure grave-médium

Les coupures électriques dues aux filtres (actifs ou passifs)

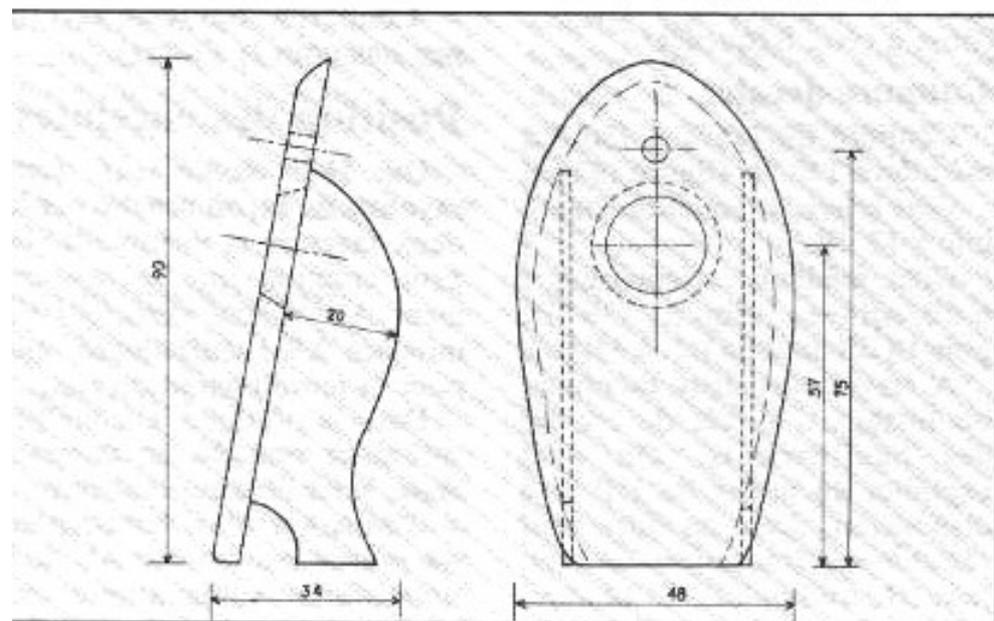


Fig. 17 et 18 : Vue en coupe et vue de face du prototype 3.

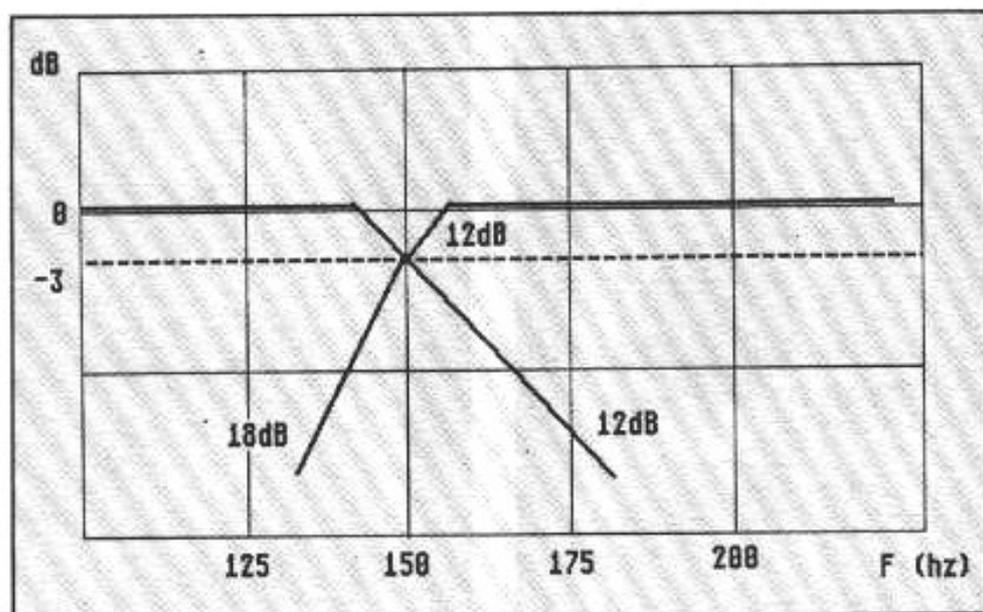


Fig. 19 : Coupure à 150 Hz.

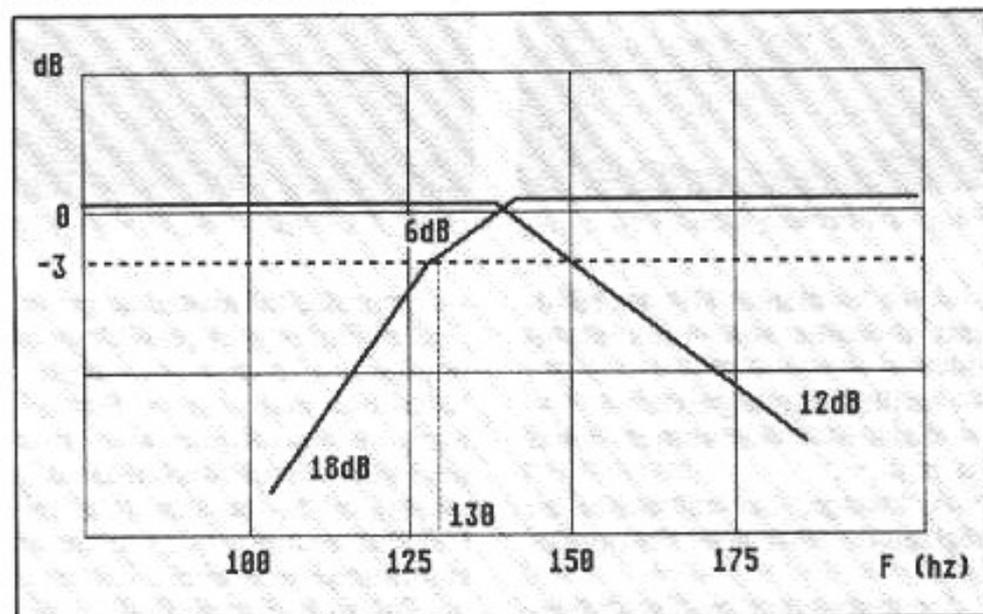


Fig. 19 bis : Coupure 130-150 Hz.

s'ajoutent aux coupures acoustiques des HP et écran. Nous allons illustrer cela en fonction du Siare 17 MSP ($F_r = 45$ Hz) et du filtre actif réglable à pente de 12 dB/octave.

Coupure centrée à 150 Hz

Coupure grave et médium symétrique à 150 Hz (figure 19).

Côté grave, l'atténuation est de 12 dB/octave.

Côté médium, l'atténuation passe rapidement de 12 à 18 dB, par addition des 6 dB écran aux 12 dB filtre. A 45 Hz, l'atténuation globale sera de 30 dB/octave (s'il reste quelque

chose à cette fréquence).

Coupure décalée

Coupure du grave à 150 Hz, médium à 130 Hz (figure 19 bis).

Côté grave, atténuation identique à 12 dB.

Côté médium, atténuation à 6 dB/octave jusqu'à 130 Hz, puis 18 dB au-delà (id. à 45 Hz).

A travers ces deux exemples, on imagine l'intérêt du réglage des haut-parleurs. On peut exploiter au mieux les HP à sa disposition. Avec un filtre actif réglable en fréquences de coupure (L'Audiophile n° 12 nouvelle série), ceci ne pose aucun problème.

Exploitation du système en grave central

Le principe du grave central est connu et s'adapte bien aux enceintes Droite et Gauche en écran plan. En effet, l'intérêt est de faire fonctionner les HP sur écran à partir du bas-médium. Des informations sonores importantes sont situées dans cette bande de fréquences, et l'écran plan nettoie en quelque sorte la restitution.

En complétant les panneaux par un seul HP grave, donc en sollicitant le local par une seule source à basse fréquence, on limite en grande partie les intermodulations graves dues au local.

On ne doit pas dans ce cas adjoindre de HP grave à chaque baffle-plan, qui poserait problème à ces fréquences pour l'intégration d'une charge acoustique à la forme de l'écran.

Système utilisé

- Bloc amplifiltre (2 x 3 voies) en filtres actifs réglables (fréquence 415 Strasbourg).
- Caisson grave 200 litres. HP 38 cm Audax. Mono-amplification (pont).
- Ecrans-plans Proto 3. Siare 17 MSP. Fostex FT 96 H.
- Coupures : 160 Hz/6 kHz (un peu bas pour la Fostex).

Position des enceintes

Un HP monté sur écran rayonne de façon proche par les deux faces de la membrane. On peut craindre que le rayonnement AR vienne perturber l'émission AV, seule jugée utile pour la reproduction du son.

Dans la pratique, aucune perturbation notable ne se manifeste, pour plusieurs raisons :

- l'émission d'un haut-parleur est prévue par la face AV de la membrane (diagramme polaire) ;
- l'affaiblissement du rayonne-

ment émis par l'arrière de la membrane est causée par les réflexions et absorptions sur divers obstacles, cumulés avec le trajet supplémentaire nécessaire pour rejoindre le son direct. Un rapport AV/AR est créé, similaire au rayonnement direct-indirect dans une salle de concert.

De ce fait, l'écoute ne donne jamais l'impression du moindre halo ou flou sonore. L'exemple de disques enregistrés par André Charlin avec une tête artificielle est révélateur : la musique circule véritablement entre les enceintes, avec une localisation véridique des plans sonores. La beauté de la restitution en timbres et nuances est bien due à la liberté totale de déplacement des membranes.

Sélection du HP

L'étude du remplaçant du SIARE n'est pas si facile que prévue. Les vrais large bande ne sont pas légion et, sur le plan musical, l'écran-plan ne laisse rien passer des imperfections des HP. Quelques critères sont à considérer, fruits de plusieurs essais de HP médium (réputés) disponibles :

- fréquence de résonance basse (infér. ou égale à 70 Hz) ;
- membrane légère (papier) pas trop amortie ;
- moteur puissant, facteur d'accélération élevé ;
- suspension « petits-plis » préférable au demi-rouleau.

Dans ces essais, le TRIANGLE 17 FLV dernière version s'est rapproché en qualité du SIARE.

Expérimentation du Triangle 17 FLV (version 1991)

Ayant pu disposer de la version modifiée du 17 FLV avant sa commercialisation effective, c'est avec un recul suffisant que je peux parler de son utilisation.

Les modifications apportées à la dernière version concernent

Modèle	T 17 FLV	17 MSP	Tissu + époxy	Papier traité
B ₁	6,2	10,8	8,3	6,2
M _m	6.10 ⁻³	7.10 ⁻³	14.10 ⁻³	16.10 ⁻³
Γ	1 120	1 550	590	390

Comparaison Triangle/Siare.

deux points essentiellement :
 — membrane à profil hyperbolique, de fabrication améliorée ;
 — suspension périphérique en tissu enduit, et aussi un spider différent.

Reçu sans fiche technique, ce HP s'est tout de suite révélé différent de la version précédente à l'écoute. La fiche technique parvenue ultérieurement a confirmé mes premiers essais, avec un rendement ramené à 94 dB (suffisant), donc directement comparable à celui du 17 MSP.

De nombreux tests d'écoute se sont avérés nécessaires pour équilibrer le médium et l'aigu, avec des essais répétés pour ajuster une self en série avec le médium. La valeur optimale, pour un recoupement symétrique à 12 dB/octave avec le Fostex FT 96 H, a été fixée à 0,3 mH. Un relevé des courbes d'impédance montre dans ce cas un effet débutant à 3 kHz pour être sensible à 8 kHz. En effet, comme l'ancien 17 FLV, la version 1991 garde une caractéristique « montante » dans sa courbe de réponse, et cela impose un réglage précis du niveau de l'aigu pour ne pas

avoir une écoute exagérant le haut-médium (sifflantes) et déséquilibrant le bas-médium.

À l'écoute, ce HP se révèle meilleur que son prédécesseur en neutralité, tout en gardant l'aspect vivant et rapide bien connu. Les impressions ressenties :

- très beaux effets d'espace, agréable réverbération, présence ;
- réponse dynamique excellente, surprenante sur les bruits d'impacts ;
- courbe de réponse étendue vers le haut, léger manque d'assise en bas-médium (au-dessous de 200 Hz) ;
- rendu correct des timbres, peu de colorations.

Remarque

Les rendements du TRIANGLE 17 FLV (1991) et du SIARE 17 MSP sont proches. Or, en conservant les réglages médium-aigu du SIARE, l'écoute du TRIANGLE est caractérisée par un niveau aigu trop élevé, tout en ayant un niveau global équivalent, avec un léger avantage en bas-médium pour le SIARE. Cette bizarrerie trouve son expli-

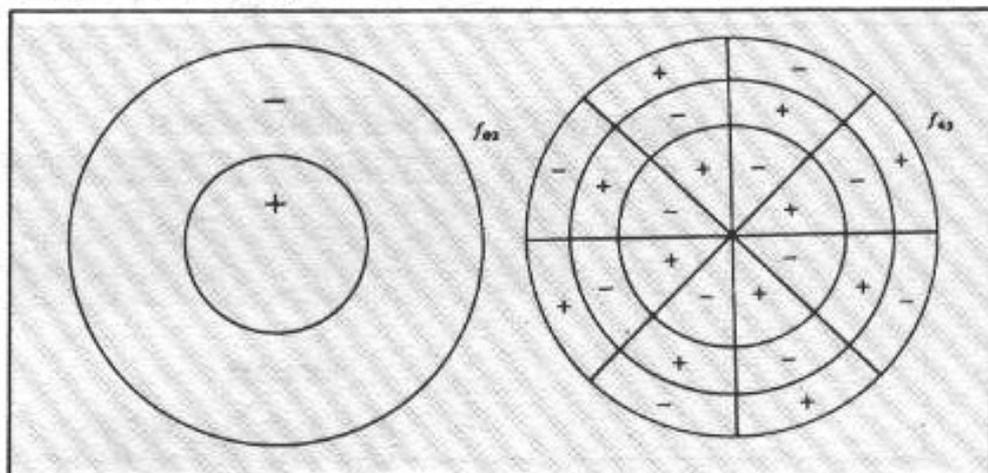


Fig. 20 : Exemple de modes de fractionnement de membrane ($f_{0,2} \approx 2,3 f_{0,1}$ et $f_{4,3} \approx 6 f_{0,1}$).

cation dans le vieillissement du moteur du SIARE, qui occasionne une diminution dans le haut-médium. La compensation psychoacoustique de sa réponse « descendante » est opérée par relèvement du niveau de l'aigu. Le TRIANGLE ayant du niveau en haut-médium, le niveau d'aigu est diminué de quelques dB et l'écoute se rapproche alors de celle du SIARE mais avec une présence meilleure près de la coupure médium-aigu.

Comparaison des membranes

Dans l'expérimentation menée sur plusieurs médiums à cône, les membranes légères en papier (cellulose) ont toujours montré leur supériorité musicale sur les membranes composites ou traitées (tissus synthétiques enduits, polypropylène, papier traité), nécessairement plus lourdes.

En premier lieu, ces dernières membranes semblent plus neutres et donc préférables, mais une écoute attentive laisse apparaître une perte sensible d'informations, causée par un amortissement exagéré de la membrane, une dynamique compressée (voir Facteur d'Accélération), ceci ayant pour corollaire une musicalité moindre.

Si ces HP existent, c'est qu'ils correspondent à un type d'écoute d'aujourd'hui, l'esthétique des prises de son actuelles

étant plus en faveur de la dynamique que de la nuance, sinon à quoi servirait la dynamique du numérique, exploitable jusqu'à 5 kHz !

La démarche de TRIANGLE est louable dans son souci de perpétuer la technologie des membranes papier, presque à l'encontre de la tendance commerciale.

Le Facteur d'accélération (Γ)

C'est un critère d'évaluation de la rapidité d'un HP en transitoire.

$$\Gamma = \frac{B_1}{M_m} \rightarrow \text{NA}^{-1} \text{ Facteur de force} \\ \text{M}_m \rightarrow \text{en kg} \text{ Masse mobile}$$

La valeur de Γ obtenue permet de comparer les HP entre eux, dans son domaine de fonctionnement en piston. Au-delà (fractionnement), les choses ne sont plus si simples. A l'écoute, les différences entre HP sont aussi importantes que les différences chiffrées (plus Γ est élevé, plus le HP est rapide en transitoire).

Caractéristiques principales du T 17 FLV

$$F_r = 50 \text{ Hz}$$

$$M_m = 6.10^{-3} \text{ kg}$$

$$B_1 = 6,2. \text{NA}^{-1}$$

$$\text{Efficacité} : 94 \text{ dB/1 W/1 m}$$

$$\text{Puissance} : 30 \text{ à } 75 \text{ W}$$

Influence de la self série

$$0,1 \text{ mH} - 7 \text{ à } 16 \text{ kHz (faible)}$$

$$0,2 \text{ mH} - 4 \text{ à } 11 \text{ kHz (moyenne)}$$

0,3 mH - 3 à 8 kHz (sensible).

Les essais ont été menés avec 0,3 mH en série sur le médium, la fréquence de coupure médium-aigu symétrique à 7,5 kHz. Le relevé de la courbe d'impédance du HP a permis de vérifier l'influence de la self-série et la concordance écoute-mesure.

Conclusion

L'audiophile amateur d'écoute « vraisemblable » se doit d'essayer le principe de l'écran-plan. La théorie et la mise en œuvre en sont simples, le seul principe incontournable étant une fois de plus la longueur d'onde du son.

Bibliographie

« Transducteurs électro-acoustiques » (Lehman - éd. CNET/Chiron).

« Electro-acoustique » (Rossi - éd. Dunod)

« Filtre actifs réglables » (Chuiton - L'Audiophile n° 12).

Annexe 1

Rayonnement du HP

Par rapport au mode fondamental f_0 , où la vibration du HP est totalement en phase (piston), les modes supérieurs montrent le fractionnement de membrane, les signes + et - indiquant l'opposition de phase du mouvement des différentes parties de la membrane. Le mode fondamental ne présente qu'une ligne nodale, c'est-à-dire la périphérie de la membrane.

Le comportement haute fréquence effectif d'un HP s'écarte notablement du fonctionnement en piston, la vitesse n'est plus uniforme et dépend de l'excitation des modes. Cela donne l'allure typique de la courbe de réponse d'un HP large bande (figure 21).

La directivité du HP croît avec f_e^2 (carré de la fréquence), et dépend beaucoup de la forme de la membrane.

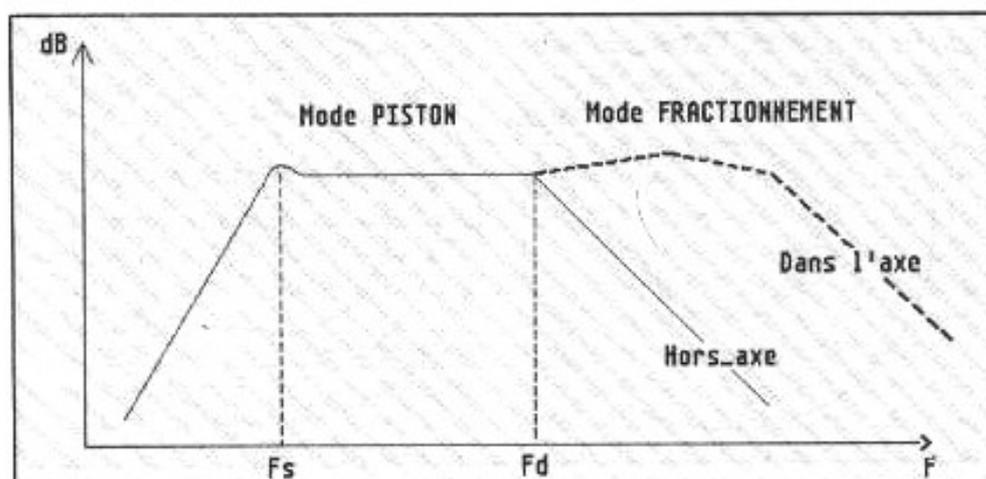


Fig. 21 : Courbe de réponse HP large bande.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Réalisation personnelle.

L'AMPLIFICATEUR HYBRIDE ABTINE

3^e PARTIE REALISATION PRATIQUE

Afchine A. Nassérian
Arash Giovanni Nassérian

L

amplificateur hybride Abtine décrit dans les n^{os} 13 et 16 de notre revue a été accueilli avec beaucoup d'enthousiasme. Dans le n^o 13, l'auteur brossait un tableau des différents montages hybrides proposés jusqu'ici avec leurs avantages, leurs inconvénients ou leurs particularités. Une synthèse originale de ces différentes idées conduisait à l'élaboration d'un montage très performant. Dans le n^o 16, une version simplifiée était abordée. On trouvera ici des détails complémentaires concernant sa réalisation pratique, ainsi que des modifications éventuelles qui ont été apportées.

Etage d'entrée

Le tube d'entrée 6SJ7 existe en version métal ou avec bulbe en verre. Dans le second cas, il prend la référence 6SJ7-GT. Le brochage complet de ce tube, vu de dessous, est indiqué sur la figure 1. On a :

1. blindage (à mettre à la masse) ;
2. filament (6,3 V, 0,3 A) ;
3. grille supprimeuse (à relier à la cathode, broche 5) ;
4. grille d'entrée ;

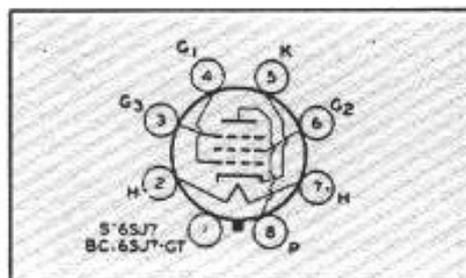


Fig. 1 : Brochage du tube octal 6SJ7.

5. cathode ;
6. grille écran ;
7. filament ;
8. plaque.

Pour ce qui concerne le potentiomètre d'entrée, sa valeur conseillée est comprise entre 10 et 22 k Ω , course log A. L'insertion d'un condensateur est possible dans le cas où il existerait un risque de dérive en courant continu superposée au signal d'attaque. Une valeur assez haute est souhaitable, entre 0,47 μ F et 2,2 μ F/250 V (polypropylène ou polycarbonate) environ. Sur la figure 2, synoptique de l'amplificateur et sur la figure 3, version avec condensateur d'entrée.

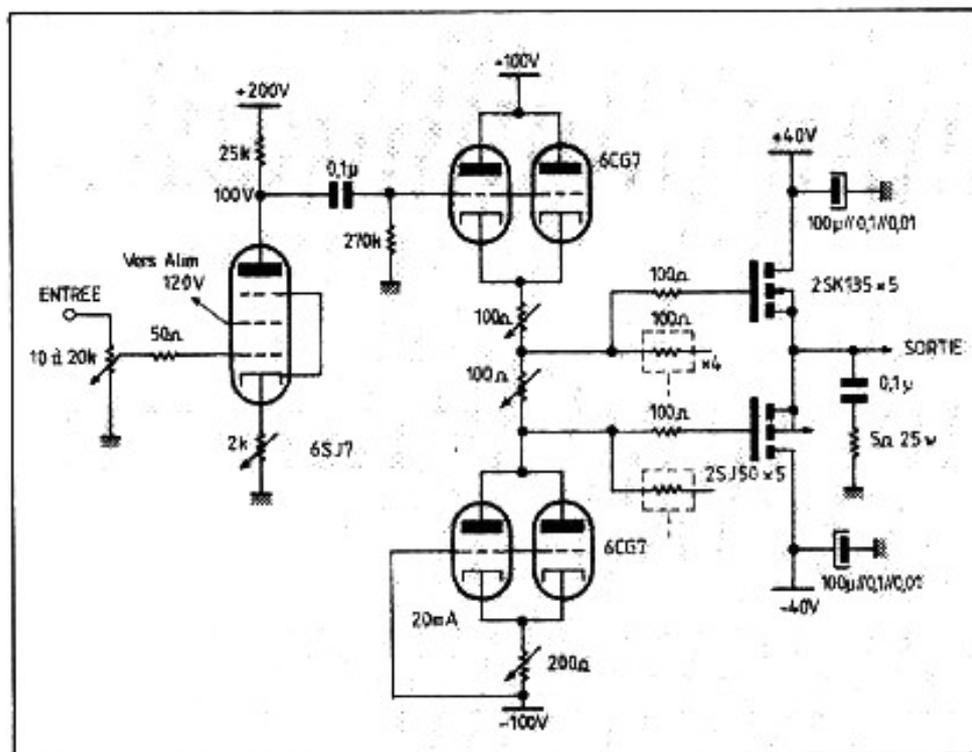


Fig. 2 : Synoptique de l'amplificateur hybride Abtine et de son étage d'entrée.

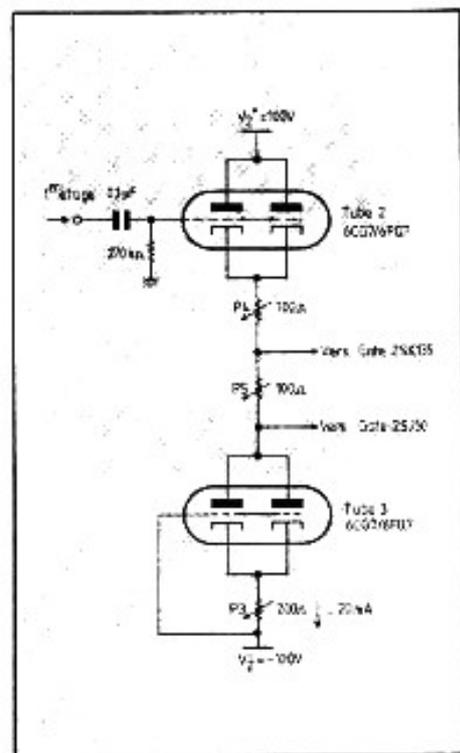


Fig. 3 : Montage de la figure 2 mais avec un condensateur d'entrée suivi d'une résistance de fuite de 270 kΩ.

Etage driver

Sur le schéma paru dans le n° 16, page 80 les tubes, 6CG7 ont leurs électrodes reliées en parallèle deux à deux. Sur la section dont les cathodes sont référencées au potentiel -100 V , les grilles sont bien entendues reliées en parallèle ainsi qu'au point -100 V , avant le trimmer de $200\ \Omega$, comme l'indiquent les figures 2 et 3.

Les liaisons entre l'étage driver et les transistors MOS-FET canal N et P doivent être courtes et si possible symétriques. Celles-ci peuvent être à l'origine d'une instabilité haute fréquence (oscillation ou début d'instabilité), d'où l'insertion d'une résistance série (une en série avec chacune des gates des transistors MOS-FET). Ces résistances doivent avoir une valeur comprise entre 100 et 470 Ω . L'utilisation d'une valeur supérieure n'est pas conseillée.

Etage de puissance

Chaque transistor MOS-FET possède sa propre résistance série de gate, ses condensateurs de

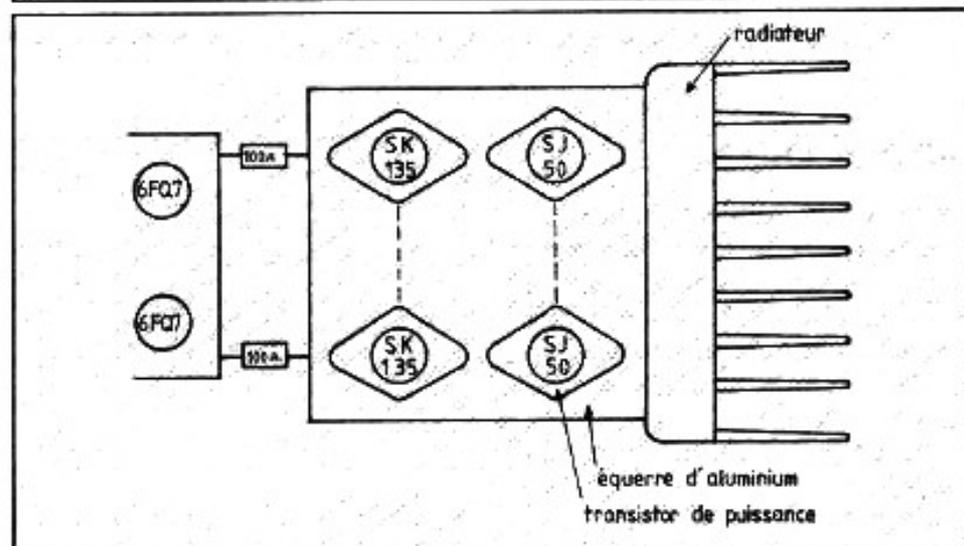
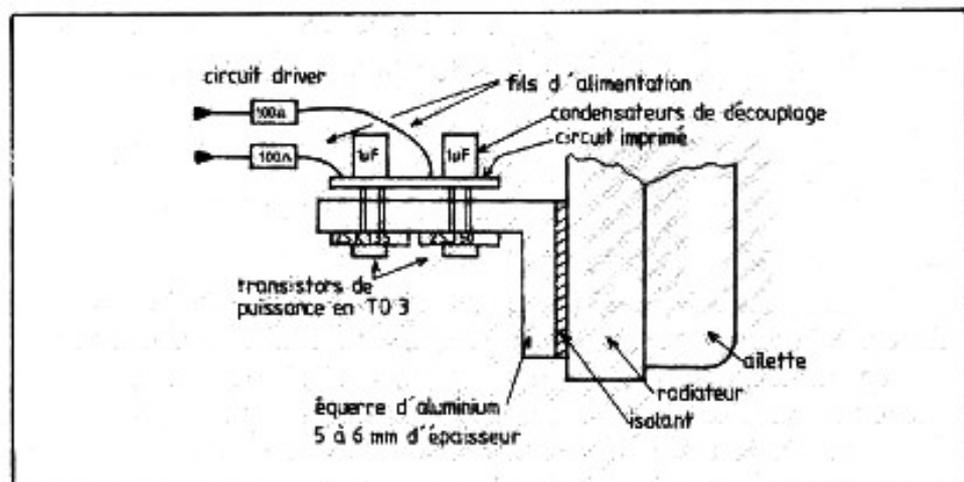


Fig. 4 : Montage de l'étage de puissance. Les transistors ont leur gate reliée à l'étage driver par l'intermédiaire de résistances séries individuelles.

découplage et ses liaisons individuelles jusqu'aux alimentations négatives et positives.

Sur le schéma d'implantation publié p. 84 du n° 16, les résistances reliant l'étage driver à l'étage de puissance n'ont pas une valeur de 100 k Ω , mais comprise entre 100 et 470 Ω et individuelle par transistor, soit 10 au total par voie (voir figure 4).

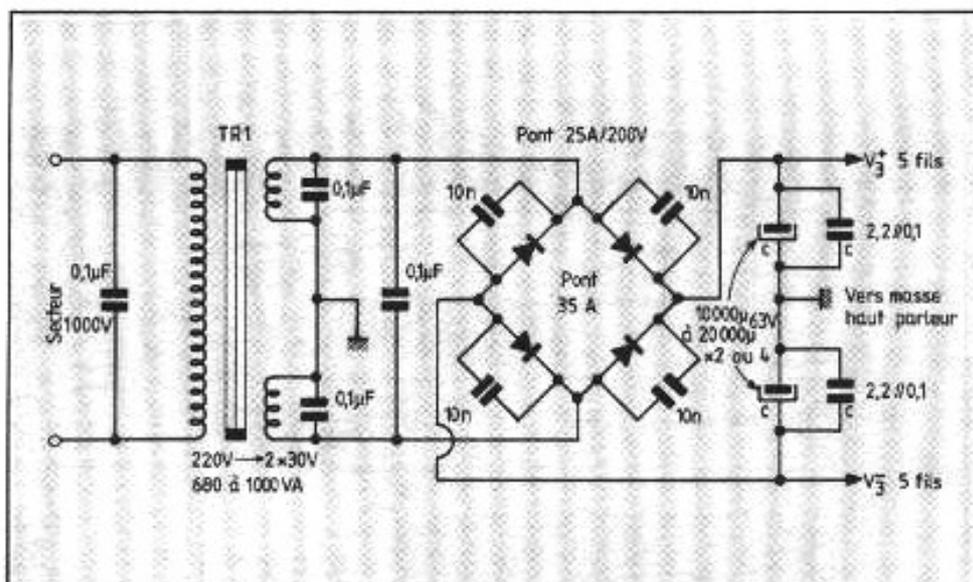
Alimentation

Sur la figure inférieure de la p. 85 du n° 16, l'enroulement secondaire de TR1 doit de préférence être découplé par un condensateur de petite valeur, soit 0,1 μ F environ. Les diodes formant le pont redresseur peuvent également être découplées par de petits condensateurs de 0,01 μ F à 0,02 μ F environ. Se référer également à la figure inférieure publiée dans le n° 16, p. 86.

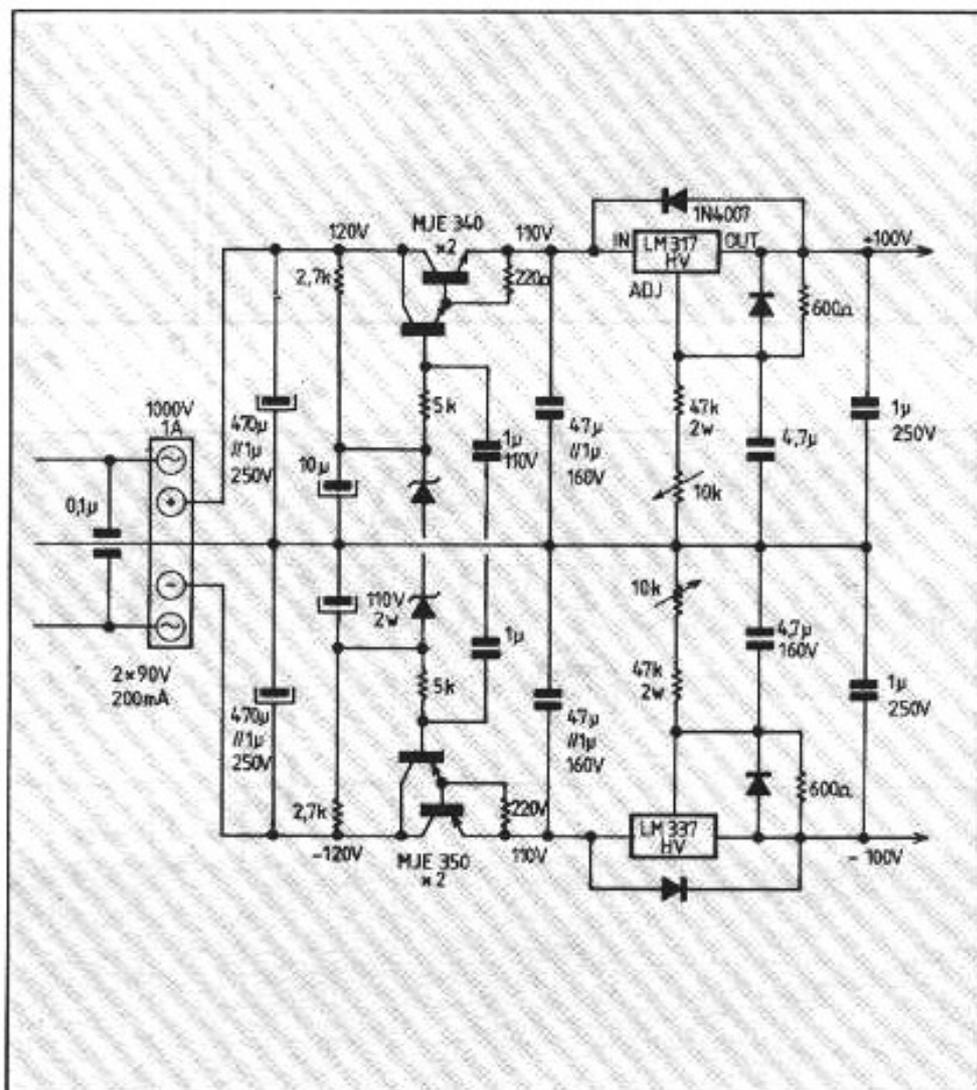
Pour une question d'isolement cathode/filament des tubes 6CG7, les branches haute et basse doivent avoir leurs filaments portés à +40 V, ce, par rapport au potentiel de leurs cathodes respectives (et non par rapport à la masse). Les cathodes des branches inférieures étant au potentiel de -100 V les filaments concernés seront donc polarisés à +40 V par rapport à leurs cathodes, soit -60 V par rapport à la masse (voir détails des alimentations sur la figure 5).

Variantes du montage

Il est possible de relier la sortie de l'étage driver à plusieurs étages de puissance que l'on peut consacrer à l'amplification séparée du grave, du médium ou de l'aigu. Dans ce cas, les haut-parleurs doivent être précédés d'un filtre passif. La suppression de ces filtres nécessiterait l'insertion de filtres passifs spécifiques entre l'étage driver commun et les étages de puissance pour chaque voie (voir figure 6).



A



B

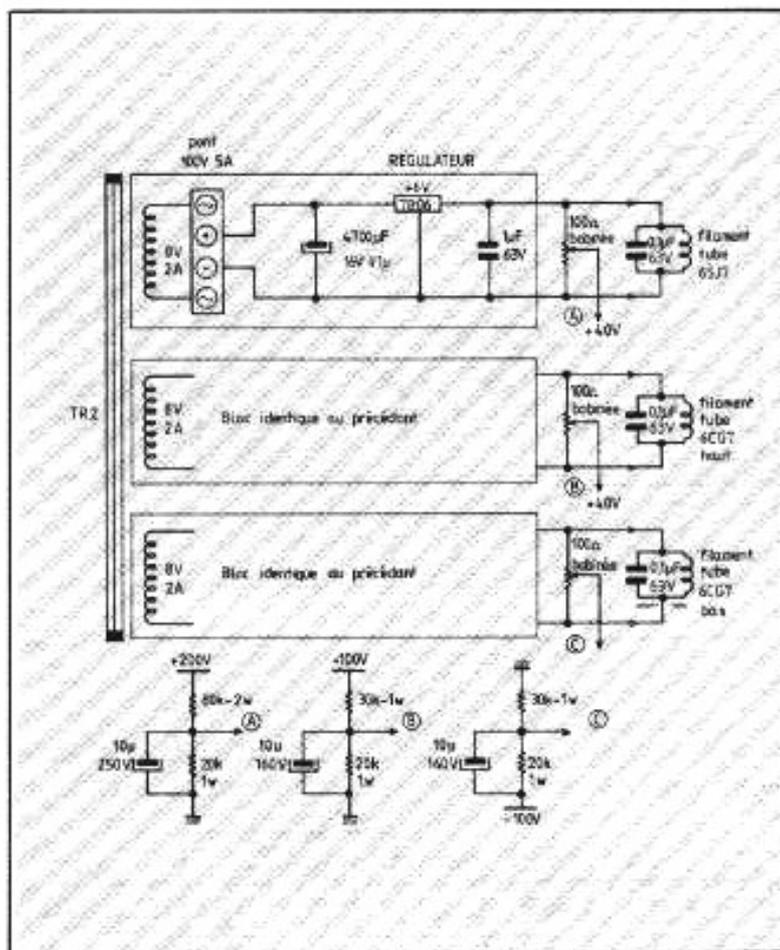
Fig. 5 : Circuits d'alimentation et de polarisation (des filaments des tubes 6CG7) de l'amplificateur hybride Abtine.

A) Symétrique, pour l'étage de puissance.

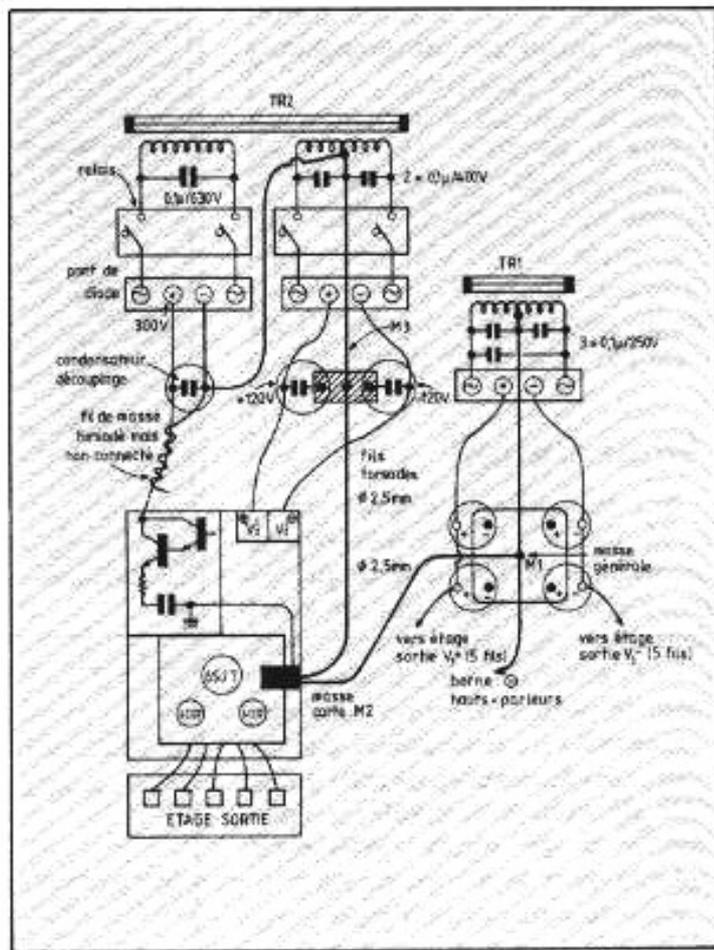
B) Symétrique, pour l'étage driver.

C) Polarisation filaments 6CG7 et 6SJ7.

D) Câblage et découplages complémentaires au niveau des diodes et des enroulements secondaires.



C



D

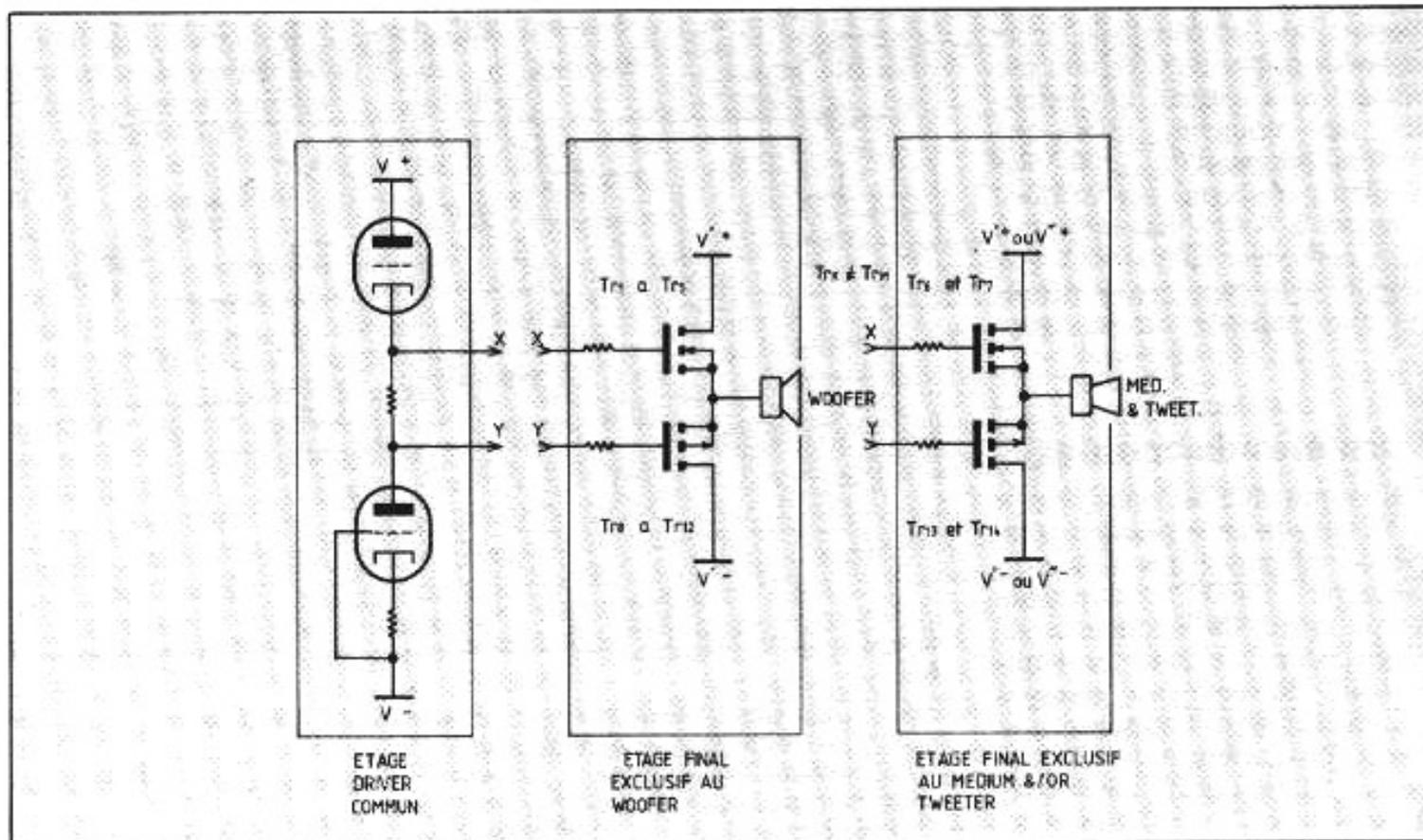


Fig. 6 : Variantes du montage pour multiamplication.

**Page non
disponible**

CLASSIQUE

La
Création
musicale

POUR UNE DISCOGRAPHIE MOZART...

1791-1991 1^{re} PARTIE

LA MUSIQUE SYMPHONIQUE : LES SYMPHONIES, LES CONCERTOS, LES SERENADES

L

*année Mozart touche à sa fin. Qu'importe !
Chaque année ne célèbre-t-elle pas le musicien aimé des dieux ?
Tout a été dit, écrit, filmé sur sa vie et son œuvre.
Aussi, un essai de plus n'apporterait-il rien,
après Wysewa et Sainte-Foix, et Robbins Landon...
Nous nous bornerons à rappeler en un tableau synoptique progressif
les principales étapes de son existence.*

Ce rappel historique sera suivi d'une discographie que nous avons voulue assez complète mais non exhaustive. Les commentaires y seront, on l'imagine, les plus concis possible. Nous avons proposé, lorsque le cas se présentait, une intégrale (symphonies, quatuors, sonates) et un échantillonnage particulièrement significatif de quelques versions isolées. De même, nous avons mêlé le plus souvent interprétations traditionnelles et reconstitutions fondées sur les recherches musicologiques, sans feindre de dissimuler nos préfé-

rences à ce sujet ; ce qui, d'ailleurs, n'est pas nouveau... La musicalité, mais aussi la qualité technique ont été prises en compte pour l'attribution des étoiles (de une à cinq). Ainsi quelques versions déjà anciennes se sont vues retirer une ou deux étoiles pour des raisons techniques. Les enregistrements trop anciens, monophoniques pour la plupart, n'ont pas été retenus. Ils ne satisfont pas aux critères techniques définis par L'Audiophile. Cela ne veut pas dire que nous les bannissons... Du reste, la presse musicale spécialisée en

traite régulièrement, et ceux de nos lecteurs qui s'intéressent plus particulièrement à ces gravures historiques pourront toujours s'y référer.

De ce fait, rares sont les réalisations qui n'ont pas obtenu au moins trois étoiles. Ce qui représente un total d'environ 300 disques d'un remarquable niveau artistique et technique. Etant donné l'éventail de choix proposé pour chaque rubrique, nous espérons que les amoureux de Mozart trouveront matière à vivre plus intensément. Avec la musique...

LES 35 ANNEES DE LA VIE DE MOZART

ANNEES	LA VIE DE MOZART. SES VOYAGES, SES DIFFICULTES, SES PROJETS, SES TRAVAUX	LES ŒUVRES PRINCIPALES	CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE POUR CHAQUE ANNEE, DU CATALOGUE KOECHEL. LA CHRONOLOGIE N'EST VRAIMENT SURE QU'A PARTIR DE 1782
1756	Naissance de Mozart à Salzbourg le 27 janvier. Il est baptisé (Joannes Chrysostomus Wolfgangus Theophilus) le lendemain.		
1761	Il se met au clavier.		
1762	Premier voyage des Mozart (Leopold, Wolfgang et sa sœur, Nannerl) à Munich. Les deux enfants se produisent devant Maximilien III, électeur de Bavière. Le 18 septembre, la famille se rend à Vienne où les enfants jouent devant la cour impériale.		KV 2 à 6
1763	Retour à Salzbourg. Le 9 juin, ils partent tous les trois pour une grande tournée européenne. Ils se rendent à Augsbourg, Stuttgart, Mannheim, Bruxelles. Le 18 novembre, ils sont à Paris. L'ambassadeur de Bavière, Mme de Pompadour les reçoivent. Ils sont également accueillis à Versailles. Mozart rencontre Schobert.	Premières pièces pour clavier avec accompagnement de violon, dédiées à Mme Victoire de France.	KV 7 à 9
1764	La famille quitte Paris le 10 avril et arrive à Londres 13 jours plus tard. Wolfgang et Nannerl jouent devant la famille royale. Rencontre avec Jean-Christien Bach.	1 ^{re} symphonie KV 16	KV 10 à 16
1765	La tournée se poursuit : Calais, Lille, Rotterdam, La Haye. Les deux enfants sont atteints du typhus. Wolfgang mettra près de six mois à guérir.	Plusieurs symphonies Pièces pour clavier à quatre mains	KV 19 à 22
1766	Mozart guéri, la famille rentre à Salzbourg le 29 novembre après être repassée par Paris et Munich. Le premier grand voyage de Mozart est terminé.	« Galimatias musicum » « Stabat Mater »	KV 23 à 36
1767	En septembre, nouveau départ pour Vienne. Sitôt arrivés, les enfants contractent la variole.	« Apollo et Hyacinthus », Grabmusik. « Die Schuldigkeit ». Div ² . 1 ^{res} Cl ^{es} pr piano d'après d'autres compositeurs.	KV 35 à 43
1768	La famille Mozart paraît à la cour de Vienne le 19 janvier. A la fin de l'année, retour à Salzbourg après quinze mois d'absence.	« La Finta semplice » « Bastien et Bastienne »	KV 53 à 64
1769	Première de la « Finta semplice ». Le 14 novembre, Mozart est nommé	Symphonies KV 66 c, 66 d, 66 e Te Deum KV 141	KV 65 à 72

MOZART - TABLEAU SYNOPTIQUE

ANNEES	LA VIE DE MOZART. SES VOYAGES, SES DIFFICULTES, SES PROJETS, SES TRAVAUX	LES ŒUVRES PRINCIPALES	CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE POUR CHAQUE ANNEE, DU CATALOGUE KOECHEL. LA CHRONOLOGIE N'EST VRAIMENT SURE QU'A PARTIR DE 1782
1770	Konzertmeister à Salzbourg, sans solde. A la mi-décembre, il part avec son père pour un voyage en Italie. Ils sont reçus par le pape Clément XIV. En passant à Bologne, Wolfgang fait la connaissance du père Martini qui lui révélera le contrepoint. On lui commande l'opéra « Mitridate » qui sera créé le 26 décembre à Milan.	Sérénade KV 100 « Mitridate, re di Ponto » KV 87 Quatuor n° 1 KV 80	KV 73 à 89
1771	Le 5 janvier, Mozart est nommé maître de Chapelle honoraire à Vérone. Retour à Salzbourg fin mars, puis nouveau départ pour l'Italie le 13 août. Ils s'installent à Milan. Représentation de la sérénade théâtrale « Ascanio in Alba ». Retour à Salzbourg le 15 décembre.	« La Betulia liberata » KV 118 « Regina Coeli » KV 108 « Ascanio in Alba » KV 111	KV 90 à 113
1772	Hieronymus von Colloredo est fait Prince-Archevêque de Salzbourg. Le 15 août, Mozart est nommé Konzertmeister titulaire avec des honoraires de 150 florins. Le 24 octobre, il entame son troisième voyage en Italie. Le 28 décembre, création à Milan de « Lucio Silla ».	Symphonies nos 15 à 21 KV 124 à 134 « Lucio Silla » KV 135 « Il Sogno di Scipione » KV 126 « Regina Coeli » KV 127	KV 113 à 135
1773	Retour à Salzbourg le 13 mars, puis le 5 août départ pour la cour de Vienne où Mozart espère, en vain, une nomination. Ils sont de retour fin septembre. Première représentation de « Thamos ».	« Exultate Jubilate » KV 165 « Thamos » KV 354 Symphonies nos 25 KV 183 et 28 KV 200	KV 155 à 183
1774	Leopold et Wolfgang partent pour Munich fin décembre.	Symphonies nos 29 KV 201 30 KV 202, C ¹⁰⁸ pour basson KV 191	KV 201 à 284
1775	Après la première de la « Finta Giardiniera », le 6 mars, Mozart et son père rentrent à Salzbourg. A l'occasion de la visite de l'archiduc Maximilien, Colloredo commande à Mozart « Il Re pastore » qui ne sera représenté qu'une seule fois, le 23 avril.	« La Finta Giardiniera » KV 196 « Il Re Pastore » KV 102 Messe des Moineaux KV 220 5 Concertos pour violon KV 207, 211	KV 292 à 238 (Ici la chronologie n'est pas respectée)
1776	Pendant toute cette année, Mozart séjourne à Salzbourg et travaille. Le 21 juillet, création de la sérénade « Haffner ».	Sérénade « Haffner » KV 248 Messe du Credo KV 257 Messe de Spaur KV 258 Serenade Notturna KV 311	KV 239 à 263
1777	Mozart rompt avec Colloredo et pro-	Concerto « Jeunehomme » KV 271	KV 270 à 285

ANNEES	LA VIE DE MOZART. SES VOYAGES, SES DIFFICULTES, SES PROJETS, SES TRAVAUX	LES ŒUVRES PRINCIPALES	CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE POUR CHAQUE ANNEE, DU CATALOGUE KOECHEL. LA CHRONOLOGIE N'EST VRAIMENT SURE QU'A PARTIR DE 1782
	fite de sa liberté pour quitter Salzbourg, avec sa mère. Ils entreprennent un long voyage qui les conduira d'abord à Mannheim. Il fait la connaissance d'Aloysia Weber dont il tombe amoureux.	Sonate KV 311	(Chronologie non respectée)
1778	Le 14 mars, Wolfgang et sa mère quittent Mannheim pour Paris, où ils arrivent le 23. Le 3 juillet, la mère de Mozart meurt. Mozart quitte Paris seul, le 26 septembre et rejoint la famille Weber à Munich.	Concerto pour flûte KV 313 Symphonie concertante KV 297 Concerto pour flûte et harpe KV 299 Symphonie « Paris » KV 297 Variations pour clavecin « Ah ! vous dirai-je Maman » KV 265	KV 286 à 315
1779	Aloysia rejette la demande en mariage de Wolfgang. Celui-ci rentre à Salzbourg où il reprend du service auprès de Colloredo, comme organiste de la cour.	Messe du Couronnement KV 317 Symphonie concertante KV 364 Sérénade « du Postillon » KV 320 « Zaide » KV 318 Symphonie n° 33 KV 319	KV 316 à 337
1780	A la fin de l'été, Mozart reçoit du Prince Electeur Karl Theodor la commande d'un opéra pour le carnaval de Munich. Ce sera « Idomeneo », dont les premières répétitions débiteront fin décembre.	« Idomeneo, re di Creta » KV 366 34 ^e Symphonie KV 338	KV 336 à 366
1781	Mozart quitte Munich en mars pour rejoindre, à Vienne, Colloredo. En mai et juin, les relations entre les deux hommes se dégradent. Mozart décide de le quitter définitivement et s'installe à Vienne, chez Mme Weber, où il tombe amoureux de la sœur d'Aloysia, Constance. Le 30 juillet, il reçoit commande de « L'Enlèvement au Sérail ». Il donne de nombreux concerts.	Sérénade « Gran Partita » KV 361 Rondo pour violon et orchestre KV 373	KV 367 à 382
1782	Première de « L'enlèvement au Sérail » le 16 juillet à Vienne. Création de la symphonie « Haffner ». Le 4 août, Wolfgang épouse Constance. Leopold, absent, n'approuve pas le mariage.	« L'Enlèvement au Sérail » KV 384 Symphonie n° 35 « Haffner » KV 385 1 ^{er} Quatuor dédié à Haydn KV 387	KV 382 à 427
1783	Mozart se voit contraint de donner des leçons afin d'assurer la vie matérielle du ménage.	Symphonie n° 36 « Linz » KV 425 2 ^e et 3 ^e Quatuors dédiés à Haydn KV 421 et 428. C ^{to} pour cor KV 447	KV 433 à 447
1784	Mozart tombe malade au mois de juillet et ne guérit qu'en septembre. En décembre, il entre dans la loge maçonnique « à la Bienfaisance ».	4 ^e Quatuor dédié à Haydn KV 458. Concertos pour piano KV 449, 450, 451, 453, 456, 459	KV 449 à 463
1785	Leopold se rend chez son fils, à Vienne, de février à avril. Il sera, lui aussi, admis dans la loge maçonnique pour laquelle Mozart compose beaucoup.	5 ^e et 6 ^e Quatuors dédiés à Haydn KV 464 et 465. Concertos pour piano KV 466, 467, 482 Fantaisie pour piano KV 475 Maurerische Trauermusik KV 477	KV 464 à 482

ANNEES	LA VIE DE MOZART. SES VOYAGES, SES DIFFICULTES, SES PROJETS, SES TRAVAUX	LES ŒUVRES PRINCIPALES	CORRESPONDANCE APPROXIMATIVE POUR CHAQUE ANNEE, DU CATALOGUE KOECHEL. LA CHRONOLOGIE N'EST VRAIMENT SURE QU'À PARTIR DE 1782
1786	Mozart reçoit, de Joseph II, la commande de « Der Schauspieldirektor » qui sera représenté à Schönbrunn le 7 février. Création le 1 ^{er} mai, à Vienne, des « Noces de Figaro » qui seront représentées neuf mois dans la capitale autrichienne.	Concertos pour piano KV 488 et 491 « Les Noces de Figaro » KV 492 « Der Schauspieldirektor » KV 486 Symphonie n° 38 « Prague » KV 504	KV 483 à 505
1787	Le couple Mozart se rend à Prague où « les Noces » sont représentées le 17 janvier. Ils rentrent à Vienne le 8 février. Leopold meurt le 28 mai. Mozart et sa femme repartent pour Prague où est créé le 29 octobre « Don Giovanni ». Le compositeur dirige quatre représentations. En novembre, le couple rentre à Vienne.	Plaisanterie musicale KV 522 Petite Musique de Nuit KV 525 « Don Giovanni » KV 527 Quintettes KV 515 et 516	KV 509 à 532
1788	Mozart passe toute cette année à Vienne où « Don Giovanni » est représenté, sans succès. A la demande de Van Swieten, il arrange plusieurs oratorios de Haendel, dont « le Messie ». Le couple a de sérieux problèmes d'argent.	Symphonies nos 39, 40 et 41 KV 543, 550, 551 Concerto pour piano KV 537	KV 533 à 568
1789	Après avoir emprunté, Mozart entreprend un nouveau voyage Prague, Potsdam, Dresde, Leipzig. A son retour, le 9 juin, il reçoit la commande d'un opéra pour le prochain carnaval : « Così fan tutte ».	Quintette avec clarinette KV 581 Quatuor KV 573	KV 569 à 587
1790	1 ^{re} de « Così fan tutte » le 26 janv. Succès évident. De sept. à nov., Mozart entreprend un dernier voyage à Francfort, Mayence et Munich. Il est de retour en décembre.	« Così fan tutte » KV 588 Concerto pour piano KV 537 Quatuors KV 589 et 590	KV 588 à 594
1791	Dès le printemps, Mozart travaille à « la Flûte ». En mars, il donne son dernier concert. Au cours de l'été, Prague lui commande « la Clémence de Titus » pour les fêtes du couronnement de Leopold II. La 1 ^{re} aura lieu à Prague, le 6 sept. Revenu à Vienne aussitôt, il achève « la Flûte » écrite sur un livret de Schikaneder. Mozart dirige la première le 30 sept. C'est un triomphe. Il travaille alors le Requiem, dans un état de grande fatigue. Il s'alite le 20 nov. et donne à Süßmayr des indications pour l'achèvement du Requiem. Après une légère amélioration de son état, il meurt subitement dans la nuit du 4 au 5 déc.	Concerto pour piano KV 595 « La Flûte enchantée » KV 620 « La Clémence de Titus » KV 621 Concerto pour clarinette KV 622 Quintette KV 614 Requiem KV 626	KV 595 à 626