

N° 15 NOUVELLE SÉRIE 14^e ANNÉE

L'AUDIOPHILE

SUPER QUID

 **LES
MUSES D'OR**



au
Mark Levinson
préampli n° 28
ampli dual mono 23.5

REALISATIONS
PERSONNELLES
AMPLIFICATEUR
HYBRIDE ABTINE
(SUITE)

- **QUOI DE NEUF ?**
**LE COMPACT-DISC
ET SA GENESE**
- **IDEES NOUVELLES
A LA POURSUITE DU 300B**
 - **THEORIE
UN AMPLIFICATEUR INOUI**
 - **NAGUERE
ESS AMT 1**
- **ACOUSTIQUE
PHENOMENES SUBJECTIFS
DE L'AUDITION
(1^{re} PARTIE)**

CLASSIQUE
la messe polyphonique
"du Baroque
au Romantisme"
(suite et fin)

JAZZ
éditions, rééditions

M 2569 - 13 - 55,00 F.-FD



**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Quoi de neuf ?

LE COMPACT-DISC ET SA GENESE: NON NOVA, SED NOVE?*

Maxime et Florian Louineau

L

*'audiophile, épris de concert — peut-être —
et de restitution — sûrement — est, par la force des choses, condamné à la frustration.
Affinant son matériel, il choisit avec soin ses enceintes, peaufine son amplification,
cherche désespérément une source (un lecteur) digne de ses tyranniques oreilles.
Remonter toujours plus haut dans la chaîne du son, en maîtriser les étapes,
cette ambition butte inmanquablement sur un obstacle infranchissable : le disque,
partie visible d'un iceberg sur lequel l'audiophile souvent échoue...
Qu'y-a-t-il donc de l'autre côté du miroir ? Comment les choses évoluent-elles !
Le numérique a-t-il supplanté l'analogique ?...*

La réalisation d'un disque est en effet complexe : de l'interprète au support de sa prestation, une chaîne souvent fort longue met en œuvre un nombre considérable de procédés techniques. La diffusion des techniques numériques lors de la dernière décennie ne simplifie guère les choses. Déjà indispensables à la réalisation des CD, les machines numériques (ex. : convertisseurs) côtoient maintenant dans les studios les machines analogiques et les remplacent parfois (ce qui ne veut pas dire qu'elles les rendent obsolètes...). Du point de vue de l'audiophile, l'évolution des qualités techniques d'un

disque peut s'avérer difficile à évaluer ; combien d'entre vous n'ont jamais remis cent fois en cause leur système, maillon par maillon alors que l'élément faible de la chaîne était tout simplement... le disque. Le choix est d'autant plus difficile que les éditeurs précisent rarement sur les pochettes les moyens techniques employés pour la réalisation de leurs produits.

C'est pourquoi il ne semble pas inutile de s'intéresser de plus près à la gestation et à la naissance de ces petites galettes argentées, objets de tant de convoitise.

L'envers du décor

La figure 1 montre bien la diversité des cas de figure rencontrés lors de l'élaboration d'un disque. Le cas le plus simple se trouvera concrètement sous la forme suivante : l'événement sonore est capté par un couple de microphones. Soulignons qu'il existe dans ce domaine *grosso modo* deux écoles (chacune donnant des résultats différents) ; les couples coïncidants type XY, voire MS (cinéma) utilisant des microphones cardioïdes et les couples non coïncidants, AB ou ORTF utilisant respectivement des omnidi-

* Le changement dans la continuité.

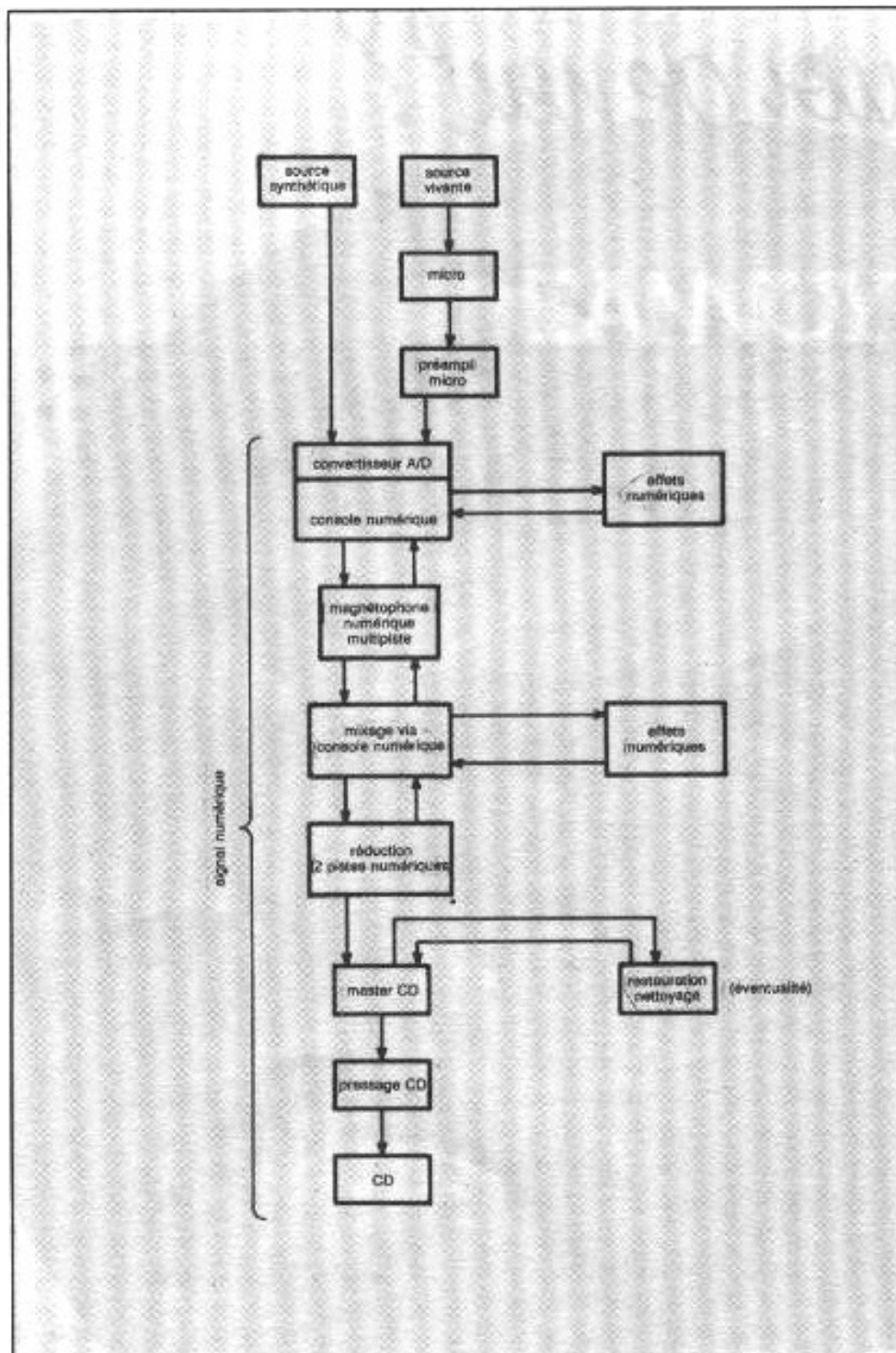


Fig. 1

rectionnels ou des cardioïdes. Ce couple, donc, dans notre simplissime cas de figure est relié au magnétophone, via un préampli micro ou bien même directement (entrées lignes) ; certains microphones (B&K) le permettent. Il est difficile de faire plus simple et lorsque la source s'y prête — mais c'est un avis personnel — il est aussi difficile de faire plus efficace... A l'opposé, on peut, si l'on observe la figure 1, trouver le chemin le plus long du

début du schéma à son terme. Si de plus, le multipiste en comporte 48 et que la console « gère » 20 ou 30 microphones, on aura une idée de la complexité de certains enregistrements actuels. Bien qu'un tel dispositif soit très lourd à (di)gérer, il peut dans certains cas, donner de fort bons résultats et, paradoxalement, offre une certaine souplesse dans le travail du son ; les possibilités de mixage et de sauvegarde de piste sont infinies...

L'existence de tels extrêmes ne résulte pas uniquement d'un problème philosophique du type : la prise de son doit-elle s'effacer derrière la musique ou bien en faire partie ? A la diversité des choix techniques offerts à l'ingénieur du son ne correspond pas forcément une diversité (disparité ?) dans les résultats obtenus. Il est souvent possible dans un cas donné de réaliser une prise de son satisfaisante — ou du moins correspondant aux critères subjectifs qu'on s'est fixé — de plusieurs manières.

On peut seulement affirmer une chose. Les deux extrêmes précédemment décrits semblent dans une certaine mesure liés à des genres musicaux différents. S'il est en effet possible d'enregistrer un orchestre symphonique avec une « configuration de base » (couple plus magnétophone) ou bien avec une vingtaine de microphones et un multipiste, quitte à devoir effectuer au mixage certains choix difficiles, il paraît évident que certains types de musique (variétés) impliquent des procédés complexes. Beaucoup de ces disques doivent leur qualité « artistique » autant aux interprètes qu'à l'ingénieur du son. A la diversité des méthodes de travail possible répond la diversité des matériels proposés par les constructeurs. C'est ainsi que des tendances apparemment contradictoires se développent et coexistent fort bien. C'est le cas pour toutes les machines à tubes — microphones, compresseurs, préamplificateurs — dont la technologie ancienne ne les empêche pas d'être utilisés conjointement aux magnétophones numériques et autres processeurs de signal. C'est que dans pareil cas, la technologie du tube n'est pas pour l'utilisateur une solution concurrente à la technologie numérique, mais bien plutôt une *autre* solution, possédant ses propres spécificités (le « son tube... »).

Ainsi voyons-nous s'affirmer

— de manière assez significative il est vrai — le caractère profondément subjectif de l'écoute musicale. En réaction à une certaine uniformisation — ou en tout cas ressentie comme telle car il serait faux de dire que les machines numériques ne possèdent pas leur propre caractère subjectif — la tendance actuelle semble être au son chaud, typé. Les fantômes du passé ressurgissent, microphones à tubes neufs (Sony) ou anciens (Schoeps, Neuman) auréolés d'une gloire nouvelle, effets magiques et rougeoyant de tous leurs tubes. La palme de ces derniers revient sans conteste au « Warm Interface » de la firme Summit dont le nom ne laisse planer aucun doute : le son entre glacé, passe par des lampes et ressort identique, mais réchauffé. Stupéfiant, non ?

A l'inverse, on pourrait se demander si à l'avenir certains studios ne seront pas tentés d'adopter une attitude radicalement différente. A savoir s'orienter vers un équipement intégralement numérique. En tout état de cause, certaines nouveautés techniques rendent cette idée tentante.

Vers le tout numérique ?

Ainsi le DMR8, récemment développé par firme Yamaha, fait-il figure de précurseur ; sur un mètre carré (voir photo) sont rassemblés :

- une console 24 voies entièrement numérique (dotée d'effets numériques pour chaque voie) ;
- un magnétophone à têtes fixes format K7 8 mm, 8 pistes audio-numériques — 48 kHz, 44,1 kHz, 32 kHz.

La console étant dotée d'une automation intégrale (rappel de tous les paramètres), les magnétophones peuvent être couplés à deux unités d'enregistrement extérieures de 8 pistes audio-numérique chacune.

Utilisé avec ou sans convertis-

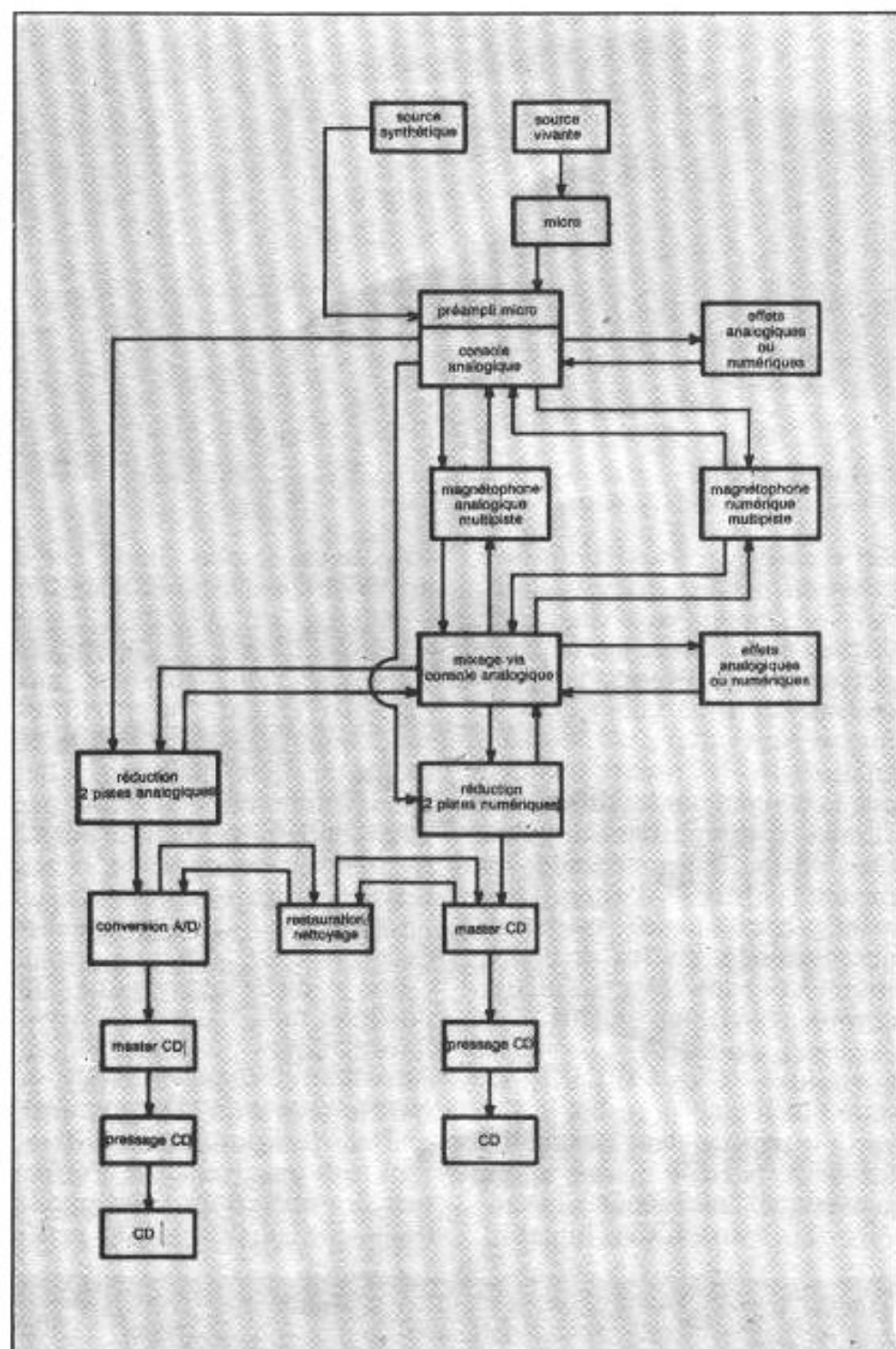


Fig. 1

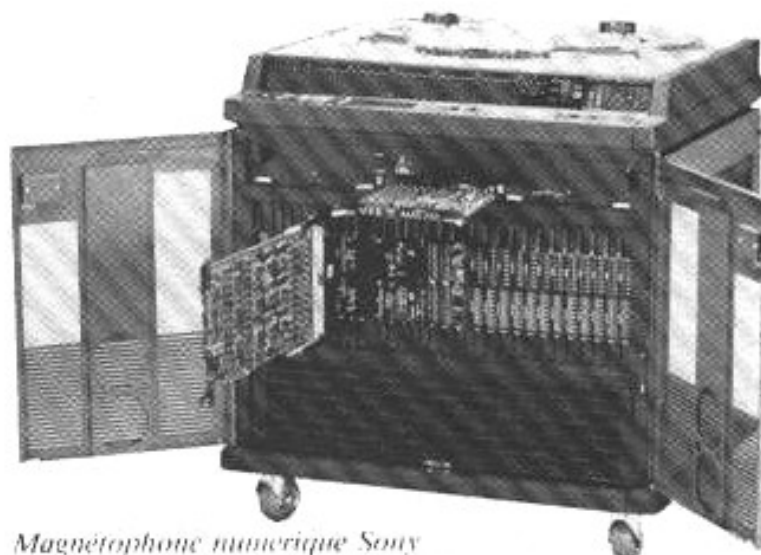
seur A/D extérieur selon la nature des sources enregistrées, cet appareil traite toutes les informations audio-numériques sur 24 bits, les corrections et procédés complexes de traitement de signal étant calculés avec une résolution maximale de 32 bits.

Sans commune mesure avec les monstres audio-numériques multipistes du marché, ce système a pour mérite de traiter le signal (une fois converti) entièrement en numérique du début

(entrée sur la console) jusqu'à la fin (mixage en numérique) et report stéréophonique sur magnétophone numérique deux pistes avant d'aboutir à un éventuel CD... numérique. On le voit, l'intérêt majeur de ces systèmes est de limiter le nombre de conversion A/D - D/A, toujours nuisibles à la transparence du signal.

La dernière étape

Là où se termine le rôle du stu-



Magnétophone numérique Sony
48 pistes : 286 kg de technologie...



Un bon exemple du tout numérique.

dio d'enregistrement commence celui du studio de mastering. Arrivé à ce point de la chaîne, on dispose d'une bande master deux pistes (avec souvent une piste centrale de time code) dont le format peut varier ; 1/4 de pouce analogique, 1/2 pouce analogique (sans compter les différentes vitesses d'enregistrement possibles, 38 ou 76 cm/seconde, les caractéristiques d'enregistrement ; constante de temps en microsecondes et flux de court-circuit en nanowebers par mètre, normes NAB ou CCIR par exemple), ou bien 1/4 de pouce numérique. C'est à partir de cette bande que se réalise le CD après le passage dans un convertisseur A/N (si le master est en analogique), nécessaire à la gravure de la matrice. Ceci toutefois

dans le cas le plus simple car il arrive bien souvent que le master — ancien ou récent — soit « retravaillé ». Ce processus s'applique non seulement aux enregistrements historiques (remontant souvent à la première moitié du siècle) mais aussi à des bandes fort récentes, non pas pour ces dernières dans le but de réparer les outrages du temps mais plutôt dans un esprit d'amélioration, de finalisation du produit. Ces deux étapes de restauration et/ou de nettoyage ne sont possibles qu'à l'aide de moyens informatiques puissants. Citons entre autres deux procédés, le NO Noise et le CEDAR qui, bien que leur fonctionnement diffère, sont tous deux capables d'effectuer des opérations telles que le declipping (suppression des petits

scratches et des erreurs d'encodage numérique), le descrambling (idem pour les gros scratches), la réduction de bruit et l'égalisation. Malgré leurs vitesses de calcul faramineuses (de 50 à 300 millions d'informations par seconde), ces machines — ultra-performantes au demeurant — sont d'un emploi onéreux tant par leur coût élevé que par le temps nécessaire pour traiter un disque.

Au terme de ce rapide tour d'horizon — qui ne saurait prétendre à l'exhaustivité —, un constat évident s'impose : sauf à devenir ingénieur du son, et encore, l'audiophile est condamné à la passivité devant ce qui est pour lui un maillon indispensable mais à prendre *comme tel*. Lui reste cependant un espoir légitime : celui d'un accroissement de la qualité globale des disques sortant sur le marché. Les développements technologiques actuels autorisent cet espoir. Seule ombre au tableau : une technologie complexe implique souvent, par la multiplicité des choix possibles, une utilisation délicate. D'où la diversité des résultats obtenus d'un disque à l'autre quand la technologie, elle, est intrinsèquement performante. Rappelons-nous que, dans la chaîne complexe qui va de la source au disque, le seul maillon réellement imprévisible, c'est justement l'homme...



Microphone Bruel et Kjaer : 124 dB de plage dynamique réelle. À l'autre bout de la chaîne (couple enceinte/local) il n'en reste souvent qu'une soixantaine...

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

A LA POURSUITE DU 300 B

ou de l'intérêt des liaisons inductives
avec les haut-parleurs

Pierre Johannet

C

ette étude, particulièrement intéressante, apporte un éclairage nouveau sur des problèmes tels que l'incidence de la qualité des câbles de liaison haut-parleurs, les performances subjectives des amplificateurs à tubes...

Problèmes à vrai dire agaçants car, à ce jour, aucune validation théorique n'a vraiment explicité les constatations relevées à l'écoute.

Les réflexions que nous expose ici Pierre Johannet sont parties d'un constat irritant pour un électronicien : la supériorité à l'écoute de l'amplificateur monotriode 300B face à sa réalisation en classe A...*

On a beau le savoir : bien sûr, sur un système à très haut rendement (100 dB), le 300 B est difficile à approcher... On se console en pensant que, sur les systèmes à moyen et bas rendement (80-90 dB), on ne peut pas décrocher la lune.

Mais tout de même, c'est vexant :

• d'un côté, un ampli à lampes d'à peine 8 watts, avec une triode de 1927 et un transformateur que tout audiophile pur et dur regarde d'un œil soupçonneux, le tout faisant allègrement 3 % de distorsion à 10 watts ;

• de l'autre, un 50 watts classe A équipé de transistors japonais hyper-performants, avec une alimentation super-stabilisée (bruit : 60 microvolts) et faisant 0,06 % de distorsion à 50 watts...

Un fort mystère reste à élucider...

La phase

« transformateurs »

Pour analyser la différence de comportement entre les deux individus, une première idée vient à l'esprit : et si, tout

compte fait, le transformateur du 300 B n'était pas si horrible que ça ?

Pour vérifier, il suffit d'intercaler un transformateur entre l'ampli à transistors et le haut-parleur. Les caractéristiques dudit transformateur ne sont pas critiques, on peut admettre :

- rapport 1/1 ;
- puissance largement supérieure à la puissance max. à transmettre, donc au moins 150 VA ;
- impédance primaire et secondaire à 8 Ω ce qui, pour 50 W efficaces, correspond à

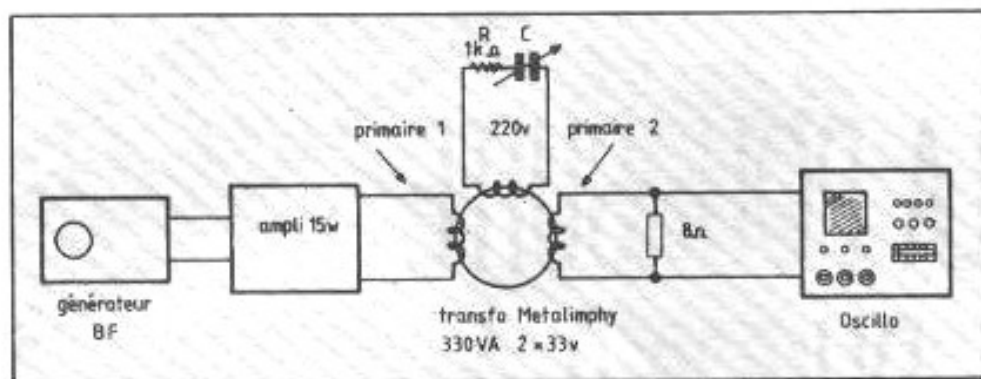


Fig. 1 : Banc d'essai pour transformateur 1/1.

$$U = \sqrt{W \cdot Z} = 20 \text{ watts}$$

et

$$I = \frac{W}{Z} = 2,5 \text{ A}$$

Un transformateur de 150 VA à deux enroulements 30 V 2,5 A convient donc parfaitement.

Comme les transformateurs BF de sortie correspondant à ce cahier des charges sont inexistant — et pour cause —, il a fallu se rabattre sur un des multiples transformateurs toriques d'alimentation disponibles pour l'amateur et qui possèdent généralement deux primaires 110 V (de plus en plus souvent un seul secondaire 220 V) et deux secondaires compris entre 25 et 45 V, soit tout à fait dans la gamme de valeurs souhaitée.

• Tester l'animal...

Notre choix est tombé, parmi les clients en attente de montage, sur un transformateur Métalimphy 330 VA, 2 x 33 volts et répondant donc aux caractéristiques requises.

Un premier essai au banc a été effectué (fig. 1) pour tester sa bande passante, sachant qu'il sera inutile de poursuivre si celle-ci ne dépasse pas 10 kHz, ce qui, après tout, serait normal pour un brave transformateur d'alimentation calculé à 50 Hz.

Première surprise de taille : le transformateur ainsi détourné se comporte remarquablement bien, y compris en transitoires. A 10 kHz, la réponse en signaux carrés est donnée fig. 2.

Rien à redire, à part une légère suroscillation que l'on peut cor-

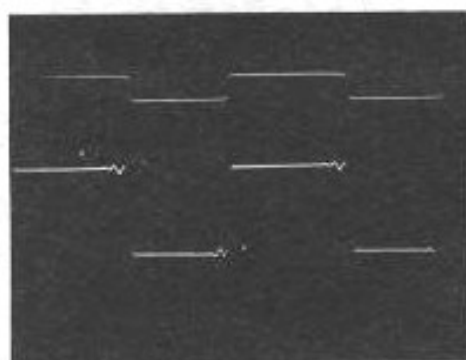


Fig. 2 : 1. $V_c = 0,55 \text{ V eff.}$; 2. 5 V/C - 10 kHz primaire 220 V ouvert.

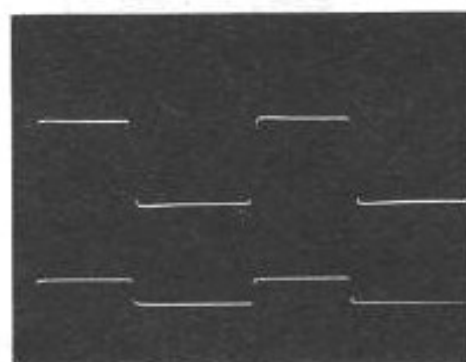


Fig. 3 : 1. $V_c = 0,55 \text{ V eff.}$; 2. 5 V/C - 10 kHz secondaire 220 V sur $1 \text{ k}\Omega + 2,7 \mu\text{F}$.

riger par un circuit RC installé sur le primaire 220 V (en fait 2 x 110 V en série) inoccupé.

Avec $R = 1 \text{ k}\Omega$ (5 W)

$C = 2,7 \mu\text{F}$, on obtient une réponse quasi-parfaite (fig.

La bande passante globale du transformateur compensée est donnée fig. 4, on voit qu'elle est largement au niveau des bons transformateurs de sortie.

• L'écoute

Deux de ces transformateurs ont été installés à la sortie d'un 50 watts classe A, alimentant en bi-câblage un système de haut-

parleurs à 2 voies avec enceintes prototypes en béton et fibrociment, de dimensions modérées.

La première surprise est de taille : alors qu'on s'attendait — au mieux — à une absence de modification des sensations perçues, on ressent une amélioration évidente :

- médium mieux défini ;
- aigu plus précis, en particulier dans la perception du souffle qui accompagne les notes (flûte).

L'amélioration est particulièrement nette sur les voix. Par contre, le grave reste inchangé, sinon imperceptiblement atténué.

• Essais d'autres transformateurs

Devant un résultat aussi surprenant, tous les transformateurs disponibles sous la main dans cette gamme de puissances et de tensions ont été essayés ; les résultats sont conformes à ce qu'on pouvait attendre :

- certains modèles sont moins satisfaisants que d'autres (2) . à l'analyse, on observe une réponse assez ondulante en signaux carrés, traduisant des résonances internes qui sont, bien sûr, sans conséquences sur leur fonctionnement habituel comme transformateurs d'alimentation ;

- les modèles les plus puissants sont d'autant plus satisfaisants dans le grave : à 500 VA, il n'y a vraiment plus de différence. Ceci montre l'intérêt d'utiliser des transformateurs de sortie largement surdimensionnés.

La phase « filtres »

Il restait à analyser d'un peu plus près cet intéressant phénomène. Or, si on considère le schéma équivalent d'un transformateur (fig. 4), on voit que celui-ci est constitué d'un transformateur théoriquement parfait, suivi d'un réseau RLC où :

R est la résistance ramenée au secondaire,

L est l'inductance de fuite,
C la capacité parasite.

En théorie, l'amélioration perçue ne serait donc due qu'à l'effet de filtrage du transformateur, sous réserve de vérification. La deuxième étape de l'étude a donc consisté à établir un filtre LRC équivalent. Ses caractéristiques doivent être les suivantes :
— fréquence de coupure assez éloignée pour ne pas perturber le

ment s'exprime par :

$$\zeta = \frac{1}{2} \left(R + \frac{L}{R^2 C} \right) \frac{L}{C} \left(1 + \frac{R}{R'} \right)$$

Pour éviter toute suroscillation en réponse transitoire, on doit avoir ζ supérieur à 1. En fait, on peut se contenter d'une valeur voisine de $\sqrt{2}/2 = 0,707$ compte tenu des résistances

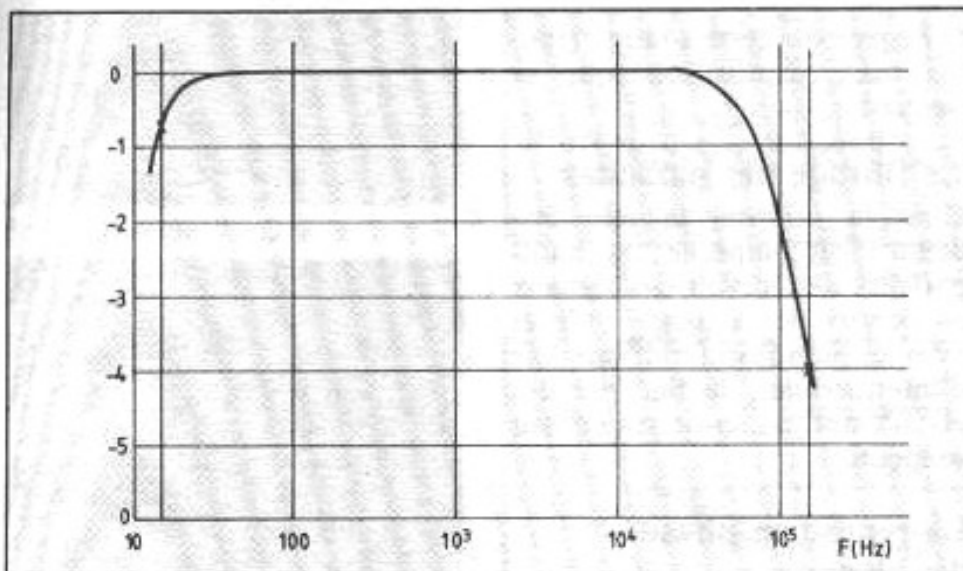


Fig. 3 : Bande passante de transformateur Métalimphy 330 VA, 2x33 volts sur rapport 1-1 (10 watts).

signal, soit au moins 40 kHz ;
— réponse de type Bessel pour perturber le moins possible la réponse transitoire, avec temps de propagation de groupe constant ;
— pas de résistance en série avec l'inductance, les résistances série dans la liaison ampli-HP étant fort gourmandes en micro-informations.

On peut envisager un schéma du type suivant (fig. 5).

La transmittance du filtre chargé sur $R' = 8 \Omega$ s'écrit :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{1 + RCp + \left(RC + \frac{L}{R'} \right) p + LC \left(1 + \frac{R}{R'} \right) p^2}$$

$p = j\omega$

Son coefficient d'amortisse-

ment est parasitiques et autres amortissements.

Un premier filtre essayé présentait les valeurs suivantes :

$$\frac{L}{2} = 12 \mu H \rightarrow L = 24 \mu H$$

(une demi-self par câble de HP).
 $C = 0,239 \mu F$ (mesuré au pont) type PMR 0,22 μF + 68 pF mica.
 $R = 4,7 \Omega$ 1 W Allen Bradley.

Dans ces conditions, on trouve $\zeta = 0,683$, ce qui paraît satisfaisant a priori.

En fait, un essai au banc (fig. 6a) montre qu'il présente une petite suroscillation. Celle-ci devient imperceptible si on descend C à 68 nF (fig. 6b).

La self est réalisée en enroulant une trentaine de spires de fil émaillé \varnothing 2 mm sur un mandrin de 16 mm environ, sur une largeur de 14 mm (cf. annexe).

Et l'écoute ?

Le filtre ($C = 0,22 \mu F$) installé à la place du transfo, une première constatation s'impose : ça marche ! On retrouve toutes les qualités du transformateur et même un peu plus, sans ses inconvénients :

- aigu très fin et bien détaillé, encore plus de finesse dans les sifflantes ;
- médium bien en place, qui ne part pas dans tous les sens ;
- grave intact ;
- diminution du temps « de chauffage » : le son est bon tout de suite.

A ce stade, une parenthèse s'impose : quels critères subjectifs ou objectifs pour juger d'une amélioration ? L'auteur utilise principalement les références suivantes :

- Bach : Variations Goldberg, Glenn Gould - CBS Masterworks
- Brel : Les Marquises (Jojo, Orly) - Barclay
- Haydn : Les six dernières sona-

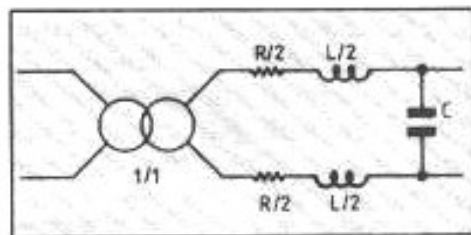


Fig. 4 : Schéma équivalent d'un transformateur.

tes, Glenn Gould - CBS Masterworks

- Stakkato Audio 1 (pages 1 à 4)
- The famous sound of Three Blind Mice - TBM
- Félix Leclerc : Expression, 21 titres - Polygram.

Avec un repère une modification est considérée comme positive si, sur certains passages, on entend plus de détails, de manière presque « quantitative » ; le plus typique étant le murmure chanté de Glenn Gould accompagnant l'exécution.

Un essai encore avec $C = 68 \text{ nF}$ semble aller encore plus loin en définition.

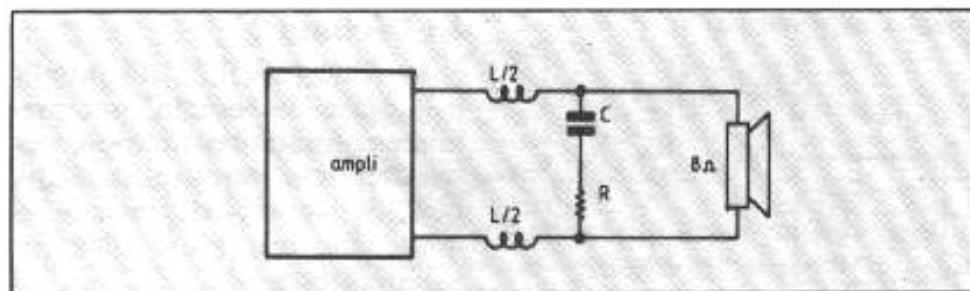


Fig. 5 : Filtre LRC utilisé. Remarque : la résistance R en série avec C est absolument indispensable pour éviter une oscillation locale du circuit LC. Cette omission a coûté à l'auteur un étage de sortie, avec tous les phénomènes désagréables concomitants...

La phase « inductances »

Une dernière manip. a été effectuée en enlevant simplement le circuit RC et en laissant les deux demi-selfs. En effet, l'impédance des enceintes est généralement torturée comparée à une résistance et il restait quelques doutes sur la réponse transitoire.

Ici, l'effet est très peu sensible mais il irait, semble-t-il, dans le sens d'une amélioration, au moins sur le système utilisé. C'est pourquoi la version — provisoirement — finale utilise seulement deux selfs de $10\ \mu\text{H}$ environ par canal. Ceci sous réserve d'expérimentations ultérieures avec d'autres systèmes (câbles, amplificateurs).

Cette ultime simplification est évidemment intéressante, puisque l'on est passé globalement de deux transformateurs de 330 VA (jusqu'à 500 VA dans les premiers essais !) à quatre petites selfs de $10\ \mu\text{H}$.

De quelques tentatives d'explication

Peut-on dire que l'on a raté le 300 B ? Il serait présomptueux et inexact de le dire. Mais enfin, on sent bien que l'on va dans le bon sens et que l'on a incontestablement gagné en propriété ; ceci est particulièrement sensible pour les faibles niveaux. Pour les forts niveaux, tout est mieux en place, on peut monter le son sans se casser les oreilles.

Le plus dur reste à faire : trouver une explication qui se tienne !

Le filtrage des parasites

C'est la solution la plus évidente : on empêche les haut-parleurs de recevoir des signaux en dehors de la bande utile et avec lesquels il se ferait une joie d'intermoduler, la linéarité des HP n'étant pas au-dessus de tout soupçon.

La remise en phase des signaux

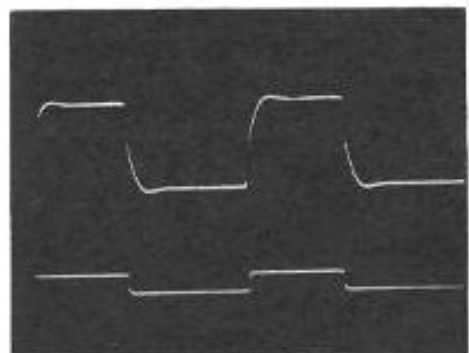
Au vu des réponses en phase des filtres essayés (fig. 10), tous se caractérisent par une variation linéaire de la phase en fonction de la fréquence (fréquence en coordonnées linéaires et **non** logarithmiques !), linéarité qui est même absolument parfaite dans le cas où $C = 68\ \text{nF}$.

Or, on sait qu'il est indispensable qu'un système amplificateur présente cette caractéristique pour avoir une réponse transitoire parfaite, où « les aigus n'arrivent pas avant les graves ».

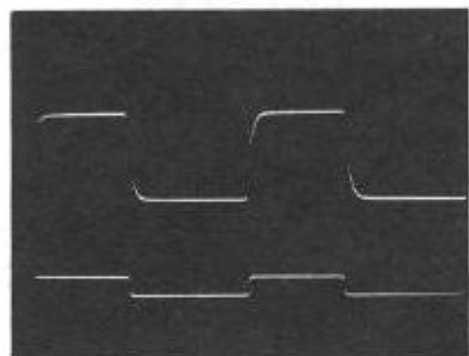
Cette hypothèse est séduisante, mais nécessite une étude approfondie pour être validée. En effet, depuis très longtemps, on affirme l'insensibilité de l'oreille à la phase. Par contre, de nombreux concepteurs d'enceintes insistent sur la mise en phase de leurs haut-parleurs. De même, on entend de plus en plus souvent parler de « filtre à phase constante » et de « temps de propagation de groupe cons-

tant », ce qui revient à dire dans ce cas que la phase varie **linéairement** en fonction de la fréquence (cf. fig. 10, en particulier pour $C = 68\ \text{nF}$) ; il n'y a pas alors de dépassement en signaux carrés.

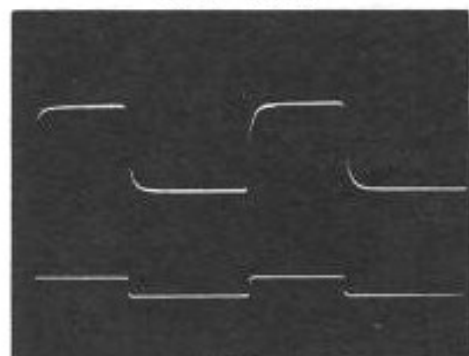
Il est certain que l'on en saurait un peu plus si la mesure de la



a) $C = 0,22\ \mu\text{F}$



b) $C = 68\ \text{nF}$



c) $C = 0$

Fig. 6 : Réponse du filtre en signaux carrés en fonction de la capacité
 $F = 10\ \text{kHz}$
 $V_0 = 0,1\ \text{V eff} - 1\ \text{V/C}$ (trace du bas)
 $V_s = 0,5\ \text{V/C}$ (trace du haut)

phase des amplificateurs était donnée dans les bancs d'essais ; celle-ci n'est pratiquement jamais indiquée et, quand elle l'est, c'est avec la fréquence en graduations logarithmiques et non linéaires, ce qui interdit toute interprétation évidente...

On notera enfin que des fabricants de câbles (OCOS, etc.) insistent sur le « temps de propagation de groupe constant » avec de bons résultats.

Une explication globale intégrant tout le système

Considérons le schéma théorique d'un amplificateur avec ses câbles de liaison et ses haut-parleurs (fig. 9).

On voit bien qu'en fait le signal de contre-réaction réinjecté sur l'entrée négative n'est pas le signal aux bornes du HP. Tout se passerait cependant assez bien si les câbles pouvaient être considérés comme des impédances pures. En fait, une force électromotrice parasite E va apparaître dans le circuit. Elle comprend :

- les tensions induites sur les câbles par les divers rayonnements électromagnétiques environnants ;
- la tension microphonique issue du haut-parleur qui présente un retard pur par rapport au signal émis par le HP ;
- les signaux parasites dus aux micro-non-linéarités évoqués dans l'article du n° 9 (3).

Ces signaux vont être réinjectés sur l'entrée (-) de l'amplificateur. Heureusement, ils ne sont pas réinjectés tels quels :

- ils subissent une réduction dans le rapport $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$ sensiblement égal au gain de l'ampli ;
- ils sont d'autant plus diminués que l'impédance de sortie de l'ampli sera faible.

Malheureusement, ils peuvent se trouver considérablement amplifiés à l'intérieur de l'ampli et ce, par le gain en boucle ouverte qui peut être très élevé (des valeurs de 200 à 600 sont courantes). Comme ils sont réinjectés sur l'entrée inverseuse, le phénomène n'est heureusement pas cumulatif et, en fait, les signaux perturbateurs mis en cause se retrouvent tels quels (ou

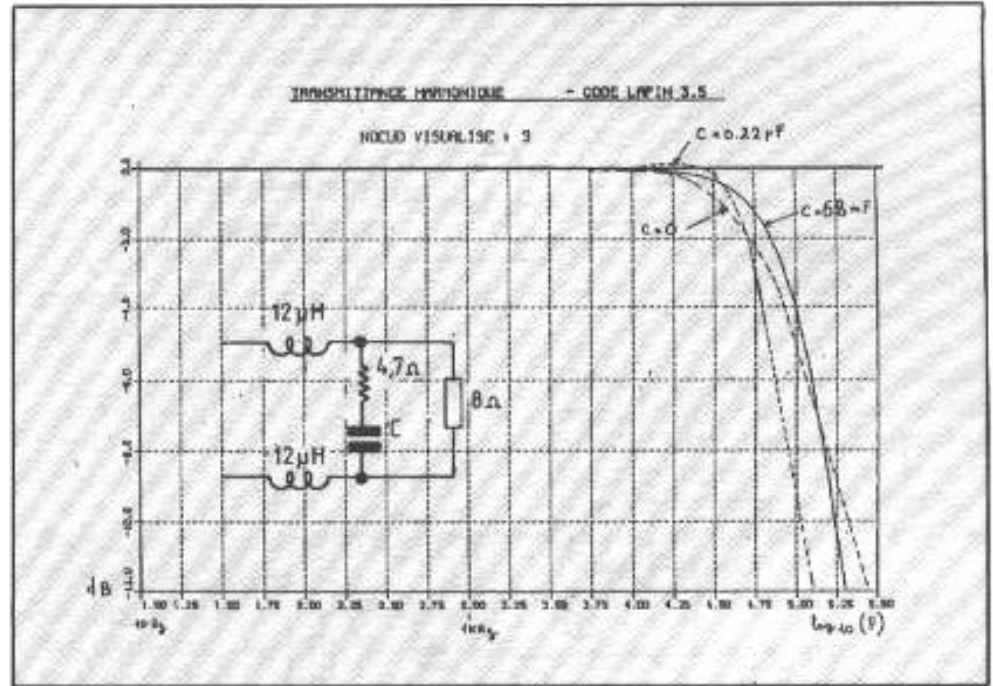


Fig. 7 : Filtre RLC, bande passante en fonction de la fréquence.

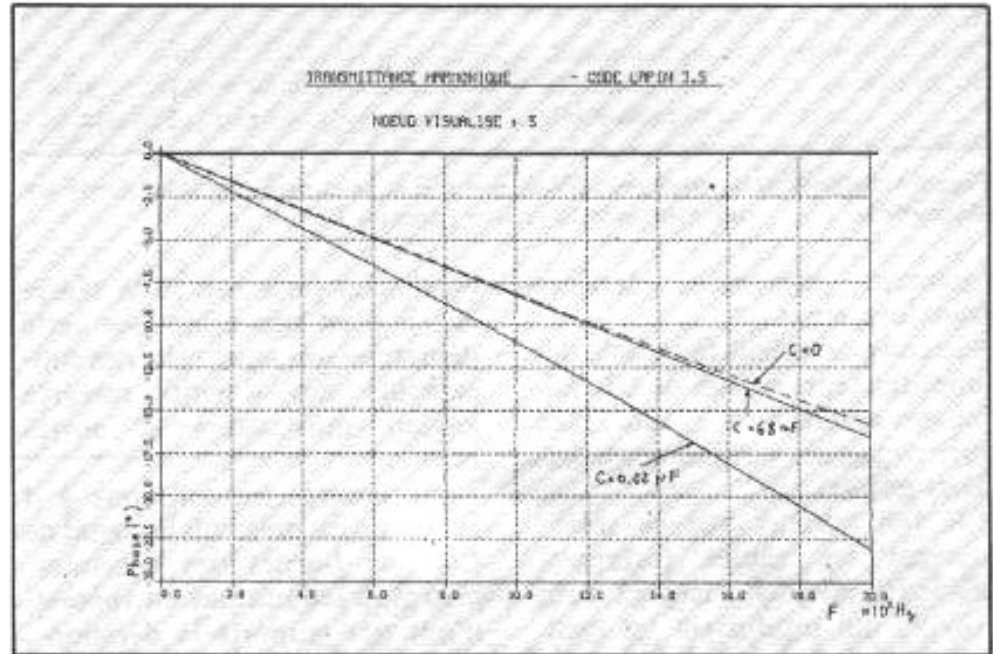


Fig. 8 : Filtre RLC, angle de phase ϕ en fonction de la fréquence. Les abscisses sont graduées linéairement pour mettre en évidence le temps de propagation de groupe $d\phi/d\omega$. La linéarité est absolument parfaite pour $C = 68 \text{ nF}$, très satisfaisant pour $C = 0$.

peu s'en faut) aux bornes du HP.

Par contre, il n'est pas du tout exclu que leur action à l'intérieur de l'ampli ne soit particulièrement pernicieuse puisqu'ils interviennent partiellement multipliés par le gain en boucle ouverte, sous forme d'intermodulations avec le signal utile.

Dès lors, tout s'éclaire :

- l'influence considérable des

câbles sur le résultat d'écoute ;

- l'intérêt des selfs de filtrage proposées ici et permettant de bloquer les composantes indésirables avant leur réinjection sur le circuit de contre-réaction ;
- l'intérêt des transformateurs de sortie pour les mêmes raisons ;
- la musicalité reconnue des enceintes électrostatiques géné-

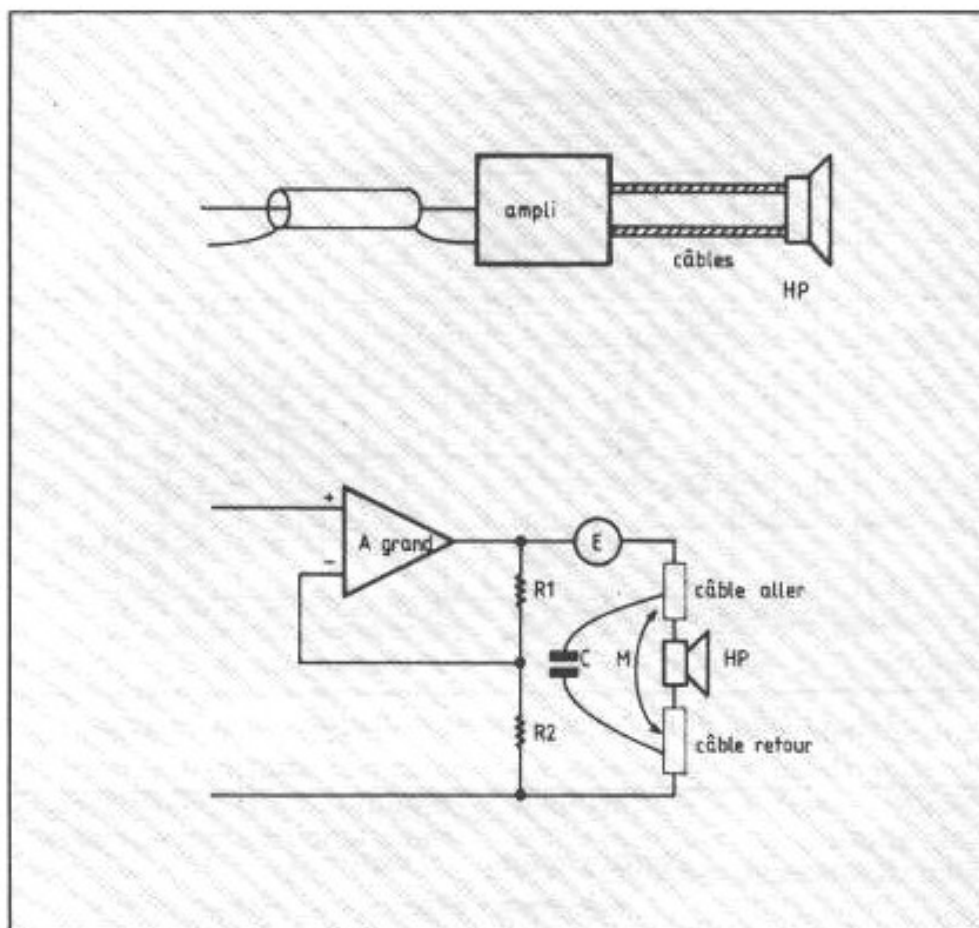


Fig. 9 : Amplificateur avec ses câbles, son HP et sa contre-réaction. Entre les deux câbles existe une mutuelle M et une capacité C .

ralement alimentées derrière transformateur ;

- le comportement favorable des amplificateurs à taux de CR faible (les amplis à tubes sont, bien sûr, concernés par ces deux derniers points) ;

- le fait curieux que ce soient souvent les câbles fortement inductifs (Fadel, Isoda, prototype) qui produisent les meilleurs résultats, malgré des taux de distorsion plus élevés que celui du scindex, à forts niveaux. Dans son article sur « Le son des câbles », l'auteur avait souligné l'intérêt des inductances dans ce domaine ;

- l'avantage à utiliser des composants actifs très linéaires (tubes) pour éviter l'intermodulation du signal utile et des signaux perturbateurs réinjectés sur la contre-réaction ;

- l'intérêt de limiter la bande passante des amplis avant CR, comme le fait Kanéda dans son choix judicieux de transistors, en

particulier pour son 50 W classe A ; il n'est pas exclu que cette démarche soit aussi celle des concepteurs des « petits intégrés anglais musicaux » et autres Nad...

- par contre, les solutions à 4 câbles où on prélevait le signal de CR aux bornes des enceintes, bien que séduisantes en théorie, n'ont pas emporté la décision : les câbles de CR introduisent leurs parasites propres et ne peuvent être indépendants des câbles principaux par suite des capacités et inductances mutuelles qui existent entre eux.

Remarque

La plupart des amplificateurs incorporent en sortie un circuit RC « de Boucherot » associé avec une inductance « pour charge capacitive ». Le schéma global semble donc très proche du schéma proposé (fig. 10).

Malheureusement, l'induc-

tance utilisée est généralement trop faible pour un effet de filtrage efficace ; en outre, le circuit RC, là où il est placé, est court-circuité par l'impédance de sortie de l'ampli. De plus, il n'y a pas de self sur le conducteur de retour du HP.

Conclusion

Que choisir parmi ces hypothèses ?

L'auteur pense que l'hypothèse C apparaît comme la plus satisfaisante, sinon comme susceptibles d'offrir le champ d'études le plus intéressant, en particulier au niveau de la modification fine du phénomène, bien que l'hypothèse B soit à examiner plus à fond.

Et le 300 B ?

C'est simple : il présente toutes les conditions de résolution du problème :

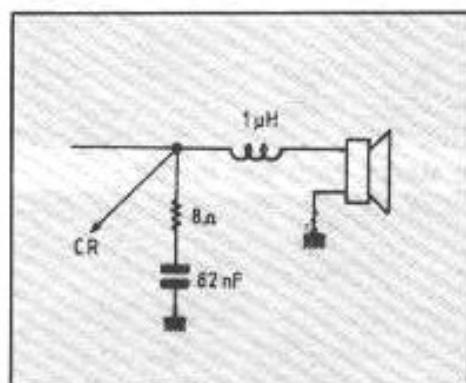


Fig. 10 : Impédances de protection en sortie d'un ampli classique.

- transfo de sortie
- linéarité interne fabuleuse
- peu ou pas de contre-réaction.

On peut penser qu'il se situera encore longtemps en tête, mais ça n'est pas une raison suffisante pour ne pas lui courir après... De toute façon, la solution proposée ici, soit avec des selfs seules, soit avec le circuit LRC, satisfait les trois hypothèses proposées :

- filtrage ampli → haut-parleurs,
- temps de propagation de groupe constant et donc respect des signaux transitoires,
- filtrage haut-parleurs + câbles

→ampli pour empêcher l'injection de signaux indésirables sur la contre-réaction.

Il n'est pas exclu que d'autres interprétations soient envisageables. A nos lecteurs de nous en faire part, ainsi que de leurs résultats d'essais...

ANNEXE

Réalisation des inductances

Pour ses essais, l'auteur a utilisé des inductances toutes faites de marque RAH (4), diamètres 2 et 2,5 mm. En fait, ces selfs étaient proposées par Radio MJ en tant que « 4 mètres de fil émaillé » et il n'est pas sûr qu'elles soient disponibles directement en tant qu'inductances de 10 μ H.

En cas de difficultés d'approvisionnement, il suffira donc de

bobiner 4 m de fil émaillé \varnothing 2,5 sur un mandrin plastique \varnothing 22 et 24 mm, sur 24 mm de large environ. Une trentaine de tours suffiront pour 10 μ H (en mettre une quarantaine et en enlever jusqu'à la valeur voulue).

A titre indicatif, l'auteur propose la formule suivante pour le calcul des inductances :

$$L = \mu_0 n^2 S \frac{l}{1 + 1,11 \frac{\Phi}{l}}$$
$$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$$

S = section moyenne du flux produit par la bobine (m^2)

l = longueur de la bobine (m)

Φ = diamètre maximum de la bobine (m).

Pour vérifier la valeur de la self, on utilisera le schéma suivant :

On mesurera la fréquence à la résonance, puis on appliquera la

formule bien connue :

$$LC (2\pi f)^2 = 1$$

Pour 12 μ H, on doit obtenir $f = 98$ kHz.

(1) Il s'agit évidemment du 50 W classe A, en fait poussé à 100 watts, voir L'Audiophile n° 1 nouvelle série.

(2) Sur ce point, l'auteur remercie la omportement 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_c^2 (carré de la fréquence), et dépend beaucoup de la forme de la membrane.

* Il a publié dans ces colonnes la réalisation d'un amplificateur classe A de 50 W (n° 1) et « Le son des salles » dans le n° 9.

FRAGUVERE



ESS AMT 1

Patrick Vercher

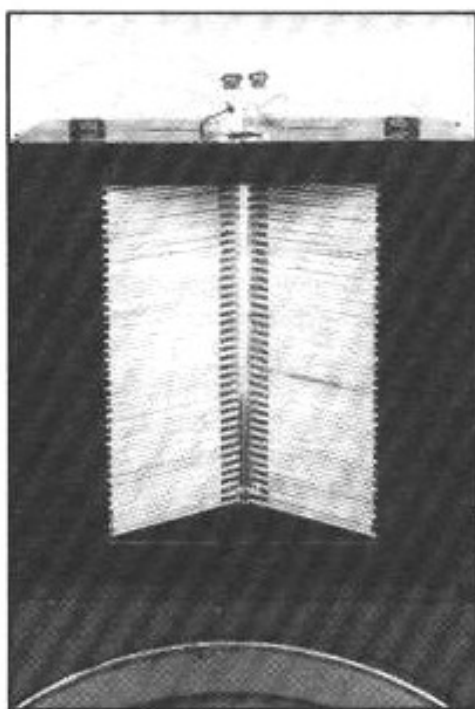


*À*u début des années 70, la firme américaine ESS (Electrostatic Sound System) a « révolutionné » le monde des transducteurs électrodynamiques en proposant un système à deux voies AMT 1 où le médium-aigu était reproduit par un haut-parleur de conception originale assurant un meilleur transfert de l'énergie que les modèles conventionnels.

Ce transducteur AMT a été mis point par le Dr Heil, physicien qui a participé auparavant à l'élaboration de tubes dits « klis-tron » et par la suite du transistor à effet de champ FET. Se penchant sur le cas des haut-parleurs électrodynamiques qui, comme chacun le sait, ont un très mauvais rendement, il s'est acharné à obtenir un système dont le couplage diaphragme/air soit nettement supérieur à celui des haut-parleurs coniques conventionnels ou à pavillon. Soucieux cependant de réaliser un transducteur sans inertie, il s'est tout d'abord tourné vers les transducteurs électrostatiques, d'où le nom de la société. Les premiers systèmes étaient composés d'un haut-parleur grave Kef B 139 de type rectangulaire avec diaphragme plat en polystyrène expansé chargé par un labyrinthe de grande longueur et d'un haut-parleur électrostatique de faible largeur monté en coin pour pouvoir récupérer l'émission de l'onde arrière. Cependant, mécontent du rendement très faible de ce système, il a par la suite étudié des transducteurs à ruban avec charge à pavillon pour finalement extrapoler un système original à membrane plissée fonctionnant un peu à la manière d'un accordéon, chassant l'air d'un côté et aspirant de l'autre. Ce transducteur de type particulier et après de nombreuses heures de mise au point a trouvé sa finalisation vers 1972 où il fut monté au sommet d'une enceinte pyramidale servant de charge à un haut-parleur grave de 25 cm travaillant en bass-reflex. Cette enceinte AMT 1 fut l'une des grandes révélations du Consumer Electronic Show de Chicago de juin 1973, pour ses capacités dynamiques, son pouvoir de définition ainsi que son niveau sonore élevé capable d'être restitué avec un maximum de distorsion. La réponse transitoire est excellente et le rendement élevé.

Le transducteur AMT

Les haut-parleurs électrodynamiques conventionnels de type conique ou à diaphragme-plan ne peuvent déplacer qu'une petite masse d'air à une très faible vitesse vibratoire (même si les élongations du cône sont importantes). Il y a mauvaise adaptation entre l'impédance du générateur (le haut-parleur où des forces importantes sont en jeu) et celle du récepteur (en l'occurrence l'air ambiant de la salle d'écoute) où finalement une toute petite fraction de l'énergie est transférée. Les pionniers ont



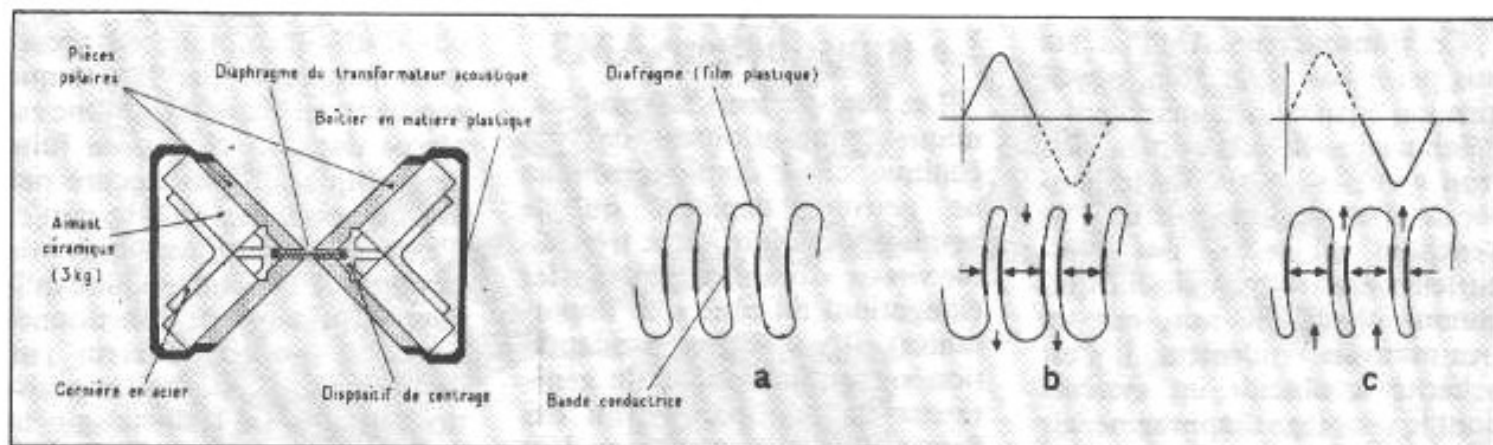
Vue du transducteur AMT. Au centre, le diaphragme plissé de part et d'autre du circuit magnétique.

bien compris ce problème et ont essayé d'adapter un transformateur acoustique devant le haut-parleur afin d'améliorer le rendement. Ce fut la naissance des pavillons avec tout ce que cela implique de limitation de bande passante reproduite, phénomènes de résonances, recoupements avec les autres haut-parleurs. Aussi le Dr Heil a pensé à augmenter l'efficacité du couplage diaphragme/air en trouvant un système qui « éjecte l'air » de manière plus rapide, entre les

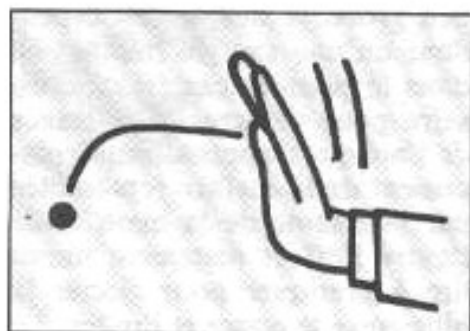
plis d'une membrane en accordéon parcourue par la grecque conductrice. Cette membrane est placée dans un champ de fuite magnétique intense procuré par des aimants taillés en V de part et d'autre, formant une amorce de pavillon. A l'époque, pour expliquer le principe de fonctionnement de son transducteur par rapport aux systèmes conventionnels, le Dr Heil faisait la comparaison entre une bille poussée par la paume de la main et une autre bille expulsée entre deux doigts. Cette analogie un peu grossière démontrait cependant qu'une énergie importante dans le premier cas était nécessaire pour vaincre la résistance de l'air qui s'opposait au déplacement de la surface représentée par la paume de la main et de l'autre l'effort nettement moindre à pratiquer pour éjecter la bille entre le pouce et l'index. Le système AMT 1 utilise cet effet de pincement sur les molécules d'air en les propulsant à grande vitesse et sous faible pression.

Conception de l'AMT 1

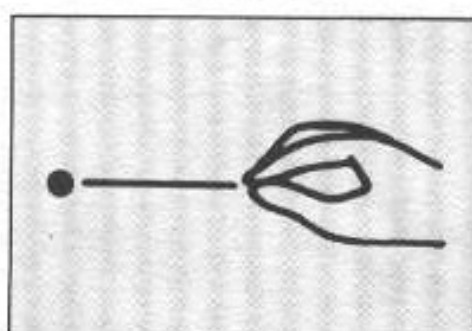
Sur les premières versions, le ruban plissé était monté dans un cadre rigide en matière plastique de 12 cm de hauteur pour une largeur de 5 cm environ. Cet équipage mobile venait se glisser dans un entrefer très large d'un circuit magnétique composé de quatre aimants de type céramique disposés en forme de V et opposés par leur pointe. Ce circuit magnétique de 3 kg se distinguait par des fentes ménagées entre les pièces polaires afin que les ondes sonores « expulsées » par le diaphragme plissé ne rencontrent pas d'obstacles. Le diaphragme, d'une épaisseur de 12 μm , est réalisé dans un matériau synthétique (feuille de polyéthylène) qui offre la caractéristique d'un bon amortissement interne, très important pour ne pas entraîner de colora-



A gauche : vue du dessus du transducteur AMT. A droite : principe de fonctionnement de la membrane plissée en accordéon parcourue par les rubans conducteurs parallèles ; en a, en position de repos ; en b, l'air est chassé entre les plis avant et aspiré par ceux arrière ; en c, l'air est aspiré par les plis avant et chassé par ceux arrière.



Principe très schématique de propulsion d'une bille par la paume de la main (analogie avec un haut-parleur conventionnel) et expulsée entre deux doigts (cas de l'AMT).



tions parasites au cours des contractions et extensions des plis. Le ruban continu du conducteur est en aluminium. Il forme ainsi des conducteurs parallèles où sont engendrées des forces magnétiques. Le courant modulé traverse à chaque instant en sens opposé deux bandes contiguës qui sont parallèles à la direction du champ magnétique d'excitation. Selon le sens du courant fourni par le signal audio, le plissage en accordéon se déforme selon les forces opposées auxquelles il est soumis. Ainsi l'air contenu entre des plis alternés est chassé vers l'extérieur d'un même côté et de l'autre, sur la face opposée, les plis élargis aspirent l'air.

Les mouvements d'expulsion de l'air ainsi « pincé » entre les faces mobiles du diaphragme sont cinq fois plus rapides que les mouvements du diaphragme qui sont à l'origine de ce phénomène. Ce transducteur procure ainsi des ondes sonores dont

l'amplitude est cinq fois plus grande que celles des vibrations du diaphragme. Ainsi, le transfert d'énergie du générateur (diaphragme plissé) au récepteur (l'air ambiant de la salle d'écoute) est nettement supérieur d'où l'effet de transformateur-adaptateur d'impédance « Air Motion Transformer », résumé dans le sigle A.M.T. Ce couplage est aussi amélioré par le dessin des pièces polaires qui déterminent un pavillon. Le transducteur AMT rayonne en doublet mais en opposition de phase par ses deux faces. Cette caractéristique permet de le faire fonctionner sans charge à l'arrière comme un haut-parleur isodynamique ou électrostatique.

L'enceinte ESS AMT 1

Le premier modèle AMT 1 qui fut suivi par de nombreux autres se caractérise par sa forme pyramidale, d'une hauteur de 80 cm pour une grande base de

36×36 cm. Le haut-parleur de grave/bas-médium de 25 cm de diamètre couvrait la bande de fréquences de 40 Hz à 600 Hz de manière régulière. Sur les premières versions, le cône était en pulpe de cellulose, dont la famille des timbres s'accordait bien avec celle du transducteur A.M.T. Comme pour tout système hybride, il fallait obtenir de la part de ce boomer une très grande rapidité sur les transitoires afin que dans la zone de recouvrement il ne soit pas « à la traîne » du transducteur AMT. Pour ce faire, le circuit magnétique largement dimensionné et la bobine mobile de 5,3 cm laissaient présager une bonne tenue sur les transitoires. La charge est de type bass-reflex dont l'évent débouche sous l'enceinte à côté de la plaque support du bornier de liaison et du réglage de niveau selon trois modes dénommés « brillant », « normal » et « doux ». Le filtre, fort bien conçu, a des pentes de 6 dB/octave de part et d'autre de la fréquence de coupure 600 Hz. Un cache général vient s'enchâsser sur l'enceinte pour dissimuler les transducteurs. Le tissu est tissé de telle manière que ce cache joue aussi un rôle de diffraction des ondes sonores. Le bloc du transducteur Heil placé sur le dessus de l'enceinte rayonne librement sur ses deux faces.

A l'époque, le constructeur

avançait une puissance maximale admissible de 350 W (un fusible servant de protection). L'impédance nominale peut être considérée de 8 Ω avec un minimum de 6 Ω à 120 Hz.

Nous nous rappelons très bien les mesures effectuées voici dix-sept ans pour la Revue du Son sur l'ESS AMT 1. L'extrême linéarité en fréquence nous avait étonnés puisque entre 60 Hz et 21 kHz dans l'axe, la bande passante tenait dans ± 2 dB. Mais c'est hors de l'axe que la linéarité s'est avérée aussi extraordinaire. A 30° on ne constatait pas d'affaiblissement. A ce jour aucun transducteur n'est arrivé à produire des lobes de directivité aussi régulier même dans les hautes fréquences. Les taux de distorsion pour un niveau élevé de 98 dB à différentes fréquences étaient très faibles : 4 % seulement à 40 Hz et, entre 800 Hz et 20 kHz, nettement inférieur à 0,5 %. La réponse transitoire du système sur signal carré était impressionnante. Le rendement était correct, cependant le constructeur indiquait qu'il fallait au moins un amplificateur de 30 W pour en tirer tout le parti.

Descendance

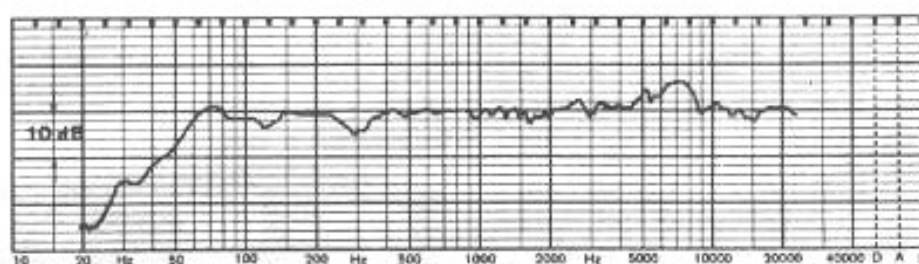
L'AMT 1 a fait beaucoup de « petits ». Différentes versions ont été extrapolées de ce système avec plus ou moins de bonheur, telles que les modèles AMT 1b avec grave de 30 cm à cône bextrême plus radiateur passif placé symétriquement à l'arrière et qui nécessitait un placement judicieux dans la pièce pour éviter certains effets de roulement. Un modèle dit « Monitor », équipé des mêmes transducteurs que l'AMT 1b mais disposés sous forme de colonnes avec haut-parleur grave à cône bextrême montant jusqu'à 1 000 Hz et radiateur passif en façade qui étaient capables d'assurer un niveau sonore impressionnant. Ensuite ce fut la déclinaison sous forme d'enceintes dites de biblio-

thèque équipées d'une version simplifiée du transducteur Heil en compagnie de haut-parleurs grave-médium de petit diamètre. Toute cette série d'enceintes, sous le nom de « Tempest », a souvent fait la joie des amateurs de rock. A ce sujet, une version de l'AMT 3, dite « Rock Monitor », avec deux haut-parleurs graves de 25 cm, un médium de 13 cm et le transducteur Heil placé au sommet avait de quoi soutenir les furieuses attaques des amplis de basse Marshall ou les violents transitoires des Fen-

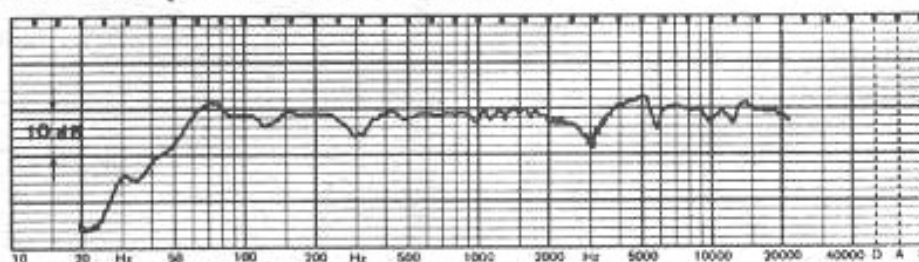
der sans donner signe de faiblesse.

Parmi les descendantes, l'AMT Power nous avait séduits avec son haut-parleur grave de 30 cm chargé par un labyrinthe acoustique fort bien conçu, récupérant l'énergie avec niveau et sans traînage et s'accommodant parfaitement de l'exceptionnelle rapidité du transducteur Heil placé au sommet.

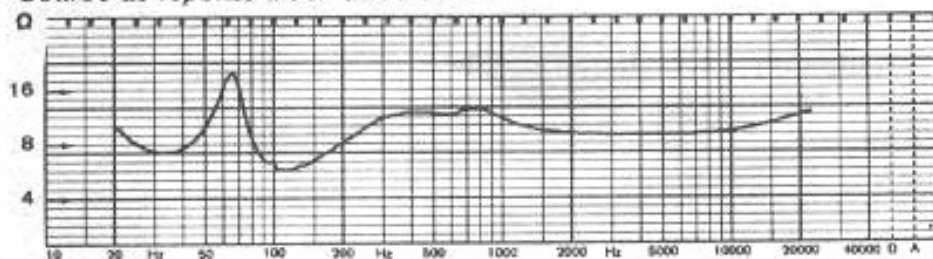
ESS réalisa aussi parallèlement des électroniques de très fortes puissances à transistors telles que l'ESS 500 capable de



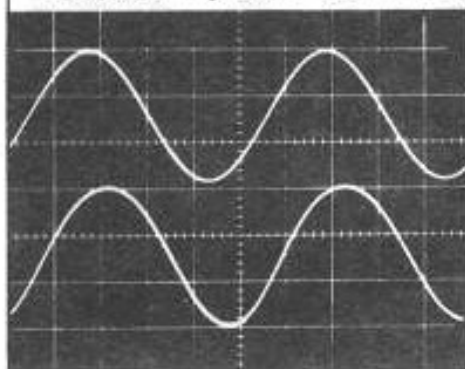
Courbe de réponse dans l'axe de l'AMT 1.



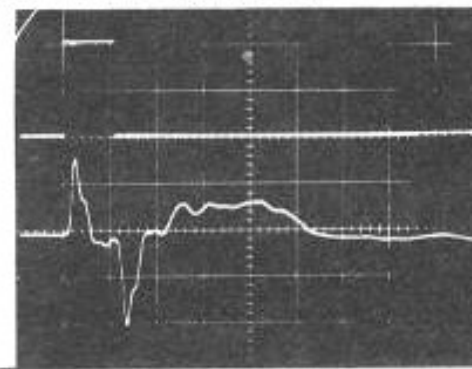
Courbe de réponse à 30° de l'AMT 1.



Courbes d'impédance de l'AMT 1 en fonction de la fréquence.



Formes d'onde à 40 Hz pour un niveau de 90 dB. Très peu de distorsion.



Réponse sur signal carré de l'ESS AMT 1. Temps de montée rapide du transducteur AMT sans traînage de grave.

fournir 2×250 W et un préampli stéréophonique fort bien conçu pour les corrections de grave et d'aigu. Après suivirent les modèles Eclipse, dont le modèle 1004 A capable de délivrer 500 W en continu sur 4Ω .

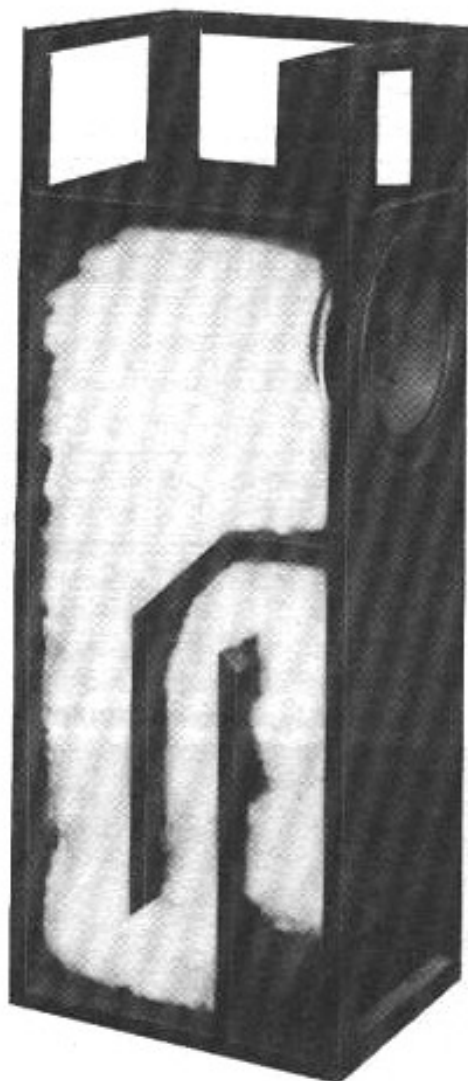
Après quelques déboires financiers, la firme ESS a été reprise, il y a quelques années, par un groupe de revendeurs américains. Actuellement aux U.S.A., les modèles AMT 1D et AMT Monitor reprennent le principe du transducteur Heil avec un ou deux haut-parleurs de grave. Une série plus économique, dite Performance Series, adopte une version simplifiée du transducteur Heil.

L'écoute

Les ESS AMT 1 première version sont des enceintes qui, après dix-huit ans, ne paraissent absolument pas démodées. A condition d'utiliser une électronique à transistors qui tienne bien le haut-parleur dans le grave et qui possède un médium-aigu à la fois doux mais riche et varié en timbre, les AMT 1 sont capables de restituer une très belle image stéréo avec un sens peu commun de la présence, en particulier sur les voix et les instruments à cordes. La précision d'analyse du transducteur Heil reste encore extraordinaire. Sa luminosité, sa qualité de définition nous font penser à ce que traduit par exemple, bien utilisée, une chambre de compression LE 85 JBL. Il est curieux de constater que les deux transducteurs ont cette même surprenante capacité dynamique sans insistance ni duretés en faisant ressortir des nuances d'interprétation qui sont beaucoup moins évidentes avec d'autres transducteurs. On pourrait leur reprocher « d'en faire trop », peut-être par une légère accentuation d'une zone de fréquences entre 6 et 8 kHz ajoutant un surcroît de définition qui « fait plaisir » à l'oreille. C'est plutôt dans le grave que

l'AMT 1 a un peu vieilli. La direction de l'évent vers le sol n'est pas, à notre avis, une bonne solution. On peut soit le boucher (cela fait remonter la fréquence de résonance), soit le faire ressortir à l'arrière de l'enceinte pour peu que l'on soit un petit peu bricoleur. Dans ce cas, on n'a moins l'impression de rondeur excessive autour de 80 Hz mais d'une plus grande liberté dans la zone de recouvrement. Cependant on a entendu pire comme passage aléatoire entre deux transducteurs. Il faut reconnaître que cette toute première version était même très

homogène surtout si on la compare à d'autres modèles qui sont venus après et qui se sont un peu trop répandus en traînant dans le grave. L'analyse des formations orchestrales les plus complexes s'effectue avec une lisibilité étonnante ainsi qu'un impact « physique » des plus saisissants. De plus, absolument non directives dans le plan horizontal, les ESS AMT 1 traduisent une image sonore de type cinémascope tout en restant précises dans la focalisation des plans. En mettant le réglage sur la position « soft », « doux », on est même étonné par la transparence et l'effet de perspective qui se déploie avec majesté. Les amateurs d'écoute à niveau réaliste ne risquaient pas d'être déçus. C'est l'une des enceintes électrodynamiques sans chambre de compression qui soutient le mieux les très forts niveaux sans que l'on ait besoin d'aspirine au bout d'une heure. Pour l'anecdote, nous nous souvenons d'une écoute mémorable chez un preneur de son « réputé » qui avait constitué son système monitoring avec, par enceinte, deux LE 15 A JBL dans le grave et deux transducteurs AMT 1 posés l'un sur l'autre dans le médium-aigu. Le brave homme, après une séance d'enregistrement un peu houleuse, devait avoir les oreilles légèrement abîmées car en entrant dans le « bocal » et bien qu'ayant les oreilles « musclées », nous avons été littéralement cloués sur place par le niveau mais aussi l'étonnante précision de ces systèmes qui arrivaient à suivre parfaitement toute la ligne d'accompagnement du batteur sans l'ombre d'un cafouillage. Cet exercice de style à très haut niveau sonore prouvait en l'occurrence qu'il en fallait beaucoup pour mettre à genoux les transducteurs Heil, mais à l'époque, si on claquait un ruban plissé ce n'était pas trop grave, on pouvait le remplacer en cinq minutes.



Vue en coupe de l'AMT Power avec sa charge par labyrinthe. Le transducteur Heil est placé au sommet.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

U

ne grande casserole ne saurait garantir une excellente cuisine ; de même un schéma compliqué d'amplificateur n'implique pas automatiquement un bon résultat sonore ; en revanche, il augmente les risques pour le signal audio. Les audiophiles qui préfèrent les schémas simples, savent bien que les schémas complexes peuvent servir à masquer un manque de maîtrise des circuits. Notre amplificateur est pourtant d'une rare complexité. Mais il est le fruit d'une longue étude qui a intégré des tests subjectifs et qui a cherché à porter à chaque détail une attention extrême. Ceci explique en grande partie la durée invraisemblable de conception de cet amplificateur jusqu'ici inouï, mais que nous avons enfin entendu !

Quel bonheur, après de si longues années de réflexion, après tant d'heures passées à usiner, à assembler et à câbler des montages préliminaires puis plus définitifs, après tant d'attention lors des longs tests si éprouvants, de pouvoir enfin savourer en stéréophonie le son de cet amplificateur que nous avons voulu le meilleur ! Mais notre foi, notre patience, notre persévérance (notre obstination ?) ont bien été récompensées par le résultat obtenu. Quel dommage que de n'avoir que des mots à notre disposition pour les lecteurs qui ont eu la fidélité de nous suivre dans cette aventure un peu folle. C'est en pensant particulièrement à eux que nous allons tâcher de rendre

compte des derniers avatars de notre amplificateur et des heureux résultats des essais d'écoute.

Dans notre exposé d'aujourd'hui, nous décrirons d'abord les modifications que nous avons appliquées à notre amplificateur depuis les premiers essais effectués en monophonie (cf. L'Audiophile n° 14 - nouvelle série). Nous verrons ensuite, grâce à des mesures complémentaires, l'impact de ces modifications sur les performances objectives. En ce qui concerne les performances subjectives, nous vous présenterons les essais d'écoute (enfin en stéréophonie !!!) et leurs résultats. Nous concluerons par les leçons à tirer de cette étude après cette étape capitale.

Les modifications

Les premiers essais effectués sur l'un des modules amplificateurs, avant les premiers essais subjectifs en monophonie, avaient mis en lumière certaines faiblesses de conception :

— La structure très compacte des blocs amplificateurs entraînait un couplage thermique important entre les modules alimentation cascode et les circuits bas niveau. Les alimentations cascode dissipent dans leur radiateur la quasi totalité de la puissance ; or, celle-ci est très élevée car, pour cette première version de notre amplificateur, nous avons retenu la classe A linéaire. Les circuits bas niveau sont très sensibles à la température car notre conception refuse les astuces traditionnelles (et très suspectes à nos yeux) utilisées pour stabiliser les circuits.

— Un phénomène de latch-up (que nous n'avions pas compris à l'époque) rendait l'amplificateur fou sur les pointes de modulation : il interférait avec les limitations en courant de l'alimentation et provoquait des hoquets de tension qui secouaient l'amplificateur de manière aléatoire. Pour les premiers essais, une solution provisoire avait été appliquée : cette solution, mise en œuvre rapidement faute de pouvoir analyser le phénomène, dégradait fortement les performances de linéarité.

— Par souci de linéarité, aucune sécurité de sortie ne protégeait les amplificateurs contre les courts-circuits en sortie. Cela nous avait valu à plusieurs reprises de dépanner un module amplificateur à la suite de quelques actions malencontreuses.

— La gestion très rigoureuse des masses en basse fréquence conduisait à une mauvaise maîtrise de celles-ci en haute fréquence et nous a obligés à limiter quelque peu la bande passante de l'amplificateur en boucle ouverte.

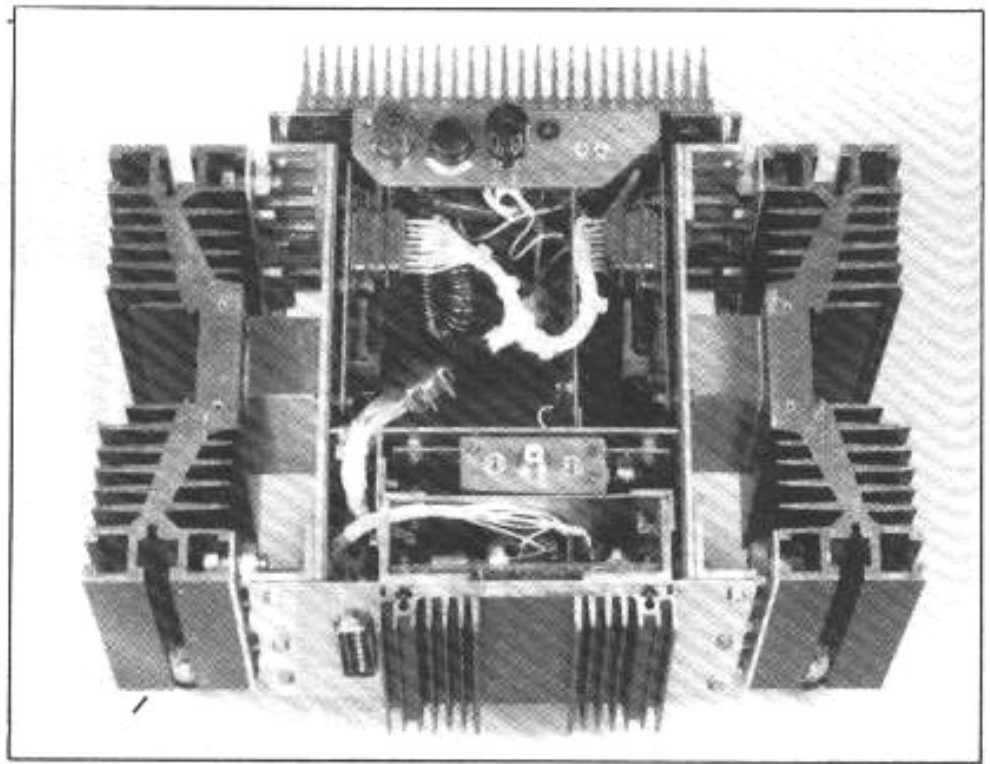


Fig. 1 : Vue de dessus d'un module amplificateur.

La nouvelle structure

Pour les premiers essais subjectifs, nous avons contourné le problème en faisant un peu éclater la structure des modules amplificateurs, en limitant le courant de repos de l'étage de sortie (la classe A était réduite aux puissances faibles et moyennes) et en acceptant un temps de préchauffage important. Les essais d'écoute, faits avec des systèmes haut-parleurs à très haut rendement, ont montré que la dynamique de la classe A était bien suffisante et que, donc, cette solution était provisoirement compatible des essais subjectifs. Une solution plus élaborée aurait conduit à remettre en cause toute la structure mécanique de l'amplificateur et aurait impliqué des délais de réalisation trop longs.

Nous avons donc provisoirement maintenu cette solution pour pouvoir procéder à des essais subjectifs en stéréophonie dans des délais raisonnables. La figure n° 1 illustre l'éclatement des modules amplificateurs.

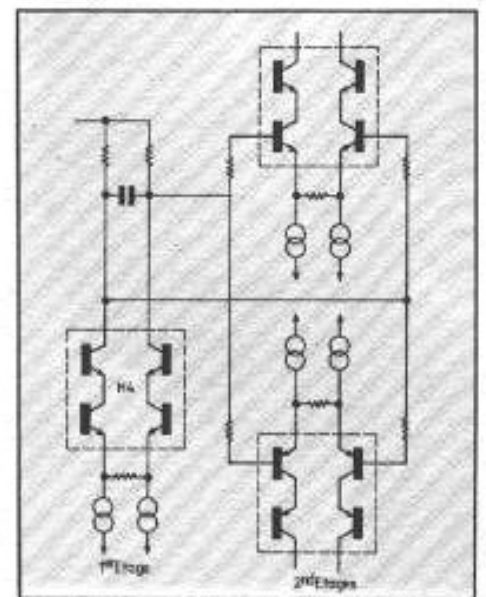


Fig. 2 : Interface entre le premier et les seconds étages.

Le latch-up

Une analyse fouillée, qui a nécessité l'emprunt d'appareils de mesure spéciaux (générateurs de signaux de forme arbitraire et oscilloscopes numériques à mémoire), nous a permis de comprendre ce phénomène particulièrement pernicieux. La figure n° 2 décrit la portion du schéma où il intervenait : une pointe de modulation, provenant

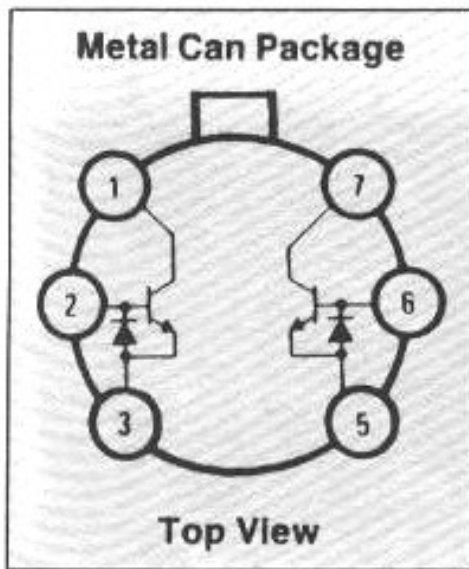


Fig. 3 : Schéma interne du LM394 (Doc. National Semiconductor).

du premier étage, amenait les paires différentielles d'entrée du second étage à sursaturation et faisait conduire les diodes de protection internes des paires différentielles.

Celles-ci sont directement intégrées au niveau de la puce par les constructeurs de ces paires différentielles de qualité (voir la figure n° 3). La mise en conduction de ces diodes entraîne un effet transistor parasite. Celui-ci est sans doute voulu par le concepteur pour accroître la protection des transistors, puisque nous l'avons rencontré dans les deux paires différentielles des deux seconds étages, alors que celles-ci proviennent de deux constructeurs différents (paires PNP et NPN).

Dans la configuration particulière de notre amplificateur, ce phénomène, provoqué par le même signal de très forte amplitude provenant du premier étage, intervient simultanément sur les deux paires différentielles complémentaires et permet à un courant parasite relativement fort de parcourir les deux seconds étages (voir la figure n° 4). Comme ce courant est supérieur à la limite autorisée pour les alimentations +40V et -40V, l'une d'entre elles se bloque par sécurité, mettant fin au

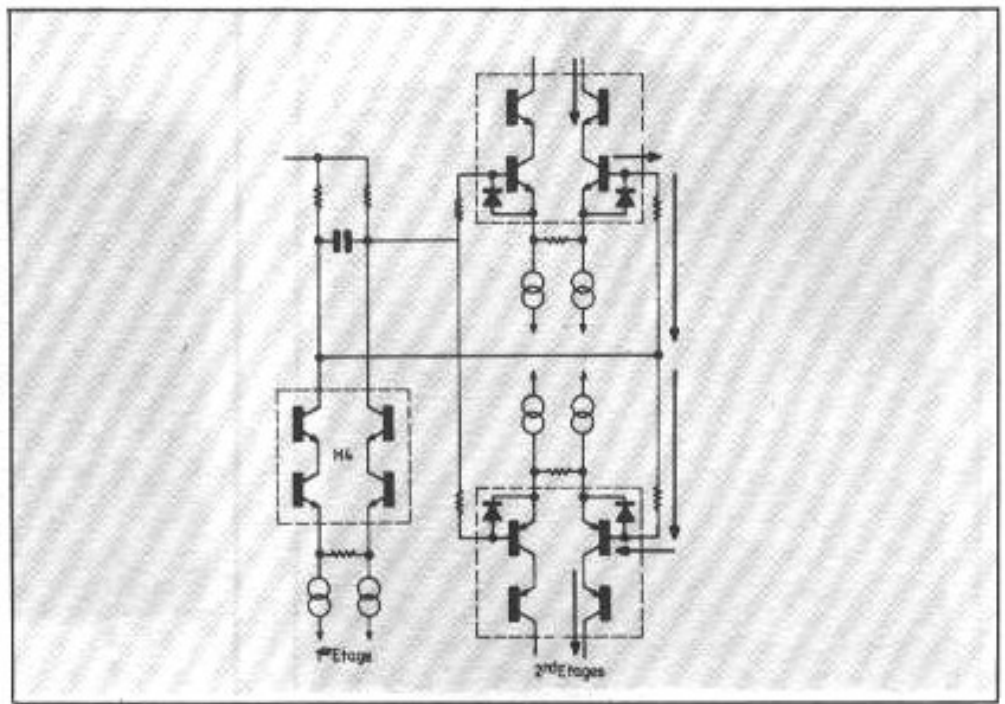


Fig. 4 : Passage du courant parasite.

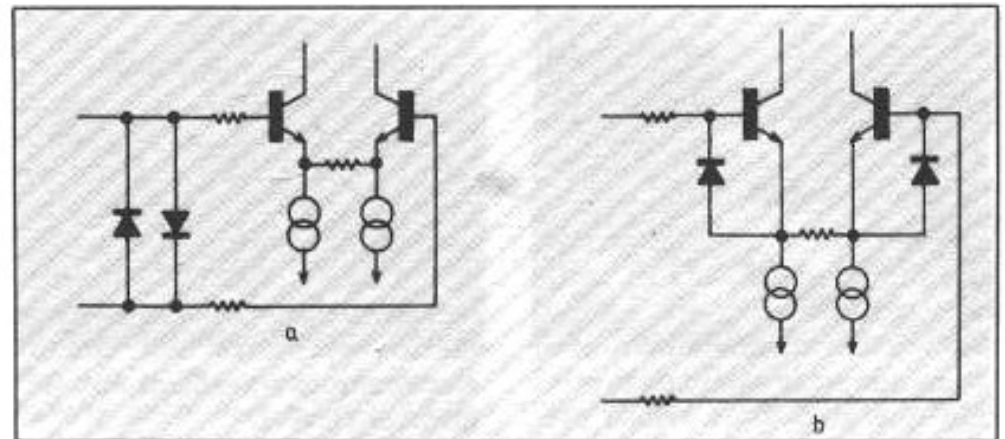


Fig. 5 : Protection d'un différentiel du second étage contre le latch-up (a - solution provisoire ; b - solution définitive).

courant parasite. Au bout d'un temps variable, la puce de l'alimentation est refroidie et la tension se rétablit. Mais ce rétablissement brutal s'accompagne de transitoires de tension importants, y compris dans le premier étage ; ceci produit un signal important en entrée des seconds étages, qui provoque à nouveau le courant parasite dans ces derniers. C'est ainsi que peut s'entretenir un phénomène de relaxation, de période plus ou moins aléatoire, qui coupe et rétablit les alimentations +40V et -40V.

La première solution (voir figure n° 5a) que nous avons mise en œuvre (un limiteur com-

posé de deux diodes tête-bêche en parallèle, entre le premier et le second étage) tenait compte d'une analyse très limitée du phénomène : sans le comprendre, nous savions où il intervenait. Une fois celui-ci correctement analysé, la nouvelle solution (voir figure n° 5b) devient évidente : deux fois deux diodes Schottky en parallèle avec les diodes de protection ; celles-là, de seuil plus faible, conduisent avant les diodes de protection et, étant extérieures à la puce, n'induisent aucun effet transistor parasite.

Cette nouvelle solution est plus élégante et n'entraîne pas les pertes de linéarité de la solution

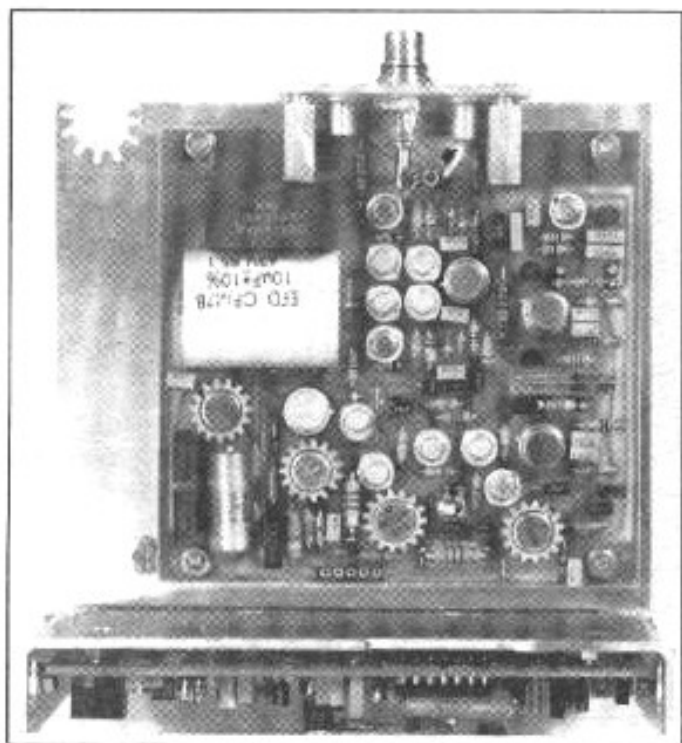


Fig. 6 : Circuit d'interface d'entrée.

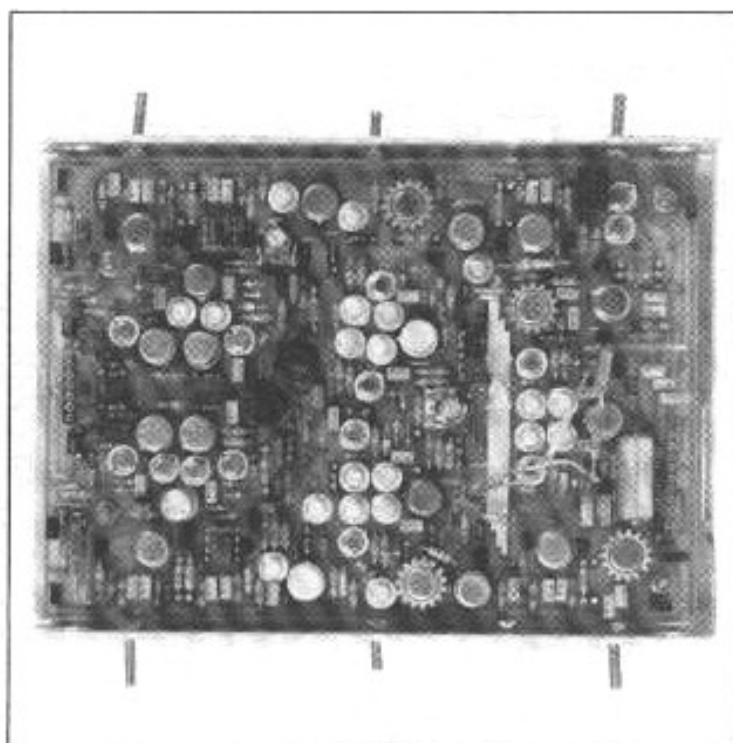


Fig. 7 : Circuit amplificateur de tension.

précédente. Nous verrons un peu plus loin, avec les courbes de distorsion, le gain de linéarité qui en résulte.

Protection en sortie

Pour protéger notre amplificateur des courts-circuits en sortie et des hécatombes de composants qui en résultaient, nous avons adopté le circuit de protection que nous vous avons présenté dans le n° 14 - nouvelle série - de L'Audiophile (figure n° 12, page 35). La bascule de mémorisation et la commande des relais ont été regroupés dans un faux thyristor (réalisé au moyen de deux transistors complémentaires). Le seuil de déclenchement de cette sécurité a été fixé à une dizaine d'ampères. Les relais qui court-circuitent les commandes des bases du circuit de sortie sont des petits relais reed de chez Matsushita.

Grâce à ce circuit, qui présente l'avantage, par rapport aux solutions traditionnelles, de ne pas pouvoir introduire de non-linéarités dans l'étage de sortie, nous avons pu procéder à la mise au point des deux modules amplificateurs sans incident majeur.

Nouveau câblage

La solution retenue initialement pour le câblage (pseudo circuit imprimé obtenu par wrapping sur plaquette époxy) autorisait une grande souplesse pour les modifications — et cela nous a bien été utile ; mais elle ne permet pas de disposer des plans de masse nécessaires aux circuits électroniques travaillant aux fréquences élevées.

L'utilisation de circuits imprimés simple face (la technologie double face est une solution encore mieux adaptée aux fréquences élevées mais sa réalisation était d'un coût trop important pour l'amélioration escomptée), avec des plans de masse significatifs, a permis d'accroître la bande passante de nos circuits et ainsi d'obtenir une bande passante en boucle ouverte supérieure à la bande audio (18 kHz). Pour les alimentations cascades, l'augmentation de la bande passante s'est traduite par la possibilité d'éliminer les petites ondulations résiduelles en sortie. Les figures n° 6 et n° 7 montrent le circuit d'interface d'entrée et l'amplificateur de tension dans leur nouvelle réalisation.

L'utilisation de circuits impri-

més autorise en outre un meilleur traitement des problèmes d'interconnexion : nous avons employé des connecteurs de type D pour les connexions sans impact sur les performances ; pour celles qui restent critiques, nous avons continué à utiliser des branchements soudés. Nous avons pu ainsi obtenir des sous-ensembles très faciles à interconnecter, comme le montrent les figures n° 8 et 9, qui présentent le nouvel aspect des alimentations cascades et du circuit de sortie.

Les mesures objectives

Nous limiterons notre exposé aux performances qui ont évolué depuis la première version : essentiellement la linéarité globale de l'amplificateur en boucle ouverte et fermée, la disparition du limiteur de tension n'ayant pas d'impact sur les performances des différents étages pris individuellement. Celles-ci ont été données dans « Un amplificateur sans communes mesures » (voir L'Audiophile n° 13 - nouvelle série).

Notons également que l'accroissement de la bande passante des circuits a remis en

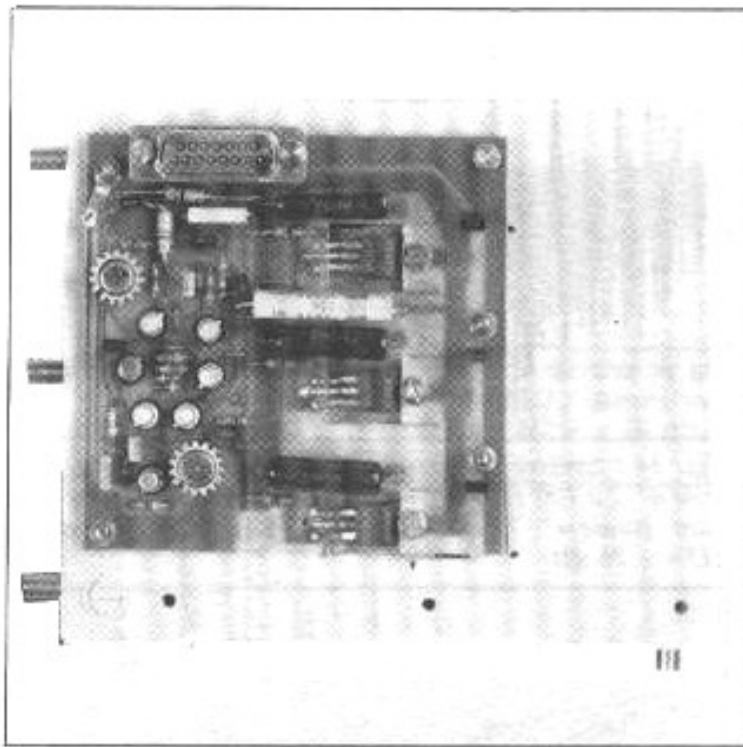


Fig. 8 : Alimentation cascode.

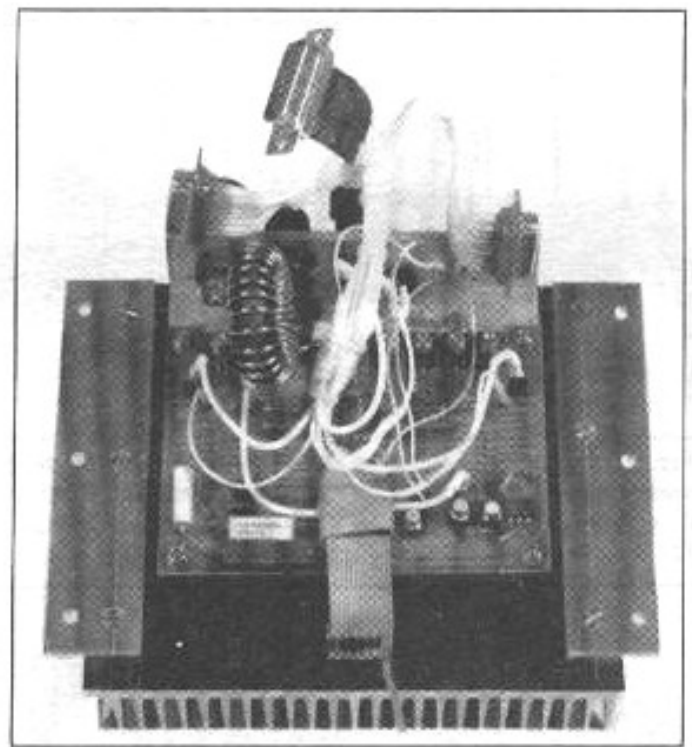


Fig. 9 : Circuit de sortie.

cause la solution au problème de saturation dans le troisième étage que nous avons exposé dans « Défense et illustration de la contre-réaction » (L'Audio-ophile n° 9 - nouvelle série - page 59). La saturation du troisième étage introduit une petite zone d'instabilité correspondant à la fraction de la fonction de transfert où le gain s'inverse. La saturation étant déjà un phénomène haïssable, nous n'avons pas pris la peine de résoudre ce problème pour les essais subjectifs.

La linéarité en boucle ouverte

Avec la disparition du circuit limiteur de tension entre le premier et le second étage, la linéarité en boucle ouverte a été grandement améliorée : elle est, sauf à proximité de la saturation, complètement masquée par le bruit du premier étage. Ce bruit est pourtant d'un niveau très faible puisque le différentiel d'entrée du premier étage est un transistor très faible bruit (LM394 de National Semiconductors).

Pour faire la plupart des mesures de linéarité, dont les résultats sont présentés ci-après,

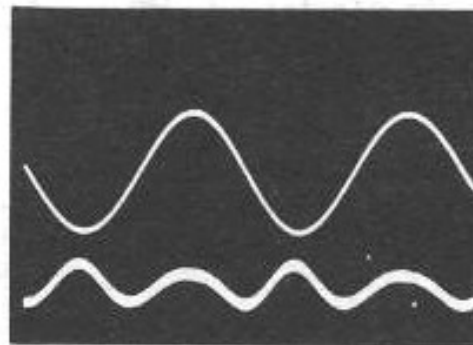


Fig. 10 : Distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) : -74,5 dB ou 0,019 %.

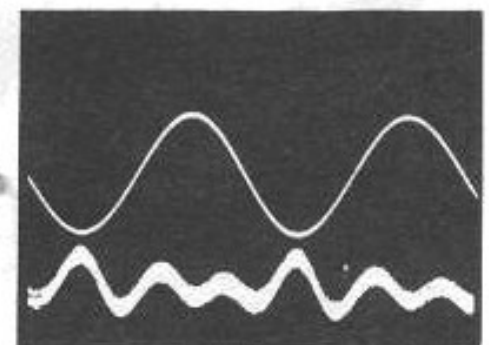


Fig. 11 : Distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 100 Hz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) : -73 dB ou 0,022 %.

nous avons dû injecter le signal de test au niveau des seconds étages. Nous avons préféré vous présenter principalement ces résultats sous forme de spectres de distorsion, tant la distorsion est faible (particulièrement pour un amplificateur en boucle ouverte).

Autre point remarquable pour la distorsion, elle est particulièrement stable : les oscillogrammes des figures n°s 10 à 12 montrent la stabilité de la distorsion en fonction de la fréquence. Malgré un niveau élevé en sortie (10 V_{eff} , soit ± 14 V), l'analyse spectrale de la distorsion (figures n°s 13 à 15) montre que les non-linéarités se limitent pratiquement aux harmoniques 2 et 3 (les mesures à

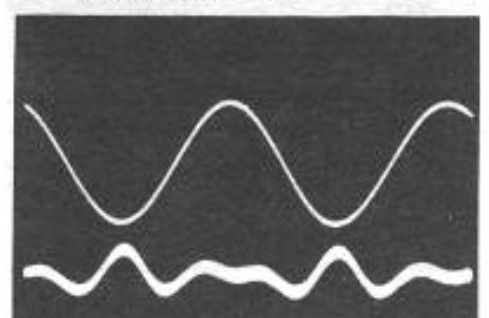


Fig. 12 : Distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 10 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) : -75 dB ou 0,018 %.

100 Hz — figure n° 14 — sont polluées par des harmoniques résiduelles du secteur).

L'évolution de la distorsion en fonction du niveau de sortie est également très satisfaisante, comme le montrent les spectres de distorsion des figures n°s 16 à

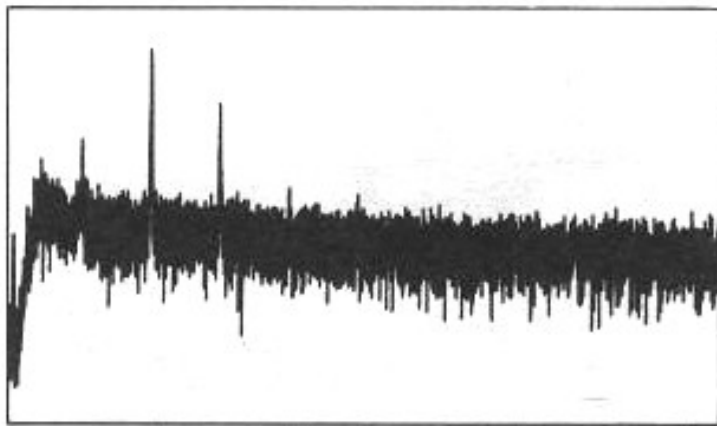


Fig. 13 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{ov} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distorsion totale = -74,5 dB ou 0,019 % ; H2 = -76 dB, H3 = -90 dB, H4 = -111 dB, H5 = -113 dB.

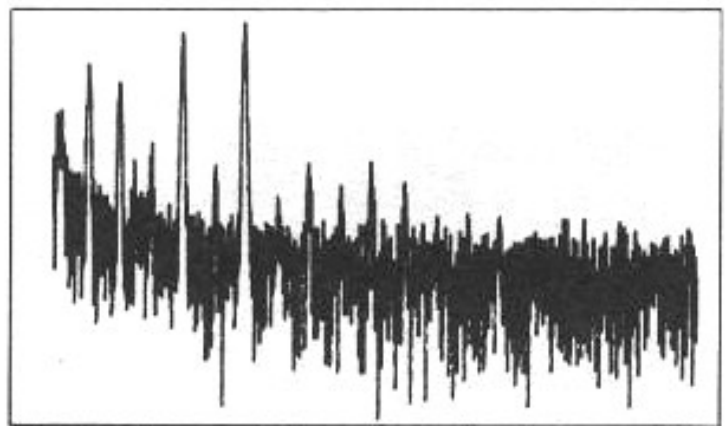


Fig. 14 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 100 Hz ($V_{ov} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distorsion totale = -73 dB ou 0,022 % ; H2 = -79 dB, H3 = -76 dB.

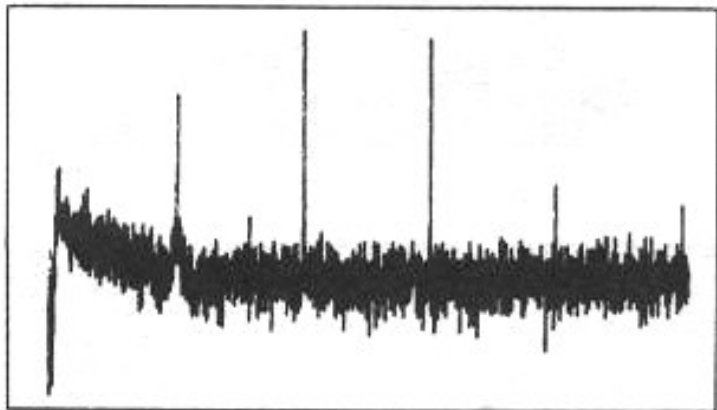


Fig. 15 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 10 kHz ($V_{ov} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distorsion totale = -75 dB ou 0,018 % ; H2 = -80 dB, H3 = -82 dB, H4 = -106 dB.

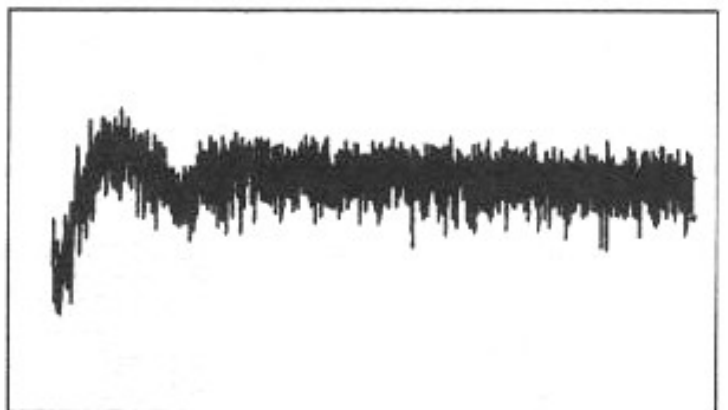


Fig. 16 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{ov} = 1 V_{ov}$, $R = 8 \Omega$) ; distorsion totale = -68 dB ou 0,04 % ; H2 = -94 dB.



Fig. 17 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{ov} = 1,5 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distorsion totale = -71,5 dB ou 0,027 % ; H2 = -89 dB.

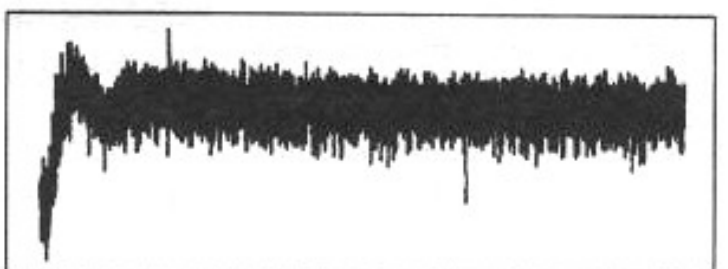


Fig. 18 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{ov} = 2 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distorsion totale = -74 dB ou 0,02 % ; H2 = -89 dB.

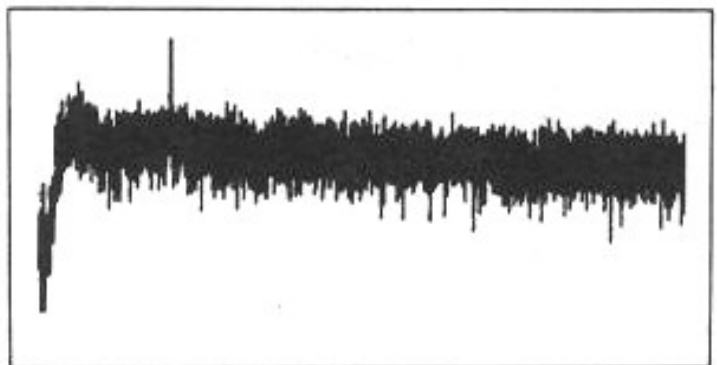


Fig. 19 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{ov} = 3,25 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distorsion totale = -77 dB ou 0,014 % ; H2 = -84 dB.

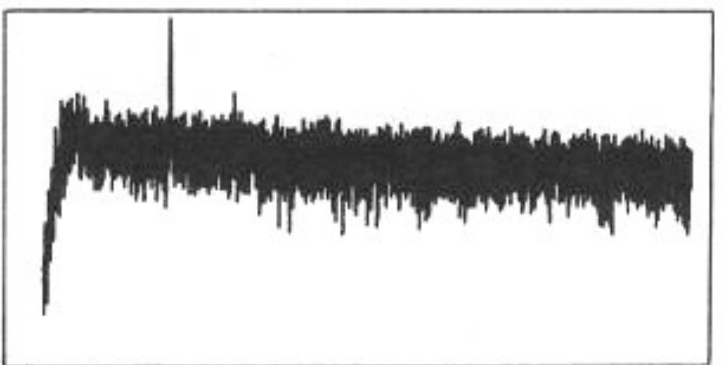


Fig. 20 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{ov} = 5 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distorsion totale = -78 dB ou 0,013 % ; H2 = -80 dB, H3 = -101 dB.

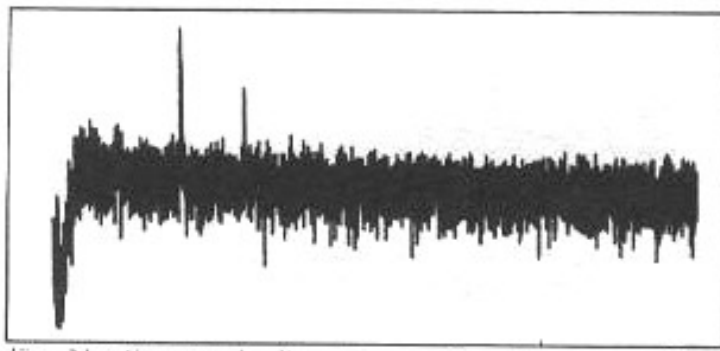


Fig. 21 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 7 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distortion totale = -76 dB ou 0,016 % ; H2 = -78 dB, H3 = -95 dB.

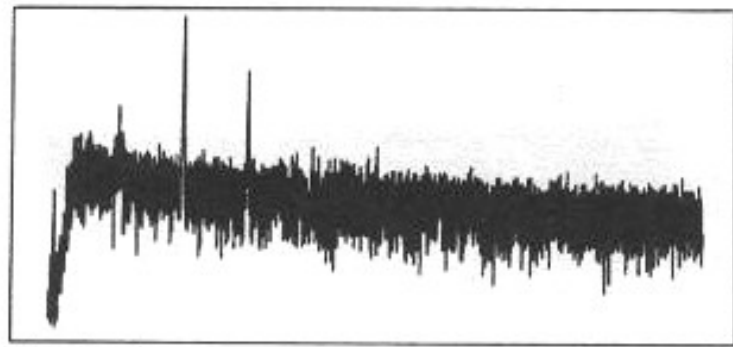


Fig. 22 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distortion totale = -74,5 dB ou 0,018 % ; H2 = -76 dB, H3 = -90 dB, H4 = -110 dB, H5 = -111 dB.

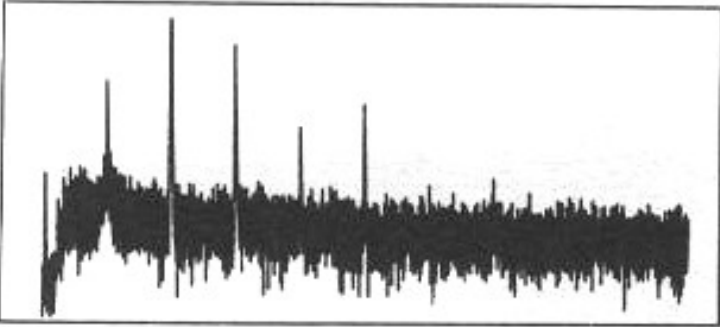


Fig. 23 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 15 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distortion totale = -69 dB ou 0,035 % ; H2 = -71 dB, H3 = -79 dB, H4 = -100 dB, H5 = -95 dB, H6 = -116 dB, H7 = -114 dB.

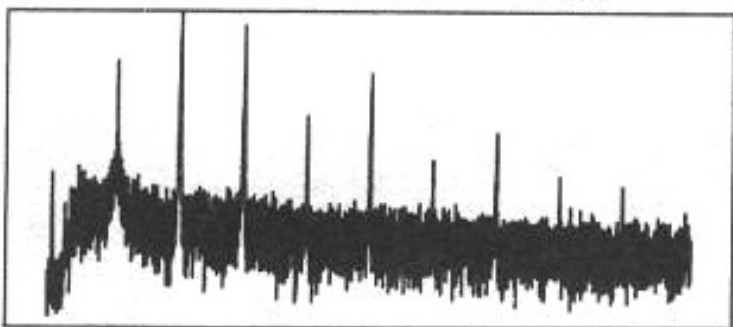


Fig. 24 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 18 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; distortion totale = -63,5 dB ou 0,067 % ; H2 = -69 dB, H3 = -72 dB, H4 = -96 dB, H5 = -85 dB, H6 = -108 dB, H7 = -100 dB, H8 = -112 dB, H9 = -114 dB, H10 = -121 dB.

24 : nous y voyons qu'à 1 kHz, sur une charge de 8 Ω , non seulement la distortion est extrêmement faible, mais qu'en outre la progression des harmoniques est très régulière, avec une très forte prédominance de l'harmonique 2, jusqu'à proximité immédiate de la saturation.

En ce qui concerne l'influence de la charge, la qualité de nos circuits de sortie et l'usage de la classe A jusqu'à un courant de sortie d'environ 3 A, font merveille : les oscillogrammes des figures n°s 10, 25 et 26 montrent les effets limités de la charge de l'amplificateur. Entre l'amplificateur non chargé et celui-ci chargé par 4 Ω , la différence est très faible. A faible niveau, notre métrologie ne sait pas montrer si l'amplificateur en boucle ouverte est chargé ou non. A très fort niveau, toutefois, le passage en classe B se fait légèrement sentir ; mais, comme le montrent les spectres des figures n°s 27 à 35, l'influence de la charge se traduit essentiellement par une modifi-

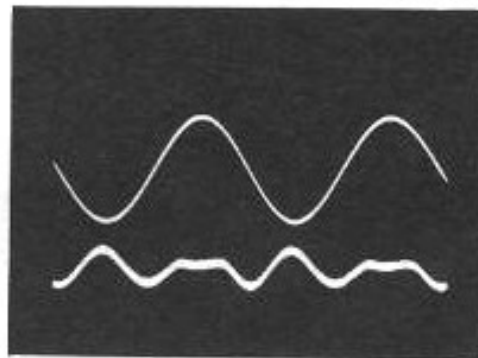


Fig. 25 : Distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; -75,5 dB ou 0,017 %.

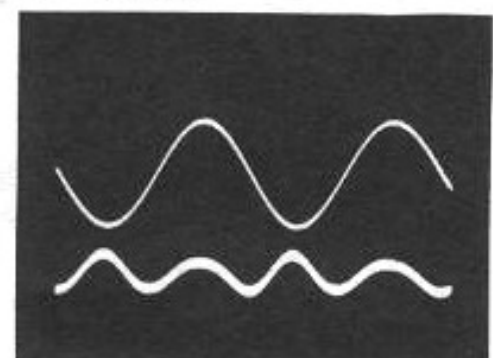


Fig. 26 : Distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, $R = 8 \Omega$) ; -74,5 dB ou 0,019 %.

cation du contenu spectral de la distortion, le niveau de distortion demeurant relativement stable.

Autre point saillant : la grande similarité entre les distorsions des deux voies en fonction du niveau, de la charge et de la fréquence. L'oscillogramme de la figure n° 36 et le spectre de la figure n° 37 illustrent cette stabilité des performances de linéarité.

La linéarité en boucle fermée

Après les performances peu ordinaires de linéarité en boucle ouverte, les performances en boucle fermée se devaient, d'après la théorie classique de la contre-réaction, d'être également étonnantes. Mais nous avons vu dans « La contre-réaction, une théorie moins... théorique » (L'Audiophile n° 10 -

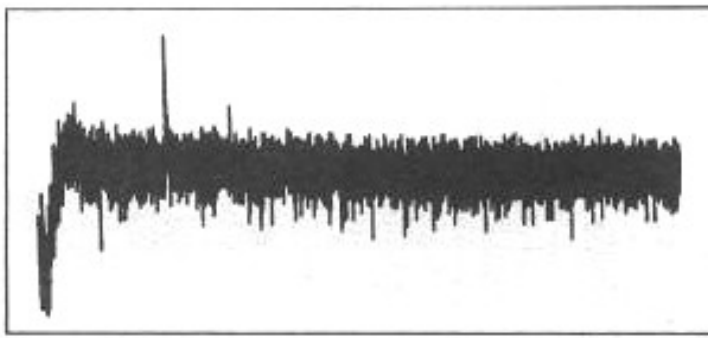


Fig. 27 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 5 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -75 dB ou 0,013 % ; H2 = -81 dB, H3 = -100 dB.



Fig. 28 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 5 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; distortion totale = -78 dB ou 0,013 % ; H2 = -80 dB, H3 = -98 dB.

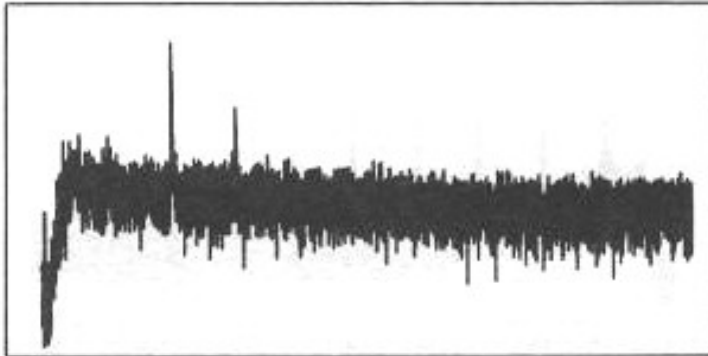


Fig. 29 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 7 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -76 dB ou 0,016 % ; H2 = -78 dB, H3 = -96 dB.



Fig. 30 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 7 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; distortion totale = -76 dB ou 0,016 % ; H2 = -78 dB, H3 = -94 dB, H4 = -108 dB, H5 = -109 dB.

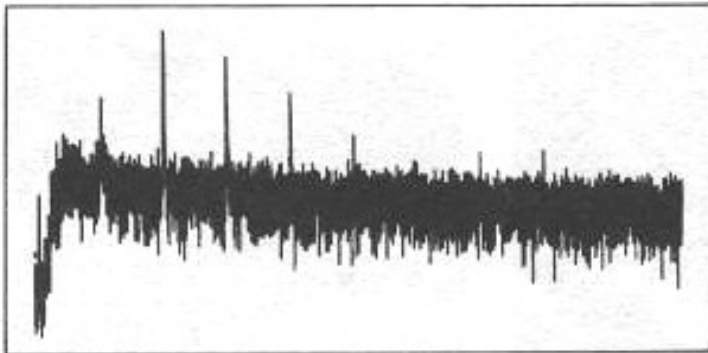


Fig. 31 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 10 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; distortion totale = -75,5 dB ou 0,017 % ; H2 = -78 dB, H3 = -85 dB, H4 = -95 dB, H5 = -107 dB, H6 = -115 dB, H7 = -112 dB, H8 = -112 dB.

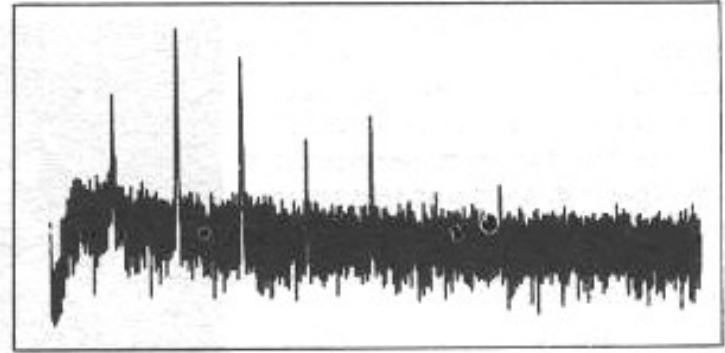


Fig. 32 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 15 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -69 dB ou 0,035 % ; H2 = -71 dB, H3 = -79 dB, H4 = -101 dB, H5 = -95 dB, H6 = -116 dB, H7 = -114 dB.

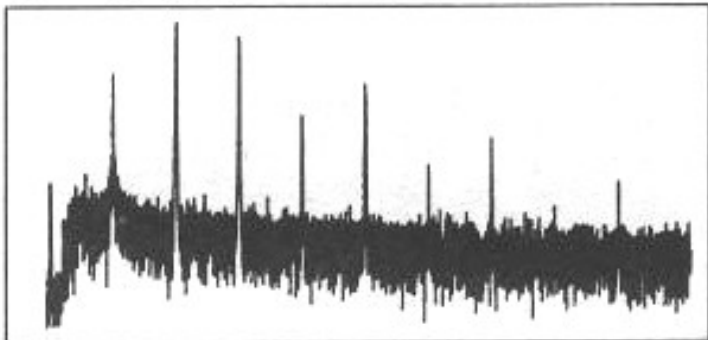


Fig. 33 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 15 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; distortion totale = -70 dB ou 0,032 % ; H2 = -74 dB, H3 = -76 dB, H4 = -101 dB, H5 = -97 dB, H6 = -101 dB, H8 = -108 dB, H9 = -112 dB.



Fig. 34 : Spectre de distortion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{om} = 18 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -65,5 dB ou 0,053 % ; H2 = -68 dB, H3 = -72 dB, H4 = -94 dB, H5 = -85 dB, H6 = -107 dB, H7 = -100 dB, H8 = -118 dB, H9 = -112 dB.

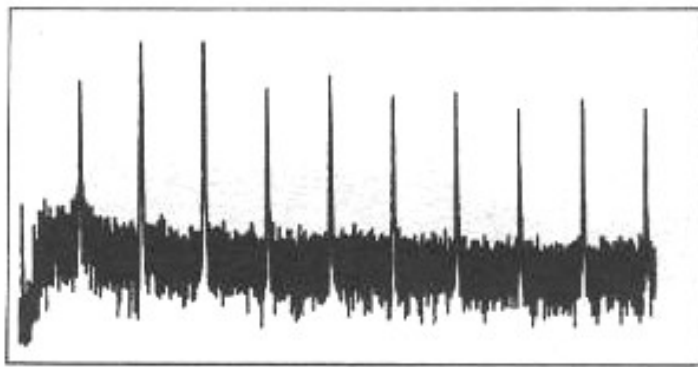


Fig. 35 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 18 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; distorsion totale = -65,5 dB ou 0,053 % ; H2 = -68 dB, H3 = -69 dB, H4 = -82 dB, H5 = -79 dB, H6 = -84 dB, H7 = -83 dB, H8 = -88 dB, H9 = -86 dB, H10 = -88 dB.

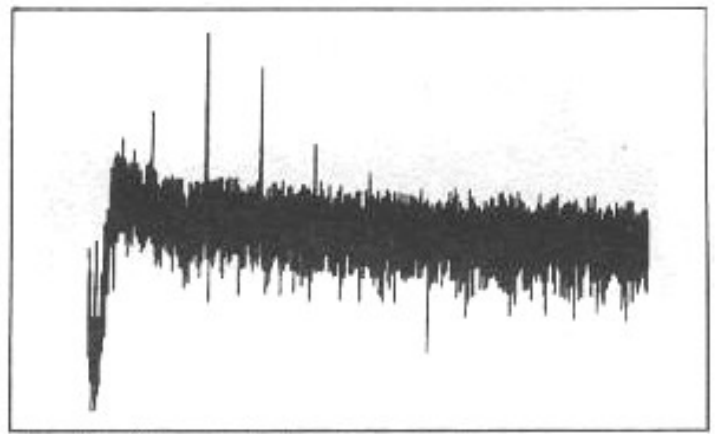


Fig. 37 : Spectre de distorsion en boucle ouverte de la voie n° 1 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distorsion totale = -77 dB ou 0,014 % ; H2 = -82 dB, H3 = -89 dB, H4 = -104 dB, H5 = -109 dB.

nouvelle série) que la réalité est moins favorable ; en fait, nous retrouvons bien, conformément à nos théories, principalement la distorsion induite par le premier étage, celle des étages suivants étant masquée par le gain du premier étage ($G = 100$ dB) et par la contre-réaction.

Comme on le devine dans le bruit sur l'oscillogramme de la figure n° 38 et comme le montre le spectre de distorsion de la figure n° 39, la distorsion est essentiellement composée d'harmonique 2 ; ceci est très favorable sur le plan subjectif : en effet l'oreille est peu sensible à l'harmonique 2 parce qu'elle en produit naturellement par effet mécanique.

Le comportement linéaire est très bon dans toute la bande de fréquences, comme le montrent les spectres de distorsion à 10 kHz (figure n° 40) et à 100 Hz (figure n° 41). On remarquera que la distorsion remonte à 10 kHz, puisque cette distorsion se situe au-delà de la fréquence de coupure en boucle ouverte. On notera également que la contre-réaction a rejeté les résiduelles secteur qui polluaient la mesure en boucle ouverte à 100 Hz (voir la figure n° 14).

L'analyse du comportement en fonction du niveau de sortie confirme les excellentes performances que nous laissaient espé-

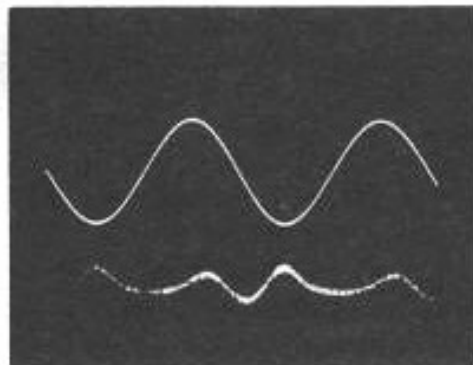


Fig. 36 : Distorsion en boucle ouverte de la voie n° 1 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) : -77 dB ou 0,014 %.

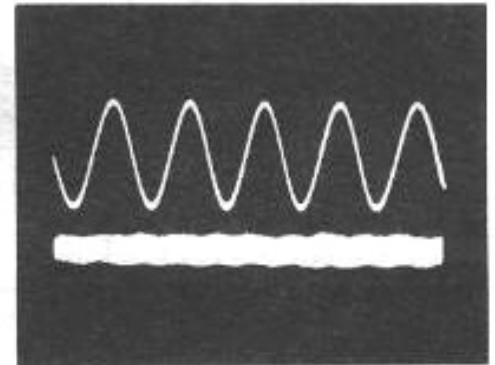


Fig. 38 : Distorsion en boucle fermée de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) : -77 dB ou 0,014 %.

rer les mesures en boucle ouverte. Les figures n° 42 et 43 démontrent que, quand le niveau baisse, la distorsion (essentiellement composée d'harmonique 2) sombre rapidement dans le bruit et qu'il faut être très proche de la saturation pour que d'autres harmoniques commencent à se manifester.

Nous avons également analysé l'influence de la charge sur les performances de linéarité : tant que l'on reste en classe A, le branchement d'une charge n'est pas décelable. Ainsi, à 1 kHz et 10 V_{eff} de niveau de sortie, il n'y a pas de différence détectable par notre métrologie quand une charge de 8 Ω est branchée ; toutefois pour une charge de 4 Ω , une très légère modification du spectre de distorsion intervient (voir la figure n° 44).

Bien entendu, nous avons retrouvé en boucle fermée la même identité de comportement en linéarité entre les deux voies, que nous avons déjà remarquée en boucle ouverte.

Les essais subjectifs

Après ces résultats de mesure, nous étions impatients de voir les effets d'un comportement aussi linéaire sur les impressions d'écoute. En effet, la linéarité obtenue rejette les distorsions au-delà de la dynamique instantanée de nos oreilles. Mais se satisfaire de cette constatation, c'est oublier (comme cela est fait trop souvent) que l'audition ne se réduit pas aux capteurs (nos oreilles). Il est bien connu, surtout à notre époque où les traitements numériques donnent une

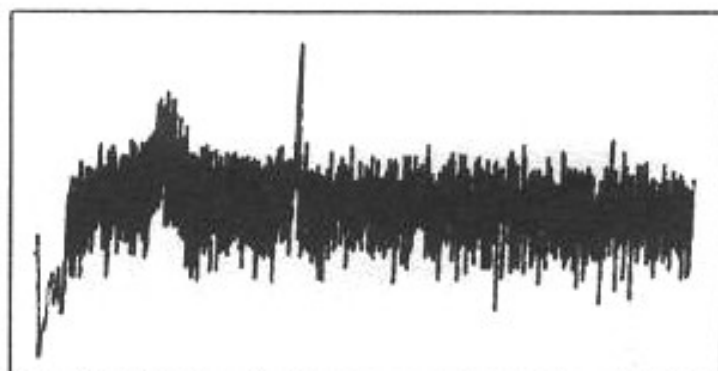


Fig. 39 : Spectre de distortion en boucle fermée de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -77 dB ou 0,014 % ; H2 = -96 dB, H3 = -113 dB, H4 = -114 dB.

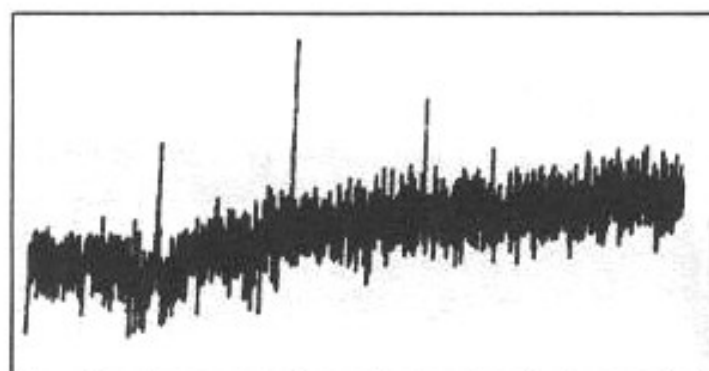


Fig. 40 : Spectre de distortion en boucle fermée de la voie n° 2 à 10 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -65 dB ou 0,056 % ; H2 = -79 dB, H3 = -87 dB.

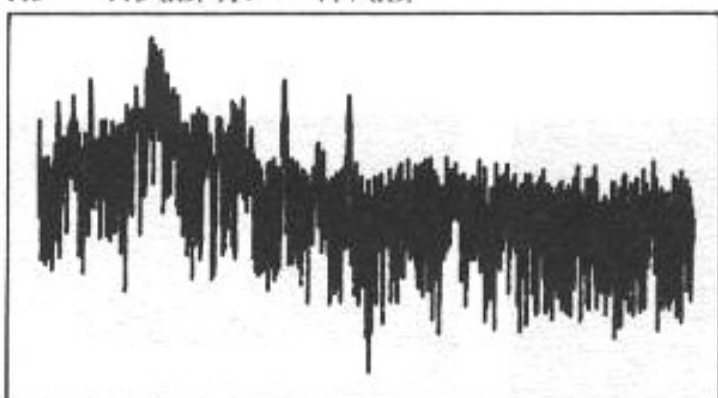


Fig. 41 : Spectre de distortion en boucle fermée de la voie n° 2 à 100 Hz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -77 dB ou 0,014 % ; H2 = -104 dB.



Fig. 42 : Spectre de distortion en boucle fermée de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 5 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -70 dB ou 0,032 % ; H2 = -102 dB.

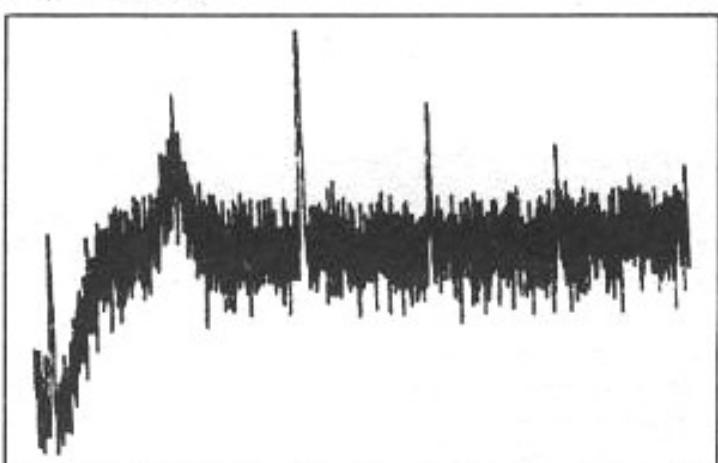


Fig. 43 : Spectre de distortion en boucle fermée de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 18 V_{eff}$, sans charge) ; distortion totale = -80 dB ou 0,01 % ; H2 = -90 dB, H3 = -103 dB, H4 = -111 dB, H5 = -115 dB.

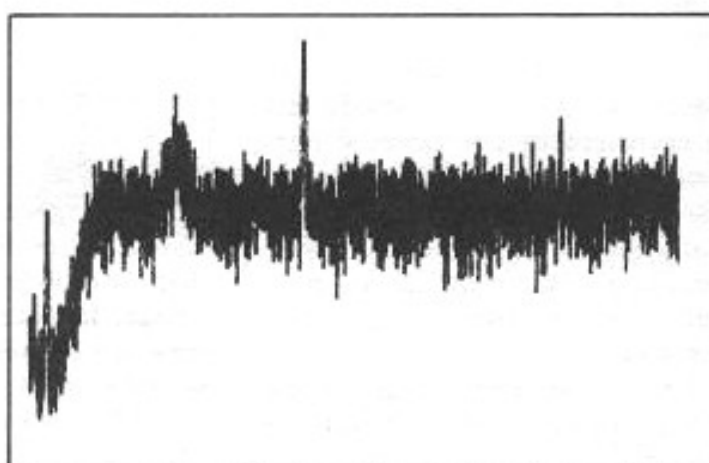


Fig. 44 : Spectre de distortion en boucle fermée de la voie n° 2 à 1 kHz ($V_{out} = 10 V_{eff}$, $R = 4 \Omega$) ; distortion totale = -76 dB ou 0,016 % ; H2 = -93 dB, H4 = -107 dB L.

puissance accrue au traitement du signal, que les limites intrinsèques d'un capteur peuvent être repoussées par des traitements appropriés.

Description

Les essais ont eu lieu aux Editions Fréquences dans des conditions très proches de celles des

essais précédents (voir L'Audio-ophile n° 14 - nouvelle série) : la source de modulation était le lecteur de CD Pioneer (réf. PD 73) et les enceintes étaient des Voix du Théâtre améliorées.

Les tests ont consisté à écouter de nombreux messages sonores connus par l'équipe de L'Audio-ophile pour leurs passages diffi-

les pour les amplificateurs : enregistrements de sons naturels (pluie, vagues), de percussions, de chants, de musique de chambre, de musique folklorique, de musique orchestrale, de piano, etc.

Résultats

J'ai demandé aux spécialistes

de L'Audiophile de donner à la fin de cet article leurs impressions d'écoute, mais nous pouvons commenter certaines remarques : d'une manière générale, on retrouve les impressions qui s'étaient dégagées lors des premières écoutes faites en monophonie, mais avec plus d'évidence car l'équipe de L'Audiophile connaît de nombreuses références en stéréophonie et possède une longue expérience.

La linéarité peu commune de notre amplificateur se traduit par une grande transparence dans tous les registres (grave, médium, aigu) et à tous les niveaux. Le son est à la fois doux, défini et très fin.

On a retrouvé l'impression d'une électronique sans contre-réaction mais avec une beauté et une finesse des aigus que les électroniques en boucle ouverte ne savent pas obtenir.

Et toujours ce son qui fait penser aux électroniques à tubes : notre objectif de faire au moins aussi bien qu'avec des tubes en utilisant des transistors semble atteint.

Conclusion

Les performances atteintes par notre amplificateur nous comblent sur deux plans : d'une part, nous avons la satisfaction d'avoir réalisé un très, très bon amplificateur ; il va nous falloir gérer cette réussite afin qu'elle ne reste pas sans lendemain ; mais vous aurez probablement l'occasion d'en entendre parler dans ces colonnes.

D'autre part, nous voyons notre démarche couronnée de succès : nous avons réussi, par une approche qui allie rigueur et ouverture d'esprit, à réaliser une électronique satisfaisant les oreilles des audiophiles. Même si nous n'avons pas encore eu le temps de valider nos théories par des mesures objectives, il nous semble évident que certaines

affirmations dérangeantes des audiophiles ne sont pas sans fondement. Il est, face à l'incompris, plus facile de brandir le mot « irrationnel » que de chercher à comprendre avec humilité et conscience des limites de son savoir. Cette seconde attitude me semble plus scientifique que celle de ceux qui, au nom de la science et de la rationalité, condamne les audiophiles.

L'écoute

Patrick Vercher

Dès les premières minutes d'écoute, nous nous sommes demandés s'il ne s'agissait pas d'un piège et si notre chercheur n'avait pas camouflé derrière ses deux monuments d'électroniques deux amplis 300 B qui auraient subi un sérieux dopage. En effet, les amplis « Héphaïstos » possèdent cette sublime beauté de timbre qu'offrent les amplis monotriode mais avec une capacité dynamique redoutable et surtout une perspective sonore exacte. Sur certains disques-tests dont nous connaissons parfaitement la technique de prise de son, il n'est pas exagéré de dire que nous avons redécouvert un placement précis des interprètes dans l'espace, sans ce désagréable chevauchement dès que cela se complique un peu, quand ils jouent tous à l'unisson. L'extrême précision de la localisation spatiale, l'aération permanente, l'absence de phénomènes de va-et-vient en profondeur et entre les canaux droit et gauche gomment d'un seul coup le plan vertical des enceintes. La richesse des timbres est superbe, on n'a pas l'impression d'écouter toujours la même chose d'un disque à l'autre. Cet amplificateur « Héphaïstos » est bien embarrassant car il remet en cause pas mal de préjugés que nous avons au sujet des électroniques complexes, de l'influence de la contre-réaction.

Jean Hiraga

Le petit essai en monaural s'était déjà révélé très prometteur. En stéréophonie, on aboutit cette fois à quelque chose de très beau sur le plan de l'esthétique sonore et également de tout à fait déroutant. L'aspect « très beau » pourrait être défini par un style de restitution ne rappelant ni les tubes, ni les transistors, ni les « hybrides », mais qui serait plutôt la découverte d'un monde sonore nouveau, aux timbres raffinés baignant dans la plénitude d'une transcription aérée, rappelant par certains côtés le son de quelques très bons amplificateurs à tubes dépourvus de contre-réaction. Sur nos enceintes servant de référence, certains résidus de coloration que l'on attribuait à un manque d'amortissement mécanique des pavillons ont disparu, prouvant ainsi que les défauts constatés provenaient bien de l'électronique et non des enceintes ou des câbles. On retrouve sur cet amplificateur des sonorités veloutées, d'une transparence extrême mais avec un côté « fruité » ne se rencontrant que rarement dans le haut de gamme. C'est sublime et l'on ne s'attendait pas à autant de limpidité, de transparence de la part d'un montage qui est loin d'être simple.

L'écoute se rapproche, avec ses avantages et ses limites, de celle d'un amplificateur sans contre-réaction, procurant au registre grave, une « chaleur » à tendance « tube », mais avec malgré tout une réponse transitoire excellente sur des signaux d'amplitude modérée. Curieusement, cette sensation se produit souvent lorsque l'on a affaire à des électroniques dont le taux d'intermodulation subjectif est très faible et le taux de distorsion par harmoniques inaudible. Une brillante réussite confirmant les théories d'un chercheur passionné de perfection sonore.

COMPLETEMENT

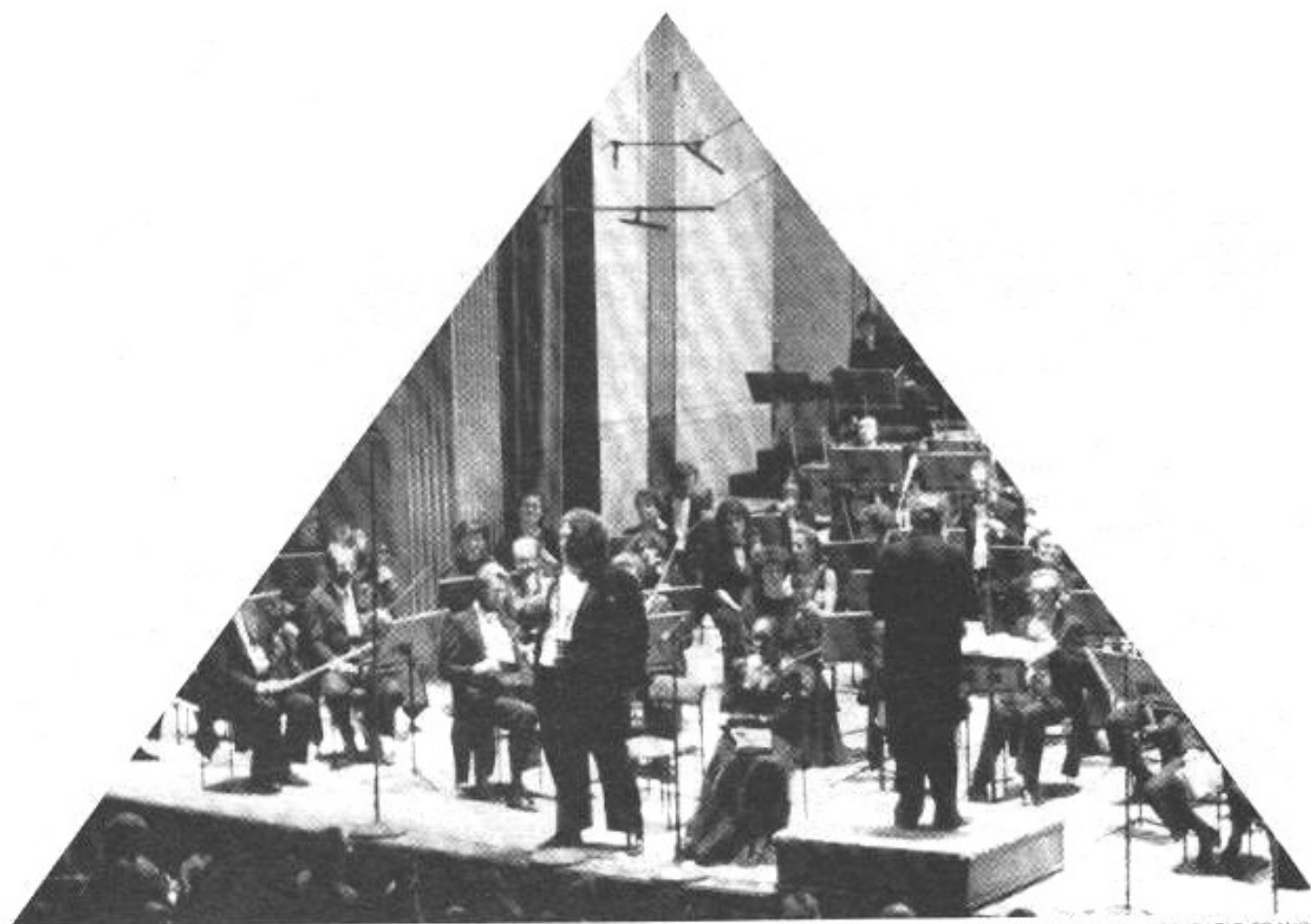


PHOTO : ROGER PICARD/RADIO FRANCE

C

'était, chez les Grecs, le lieu réservé aux chœurs et aux danseurs.

*Ce fut, chez les Romains, l'emplacement où se montraient sénateurs et vestales.
C'est aujourd'hui l'ensemble de musiciens jouant pour un public... ou des micros.*

*L'orchestre — c'est de lui qu'il s'agit — se déploie en nombre et dispositions,
en sonorités et puissance. La reproduction électroacoustique, en s'emparant des différentes
scènes musicales, nous propose — entre deux projecteurs de sons — un parterre instrumental,
une représentation spatialisée du concert original.*

*Et comme cet orchestre varie en dimensions, timbres et étendue, on peut s'interroger
sur les capacités de la prise de son à restituer des effectifs aussi divers,
des acoustiques si différentes, des arrangements scéniques aussi peu comparables.*

*Le répertoire-fleuve, très abondant, très ramifié, des musiques enregistrées,
se présente pourtant toujours au même delta : le triangle stéréophonique.*

EQUILATERAL?



la musique sur un triangle

Claude Bailblé

A la perception des intensités, des timbres, des hauteurs, la stéréophonie ajoute celle de l'espace (frontal) du concert. Or, certains enregistrements sonnent mieux que d'autres : le phrasé est plus audible, les plans sonores se détachent mieux, les nuances sont suivies avec exactitude, et l'ensemble baigne dans une lumière aérienne. Sans doute la prise de son, fortement dépendante d'une technique, procède-t-elle aussi d'un art. L'ingénieur du son, artisan de la mise en espace du jeu instrumental, est aussi le complice de la musique :

s'il recherche les belles sonorités, les beaux contrastes, il cherche également à transmettre la pensée du compositeur, le style des interprètes.

La transposition stéréophonique

Retransmettre la scène orchestrale par deux membranes vibrantes (les haut-parleurs) peut sembler tout à fait logique : n'entend-on pas la musique par deux tympanes ? Grâce à eux, l'auditeur bien placé dans la salle de concert reçoit de l'espace-

objet trois informations : une information directionnelle (où est la source ?), une information de profondeur (à quelle distance ?) et une information spatiale (l'étendue scénique, l'acoustique de la salle). L'écoute binaurale, en bref, fait surgir une **perspective**. Pourquoi ne la recevrait-on pas devant les deux baffles ? Tout simplement parce que l'écoute *stéréophonique* ne reproduit pas l'écoute *binaurale*. Pour plusieurs raisons :

a) l'auditeur ne voit plus l'orchestre et perd ainsi le béné-

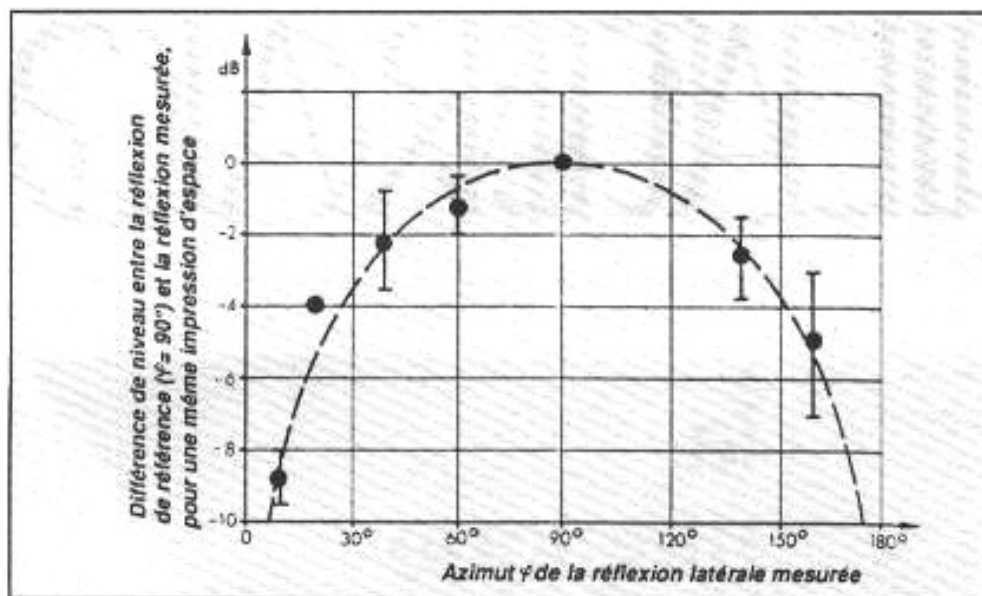


Fig. 1 : L'impression d'espace dépend de l'azimut des sons réfléchis. D'après Barron et Marshall : « Spatial impression due to easy reflection in concert halls », *J. Sound Vibr.* n° 77, 1981 [cité par Thiele, revue de U.E.R. Technique, juin 90]

ficé de la localisation visuelle, de la focalisation auditive aidée par la vue ;

b) l'orchestre est bi-punctuel au lieu d'être étalé sur 60°, entouré d'une ambiance à 360° : « l'espace-image » s'échappe en effet de deux « trompe-l'oreille » et atteint le colliculus inférieur (1) en deux zones et non sur toute la surface des champs récepteurs de la « cartographie » auditive. Or, l'impression d'espace — faut-il le rappeler —

provient en bonne part des sons latéraux précoces, des premières réflexions venues de côté et non de face, c'est-à-dire du « fond » de la scène stéréophonique, à plus ou moins 30°. La figure 1 nous montre que la sensation spatiale dépend fortement de l'angle d'incidence des premières réflexions en retard de 20 à 30 millisecondes sur l'onde directe. Il faudra donc augmenter le champ diffus (et le brouillard qui s'ensuit) pour aérer

l'enregistrement (1 bis) ;

c) la fixité oblique ($\pm 30^\circ$) des enceintes contredit l'étendue qu'il s'agit de restituer, en ce qu'elle dénature le spectre des sons par un *filtrage* rédhibitoire, filtrage dû à la fonction de transfert du lobe auditif externe de l'oreille, atteint obliquement (cf. fig. 2). Certains sons (centraux) sont sous-filtrés, d'autres (latéraux) le sont trop. Seuls les sons initialement entendus sous 30° et forcément diffusés sous 30°, sont correctement transmis ;

d) enfin, le signal destiné au tympan gauche atteint aussi le tympan droit après un petit retard (environ 0,5 milliseconde) et un filtrage des aiguës extrêmes (5 à 8 dB). Et comme il en va de même pour le tympan droit, la *diaphonie* résultante perturbe assez bien la localisation des sources, et même la sensation d'espace.

La projection stéréophonique, dispositif comportant ses propres aberrations, sera donc toujours un compromis, une approximation imparfaite devant la projection directe des sons. Sauf amélioration du dispositif, l'ingénieur du son devra *transposer* et non *transmettre*. Pourtant, bien utilisée, la rampe

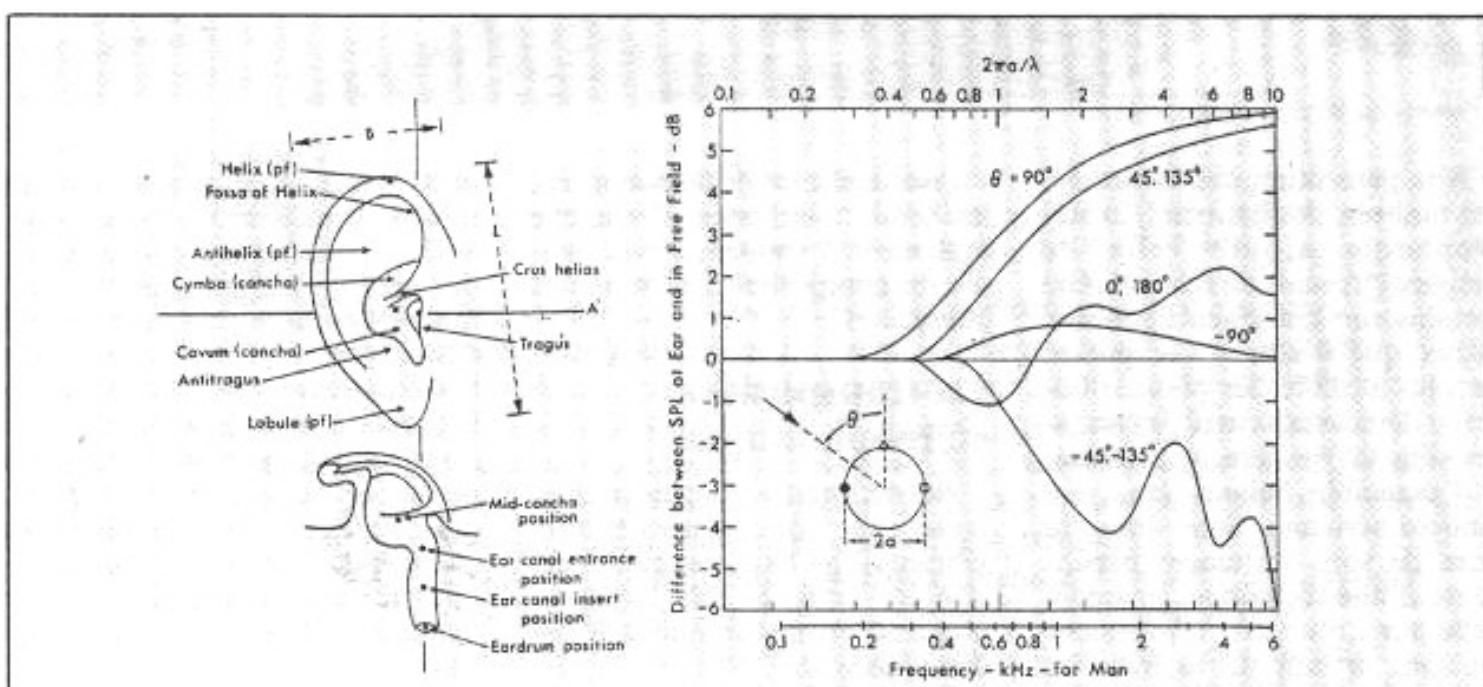


Fig. 2 : L'oreille filtre les sons selon leur provenance angulaire [d'après Chow « Handbook of Sensory Physiology »].

stéréophonique classique restaure en partie l'écoute dirigée, facilite la discrimination figure sur fond, combat l'effet de masque (sons-sur-sons) imputable à la monophonie. La monophonie, en effet, par le simple fait de réduire une source étendue (l'orchestre) en une source quasi-punctuelle (le haut-parleur), abolit la puissance auditive de l'oreille sélective, multiplie les recouvrements instrumentaux, et absorbe nécessairement une partie des sons ! De l'inouï se cache — hélas ! — bel et bien dans la monophonie...

Une **rampe stéréophonique** fidèle, explique Carl Cœoen (2) devra :

- 1) respecter la ponctualité ou l'étalement des sources ;
- 2) diffuser l'ambiance en la dispersant sur toute la rampe ;
- 3) respecter l'angle d'incidence des instruments ;

4) le recul auditif « instinctif » devant l'orchestre est tel que la musique est entendue sous un angle de 50° à 60° . L'angle de champ-image (stéréophonie à domicile) devra redoubler l'angle de champ-objet (écoute en salle de concert). D'où le fameux triangle équilatéral. Par ailleurs, il faudra éviter le flou, le recouvrement partiel des sources ; empêcher l'éparpillement des graves et des aiguës ; obtenir une scénographie proche de l'original, sans perspective faussée, vide central, tassement sur les bords. Tout cela exige des précautions ou des procédures précises, parfois difficiles à concilier.

Mise en œuvre

Il n'est pas question, pour le preneur de sons, d'occuper avec ses micros le « fauteuil idéal » saisissant la scène sous 50° . A cet emplacement, on mémoriserait surtout la belle impression musicale, l'image qu'on tentera d'approcher. Alors que la focalisation auditive naturelle favorise la netteté et le détachement des

plans sonores, exactement comme elle atténue l'importance du champ diffus, diminuant en cela la réverbération apparente et les effets de masque qui s'y associent, le collecteur microphonique absorbe presque tout le champ diffus, augmentant l'impression de halo, avivant le masquage son sur son. Les facultés d'inhibition latérale, de réjection de champ diffus, sérieusement entamées par le dispositif stéréophonique, ne peuvent rattraper cet « excès » de réverbération (cf. fig. 2 bis). De plus, l'angle d'enregistrement de 60° s'avère insuffisant pour neutraliser la diaphonie (ultérieure) dans l'angle pourtant identique de l'écoute stéréo. Il faut donc

bération plus forte. C'est la *distorsion de perspective* (cf. fig. 3). En d'autres termes, l'implantation microphonique dans la distance (au télé) évite la distorsion angulaire, mais plonge l'ensemble dans une réverbération excessive (perspective trop aérienne). A l'inverse, le placement rapproché redonne de la présence aux premiers pupitres (non sans exagération, pour les plus proches) mais amenuise et enrobe les autres instruments, rapetissés par l'éloignement, auréolés de champ diffus, en un flou qui n'a rien d'artistique. Par ailleurs, une ouverture trop grande de l'angle d'enregistrement (supérieure à 110°) peut créer une zone de réverbération

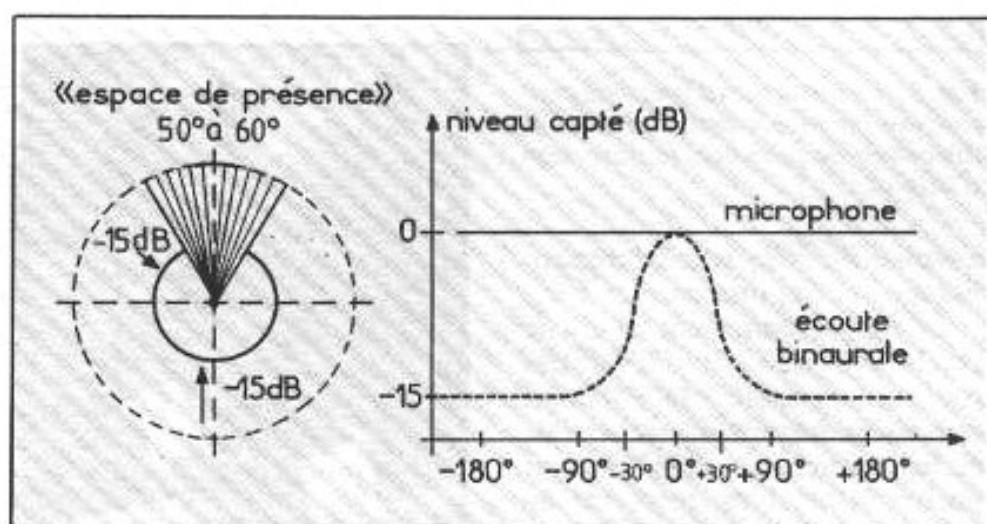


Fig. 2 bis : a) Ecoute humaine : les sons non situés dans l'espace de présence sont inhibés d'une quinzaine de dB. b) Ecoute microphonique (omni). Les sons captés viennent de toutes les directions.

s'approcher, et ouvrir l'angle microphonique en conséquence.

Seulement voilà. En se rapprochant, le couple microphonique favorise les instruments peu distants, tandis que les instruments plus obliques (plus lointains, donc) paraîtront trop diffus, trop flous, en raison du niveau moindre (en onde directe), du niveau augmenté (en ondes indirectes). C'est la *distorsion de présence*. En outre, le premier rang des pupitres sera « vu » au grand-angle, tandis que les derniers rangs seront captés sous un angle plus petit, sous une réver-

diffuse au centre de la rampe stéréophonique. Or, l'ambiance diffuse, pour bien faire, doit se disperser tout au long de cette rampe, et même au-delà, sans localisation précise.

La captation stéréophonique, à l'évidence, est faite de *compromis*, de dosages, pour lesquels les oreilles du preneur de son, du directeur artistique, sont les meilleurs juges. Chaque acoustique (réverbération), chaque formation (effectifs) chaque style musical (spatialisation), chaque morceau même (jeu instrumental) appellent à un placement

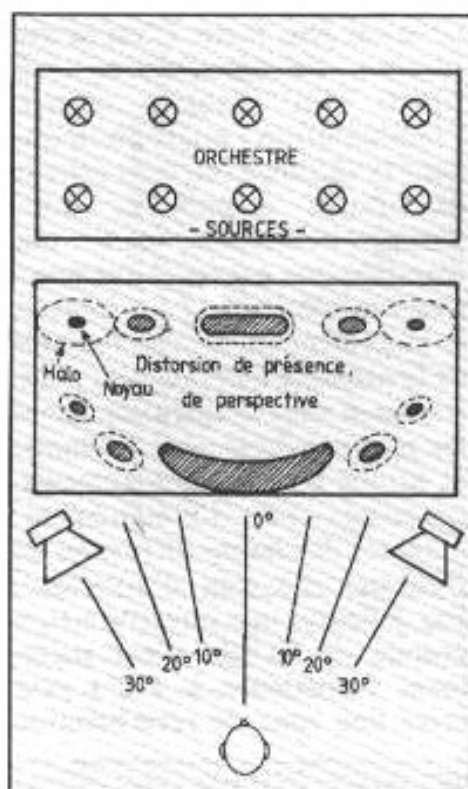


Fig. 3 : La distorsion d'imagerie peut prendre au moins deux formes : la distorsion de présence, la distorsion d'azimut.

adéquat du collecteur microphonique... et des instruments !

Le repositionnement en arc de cercle des musiciens n'est pas toujours possible : la partition impose sa disposition orchestrale et les musiciens, regroupés par parties semblables, reçoivent du chef des indications communes. Et surtout les instrumentistes doivent s'entendre et se voir pour synchroniser leur jeu. C'est dire si le style de musique est déterminant : on recherche selon les cas l'homogénéité des masses sonores ou au contraire la différenciation des timbres. Car le placement instrumental obéit à une triple **balance** : une balance des niveaux, un étagement des plans sonores, une distribution spatiale des effets.

On place en premier lieu les musiciens en fonction de la puissance sonore et de la directivité des instruments : les moins puissants occupent le devant de la scène, les plus bruyants sont repoussés au fond, sur les gradins. En second lieu, on met en

scène les plans sonores : netteté des avant-plans, tactilité moelleuse et grain des cordes frottées, léger halo sur les bois, cuivres plus enrobés, plus mugissants, percussions résonantes (3). Enfin, certaines parties d'un orchestre étant destinées à s'interroger ou se répondre, voire à se distinguer, on veille à l'écartement suffisant des pupitres en dialogue, à l'avancée convenable des solistes. Le réglage des points de départ, la distribution spatiale des attaques instrumentales a son importance.

En sorte que le déplacement des musiciens, le traitement acoustique, l'usage de microphones d'appoint, le repositionnement des micros, la réverbération artificielle, la stéréophonie

et les *plans sonores* (scénographie).

L'oreille attentive écoute d'abord séparément l'**image-poids** (le volume apparent, le degré de précision), le timbre et la netteté de chaque instrument, de chaque regroupement vocal ou instrumental. Trop incisif, trop flou ? Puis les instruments sont écoutés ensemble car il importe de respecter les **niveaux relatifs**, les alliages de timbres et de masses voulus par le compositeur, les **effets de masque** inhérents au développement musical. Une erreur de balance (placement microphonique, dosage potentiométrique) conduirait à une orchestration faussée, à une musique déséquilibrée.

On pourrait penser que le



PHOTO : ROGER PICARD/RADIO FRANCE

en sous-zones font partie des solutions courantes au problème posé.

Balance des niveaux, balance de profondeur

Cherchant à résoudre les problèmes d'imagerie (étalement des sons directs, enveloppement des sons indirects), l'ingénieur du son n'oublie pas pour autant les *timbres* (balance tonale), les *niveaux* (architecture musicale)

positionnement étagé des pupitres devant le couple principal peut régler les intensités relatives, doser le poids faible ou fort des instruments. L'énergie acoustique ne décroît-elle pas en fonction du carré de l'éloignement ? C'est méconnaître l'appareil auditif et ses facultés, le jeu des *constances perceptives*, impraticables cependant dans le triangle stéréophonique. Ordinairement, la décroissance en $1/d^2$ est — dans la zone

écoutée — « ralentie » en $1/d$, comme si elle devait s'aligner sur la décroissance visuelle. Il y a comme un rattrapage des sons distants, une compression de la perspective, moins « fuyante » que les lois de la propagation acoustique ne le laisseraient présager. Tout se passe comme si l'objet écouté bénéficiait d'un « effet-jumelles » ou plutôt

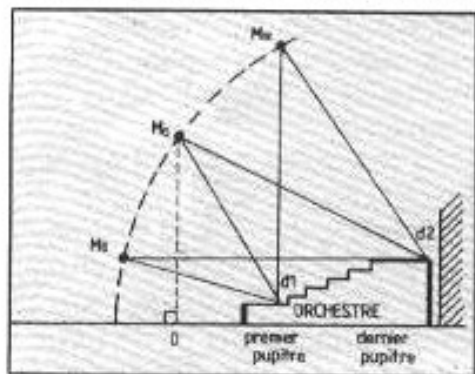


Fig. 4 : En M_0 , le collecteur accentue la perspective (capture en $1/d^2$). En M_1 ($d_1 = d_2$) l'image est plate, sans relief. En M_2 , le microphone « voit » un pseudo-décroissance en $1/d$. M_0 , O est l'élévation correcte du couple.

d'une remise en clair, d'un « effet-contour » favorable (4). Inversement, les événements non centrés par l'attention auditive subissent une décroissance plus rapide (en $1/d^2$?), une mise à l'écart qui les amenuise. De sorte qu'un microphone placé apparemment à la bonne distance rendra toujours une imagerie (en $1/d^2$) paradoxale : trop maigre au centre, dans la zone cadrée, trop forte, trop bruyante sur les bords, dans la zone non focalisée par la conscience. Voilà pourquoi l'ingénieur du son est toujours tenté de « tasser » les pupitres, de rapprocher les musiciens pour retrouver cette pseudo-décroissance en $1/d$. Le plus souvent, on élève le collecteur microphonique, de façon à simuler une perspective ralentie (cf. fig. 4).

Cela dit, la distance apparente — aussi dépendante qu'elle soit de l'intensité captée — relève aussi du rapport énergie directe/énergie indirecte, du rapport

« noyau/halo » attaché aux différents pupitres. Chaque salle de concert, chaque acoustique ramène à l'auditeur de l'énergie directe en provenance de la source, et de l'énergie diffuse, en provenance des parois (cf. fig. 5). Lorsque ces deux énergies égalisent, l'auditeur est à la distance critique de la salle (room radius), mais il ne s'en aperçoit pas : le champ diffus, hors de la zone écoutée est inhibé par le mécanisme psychophysiologique cité plus haut. Ainsi, la *Grosser musik verein* de Vienne, avec ses 15 000 m^3 et son temps de réverbération de 2 secondes environ donne un distance critique de 4,85 m, reportée à 9,45 m pour un microphone cardioïde (5). Les auditeurs, pour la plupart

facteur $\sqrt{3}$. Mais seul, objectera-t-on, le microphone omnidirectionnel est à même de capter et de restituer les réflexions d'origine quelconque, de saisir toute l'ambiance d'un lieu. Certainement, mais alors les ambiances latérales et dorsale viendront se replier dans l'espace frontal de la projection stéréophonique, accentuant l'effet de piscine et le brouillage qu'on imagine.

C'est sans doute pour ces raisons que le couple AB [O.R.T.F.] (deux microphones Schoeps légèrement hypocardioides espacés de 17 cm, ouverts à 110°) a eu tant de succès et paraît encore aujourd'hui un bon compromis. Le plus grand recul autorisé par les cardioïdes mini-

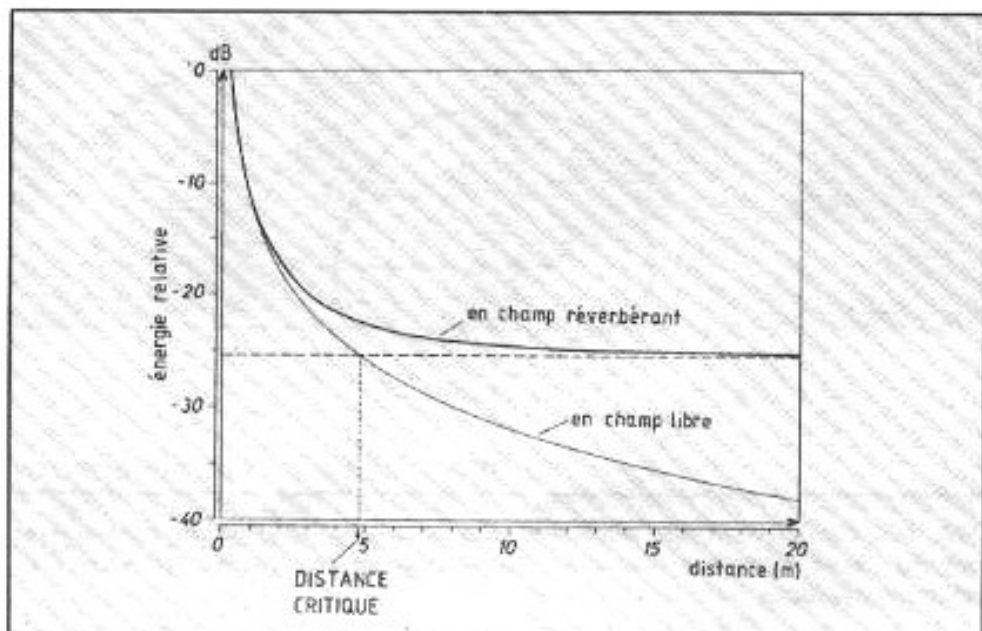


Fig. 5 : Niveau d'énergie directe et d'énergie indirecte dans un local, en fonction de la distance à la source [d'après Meyer].

placés au-delà de la distance critique (supérieure à 5 m) n'éprouvent aucune gêne et considèrent cette salle comme ayant une très bonne acoustique, aérée, masquant faiblement les instruments (5 bis). Le collecteur microphonique placé à cette distance capte à égalité les deux formes d'énergie. Certes, il est toujours possible d'utiliser un microphone directif (cardioïde) capable d'en favoriser une. Dans ce cas, la distance critique augmente d'un

mise la distorsion d'imagerie et/ou limite la réverbération apparente (sauf dans le grave extrême). S'y ajoute que la combinaison Δi , Δt neutralise assez bien la diaphonie domestique, restaurant une belle impression d'espace (6). On comparera (en fig. 6) les caractéristiques directionnelles de la captation binaurale et celles du couple AB.

Encore faut-il profiter d'une belle acoustique de salle, pas trop réverbérante, riche en

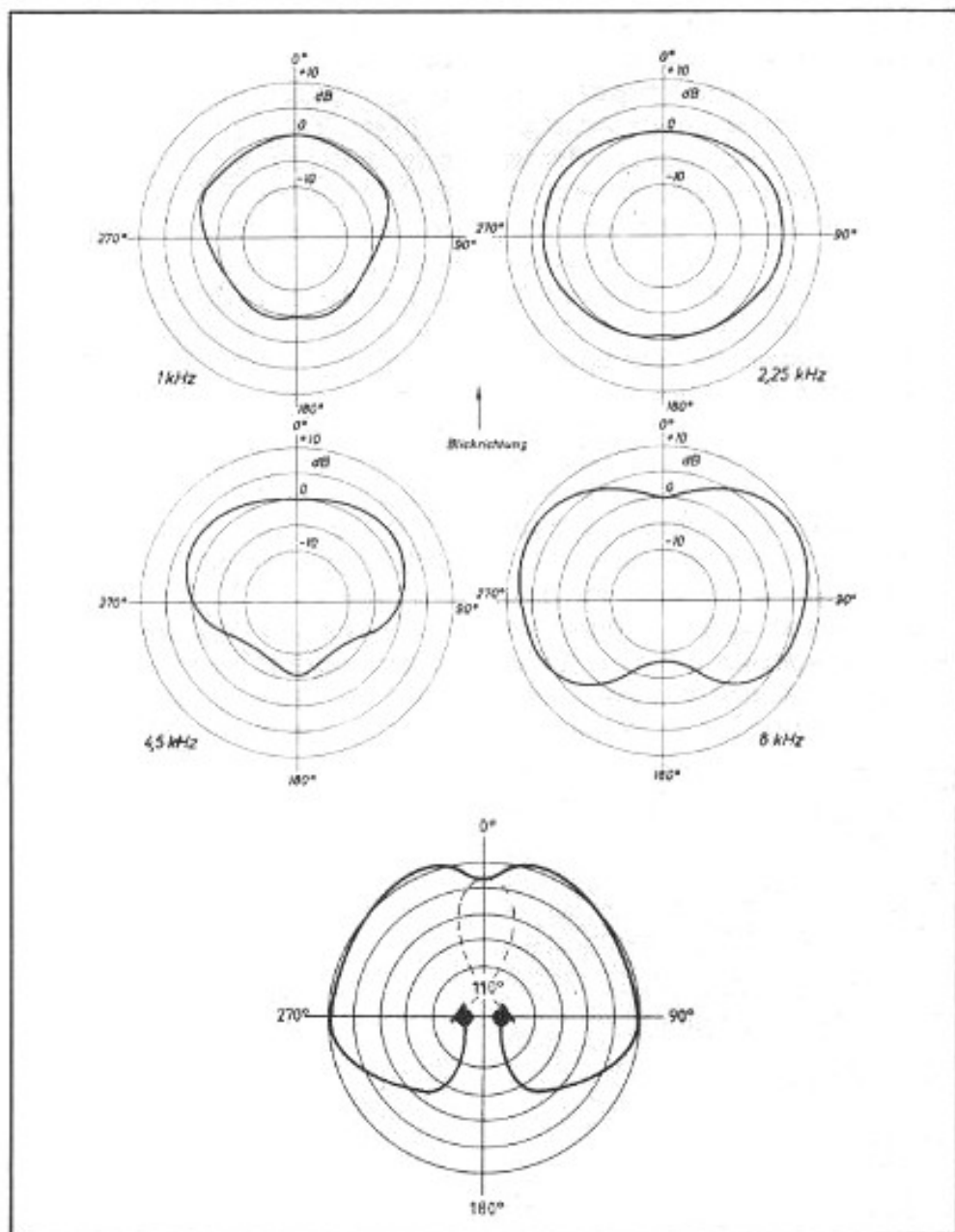


Fig. 6 : Caractéristiques directionnelles (pour les fréquences médiales et aiguës) de la captation binaurale, de la capture par couple AB-O.R.T.F. (d'après Meyer).

réflexions latérales précoces (20 à 30 ms), capables de se fondre (loi du premier front d'onde) dans l'onde directe. Assortie également d'un « decay » convenable, bien amortie. Car bien souvent l'acoustique ne convient pas aux enregistrements stéréophoniques, mais seulement aux oreilles d'un public. Le champ diffus, trop lentement décroissant, moins inhibé par les micros que par l'écoute binaurale, est excessif et modifie la balance instrumentale. Certains instruments déjà très sonores, aidés par la loi du premier front d'onde, le

deviennent exagérément (une partie plus importante de champ diffus fusionne avec l'onde directe, celle précisément qui provient des instruments les plus puissants) et masquent les instruments les plus faibles. Dès lors, le microphone d'appoint est requis pour renforcer les sonorités défaillantes.

Mixés suffisamment bas (-10 dB) pour passer inaperçus, suffisamment haut pour être efficaces, ils redonneront du piqué et de la présence aux solistes, aux groupes d'instruments moins puissants. Si la source à

renforcer est ponctuelle (7), le micro d'appoint est amené artificiellement — par pan-pot — en coïncidence parfaite avec l'image principale. Si la source est surfacique, étalée, le réglage d'un couple en sous-zone devient laborieux, sinon impossible, sauf à accepter des images fantômes en surimpression de l'image de base, ou des repliements, des tassements, des inversions... Le cubisme en stéréophonie non-figurative ! L'idéal serait de pouvoir :

- a) utiliser les micros d'appoint très discrètement ;
- b) les recaler dans la base principale en usant d'un délai absolu d_i (retard de propagation vers le couple principal) et de délais différentiels Δ_i (insertion gauche/droite dans la rampe stéréophonique).

Parfois, la réverbération étant un peu faible, on fait appel à des micros d'ambiance (d'aération) mixés à -10 -15 dB du couple principal. Dans la salle on les place plus écartés, tournés vers les murs. Il est recommandé de les éloigner du couple principal, de telle manière que l'onde directe les atteigne quand les premières réflexions arrivent déjà aux micros de la base. L'ambiance est alors homogène. Ainsi, un délai initial de 20 millisecondes exige un recul de 6,80 mètres (et un d.i. de 30 millisecondes, 10 mètres environ).

Pour conclure, on notera que la *sensation de présence* est liée à la distance relative microphones/instruments tandis que le *gradient de profondeur*, l'accroissement plus ou moins rapide du champ diffus, dépend tout bonnement de l'élévation verticale du couple.

En fait, le placement microphonique en hauteur, ou en oblique au-dessus de l'orchestre, outre qu'il favorise les timbres en les libérant de l'incidence rasante, décide de la **perspective de profondeur**, en agissant à la fois sur la décroissance des

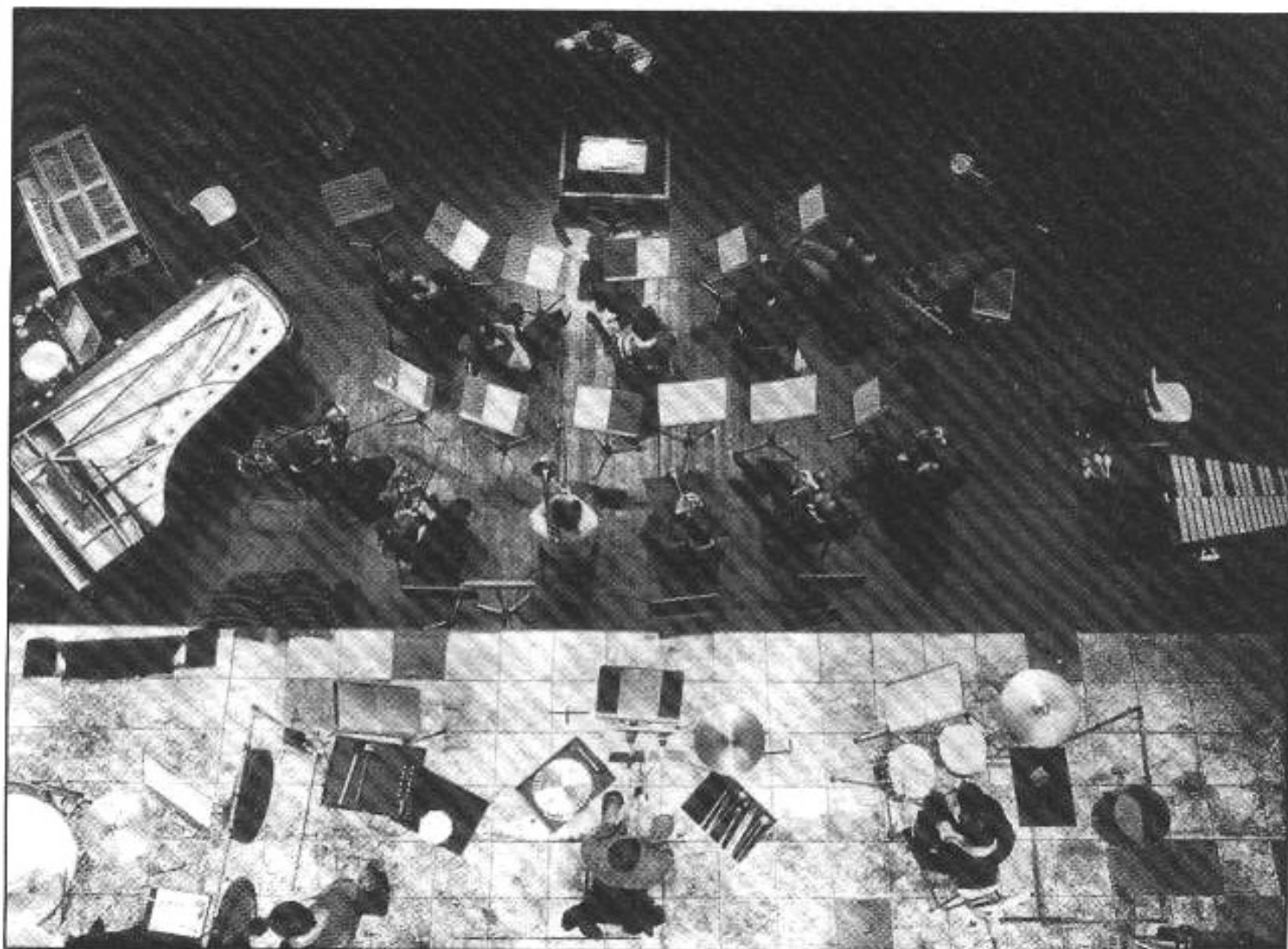


PHOTO G. LOUCHELMUSICAL

niveaux (ondes directes) et l'accroissement du halo qui entoure chacun d'eux (ondes indirectes). Un placement trop élevé met le micro à égale distance des instruments. L'image obtenue est plate, sans aucun relief. Une implantation trop basse creuse artificiellement l'espace, accentuant l'étagement des pupitres dans la profondeur. En somme, la prise de son « plafonnante » ressemble à une prise de vues « longue focale », tandis que la prise de son « frontale » évoque plutôt la « courte focale », la perspective accélérée. C'est dire que l'élévation du collecteur microphonique en oblique, « à la bonne focale », compte autant que sa mise à distance, « à la bonne aération », des différents instruments. La

transposition de l'espace 3D sur la ligne 2D qui unit les haut-parleurs a quelques exigences.
(à suivre...)

(1) Les colliculus inférieur et supérieur établissent une cartographie sélective de l'espace sonore environnant, cf. *L'Audiophile* n° 7 « De l'oreille en plus » 2^e partie.

(1 bis) A moins de disposer de haut-parleurs latéraux supplémentaires...

(2) P. 23 in « La stéréophonie à la R.T.B. », Bureau de Documentation des services techniques, Bruxelles, mars 1970. On ne recommandera jamais assez la lecture de ce document (en deux tomes) !

(3) Voir à ce sujet « Musique et architecture » in *L'Audiophile* nos 10 et 12.

(4) Les audiophiles parlent généralement d'un « dégraissage », ce qui est

plus imagé.

(5) Cf. Carl Ceoen « La stéréophonie à la R.T.B. », op. cité. On notera que la réverbération, variant avec la fréquence, produit autant de distances critiques.

(5 bis) D'après les analyses de Helmut Haas, l'oreille n'est sensible qu'au son direct, tant que celui-ci n'est pas inférieur de 6 dB au son diffus, dans l'intervalle de retard qui va de 500 μ s à 5 ms. Dans ces conditions, la distance critique est multipliée par 2 pour l'auditeur.

(6) Le couple AB, utilisant des Schoeps (comme toute l'O.R.T.F.) a été mis au point dans les années 1962-65, dans le laboratoire de M. Chatenay (assisté de Roland Condamines et Albert Laracine).

(7) Une source est réputée ponctuelle si sa dimension apparente n'excède pas le pouvoir séparateur de l'appareil auditif, soit 2 ou 3° d'angle audible.

**Page non
disponible**

SUPER QUID

S agit-il d'un inventaire à la Prévert ?
*Non, si toutefois ce genre d'inventaire signifie
une accumulation hétéroclite de choses...*

*Depuis quelques mois, nous avons imaginé un tour d'horizon
très général et annuel permettant à tous de parcourir
une sorte de festival imaginaire où seraient présentés
les éléments les plus significatifs du moment,
que ce soit sur le plan des technologies, des techniques,
de l'acoustique et même du style de certains revendeurs.
C'est notre rubrique « Quid » qui s'y prêtait le mieux.
Nous l'avons donc simplement développée.*

*Ainsi vous allez découvrir : des systèmes électrostatiques
large bande à rendement élevé, des haut-parleurs électrodynamiques
à système actif éliminant toutes vibrations du saladier,
filtres secteur efficaces pour supprimer les parasites,
supports très stables, interfaces laser qui changent tout à l'écoute,
amplis-préamplis offrant de multiples possibilités d'exploitation,
charges spécifiques pour haut-parleurs électrodynamiques,
auditoriums offrant de nouvelles approches
dans la manière d'exploiter les systèmes haute-fidélité.
De quoi vous sortir de votre « torpeur estivale »,
la haute-fidélité étant en permanente évolution
pour une approche encore plus serrée de la vérité sonore.*



Sadelec

Le préamplificateur Prexo est le complément idéal de l'amplificateur, désormais célèbre, Hexo 4. Rappelons que cet ampli bénéficie de nombreuses nouveautés technologiques telles qu'une alimentation entièrement régulée en puissance intercalée entre deux cellules de filtrage totalisant 88 000 μ F. De même en sortie, les transistors de puissance HEX-FET de la famille des MOSFET sont utilisés afin d'obtenir une bonne linéarité et une bande passante très large en boucle ouverte. Le préampli Prexo a été conçu selon les mêmes principes que l'amplificateur avec toute une série de modules entièrement blindés faisant appel exclusivement à des composants discrets et non des circuits intégrés. Ces modules sont polarisés pour travailler en classe A. Le réglage de volume est placé entre deux cellules d'amplification afin de résoudre tout problème de capacité parasite qui se traduit souvent à l'écoute par une modification de l'équilibre tonal.

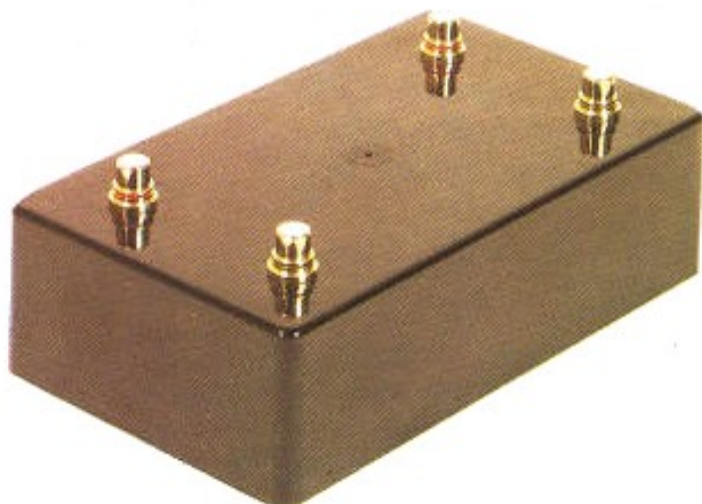
Tannoy

L'enceinte System 8 NFM, de dimensions relativement compactes, 51 x 35 x 28 cm, fait appel à un haut-parleur coaxial de 21 cm qui présente de nombreuses originalités. En effet, la voie grave-médium est assurée par un cône en polypropylène de profil légèrement exponentiel qui prolonge l'amorce de pavillon du tweeter de type à chambre de compression. Cette section grave possède son propre circuit magnétique de 12 cm de diamètre qui est percé au centre pour laisser la place à la pièce de mise en phase et à l'amorce de pavillon. Le dôme du tweeter est placé en face de la chambre de compression proprement dite constituée d'anneaux concentriques usinés avec une très haute précision et servant aussi de guide d'ondes. Cette forme spécifique assure une courbe de réponse régulière ainsi qu'un minimum de distorsions même dans le cas de fortes pressions acoustiques. En effet, ce système est capable d'une analyse sonore très finie même à forts niveaux avec une capacité dynamique impressionnante tout en conservant une remarquable qualité de timbre. Un large éventail d'électroniques peut être utilisé car le rendement élevé, 93 dB/1 W/1 m, autorise déjà un fort niveau d'écoute avec des amplificateurs de 25 W seulement. Nous avons obtenu de très bons résultats avec les excellentes électroniques Aura surtout le modèle VA 50 dont la musicalité n'est plus à vanter avec une dispersion spatiale homogène.



La Maison de L'Audiophile

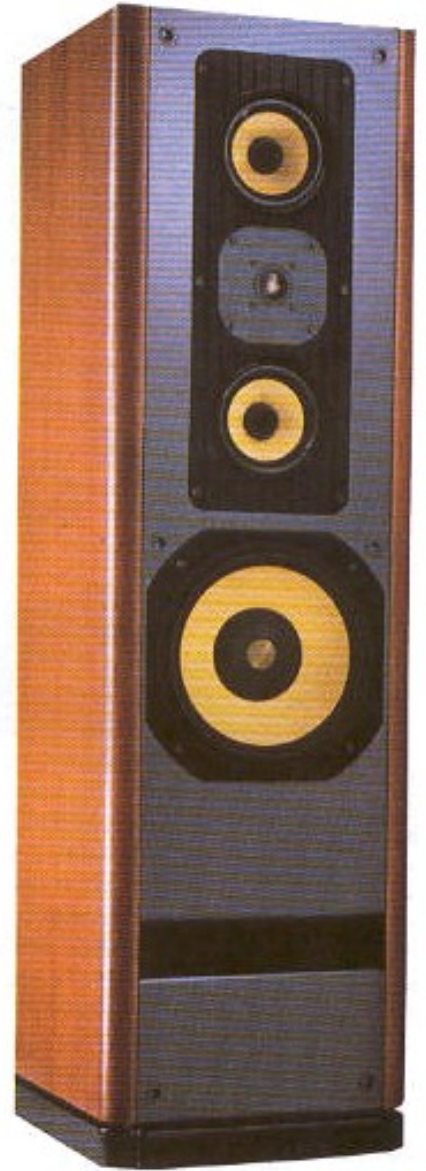
La Maison de L'Audiophile, l'un des hauts lieux de la haute-fidélité sans compromis, propose une interface lecteur CD/préampli, pour 1 200 F qui change tout à l'écoute, par l'extraordinaire effet de profondeur obtenu, l'absence d'agressivité et de projection sonore dans le haut médium-aigu, le naturel global de la restitution. Nous avons rarement rencontré un accessoire aussi indispensable, qui procure une esthétique sonore à partir de sources numériques extrêmement proche de celles obtenues avec des disques noirs analogiques. Cette interface, entièrement passive, fait appel à la technologie LCR. Les composants sont noyés dans la cire pour éviter qu'ils ne vibrent. Cette interface filtre toutes les fréquences ultra-sonores qui peuvent troubler le fonctionnement des circuits du préampli en entraînant des phénomènes de distorsions particulièrement fatigant à l'écoute.



Focal

L'enceinte Focal Utopia représente un sommet de la technologie en matière de transducteurs, de filtres, de conception du coffret mais aussi une véritable révolution dans la transcription du grave en éliminant à la source toutes vibrations parasites du boomer grâce au système exclusif breveté par Focal dit MFV. Ainsi, le haut-parleur de grave qui équipe cette enceinte est muni d'un deuxième circuit magnétique à l'arrière du moteur principal. Ce deuxième circuit magnétique excite une bobine mobile indépendante recevant la modulation en inversion de phase par rapport à la bobine mobile entraînant le cône du haut-parleur. Cette deuxième bobine est associée à une masse qui se déplace exactement en sens inverse de la membrane. Le poids de cet ensemble est équivalent à celui de l'équipage mobile principal. Il y a ainsi un équilibre dynamique pratiquement parfait entre les deux équipages mobiles. Les contraintes appliquées au saladier, et par voie de conséquence, au coffret sont ainsi supprimées. Les ingénieurs de Focal ont annulé, grâce à ce principe, la source de vibrations à la base même du haut-parleur. En effet, sur une enceinte conventionnelle, le haut-parleur de grave, même s'il possède un saladier très rigide, transmet à l'enceinte proprement dite de nombreuses vibrations qui se traduisent pas un rayonnement supplémentaire qui vient troubler la réponse principale, brouiller le message sonore. Avec le système MFV, la masse du coffret n'est plus un élément décisif, seule la membrane du haut-parleur rayonne. Sur l'Utopia, ce haut-parleur couvre les fréquences jusqu'à 150 Hz où il est relayé par deux haut-parleurs médium disposés de part et d'autre du tweeter selon une disposition préconisée par l'acousticien D'Appolito. Grâce à la fréquence de coupure assez basse, cette configuration peut fonctionner de manière idéale. Ces deux haut-parleurs médium présentent la particularité de cônes réalisés en sandwich de kevlar de très faible épaisseur, ce qui a permis d'obtenir une masse de 2 g seulement tout en ayant une rigidité extraordinaire.

Le tweeter fait partie d'une toute nouvelle génération de transducteurs mis au point par Focal avec son dôme en titane et sa suspension périphérique en Supranyl qui a permis d'obtenir une résonance très basse et une réponse transitoire exceptionnelle. Le filtre très sophistiqué fait appel à des selfs à air dont le diamètre du fil pour celle de grave atteint 22/10^e ! Les pentes de coupure sont de 18 dB/octave de part et d'autre des fréquences 150 Hz et 2,5 kHz. L'écoute d'un tel système est impressionnante de vérité, de naturel avec un extrême-grave d'une propreté encore inconnue à ce jour. L'adoption de ces nouvelles technologies fait franchir un pas important dans l'approche de la vérité musicale.



Contrepoint

L'équipe technique de l'auditorium Contrepoint avec à sa tête Michel Reynouard vient de mettre au point un support spécifiquement conçu pour les lecteurs CD ainsi que des tables spéciales à deux étages assurant un parfait découplage par rapport au sol. Le support de base proprement dit, SCD-B, est destiné à recevoir le lecteur CD ou le système de transport mécanique seul. Il est composé d'un cadre en acier doux forgé, monté sur trois pointaux ajustables et un quatrième inversé également ajustable qui maintient une certaine tension entre le support et le substrat afin d'exercer une contre-réaction mécanique par réinjection partielle des contraintes externes. La tablette support est réalisée en lave naturelle (structure cellulaire) interchangeable dont la masse peut être choisie en fonction de celle de l'appareil qui va être posé dessus. La table spéciale 2-SCD-T à deux étages reçoit comme troisième étage supérieur la base SCD. Un support mural, 3-SCD-M, est également prévu. Ce système SCD présente les avantages suivants : parfaite horizontalité du système de rotation, lecteur non influencé par les vibrations parasites extérieures en particulier celles du transformateur des amplis ou la transmission de chocs par voies solides.



Audio Reference

L'enceinte DCM 1 d'Audio Reference est un système ultra-compacte capable d'une restitution d'une grande limpidité grâce à un pouvoir d'analyse nettement supérieur à celui des autres enceintes de cette catégorie. Le relief sonore est saisissant de vérité, on oublie la taille des enceintes au profit de l'image stéréophonique dont les plans s'étalent en profondeur avec une rare précision. Cet étagement prouve l'excellente mise en phase de l'ensemble du système. La qualité des timbres est aussi superbe grâce à la bonne cohérence de famille sonore entre le grave-médium à membrane en fibres de kevlar et le tweeter à dôme hémisphérique. Le filtre surdimensionné au niveau des selfs et des capacités a vraiment été étudié avec beaucoup d'attention car il n'étouffe pas au passage les micro-informations ni ne comprime la dynamique. Le haut-parleur de grave-médium, de 13 cm, possède une membrane en fibres de kevlar tressées qui associe légèreté et rigidité avec un fonctionnement en piston sur une large bande de fréquences. Il peut soutenir des puissances très élevées sans pour autant talonner grâce à une suspension parfaitement calculée en compliance. Le support de bobine mobile en aluminium peut tenir les hautes températures sans risque de déformations. Le circuit magnétique ultra-puissant pour un haut-parleur de ce type est la garantie d'une réponse transitoire très rapide. Le tweeter avec son dôme hémisphérique protégé par une fine grille métallique est reconnu pour ses qualités de définition. L'ébénisterie, hyper-rigide, avec des parois de 22 mm d'épaisseur, ne présente aucune tonique désagréable. La rigidité est parfaite, la finition de toute beauté sur toutes les surfaces.

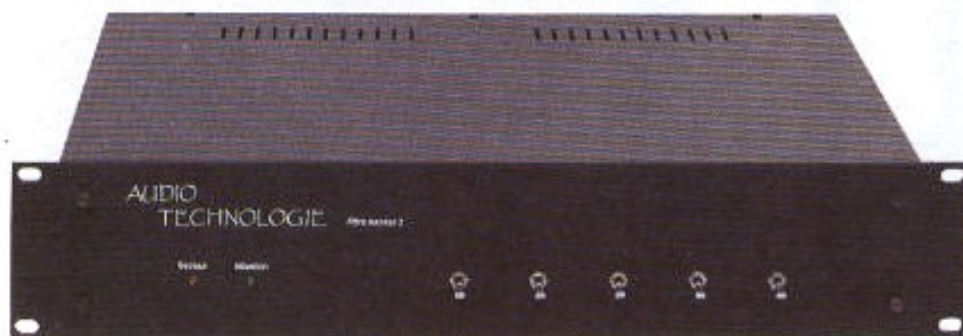
Yamaha

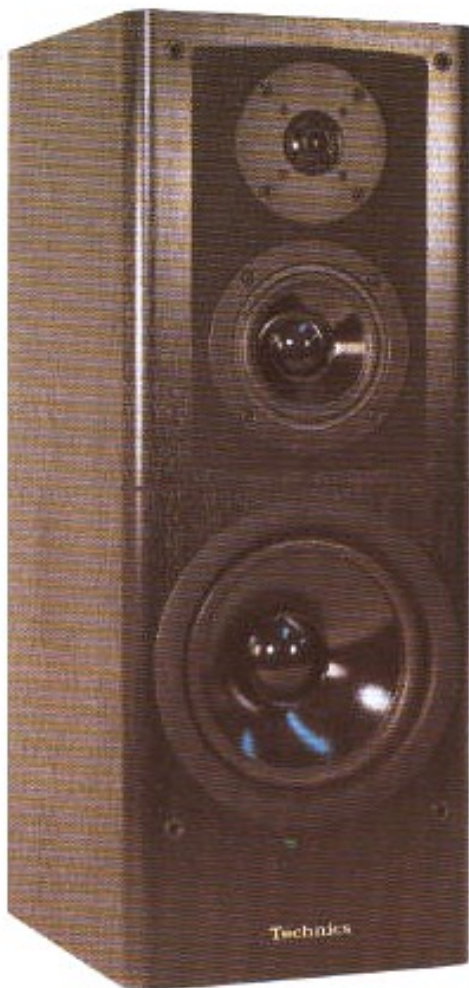
L'intégré AX 150 offre, pour un prix ultra-concurrentiel : moins de 3 000 F, une souplesse d'utilisation peu commune, avec sa télécommande, une finition exceptionnelle, mais surtout une musicalité qui sort totalement de l'ordinaire par rapport aux autres intégrés. La présentation à la fois sobre et luxueuse en aluminium brossé au noir est irréprochable. Un châssis de grande rigidité a été étudié pour isoler les circuits contre les vibrations extérieures. Sa télécommande, intelligemment conçue, permet non seulement d'agir sur le potentiomètre de volume (entraîné par moteur) mais aussi sur la commutation des sources ou d'autres maillons de provenance Yamaha tels que lecteurs CD, platines-cassette, tuners, etc. De nombreuses sources peuvent être traitées par cet intégré depuis les tables de lecture avec cellule à bobine ou à aimant mobile jusqu'aux entrées ligne et CD Direct. A l'écoute, cet extraordinaire intégré est capable d'une transcription d'une rare limpidité



Audio Technologie

Cette société sise en Avignon propose toute une série de filtres secteur hautement sophistiqués qui présentent de nombreux avantages à l'écoute : transparence accrue sur les micro-informations, clarté des attaques dans le grave, aération générale. Le modèle 2, présenté ci-contre, constitue un puissant filtre secteur 2 000 W pouvant être répartis sur cinq prises ou sur une seule prise. Il présente une particularité très intéressante : cinq commutateurs en façade permettent d'inverser la phase secteur des prises arrières tout en laissant l'appareil sous tension. Grâce à ce procédé, nous avons pu découvrir de nouveau et instantanément toute l'importance du sens de la prise secteur pour les amplificateurs, lecteurs CD, préamplificateurs. On peut ainsi, après écoute comparative, bien mettre tout son système « en phase » secteur, sans avoir à remuer dans tous les sens les prises concernées.





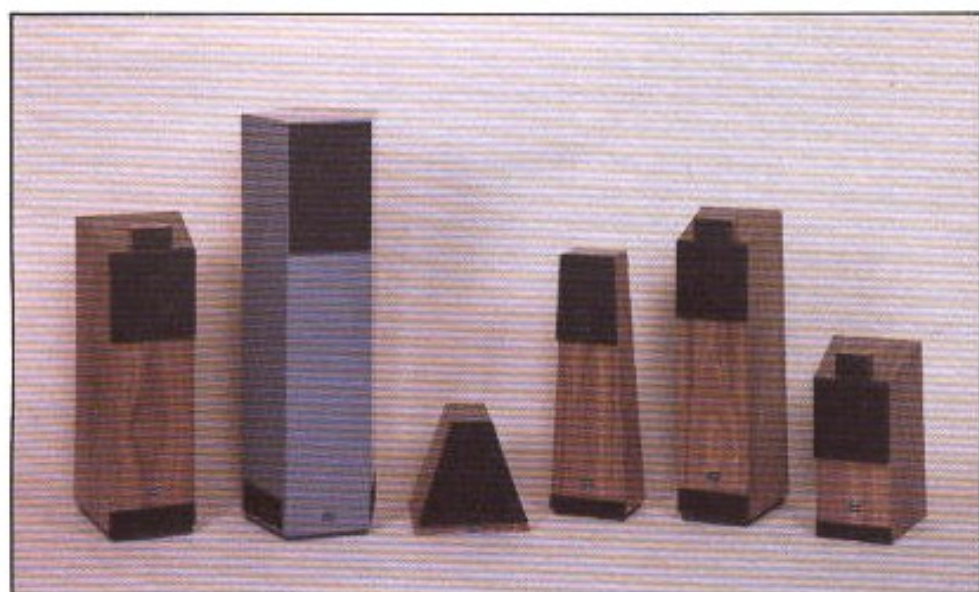
Technics

L'enceinte SB-EX-3 démontre la volonté de ce grand constructeur de commercialiser un système de haut-parleurs de haute technologie à la finition extraordinaire tout en conservant un prix ultra-concurrentiel : 1 650 F pièce. On peut se demander : « Comment font-ils pour produire un système aussi élaboré à ce prix, en faisant bénéficier la technologie des membranes à dôme en mica recouvert de laque comme sur le modèle de prestige SB-MX-200 coûtant dix fois plus cher ! » Le coffret de la SB-EX-3 est muni d'un double baffle support des haut-parleurs afin de désolidariser la surface portante du haut-parleur grave de celle du médium et du tweeter. Ainsi, les phénomènes d'intermodulation mécanique sont nettement réduits apportant un surcroît de définition et d'analyse. De plus, tout autour du médium et du tweeter, un matériau absorbant est collé pour limiter les problèmes de réflexions parasites de bords et obtenir des lobes de directivité réguliers. Le haut-parleur médium qui couvre les fréquences entre 700 Hz et 3 kHz est muni d'une membrane en mica recouverte de laque. Cette structure permet d'obtenir un équipage mobile de grande légèreté et très rigide tout en offrant une excellente propagation des ondes sans pertes de micro-informations. Le tweeter utilise le même matériau pour son dôme ce qui lui permet de détailler les fréquences jusqu'à 45 kHz avec un minimum d'atténuation. Le haut-parleur de grave de 20 cm de diamètre a une membrane recouverte d'un enduit spécial qui linéarise les petits accidents éventuels dans la zone de recouvrement avec le médium. Il est chargé en bass-reflex. La restitution sonore obtenue est magnifique, car les timbres conservent tout leur naturel sans phénomènes de colorations de matériau de membrane et avec un grave de grande profondeur, très propre sur les attaques. Sur les voix, ce système est d'une fluidité et d'une richesse qui laisse parfois sans accentuation dans le registre aigu ni côté granuleux. La magnifique présentation spatiale et l'absence de phénomènes notables d'intermodulation procurent une écoute très aérée avec une lisibilité correcte même à fort niveau.

Art et Maîtrise du Son

Cet auditorium situé au 41, avenue Henri Barbusse à Vigneux-sur-Seine dans le 91, est devenu l'un des points de rencontre de la haute-fidélité de haut de gamme, pratiquement incontournable. Animé avec passion et compétence par M. Bernard Cochez, cet auditorium propose des écoutes bien menées dans trois salons distincts. Tout a été prévu afin d'associer dans les meilleures conditions les éléments et en tirer le maximum de satisfaction musicale. Naturellement, les composants du système sont branchés en direct et un très grand soin est accordé aux câbles de liaison. Cet auditorium sort aussi de l'ordinaire par les matériels proposés. Ainsi, on peut découvrir les électroniques à tubes Klimo, Orange Audio, Keschull, Audio Innovations, celles à transistors ADE avec préampli et bloc mono, AVM, bloc monophonique dont les performances étonnantes peuvent servir de référence, toute la gamme Isem, Audioanalyse, Aura et Cambridge. Les amplis Perreault, Solen ne sont pas en reste ni d'ailleurs les convertisseurs numérique/analogique, les célèbres Brinkmann, remarquables de souplesse et de définition ainsi que les fabuleux Teac P 2/P 10. Côté enceintes, on pourrait être tout aussi émerveillé de constater la présence de toutes les Cabasse, de la gamme complète Tannoy avec même les Stirling et les GRF, les Wharfedale, les Ecouton LAL 200, les Dynaudio Contour II. Parmi les autres modèles, il ne faut pas oublier les Metronome Technology MT 1, les Diagram, Celestion, Kenonic. Le choix est vaste, mais M. Cochez vous guidera en tenant compte de vos goûts et de votre budget au sein de systèmes bien équilibrés, avec une honnêteté qui se fait de plus en plus rare, sans chercher la vente à tout prix ou à l'arraché. Un détour à Vigneux-sur-Seine vaut vraiment la peine d'être effectué, car il est rare de rencontrer autant de compétence, de gentillesse au service des passionnés de Hi-Fi.





Confluence

Cette société a été créée en 1983 en Dordogne près de Périgueux et s'est spécialisée dans la réalisation d'enceintes acoustiques dont nous avons toujours apprécié la haute musicalité. La gamme se compose de six modèles allant de 4 500 à 25 000 F la paire et cela avec une rare homogénéité des performances. La conception globale est très bien équilibrée en tenant compte des nombreux paramètres acoustiques. Ainsi les enceintes Confluence ont une grande pérennité et restent des références même après de nombreuses années. En matière de recherche, technicité et tradition font toujours bon ménage avec un savoir-faire que pourrait lui envier bien

d'autres sociétés. Ainsi, la dernière-née, la Pastorale, enceinte colonne, de section en forme de pentagone déformé avec façade plus étroite ne possède aucune paroi parallèle. La section grave est confiée à deux haut-parleurs de 26,2 cm placés face à face et jumelés en push-pull rayonnant par deux fenêtres placées à la base de l'enceinte. La charge de type bass-reflex à accords multiples autorise une coupure basse à 31 Hz (-3 dB). Le haut-parleur de 21 cm placé en face avant reproduit toutes les fréquences de 100 Hz à 4 000 Hz. Il est monté en charge décompressée. Le tweeter situé en dessous du haut-parleur médium est doté d'un pavillon et chargé par une double cavité accordée. Le filtre, de structure relativement simple, ne fait intervenir qu'un seul composant en série par section avec un câblage direct sans fil ni circuit imprimé, self de 3 kg (!) pour le grave et condensateurs métallisés. Les résultats d'écoute sont impressionnants non seulement par l'étendue des fréquences reproduites mais aussi par le naturel inouï de l'image stéréo.

Metaxas

Depuis quelques années, la société australienne MAS est dirigée par un « audiophile perfectionniste, M. Costas Metaxas. Entouré d'ingénieurs de haute volée, il a constitué une gamme de matériels sans compromis couvrant électroniques, préamplis, amplis séparés, enceintes électrostatiques large bande. Ces matériels viennent d'être distribués en France par LTC International. Les amplificateurs se caractérisent par un fonctionnement réel en pure classe A et des possibilités en courant instantané qui surclassent nombre de produits concurrents. Ainsi, l'amplificateur stéréophonique Iraklis, de 2x50 W, couvre les fréquences du continu jusqu'à 500 kHz grâce à un double étage de sortie Darlington de puissance utilisant des transistors à très haute vitesse de commutation polarisés en pure classe A. L'alimentation adopte une configuration originale avec redressement par toute une série de diodes à grande vitesse pour pouvoir fournir instantanément un courant important. L'amplificateur stéréophonique, The Solitaire, de 2x150 W, est capable lui aussi de produire un courant instantané très élevé même dans les hautes fréquences, ce qui le distingue par la transcription d'un aigu ultra-défini. Enfin, le bloc mono, The Soliloquy, de 100 W, en classe A, est lui aussi capable de couvrir une bande passante qui s'étend du continu à 500 kHz sans atténuation. Il possède un circuit de protection unique qui n'intervient pas sur le trajet de la modulation. Côté préampli, le modèle Opulence, en trois coffrets séparés et alimentation triple, possède une conception modulaire qui lui permet de traiter de nombreuses sources tout en étendant ses possibilités à celui de rôle de mélangeur qui ne manquera pas d'intéresser les preneurs de son perfectionnistes. Les panneaux électrostatiques (voir illustration) se composent des modèles Extatic travaillant en large bande et qui peuvent être complétés par deux panneaux subwoofers aussi électrostatiques, sous le nom de Foundation ainsi que les grands modèles Revelation qui se caractérisent par un rendement peu courant pour ce type de transducteurs, autour de 100 dB/1 W/1 m, d'après les données du constructeur, valeur tout à fait exceptionnelle. La bande passante est aussi très étendue





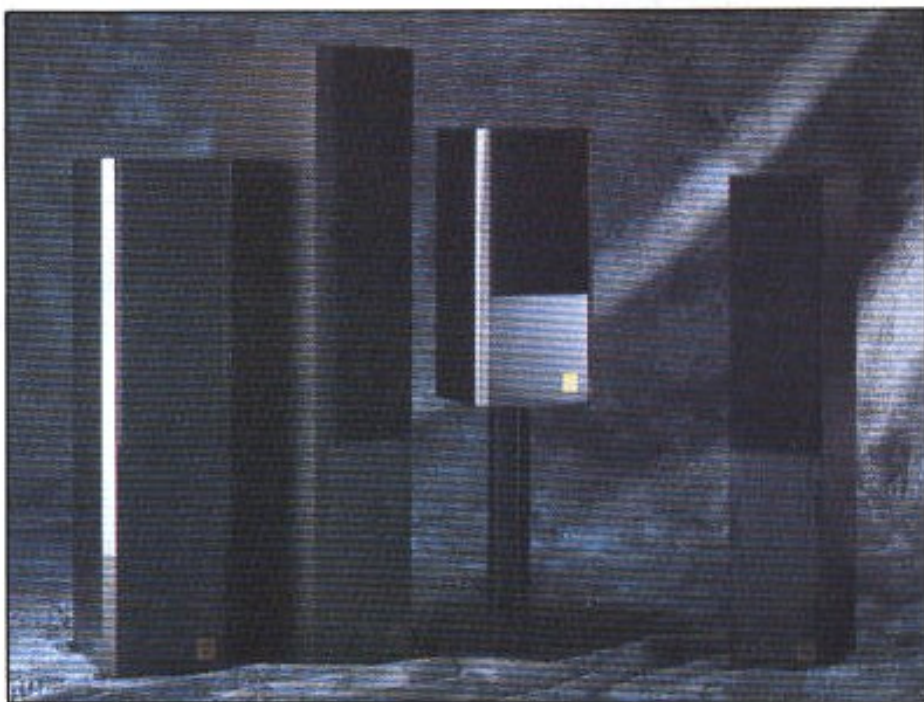
L'Art Musical

L'auditorium de Bayonne, l'Art Musical, est animé avec compétence et un dynamisme à revendre par M. Ceccaldi, véritable encyclopédie musicale, fou d'opéra mais surtout ayant « l'art » de marier correctement les maillons haute-fidélité entre eux pour en tirer toute la quintessence musicale. Les produits qu'il propose ont été réellement sélectionnés en fonction des critères musicaux par rapport à leur prix. Cette sélection de matériels uniques a été effectuée avec rigueur à partir de sources musicales parfaitement cernées. L'auditorium, avec sa salle d'écoute fort bien agencée et aménagée, présente des caractéristiques acoustiques assez exceptionnelles. On peut naturellement retrouver au sein de ces matériels des grandes marques connues telles que :

Martin Logan, Metaxas, Cyrus, Mission, Acoustic Energy, Tannoy, Vecteur, Deltec et les électroniques California Audio Labs, Wadia, Nad, Rega, Parasound, Mission, Atlantic Audio Art, Metaxas, etc. L'équipe de l'Art Musical accorde beaucoup de temps à l'installation des systèmes chez les particuliers afin d'en tirer le maximum de plaisir musical en tenant compte des paramètres acoustiques et aussi de la décoration. Ainsi que les enceintes soient à haut rendement, de type à pavillon ou panneaux électrostatiques, l'Art Musical sait en tirer un maximum avec toujours présentes les notions de dynamique, définition, placement des plans sonores. Etant des passionnés de musique, ils ont à leur disposition une impressionnante collection de disques noirs et de CD couvrant tous les genres musicaux.

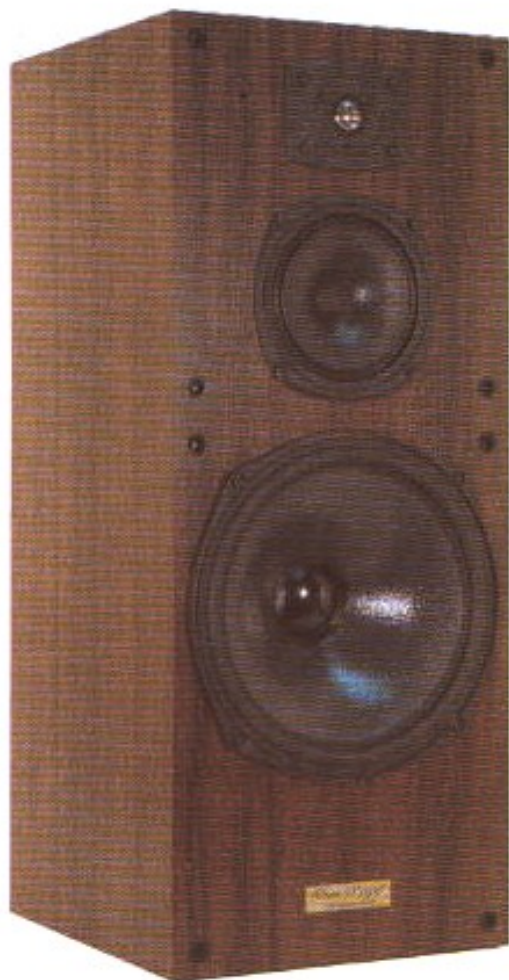
Vision Acoustique

La société Vision Acoustique a été créée en 1987 et en peu de temps elle s'est forgée une réputation enviable dans le domaine des enceintes acoustiques hautement musicales. Elle est animée par deux passionnés de musique et de haute-fidélité, Maryse Fourcade et Bertrand Gauchet, le concepteur des modèles. Ils ont su imposer une image de marque synonyme de qualité et d'esthétisme grâce à une grande rigueur dans le développement, la construction et la commercialisation. Actuellement, la gamme se compose de quatre modèles alliant performances acoustiques à un design « contemporain » affirmé mais qui, cependant, ne risque pas de détonner dans un intérieur classique. Deux finitions sont proposées : soit en placage bois véritable noyer, soit gris métallisé vernis. L'enceinte MV2, distinguée par la presse spécialisée, offre une capacité dynamique surprenante par rapport à sa taille et surtout un raffinement dans la qualité des timbres qui confine au sublime. Le modèle Evasion, sous forme de colonne, procure une restitution très ouverte, de grande transparence, avec beaucoup de naturel sur tous les types de musique. Le modèle Excellence, de très grand raffinement sonore, possède un pouvoir de définition hors du commun même sur les grandes formations orchestrales. L'Alliance, sous forme de colonnes étroites, offre une ouverture sonore exceptionnelle avec une capacité dynamique sur les petits signaux qui en font l'un des must de sa catégorie. Toutes ces enceintes bénéficient de transducteurs de haute technologie à membrane en polykevlar. Chaque haut-parleur est soumis à des vérifications afin d'entrer dans un cahier des charges précis.



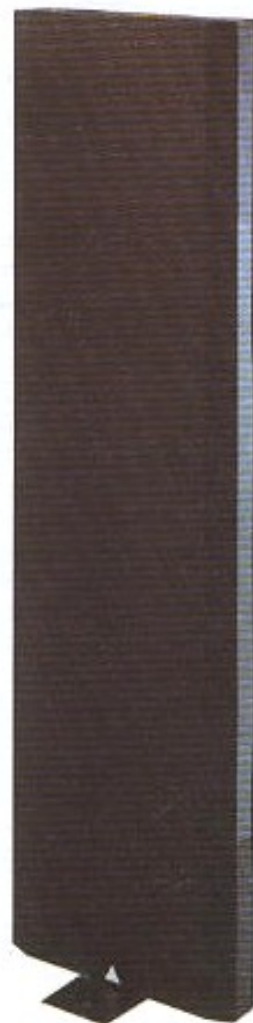
Celestion

La Ditton 44 Legend MK 2 est un système trois voies sous forme colonne de 85 cm de hauteur pour une base de 33,5 cm x 31 cm. Elle a été réalisée en tenant compte des travaux en laboratoire d'interférométrie laser sur les vibrations des parois et le comportement des cônes de haut-parleurs. Aussi il ne faut pas s'étonner de la rigidité du coffret obtenue par cloisonnement interne horizontal, ouvert au centre. Le grave est confié à un haut-parleur de 30 cm de diamètre à membrane de profil exponentiel en pulpe de cellulose traitée sur la face avant qui combine légèreté et rigidité, traités sur la face avant pour linéariser les éventuels accidents. Le saladier en fonte d'aluminium est hyper-rigide à la manière des haut-parleurs professionnels. Il supporte un circuit magnétique imposant de 13 cm de diamètre capable de fournir un champ de l'ordre de 11 500 gauss à la bobine sur support haute température. Le médium est lui aussi un haut-parleur à cône de grand diamètre (16,5 cm) qui possède sa propre charge afin qu'il n'y ait pas de risque de surpression et de phénomène d'intermodulation. Le tweeter est un modèle à dôme à la fois rigide et léger en titane avec une suspension périphérique rapportée en tissu synthétique. Le circuit magnétique ultra-puissant n'est pas étranger à l'excellente réponse transitoire de ce tweeter ni à l'énergie dont il est capable à plusieurs mètres de distance. La section de filtrage a été entièrement revue afin d'assurer une transition imperceptible entre les divers transducteurs sans introduire de phénomène de distorsions parasites par saturation. Ce système se caractérise par une grande impression de naturel et de corps sur les timbres mais surtout un excellent étagement des différents plans sonores. Le grave, pour une enceinte de ce volume, descend extrêmement bas, avec du niveau sans ressentir le moindre stress par affolement de la membrane. Elle peut tenir des puissances très élevées tout en gardant une excellente définition. Universelle d'utilisation, elle pourra satisfaire aussi bien les amateurs « de hard rock » que ceux passionnés de musique classique.



Triangle

Le panneau baffle plan Octant est une alternative aux systèmes isodynamiques et électrostatiques. Quatre années de recherche ont été nécessaires pour élaborer et mettre au point ce panneau de 1,50 m de hauteur pour une largeur de 42 cm et seulement 9,5 cm d'épaisseur. Ce panneau fonctionne en doublet acoustique mais il est cependant capable de reproduire du niveau dans le grave avec un rendement élevé. Pour ce faire, il a été étudié tout d'abord un haut-parleur large bande de 17 cm de diamètre spécialement conçu pour ce type de charge sur baffle-plan avec une fréquence de résonance très basse. Celle-ci a été obtenue avec l'adoption d'une suspension en tissu enduit autorisant des débattements importants de manière linéaire. Dans le grave, on trouve trois haut-parleurs de même diamètre utilisant le même type de membrane qui fonctionnent parfaitement en phase et dans l'aigu un tweeter qui reprend très haut, au-delà de 13 kHz, pour détailler les harmoniques supérieurs. Le filtrage dans le grave est du deuxième ordre afin de créer une surtension et d'obtenir du niveau dans les fréquences basses. Ainsi, l'Octant peut descendre à 50 Hz à -3 dB par rapport au niveau de référence relevé à 1 kHz. Le rendement très élevé, de 94 dB/1 W/1 m, a pu être obtenu avec la possibilité de reproduire un niveau acoustique maximum de 116 dB. Ces deux caractéristiques combinées laissent sous-entendre une capacité dynamique hors du commun. Cela est concrétisé dans la réalité de « l'écoute » par une différenciation bien marquée entre les écarts de niveau même sur les signaux de faible amplitude, d'où un luxe de détails sonores auxquels on n'est pas habitué. Il se dégage ainsi une écoute vivante, sans aucune coloration de boîte, dont l'esthétique sonore très proche des grands électrostatiques mais avec une tenue en puissance, un niveau sonore et une qualité de grave encore inconnus à ce jour. Grâce à un très bon contrôle de la directivité et au bon rapport entre l'émission des sons directs rayonnés par l'avant et ceux indirects réfléchis par l'arrière, l'image stéréophonique est grandiose tout en gardant une bonne focalisation des interprètes.





Equation Europe

L'Equation III est un tout nouveau système trois voies sous la forme d'une élégante colonne dont les proportions favoriseront son intégration dans n'importe quel type de décor. Admirablement finie, avec une base lui assurant une stabilité inconditionnelle et un bon découplage avec le sol, cette enceinte vient s'attaquer à une part de marché qui intéressera aussi bien les audiophiles perfectionnistes que ceux qui veulent un système discret mais hautement musical. Il s'agit d'un système trois voies faisant appel à des transducteurs électrodynamiques de haute technologie. Ainsi, le haut-parleur grave possède une membrane en tissu de kevlar traité mise en mouvement par une bobine de grand diamètre plongeant dans l'entrefer étroit d'un circuit magnétique très puissant. Ce haut-parleur est chargé par un système de décompression qui augmente le rendement dans les fréquences basses tout en évitant les bruits d'écoulement d'air et certaines colorations néfastes autour de 100 Hz. La réponse transitoire de ce haut-parleur est excellente, et sa membrane travaille parfaitement en piston sur toute la bande de fréquence à reproduire tout en pouvant soutenir de très fortes puissances. Le châssis en aluminium, spécialement dessiné pour un maximum de rigidité mécanique, dégage l'arrière du haut-parleur en évitant la formation de réflexions parasites. Le haut-parleur médium est très original. En effet, sa membrane concave est réalisée en céramique hyper-rigide qui assure aussi une bonne propagation des ondes dans la matière. Elle est mise en mouvement par une bobine de 7,7 cm de diamètre. La tenue en puissance est excellente et la distorsion faible grâce à une haute résistance contre les phénomènes éventuels de morcellement du diaphragme. Le tweeter reprend le même matériau de type céramique assurant là aussi une grande rigidité. Le résultat : une écoute de limpidité extraordinaire, sans les colorations classiques de membrane et avec une réponse transitoire ultra-rapide sans aucun phénomène de traînage. La précision de l'analyse atteint des sommets. L'image stéréophonique est très large et s'étend en arrière du plan des enceintes avec une excellente stabilité.

Hifiavie

Cet auditorium n'est pas comme les autres. Il est animé par un chercheur et un inventeur infatigable qui, depuis plus de vingt ans, propose des réalisations originales ainsi que des « prestations de service » que l'on ne trouve nulle part ailleurs. En effet, ce centre de recherche de perfectionnements en électronique audio-visuelle possède à son actif la réalisation d'une gamme d'enceintes acoustiques avec des transducteurs électrodynamiques et électrostatiques de type particulier faisant l'objet de dépôts de brevets ainsi que le développement d'une interface d'un lecteur CD/entrée phonolecteur et la création de nombreuses régies, sélecteurs/distributeurs, matériels périphériques en vidéo, aux normes S-VHS/Hi-8/Y/C. En matière de haute-fidélité sans compromis, il réalise des amplificateurs de très haute définition, tel le modèle A. 10 à tubes travaillant en pure classe A, selon le principe OTL sans transformateur de sortie et sans contre-réaction. Le modèle A. 60 à transistors est lui aussi original à plus d'un titre : avec ses circuits conçus pour fonctionner sans contre-réaction (commutables ou non) et ses étages drivers à correction de phase absolue de conception Guiston. Le préampli à tubes reprend le principe du schéma SRPP mais avec pas moins de six alimentations indépendantes. Toutes ces réalisations sont en écoute comparative au sein de l'auditorium Hifiavie, fort bien aménagé pour une écoute comparative sérieuse et honnête. L'intégration avec les systèmes vidéo d'une chaîne Hi-Fi est aussi possible. Tous les boîtiers et régies prévus à cet effet sont de construction professionnelle.





Luxman

Les éléments de la chaîne de la série 300 ont été conçus en fonction de la plus grande souplesse d'utilisation possible afin de pouvoir télécommander chacun des maillons à partir d'une unique télécommande. En effet, chacun des appareils est équipé d'un système Bus microprocesseurs qui leur permet de dialoguer entre eux simplement par l'intermédiaire de cordons spéciaux qui sont fournis et qui rendent l'ensemble cohérent et interactif. La télécommande unique, dotée de quarante et une touches donne ainsi accès à toutes les fonctions des appareils de la série 300. L'amplificateur 300, cœur de ce système, est capable de fournir une puissance de 90 W (mesurée) avec un minimum de distorsion et un rapport signal/bruit peu courant de 105 dB !

Chaque étage de gain et d'amplification possède sa propre ligne d'alimentation et de masse. Le lecteur CD fait appel à un convertisseur 18 bits précédé d'un filtre numérique à suréchantillonnage octuple. L'isolation contre les vibrations extérieures est très soignée pour une lecture correcte même dans des conditions difficiles. La platine-cassette, de type auto-reverse (avec bloc têtes rotatif pour maintenir un azimuthage correct) dispose des circuits de réduction de bruit Dolby HX Pro ainsi que d'un circuit enregistrement qui peut être totalement synchronisé avec le lecteur CD. Le tuner dispose d'un circuit qui trouve automatiquement l'accord idéal grâce à un élément LSI qui effectue la synthèse des divers paramètres de réception et commute les circuits spécialisés en fonction de ceux-ci. La restitution est très homogène et de grande beauté sur les timbres sans perdre pour autant de la définition et du naturel. Nous avons aussi apprécié le confort d'utilisation apporté par la télécommande qui agit sur chacun des maillons et cela sans aucun bruit de commutation et avec une grande précision. Aucun maillon faible dans ce système complet que l'on peut considérer comme la base d'une chaîne Hi-Fi de haut de gamme dont les performances mesurées et celles audibles ont de quoi satisfaire les plus exigeants.

Cabasse

L'enceinte Bisquine représente une étape importante dans la transcription sonore de qualité à partir d'un système deux voies très compact car elle peut fonctionner dans des acoustiques très différentes tout en conservant un haut pouvoir d'intelligibilité, une grande capacité dynamique et surtout un équilibre tonal qui ne se modifie pas. Cela n'est pas le fruit du hasard, mais des recherches des laboratoires de Cabasse qui ont su synthétiser les résultats de mesures relevés en chambre sourde, chambre claire, semi-réverbérante ainsi que sur la puissance du signal rayonnée sous différents angles. Le résultat est là, les Bisquine sont très peu sensibles à l'environnement acoustique et procure toujours une belle homogénéité sonore avec une capacité dynamique extraordinaire par rapport à la taille. La rapidité de la réponse transitoire procure cette limpidité exceptionnelle au médium-aigu sans qu'aucun détail ne soit estompé même à bas niveau sonore. Les deux haut-parleurs utilisés, de construction Cabasse comme il se doit, sont des modèles à citer en exemple. Ainsi le haut-parleur grave, avec son circuit magnétique de 2 kg, son saladier en aluminium léger, son équipement mobile avec membrane de structure alvéolaire extrêmement neutre mise en mouvement par une bobine de 38 mm, peut être considéré comme l'un des plus beaux transducteurs actuellement disponibles dans ce diamètre. Il est chargé en bass-reflex et son rendement est élevé afin de s'accorder aux caractéristiques du tweeter qui n'est autre que le célèbre Dom 2 que l'on retrouve sur les modèles de très haut de gamme de Cabasse. Ce tweeter est équipé d'une membrane ultra-rigide formée à chaud et dispose d'une légère amorce de pavillon afin de contrôler la régularité des lobes de directivité et augmenter le rendement. Le coffret, très rigide, est réalisé avec des parois de 22 mm plaquées sur les deux faces.



**Page non
disponible**

LES MUSES D'OR

Junin 91



à l'ensemble MARK LEVINSON préamplificateur N° 28+ amplificateur N° 23.5

Jean Hamady



L'ensemble préamplificateur N° 28 et amplificateur de puissance N° 23.5 de Mark Levinson peut être considéré comme l'aboutissement d'une technologie de pointe en matière de circuits « Solid State » sans concession aux modes passagères avec pour seul but :

une restitution sonore la plus précise possible.

Cela n'exclut pas de nombreuses originalités

dans la configuration des circuits traitant le signal audio ni l'universalité d'utilisation au niveau des sources. Cet ensemble remplit toutes les conditions de sélection dans le cadre de l'attribution de nos Muses d'Or.

Préamplificateur N° 28

Ce préamplificateur se présente en deux coffrets distincts. L'un renferme l'alimentation et l'autre tous les circuits de traitement du signal audio. Cette configuration permet d'isoler toute source de rayonnements parasites qui pourraient perturber

l'intégrité du signal à traiter. Cette alimentation, sous la référence PLS-228, est munie d'un cordon avec connecteur multi-broches pour assurer la transmission des diverses tensions vers les circuits du préampli. Le préamplificateur N° 28 est de construction double mono afin d'obtenir une parfaite séparation entre chaque canal. L'alimentation

extérieure renferme un transformateur de grande dimension (d'une taille identique à celle d'un transfo pour un amplificateur de moyenne puissance !) qui dispose d'enroulements secondaires distincts. Pour chaque canal, cette alimentation fournit les tensions positive, négative et la terre pour les circuits audio ; la tension positive et la terre

pour les circuits de contrôle numérique du volume et les relais de commutation des sources. Les circuits de régulation ne sont pas situés dans cette alimentation mais dans le coffret du N° 28 à proximité immédiate des étages de gain. Afin d'obtenir une parfaite stabilité d'alimentation, plusieurs étages de régulation sont utilisés. Chaque circuit actif du préamplificateur possède sa propre régulation locale avec son propre filtrage servant ainsi de « réservoir d'énergie ». Cette configuration de l'alimentation permet aux circuits audio

type Camac (chères à Mark Levinson) mais aussi une entrée CD et une entrée auxiliaire selon un mode vraiment symétrique à partir de prises Canon professionnelles. En sortie, on trouve deux prises symétriques pour une liaison vers l'amplificateur de puissance et trois autres prises asymétriques de type Camac pour distribuer la modulation selon ce mode vers deux magnétophones ou un ampli de puissance.

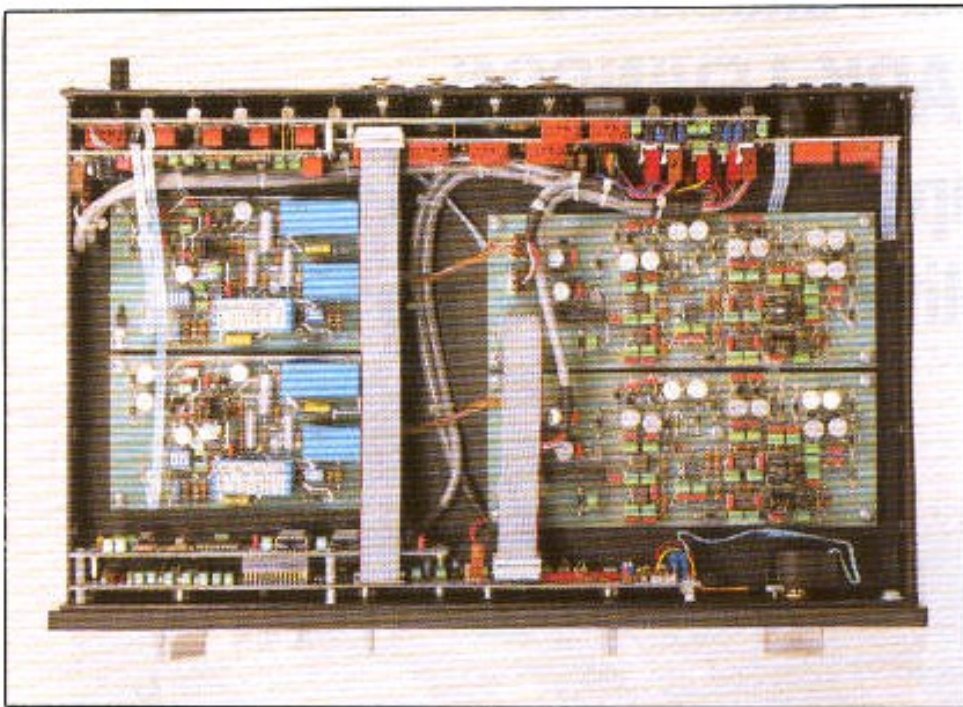
Pour l'étage phono, le N° 28 est équipé de cartes enfichables (gain haut ou bas) regroupant les

Cependant, si les valeurs intermédiaires ne correspondent pas à la charge optimale, il est prévu sur la carte la possibilité d'enfichage d'une résistance de charge parfaitement adaptée. Les ingénieurs de Mark Levinson ont pensé le préampli N° 28 en fonction des caractéristiques de toutes les cellules phonoelectriques actuellement disponibles afin d'obtenir la meilleure linéarité possible dans les hautes fréquences ainsi qu'un bon amortissement.

Pour les entrées ligne, le gain est aussi ajustable en fonction des sources utilisées, toujours par l'intermédiaire de micro-basculeurs dont les positions déterminent le niveau d'amplification. Ainsi le gain peut être choisi entre 6, 12 et 18 dB pour les entrées non symétriques et pour l'entrée symétrique 12, 18, 24 dB. La valeur de l'impédance d'entrée est de 15 k Ω shuntée par 220 pF. Le niveau de sortie maximum est légèrement supérieur à 6 V, la charge recommandée en sortie devant être supérieure de 600 Ω .

La sélection des sources s'effectue par l'intermédiaire d'un rotacteur qui déclenche des impulsions commandant toute une série de relais placés à proximité immédiate des prises d'entrée et des circuits de traitement. Ainsi, il n'y a pas d'aller et de retour de la modulation à travers tout le préampli, les risques de pollution par des bruits induits sont nettement diminués. Les relais, totalement étanches, ont des contacts en argent pur avec pointe or. Ce type de contact est nettement supérieur aux rotacteurs à galette dont les lamelles ne manquent jamais de s'oxyder. Ces relais ont été choisis suite à diverses écoutes comparatives afin de détecter d'éventuelles colorations.

Afin d'obtenir un fonctionnement parfaitement symétrique, le réglage de volume est unique en son genre. En effet, en utili-



Vue interne du préampli N° 28. On remarquera à gauche les deux cartes phono avec les multiples contacts pour ajuster le gain et la charge.

d'opérer avec une stabilité de fonctionnement très rigoureuse quelle que soit l'amplitude du signal.

Contrairement à bien des préamplis de haut de gamme, le N° 28 n'est pas limité dans les sources à traiter. En effet, on peut commuter deux magnétophones, deux entrées ligne, une entrée phono (conjointement avec les cartes gain bas ou haut gain correspondantes). Les liaisons s'effectuent selon le mode asymétrique à partir de prises de

circuits de correction RIAA. Toute une série de micro-basculeurs permettent de sélectionner le gain en fonction de la cellule utilisée. Ce gain peut aller de 38 à 58 dB et couvre toutes les cellules ayant un niveau de sortie de 0,2 mV à 2 mV. Une autre série de commutateurs permet en fonction du gain sélectionné de choisir aussi l'impédance de charge optimale pouvant aller pour les cellules à bobine mobile de 30 Ω à 10 k Ω et pour celles à aimant mobile de 825 Ω à 47 k Ω .

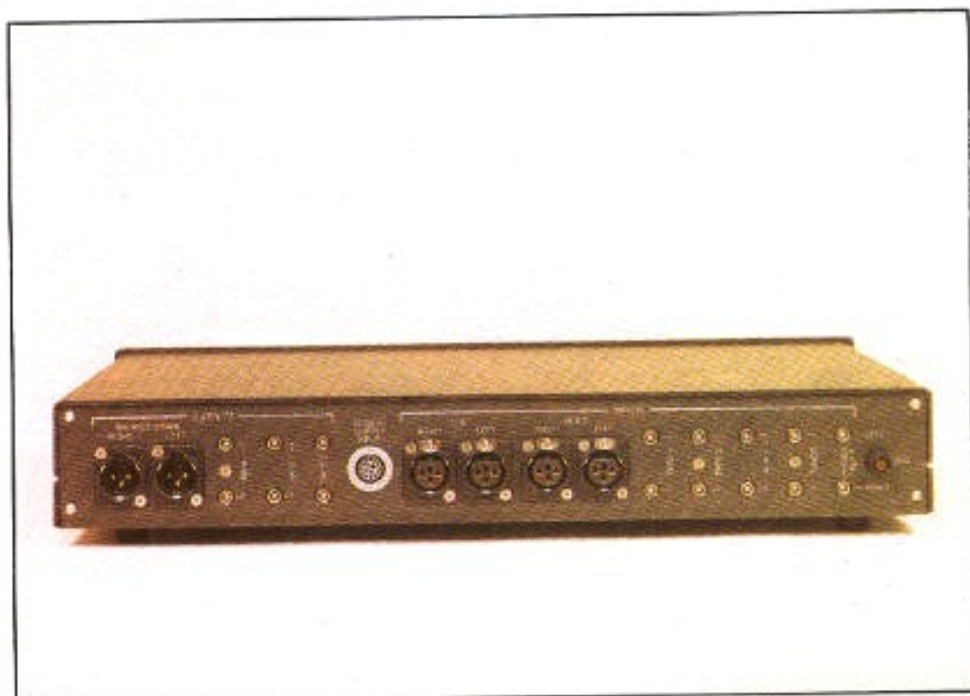
sant un réglage classique, il faudrait un potentiomètre à quatre cages pour maintenir cette symétrie (par canal, un pour la partie positive et un pour celle négative). Or, réaliser un potentiomètre de parfaite précision sur chacune des pistes est pratiquement impossible. Aussi, les ingénieurs de Mark Levinson ont préféré utiliser un réglage de volume à roue codeuse optique qui génère une série d'impulsions qui sont traitées par un microprocesseur et une mémoire effaçable qui détermine le niveau d'un atténuateur électronique. Cet atténuateur électronique utilisé sur le N° 28 contient toute une série de résistances de précision qui sont commutées selon divers arrangements en fonction de la position du réglage de volume. On a ainsi un contrôle de type numérique mais qui entraîne en fait une fonction analogique. En conjugaison avec les micro-basculeurs internes qui ajustent le gain, on peut obtenir une plage de réglage de volume extrêmement large tout en permettant aux circuits de travailler avec exactement le même gain. On peut obtenir 900 niveaux différents selon les diverses combinaisons. Contrairement aux autres réglages de ce type, celui-ci n'entraîne pas de bruit de commutation parasite. De par le principe de fonctionnement réellement symétrique, dit « DIDO » (Differential In, Differential Out : différentiel en entrée, différentiel en sortie), le signal à travers tout le préampli reste symétrique éliminant le bruit de mode commun et la distorsion.

Les étages de gain sur le N° 28 font appel à des amplificateurs opérationnels spécialement réalisés pour Mark Levinson. Ils n'ont strictement rien à voir avec les circuits intégrés que l'on peut trouver dans de nombreux appareils haute fidélité de grande diffusion. D'après nos recherches, ces amplificateurs opérationnels se trouvent sur nombre de conso-

les de mélange professionnelles. Ils subissent un tri très sévère afin de répondre exactement aux spécifications du constructeur. Ces circuits coûtent d'ailleurs beaucoup plus cher qu'un étage à composants discrets et permettent d'obtenir des performances optimales en matière de possibilités de bruit de fond. Ces circuits intégrés présentent l'avantage qu'un seul composant s'occupe de la partie positive et de la partie négative du signal et de ce fait les variations de température ne peuvent jouer sur la symétrie « finale », contraire-

phone. Il n'y a ainsi pas de circuits intermédiaires entre cet étage et la sortie pour ne pas introduire de bruit ou de perte de définition. Il existe deux types de modules phono : l'un à faible gain pour les cellules à aimant mobile et l'autre à haut gain pour les cellules à bobine mobile.

Le signal en sortie de ces modules est converti en mode symétrique pour être traité par les autres circuits du préampli. Sage précaution, les sorties magnétophone sont mises hors charge quand elles ne sont pas utilisées pour éviter tous les pro-



Vue arrière du préampli N° 28. A gauche, les sorties symétriques sur prises Canon et asymétriques sur prises Camac, au centre les prises d'entrées symétriques CD et magnétophone, à droite les prises d'entrées asymétriques au format Camac.

ment à des circuits à base de composants discrets.

Pour l'étage phono, la correction RIAA passive par réseau résistif capacitif dans la boucle de contre-réaction de l'amplificateur opérationnel est obtenue à partir de composants de très haute précision. Après de nombreux tests d'écoute en aveugle, des capacités de type teflon ont été utilisées apportant le maximum de neutralité.

Le module phono procure un gain suffisant pour attaquer directement la sortie magnéto-

blèmes d'interférences possibles avec les autres entrées. La qualité de fabrication est de type professionnel, avec circuits imprimés en verre époxy à pistes épaisses, composants triés, de très faible tolérance, trajet du signal audio optimisé pour obtenir le chemin le plus court, lignes de masse soigneusement élaborées. Cela se traduit en pratique par un extraordinaire recul du bruit de fond, en fonction du gain ajustable et une reproductibilité parfaite des performances d'un canal à l'autre.

Amplificateur de puissance N° 23.5

Cet amplificateur de puissance fait appel au type de construction double mono pour une parfaite indépendance des canaux droit et gauche avec un minimum de diaphonie. Ainsi, dans un unique châssis, on peut découvrir deux amplis monos totalement séparés mais sous un

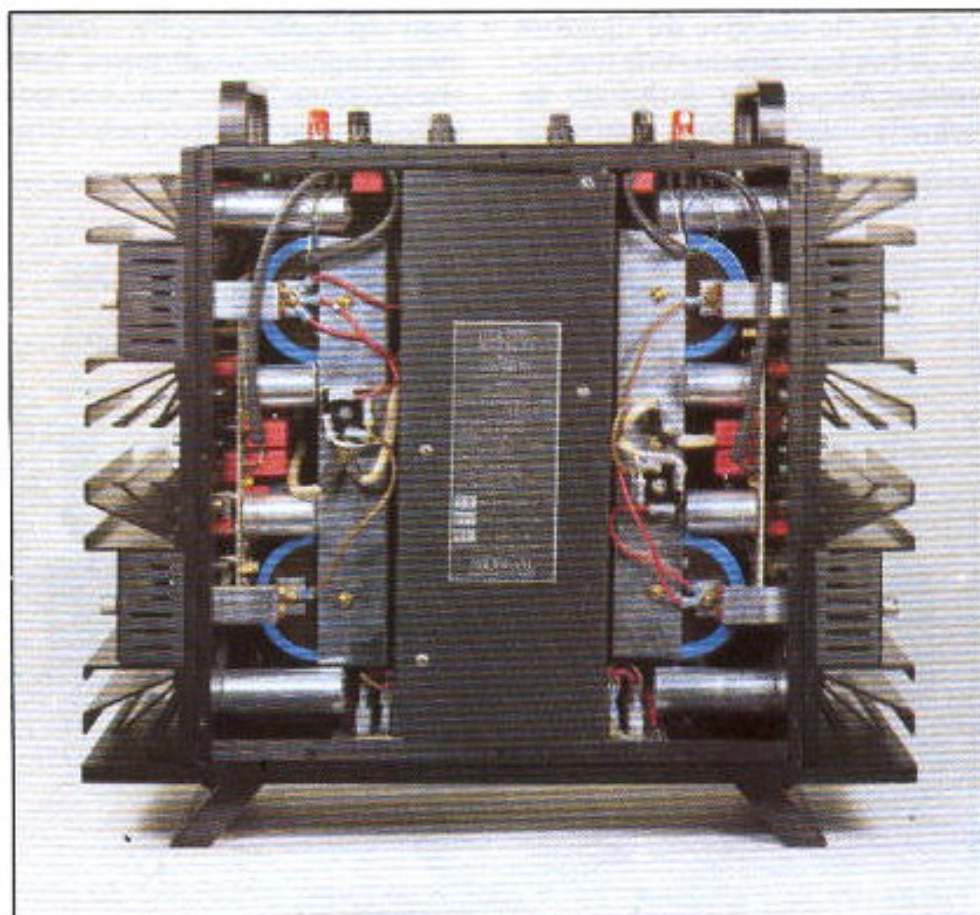
deux transformateurs toroïdaux de 1 250 VA chacun peuvent travailler correctement sans risque de bruits mécaniques ou de distorsions magnétiques. Ces transformateurs sont bobinés chez Mark Levinson. Ils disposent d'enroulements secondaires indépendants pour attaquer deux types d'alimentations, l'une à fort courant pour les étages de sortie et l'autre à bas courant

l'énergie nécessaire aux étages de sortie.

La deuxième alimentation « courant faible » s'effectue à partir d'un deuxième enroulement secondaire du transformateur qui attaque un pont de redressement et deux capacités de 1 900 μF chacune qui sont by-passées par des petites capacités électrochimiques et à film. Les circuits de régulation sont réalisés à partir d'amplificateurs opérationnels. Sur cette carte, sont aussi prévus d'autres circuits qui régulent la demande en courant et en tension des étages d'entrée tout en éliminant les problèmes de bruit et de dérive en courant continu. Ainsi alimentés, les différents étages d'amplification n'interfèrent pas les uns par rapport aux autres.

Les étages de gain de cet amplificateur utilisent une configuration différentielle cascade à partir de transistors bipolaires. Cet étage attaque un second amplificateur différentiel, cascade, et à miroir de courant assurant la conversion symétrique/asymétrique. Un circuit contrôle en permanence les caractéristiques d'écrouissage de ces étages en réduisant les harmoniques indésirables générés. Ce circuit prévient aussi à la mise sous tension de tous risques de passage de transistors violents vers les bornes de sortie haut-parleurs. A signaler que pour cet étage d'entrée, l'impédance de 50 k Ω est maintenue sur toute la bande de fréquences. Cela élimine tous risques de désadaptation avec d'autres éléments. La stabilité des performances de ces deux étages est maintenue avec un courant de polarisation tel qu'ils fonctionnent en classe A à tous niveaux.

Un étage prédriver push-pull complémentaire polarisé en classe A monté en émetteur suiveur attaque un double push-pull de driver complémentaire qui fournit le courant aux étages de sortie.



Vue interne de l'ampli N° 23.5, construction double mono.

encombrement minimum. Son poids conséquent, 48 kg, donne déjà un aperçu de la qualité de fabrication, d'autant que la puissance est de 200 W par canal en régime continu sur 8 Ω de 20 Hz à 20 kHz.

Un soin tout particulier a été porté à l'alimentation. On trouve ainsi par canal un circuit de filtrage très sophistiqué pour éliminer les interférences à très hautes fréquences ainsi que les problèmes d'asymétrie dans la fréquence secteur (courant continu d'offset). Avec une source d'alimentation aussi pure, les

avec régulation pour les étages d'entrée.

Pour les étages de sortie, par canal, on trouve un pont de redressement de 35 A suivi par deux capacités de 36 000 μF avec en parallèle des capacités électrolytiques et à film. L'ensemble des capacités assurant une réserve d'énergie extraordinaire, 240 joules. Les ± 84 V obtenus alimentent via deux énormes barres en cuivre sans oxygène les étages de puissance. Ce détail a son importance, car ces barres assurent le maximum de transfert de puissance et de toute

L'étage de puissance consiste en six push-pull complémentaires montés en parallèle faisant appel au total par canal à 12 transistors capables de dissiper 200 W chacun ! Cet étage de puissance opère en classe AB. Les ingénieurs ont su parfaitement opérer la transition entre la classe A et la classe B afin qu'il n'y ait pas de phénomènes de non-linéarités classiques à ce mode d'opération. Ainsi un rendement élevé est maintenu tout en conservant d'excellentes qualités musicales même à bas niveau (absence de distorsions de croisement). Son très haut facteur d'amortissement à toutes fréquences a permis de se passer des traditionnelles selfs en sortie pour éviter les phénomènes d'accrochage. Il en résulte un fonctionnement parfaitement stable sur n'importe quel type de charge aussi bien capacitive qu'avec un module d'impédance très torturé.

Le système de protection est typique à Mark Levinson et contrôle en permanence : les risques de passage de courant continu (circuit spécifique utilisant des coupleurs opto-électroniques),

L'écoute

Patrick Vercher

L'ensemble préampli N° 28 et ampli N° 23.5 a été écouté en liaisons symétriques entre les deux appareils. La source était fournie par un lecteur CD avec sorties symétriques pour pouvoir attaquer selon ce mode les entrées prévues sur le préampli. Deux types d'enceintes ont été utilisées, l'une à très haut rendement, de type électrodynamique et l'autre à bas rendement, isodynamique. Un point important se dégage de cet ensemble : un silence de fonctionnement rarement atteint par des électroniques fussent-elles à tubes ou à transistors. Sur l'entrée haut niveau, on peut pousser le volume sonore à fond, à proximité immédiate d'un tweeter à

chambre de compression, pas le moindre souffle n'est perceptible. De même dans le grave, aucun résidu de fréquence secteur 50 Hz n'a pu être mis en évidence par un léger grésillement. Cette qualité de silence se retrouve instantanément sur la modulation musicale, par un souci du détail révélé à son juste niveau par rapport à l'information principale et non étouffé ou noyé dans une espèce de coton sonore. Mais cet ensemble va beaucoup plus loin que d'autres électroniques à transistors fussent-elles MOSFET dans l'impression de clarté permanente, de facilité du suivi rythmique sans tomber dans le dessèchement et l'ennui. Le respect de la structure harmonique des timbres, aussi bien en écoute confidentielle qu'à très fort niveau, est une permanence. On n'assiste pas à une modification de la couleur tonale des instruments en fonction du niveau d'écoute. Même sur les pointes de niveau, le 23.5 ne donne pas l'impression de duretés passagères ou de champ sonore qui se rétrécit brutalement. Au contraire, l'ouverture est permanente avec une extrême stabilité dans la focalisation des sources. On rejoint sur ce paramètre les très bonnes réalisations à tubes avec certains effets de fausse réverbération en moins. Mais le système Levinson devient enthousiasmant quand le message sonore est très complexe. Là où les électroniques de pointe arrivent à devenir confuses, le Levinson détache avec une belle assurance chaque information les unes par rapport aux autres en respectant l'espace sonore environnant. La musique reprend ainsi ses droits sans tomber dans un romantisme sonore outrancier mais avec une justesse de timbre et un suivi mélodique parfaits.

Avec des enceintes électrostatiques à faible rendement ou des panneaux isodynamiques, l'ensemble Levinson conserve ce

délié, cette absence totale d'agressivité sur les crêtes de niveau avec une tenue dans le grave incomparable. Les grandes membranes planes ne semblent pas « onduler » mais poussent de manière uniforme sur toute leur surface. A parti de ces transducteurs, on peut grâce à l'incroyable réserve d'énergie du 23.5 retrouver un niveau d'écoute proche de la réalité sans être agressé par des sonorités peu harmonieuses ni ressentir un tassement des plans sonores sur l'avant-scène. La rapidité, la nervosité du grave avec des systèmes de haut-parleurs à haut rendement font curieusement oublier tous types de colorations

Cette hyper-rapidité sur les transitoires au-dessous de 200 Hz, où d'autres amplis se laissent aller, se confirme aussi par un dégagement du bas-médium qui devient d'une lisibilité parfaite. L'unité, la cohérence des timbres d'un bout à l'autre du spectre reproduit sont à mettre à l'actif de ces deux électroniques. Quant à ceux qui sont restés fidèles au disque noir, les modules phono du préampli N° 28 avec leurs multiples possibilités d'adaptation en gain et en charge permettent de tirer toute la quintessence des cellules phonoelectriques. Nous avons constaté en particulier qu'avec une cellule à bobine mobile réputée pour sa capacité dynamique mais qui avait légèrement tendance à remonter dans le haut-médium-aigu, on pouvait retrouver une linéarité correcte et un bon équilibre entre grave et aigu. La très haute admissibilité de cette entrée phono évite sur les transitoires violents cette impression que les notes distordent instantanément avec une mauvaise récupération, après, qui influence beaucoup l'intelligibilité du message. La ligne mélodique peut être suivie aisément avec une fluidité qui, curieusement, rapproche ce préampli des réalisations à tubes sur ce paramètre.

Phénomènes subjectifs de l'audition

1^{re} PARTIE

Jacky Mas

S

Si les thèmes exposés dans les deux précédents articles avaient un cadre bien défini, le premier celui de la physique acoustique, le second celui de l'anatomie et de la physiologie de l'audition, les problèmes que nous abordons cette fois sont d'une nature plus complexe, car ils font appel à la psychologie expérimentale. La psychoacoustique, qui est une branche de la psychophysique, étudie les rapports entre des phénomènes objectifs mesurés par des tests de stimulation acoustique où la quantification est possible, et des phénomènes totalement subjectifs se rapportant à l'aspect qualitatif de la sensation auditive.

Vous avez tous tenté d'établir des corrélations entre des paramètres objectifs d'appareils de reproduction sonore (distorsions ou temps de montée des amplis, réponse impulsionnelle des enceintes acoustiques, etc.) et leur musicalité. Vous avez pu constater, à cette occasion, les difficultés inhérentes à ce type de méthodologie. Trop souvent, les performances électriques fantastiques de certains systèmes n'ont aucune traduction à l'écoute, il arrive même parfois que des appareils aux caractéristiques à peine honorables surpassent en musicalité ceux qui mettent en défaut les bancs de mesure les plus sophistiqués.

Pour tenter d'établir des liens entre le qualitatif et le quantitatif, l'objectif et le subjectif, nous allons tout d'abord nous intéresser aux différents paramètres permettant de définir un son, en particulier sa hauteur, son intensité et son timbre.

L'intensité ou sonie

Les facultés de perception de l'oreille sont étonnantes : le système auditif est sensible à des déplacements du tympan de l'ordre du diamètre d'une molécule d'hydrogène. A l'opposé, des sons aussi violents que ceux délivrés par un réacteur d'avion ou un tir de canon sont égale-

ment perçus par le système auditif.

La gamme étendue de fréquences et de puissances accessibles à l'oreille humaine nécessite le recours à une échelle logarithmique. En effet, cet organe possède une dynamique d'environ 10^{12} , c'est-à-dire que la puissance entre un son ayant une intensité à la limite de l'audible (*seuil d'audition*) et le début des phénomènes douloureux (*seuil de douleur*) pour ce même son varie dans un rapport de 1 000 milliards ! Par ailleurs, l'oreille est apte à discriminer des différences très faibles d'intensités entre deux sons. Enfin, le

système auditif est capable d'analyser la composition spectrale des sons complexes, c'est-à-dire leur répartition énergétique selon la fréquence.

La loi de Fechner établit que la sensation perçue varie comme le logarithme de l'intensité, cela explique qu'il y ait autant de « différence de puissance acoustique » entre 1 et 10 instruments identiques qui jouent ensemble qu'entre 10 et 100.

L'article sur la physique acoustique nous a permis de rappeler la définition du décibel (dB). Cette échelle logarithmique de puissance permet de ramener la dynamique de l'oreille à un

chiffre moins impressionnant que le précédent et les 1 000 milliard deviennent... 120 dB. La référence ou seuil d'audition est de 10^{-12} W/m² pour la puissance par unité de surface ou intensité, et de 20 µPa pour la pression acoustique. Les dB obtenus à partir de l'intensité ou de la pression acoustique sont appelés dB SPL (pour *Sound Pressure Level*). Pour obtenir le niveau d'un son en dB SPL, le logarithme des rapports d'intensité doit être multiplié par 10 dans le premier cas, alors que dans le second, il doit être multiplié par 20.

Par exemple, un son d'intensité 10^2 W/m² ou $20 \cdot 10^7$ µPa donne le même niveau en dB SPL, soit :

$$10 \log_{10}\left(\frac{10^2}{10^{-12}}\right) =$$

$$20 \log_{10}\left(\frac{20 \cdot 10^7}{20}\right) = 140 \text{ dB SPL.}$$

Le tableau suivant regroupe quelques niveaux en dB SPL et des exemples de sons correspondant à ces intensités.

Intensité (W/m ²)	Pression (µPa)	Niveau de pression acoustique (dB SPL)	Situation
10^{10}	$20 \cdot 10^{11}$	220	coup de canon (à 4 m)
10^2	$20 \cdot 10^7$	140	réacteur d'avion
10	$63 \cdot 10^6$	130	marteau pneumatique
1	$20 \cdot 10^6$	120	SEUIL DE DOULEUR discothèque
10^{-1}	$63 \cdot 10^5$	110	coups de marteau sur acier
10^{-5}	$63 \cdot 10^3$	70	conversation (à 1 m)
10^{-7}	$63 \cdot 10^2$	50	rue calme
10^{-10}	200	20	chuchotement (à 1 m)
10^{-12}	20	0	SEUIL D'AUDITION

Il n'est pas toujours simple de définir le niveau résultant d'une écoute simultanée de deux sources sonores. En général, la règle à appliquer est la suivante : lorsque deux sons purs émis simultanément ont même fréquence et même phase, il faut sommer les

pressions acoustiques, alors que pour des sons de fréquence différente ce sont les intensités acoustiques que l'on ajoute. Dans ces conditions, le gain obtenu dans le premier cas est de 6 dB, alors qu'il n'est que de 3 dB dans le second. Par exemple, deux sources à 100 dB SPL chacune, donc ayant une pression acoustique de

$$10 \log_{10}\left(\frac{2(10^{-2})}{10^{-12}}\right) \text{ soit } 103 \text{ dB.}$$

En métrologie, d'autres types de dB sont couramment utilisés : les dB pondérés (dB(A), dB(B), dB(C)). Pour ces dB, le niveau SPL est atténué de façon différente dans chaque bande d'octave pour chaque pondération. Les pondérations A, B et C

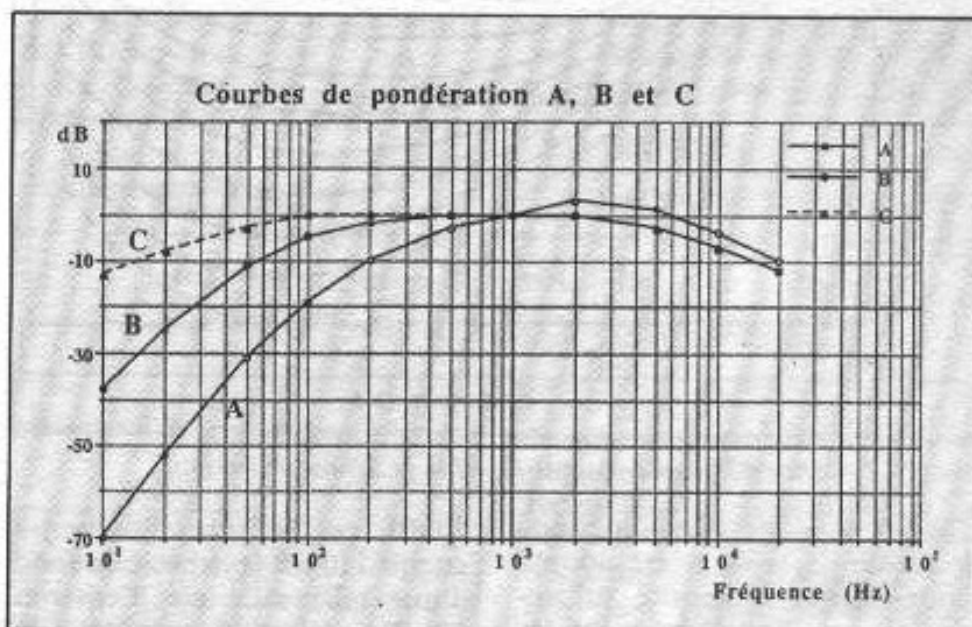


Fig. 1 : Ces courbes indiquent les atténuations imposées aux niveaux de pression acoustique (dB SPL) selon la fréquence (Brüel et Kjaer, 1979).

sont fondées sur les sensations d'égale intensité subjective (on parle d'*isonie*) pour les sons de niveau faible, moyen ou fort selon l'échelle des *phones* dont nous allons parler un peu plus loin. La figure 1 représente schématiquement les trois courbes de pondération en fonction de la fréquence. C'est la courbe de pondération en dB(A) qui est la plus utilisée pour la mesure des bruits industriels, la plupart des constructeurs de matériaux d'isolation acoustique donnent le niveau d'atténuation selon cette pondération.

Pour établir une relation entre l'objectif et le subjectif, Fletcher et Munson ont construit en 1933 un ensemble de courbes représentant les niveaux d'égale audition des sons purs en fonction de la fréquence (figure 2). Afin d'éviter la confusion entre intensité physique (puissance acousti-

$20 \cdot 10^5$ µPa ou une intensité de 10^{-2} W/m², produisent un son de $20 \log_{10}\left(\frac{2(20 \cdot 10^5)}{20}\right)$ soit 106 dB si la phase et la fréquence sont identiques pour les deux sons, alors que dans le cas contraire, le niveau du son résultant est de

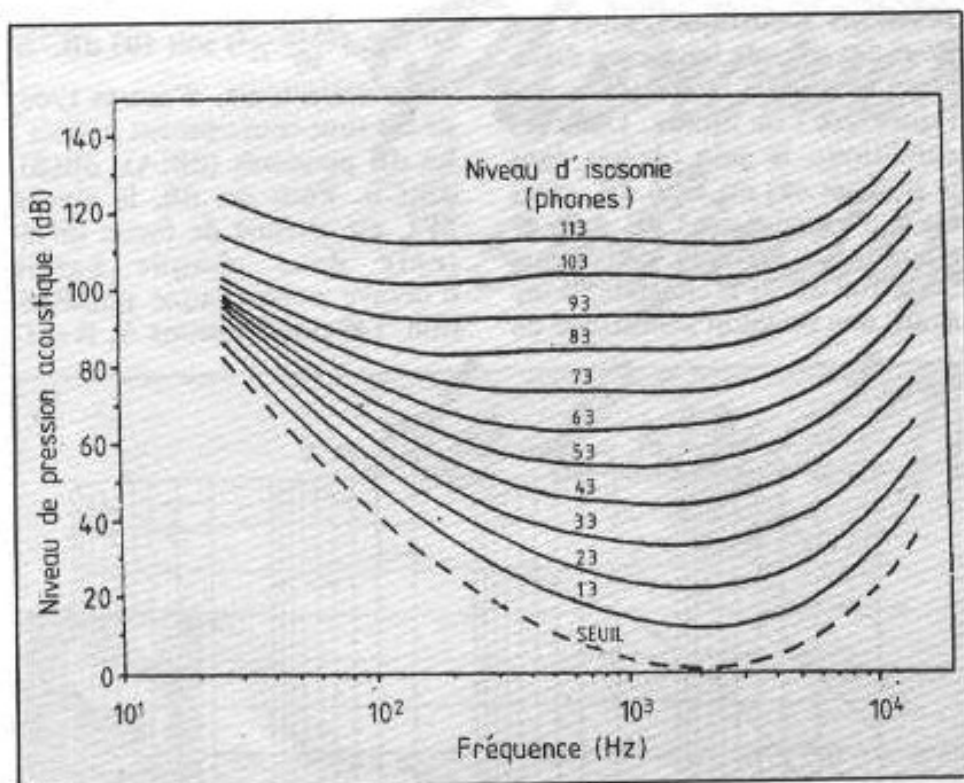


Fig. 2 : Courbes d'isophonie d'après Fletcher et Munson (1933).

que) et intensité psychologique, le terme de *sonie* a été adopté pour décrire l'intensité subjective des sons. Par conséquent, les courbes de la figure 2 sont dites *courbes d'isophonie*. Toutes les fréquences sont perçues avec la même intensité subjective pour une courbe donnée. L'*échelle d'isophonie* est encore appelée *échelle des phones*. Les non-linéarités fréquentielles de l'oreille sont bien mises en évidence sur ces courbes, et un son de 43 dB SPL à 1 000 Hz semble aussi intense pour l'auditeur qu'un son de 63 dB SPL à 100 ou 10 000 Hz. Bien entendu, les valeurs figurant sur cet ensemble de courbes ne sont correctes que « statistiquement » et, en pratique, il existe d'importantes variations en fonction des individus. Quoi qu'il en soit, c'est sur la base de ces courbes qu'est définie l'audiométrie tonale dont nous reparlerons dans le dernier article de cette série.

Les musiciens utilisent pour les intensités une échelle réduite constituée de 7 niveaux (de *ppp* à *fff*). La dynamique maximale d'un auditorium est d'environ

70 dB, car un tutti d'orchestre atteint 110 dB et le bruit de fond d'une telle salle est d'environ 40 dB. Chaque niveau de l'échelle musicale correspond donc à 10 dB ou 1 Bel, et cela suffit amplement puisque personne n'est capable de préciser l'intensité d'un son à 1 dB près...

La hauteur ou tonie

C'est le facteur qui définit le caractère grave ou aigu d'un son. Ce paramètre est donc essentiellement lié à la *fréquence*. En réalité, il dépend de très nombreux autres paramètres (intensité, timbre, durée...).

La résolution en fréquence de l'oreille est beaucoup plus importante que pour les intensités. Si l'on cherche à déterminer, comme pour ces dernières, le plus petit intervalle de fréquence Δf qui donne une sensation de hauteur distincte, il apparaît que sur une large bande de fréquences, le rapport $\Delta f/f$ reste à peu près constant. Malgré de grandes variations interindividuelles, la

valeur communément admise pour cette constante est de 1/80. Nous sommes ici très loin des sept niveaux d'intensité utilisés en musique.

Selon la fréquence, la hauteur perçue varie de façon relativement importante pour les sons sinusoïdaux purs lorsque l'intensité est modifiée. Autour de 2 000 Hz, cette variation est très faible, et la hauteur ne semble pas affectée par la variation d'intensité. Par contre, Stevens a montré que les fréquences de plus en plus basses semblent sonner encore plus bas et les fréquences hautes encore plus haut si l'intensité est augmentée (figure 3).

Un autre fait curieux concernant le comportement de l'oreille est l'évolution subjective de l'octave. Si une fréquence de 440 Hz correspond bien à l'octave de 220 Hz ou 880 Hz à celle de 440 Hz, il n'en va plus de même lorsque la fréquence augmente et 6 000 Hz n'est pas du tout perçue comme l'octave de 3 000 Hz. Différentes tentatives ont été faites pour établir des échelles de correspondance entre les intervalles musicaux et les fréquences physiques des sons (*échelle des Mels* par exemple), mais jusqu'à présent aucune de ces tentatives n'a connu un réel succès pratique.

Selon notre état d'âme, la perception des sons est altérée car l'unité temporelle n'a plus tout à fait la même valeur. En effet, cette perception est liée au temps, et ce temps passe plus ou moins vite selon notre état de tension nerveuse, influant par conséquent sur la hauteur subjective des sons. Ce phénomène est également vérifié lorsque les temps d'émission des sons sont modifiés et la hauteur semble baisser si ce temps est écourté (par exemple, un son à 1 kHz émis pendant 0,1 seconde est perçu comme du 850 Hz si le temps d'émission est réduit à 0,01 seconde).

Les considérations précédentes valent pour des sons purs et les choses deviennent beaucoup plus compliquées pour des sons complexes et périodiques (ou quasi-périodiques) comme la parole et les sons musicaux. Dans ce cas, le spectre harmonique du signal joue un rôle prédominant, puisque l'élimination du fondamental et de différentes autres composantes spectrales (harmoniques ou partiels) n'altère pas la perception de la hauteur du son, seul le timbre du signal semble plus ou moins grêle. Ce filtrage fréquentiel explique la différence de sonorité pour un même orchestre en fonction des salles. Naturellement, ce qui est vrai pour les formations

dans ce local la configuration que vous avez retenue pour votre chaîne Hi-Fi...

La notion de hauteur débouche sur celle d'*intervalle*, c'est-à-dire sur la distance ou écart de hauteur entre deux sons. Il existe une multitude de manières de définir ces intervalles. Lorsque le rapport des fréquences est égal à 2 l'intervalle ainsi obtenu constitue l'*octave*.

La gamme des physiciens divise l'octave en sous-intervalles et les notes ont les rapports de fréquence suivants :

tons (appelée *comma*) correspond à $9/8$ divisé par $10/9$ soit $81/80$. On retrouve bien la valeur de $1/80$ pour le rapport $\Delta f/f$. Une autre méthode de division de l'octave a été proposée par J.S. Bach. Cette dernière définit 12 demi-tons égaux dans l'octave, c'est la gamme *tempérée*. Dans ce cas, l'écart des sous-intervalles est tel que le rapport des fréquences est de 1,059 et $(1,059)^{12}$ est bien égal à 2.

Le timbre

Ce paramètre est lié à la distri-

do	ré	mi	fa	sol	la	si	do
1	$9/8$	$5/4$	$4/3$	$3/2$	$5/3$	$15/8$	2

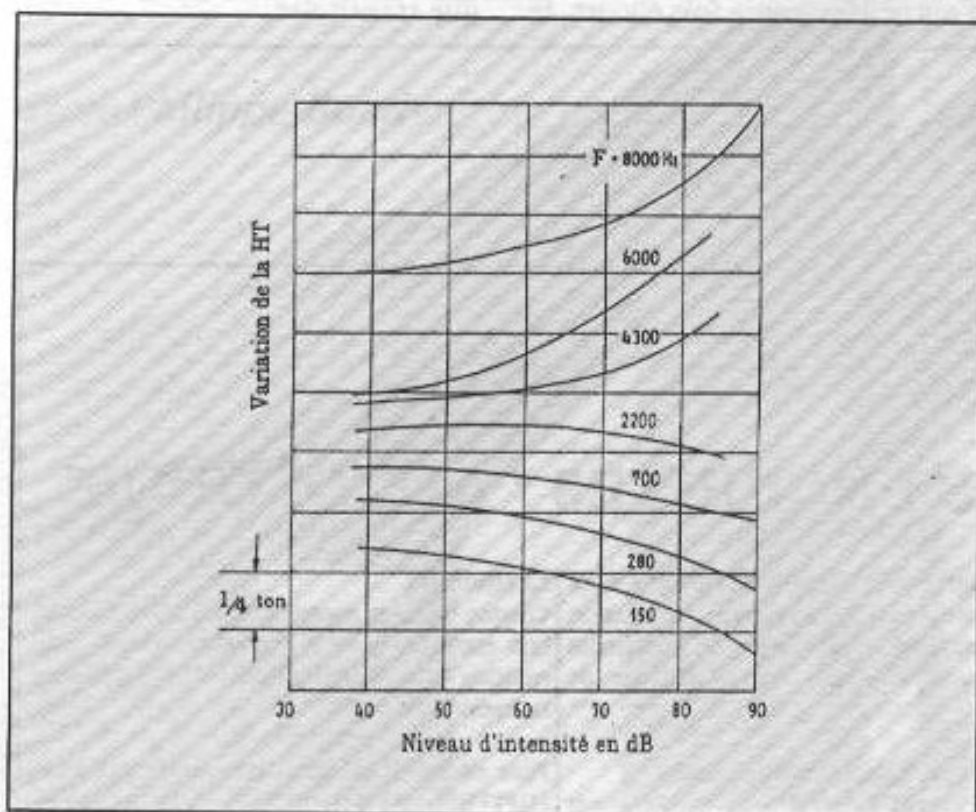


Fig. 3 : Evolution de la fréquence subjective en fonction de la fréquence et de l'intensité.

musicales l'est également pour les systèmes électro-acoustiques et il ne faut donc plus s'étonner de la divergence de vues entre auditeurs relativement à telle enceinte ou à tel amplificateur. Cela démontre une fois encore le rôle prépondérant du local d'écoute et la nécessité de tester

Ces intervalles sont inégaux et il apparaît trois valeurs différentes pour les rapports, l'un correspond à un rapport de $9/8$ (do-ré, fa-sol, la-si), le second plus petit de $10/9$ (ré-mi, sol-la) et le demi-ton à $16/15$ (mi-fa, si-do). La différence entre les deux premiers

butions spectrales des sons complexes. C'est grâce à lui que nous reconnaissons spontanément la voix de notre interlocuteur au téléphone ou plus généralement que nous faisons la différence entre des sons de même sonie et de même hauteur joués par des instruments différents. Nous avons vu que les sons complexes présentent un fondamental et des harmoniques ou des partiels selon que les composantes sont ou non des multiples entiers de la fréquence fondamentale. L'oreille est un analyseur spectral et certains auditeurs entraînés sont capables de discerner les différentes composantes d'un son complexe.

Si l'oreille analyse le spectre d'amplitude, elle n'est par contre pas sensible au spectre de phase. Les termes de phase ont une importance considérable puisqu'ils permettent la localisation spatiale des sources sonores. En réalité, c'est grâce à la parité de notre détecteur que ces termes de phase sont introduits. C'est la différence de marche des faisceaux sonores entre les sources sonores et nos deux oreilles qui est à l'origine de ces déphasages. Notons au passage que l'intensité relative perçue par les deux

oreilles joue également un rôle dans cette localisation spatiale. L'importance de l'un ou de l'autre mécanisme de localisation spatiale est fonction de la fréquence : c'est la différence de phase qui prédomine pour localiser des sons de fréquence inférieure à 800 Hz et l'intensité pour ceux qui ont une fréquence supérieure à 3 kHz. Entre ces deux limites, la localisation des sources devient peu précise.

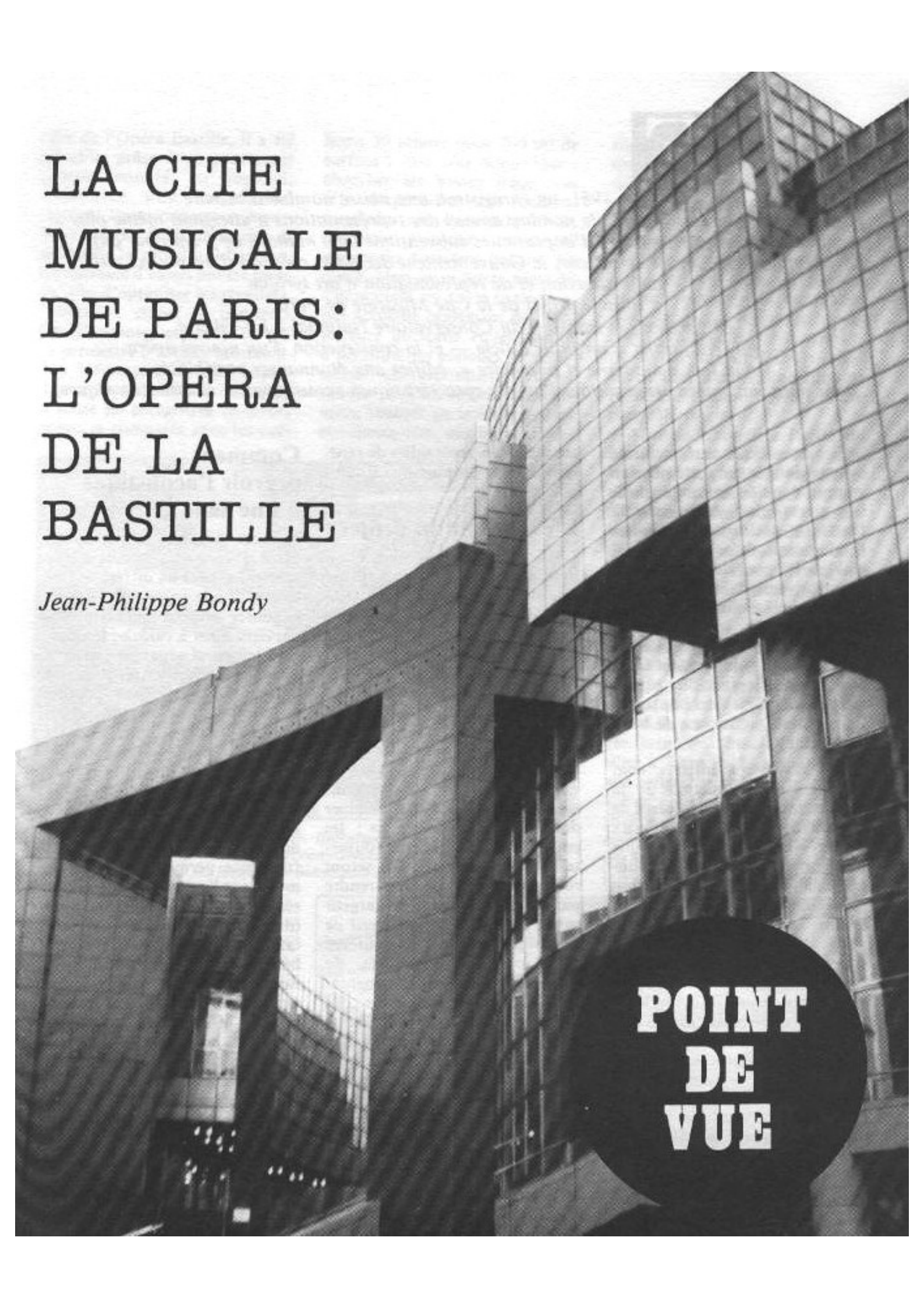
La richesse harmonique des sons complexes explique certains qualificatifs couramment utilisés. Ainsi, un son basse fréquence ou médium au fondamental intense et présentant peu d'harmoniques semble « moelleux » ou « velouté ». Si, par contre, il est de nature aiguë, il tend rapidement à devenir désa-

gréable et strident. Selon la prédominance des harmoniques, les sons semblent « ronds » et « chauds » (présence d'harmoniques de faible rang) ou « acides » (harmoniques de rang supérieur). Un son devient « nasillard » après élimination du fondamental et des premiers harmoniques.

Les transitoires d'attaque et d'extinction jouent également un rôle dans le timbre des sons complexes. Par conséquent, une enceinte ou un amplificateur semblent d'autant plus musicaux qu'ils « transportent » plus fidèlement les signaux, c'est-à-dire en ne modifiant pas ou très peu leur contenu spectral d'une part, et qu'ils respectent leurs transitoires d'attaque et d'extinction d'autre part. Cette fois encore, le

local d'écoute influe sur le résultat, car il modifie, parfois de façon considérable, ces deux paramètres.

De ces quelques pages, il ressort que la perception des sons n'a pas encore livré tous ses secrets, mais que la voie tracée par les psychoacousticiens est la bonne. La découverte pour certains ou le rappel pour d'autres de ces notions éviteront sans doute de vaines discussions sur la supériorité, au sens musical du terme, de tel appareil ou de telle interprétation par rapport à d'autres, car il ne semble pas y avoir de vérité absolue dans le domaine de la perception auditive et quand bien même il y en aurait une, elle ne saurait être... que transitoire.



LA CITE
MUSICALE
DE PARIS:
L'OPERA
DE LA
BASTILLE

Jean-Philippe Bondy

**POINT
DE
VUE**



En 1981, on enregistrait une baisse notable d'activité de l'Opéra Garnier à Paris, le nombre annuel des représentations n'atteignait même plus une centaine et ce, malgré d'importantes subventions (300 millions de francs par an). Afin de redynamiser ce secteur, le Gouvernement décida la création d'un nouvel outil de production et de représentation d'art lyrique avec le projet de la Cité Musicale de Paris, comprenant le transfert du Conservatoire National à La Villette — qui fera l'objet d'un futur article — et la construction d'un nouvel opéra, à la fois « moderne et populaire », édifice aux étonnantes possibilités dont nous vous présentons aujourd'hui les caractéristiques acoustiques et électroacoustiques.

Si l'acoustique architecturale est une donnée qui a été prise en compte depuis l'antiquité (théâtres grecs), c'est seulement à la fin du 19^e siècle que les premiers fondements théoriques furent établis. Ils permirent de définir progressivement les paramètres déterminants comme le temps de réverbération, les premières réflexions (Early Decay Time, ou EDT), l'indice de « clarté », le coefficient de corrélation binaurale qui mesure le degré de sensation spatiale, le niveau de bruit de fond, etc.

Ces divers paramètres sont non seulement fonction de la géométrie des lieux mais aussi de la nature des matériaux employés. Il apparaît donc que tout grand projet de salle de concert naît d'une collaboration étroite entre acousticiens, architectes, décorateurs, scénographes... Doivent être également pris en compte des impératifs de bonne visibilité et d'esthétique, le confort visuel influant aussi sur l'appréciation subjective globale.

Outre ces exigences, le cahier des charges de la grande salle de l'Opéra Bastille imposait des conditions d'audition et de vision équivalente en tout point, une capacité d'accueil maximale de 2 700 places et de nombreuses aires de dégagement consacrées au stockage des décors. Étaient

aussi prévues trois salles de répétitions ainsi que plusieurs studios de pratique.

L'évolution du projet

Il va sans dire que ces nombreuses contraintes ont causé bien des problèmes à l'architecte brésilien Carlos Ott, assisté de l'acousticien Jean-Paul Vian du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) de Grenoble, lui-même associé au bureau d'études allemand Muller-bbm. Entre 1983 et 1987, les plans feront progressivement évoluer le profil de la salle : le nombre initial de trois balcons sera réduit à deux afin d'éliminer des zones d'« ombres » ; les parois latérales, au départ ouvertes et disposées en épis, seront redressées afin de les rendre parallèles, ramenant la largeur totale à 32 m, dans un souci de renforcement des premières réflexions, responsables de l'impression spatiale (augmentation de la dissemblance des signaux parvenant à chaque oreille). Le plafond, originellement équipé de réflecteurs mobiles, sera complètement repensé pour aboutir à un profil en vagues successives. Les éléments du proscenium (ou cadre de scène) responsables du couplage scène-salle, seront rendus plus diffusants afin d'homogénéiser la dispersion sonore.

Comment prévoir l'acoustique d'une salle ?

Il est possible, à partir des plans d'une salle, de déterminer graphiquement les différents trajets de l'onde acoustique, depuis la source jusqu'à l'auditeur. On parvient ainsi à calculer le décalage temporel séparant l'arrivée du son « direct » (propagation indépendante des lieux comme en champ libre) des sons réfléchis une ou plusieurs fois par les parois de la salle. Chacune est affectée d'un facteur de réflexion égal au rapport de la pression incidente sur la pression réfléchie. Ce facteur, dépendant de l'angle d'incidence et de la fréquence permet de prévoir le module et l'orientation de l'onde réfléchie. Un « échogramme » (diagramme d'échos représentant l'amplitude du son réverbéré en fonction du temps, après extinction de la source) peut alors être déterminé. Les récents progrès effectués en informatique ont permis au CSTB de développer un programme de calculs prévisionnels baptisé « Epidaure » reposant sur des principes acoustiques géométriques étendus à l'acoustique ondulatoire, qui prend en compte la fréquence et la phase.

Ainsi, après avoir introduit les paramètres de la future grande

salle de l'Opéra Bastille, il a été possible, grâce à un processeur sonore couplé au logiciel, d'écouter une simulation recréant l'environnement acoustique, après avoir numérisé et mémorisé la voix d'un chanteur. Une dizaine d'essais ont été réalisés afin d'optimiser les résultats.

Dernière étape, la construction d'une maquette au 1/20^e qui va permettre d'affiner la simulation informatique. Une impulsion sonore, émise au centre de la scène est enregistrée en divers points et comparée avec les pré-

lisent 70 tonnes pour 700 m² de surface ! Son rôle acoustique : absorber les basses fréquences afin d'approcher un équilibre tonal de type « analytique » et renforcer l'énergie sonore au niveau du deuxième balcon. En outre, c'est un « lustre géant », s'illuminant sur toute sa surface, qui accueille également des projecteurs de scène et les sorties d'aération, les bouches de ventilateur correspondantes étant situées sous les sièges. Ces derniers, réalisés en bois de poirier et velours noir, ont la particu-

rité de présenter des caractéristiques d'absorption proches de celles de l'être humain quand ils sont vides et donc repliés. Ainsi, la salle est « peu sensible à la charge » (le public) (voir figure 4). Pour compenser cette caractéristique, les murs du fond et latéraux comportent un revêtement en granit bleuté, augmentant le temps de réverbération (matériau massif et réfléchissant). Le plancher, constitué de chêne et de granit renforce cette particularité.

Afin de combattre l'effet de masse redouté dans toute grande salle, les deux balcons ressortent beaucoup sur les côtés de façon à entraîner des réflexions croisées vers les places situées au-dessous. Ce morcellement des avancées concourt à « compartimenter » l'auditoire en unités plus restreintes, à la manière des « Weinberg ». Cette disposition augmente l'efficacité latérale et tend à atténuer le volume subjectif de la salle, pour une ambiance plus intimiste. D'autre part, l'énergie acoustique est conservée jusqu'au fond de la salle, situé à 48 m de la scène, grâce aux réflexions sous les balcons.

Les premières réflexions (EDT), dont dépend beaucoup le résultat général, sont favorisées par une diffusion verticale due à la présence des loggias latérales

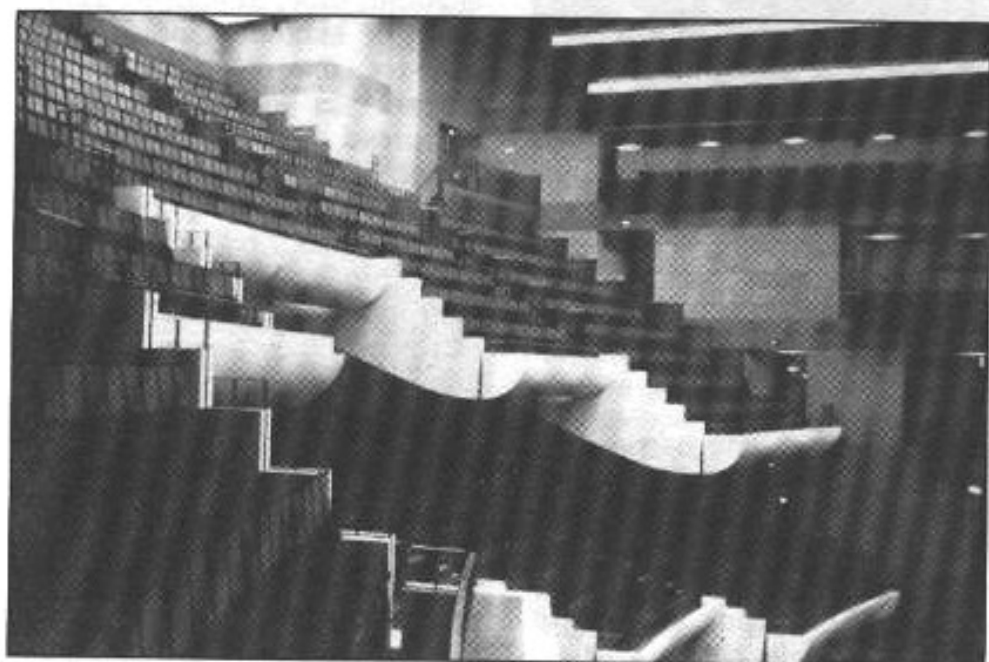


Fig. 1 : Vue latérale de la grande salle. Remarquer les avancées « fragmentées » des deux niveaux de balcon qui contribuent à réduire l'effet de masse. On aperçoit également les loggias ou balconnets au dernier plan.

visions d'Epidaure. C'est lors de cette phase terminale que Carlos Ott parviendra au profil architectural définitif.

La grande salle dans sa configuration actuelle

Lorsque l'on pénètre à l'intérieur de la grande salle, on constate rapidement que l'acoustique a été totalement intégrée au design de l'architecture. Premier point, le splendide plafond en tuiles de verre prolifith de 6 mm d'épaisseur, découpées par des joints en caoutchouc et qui tota-

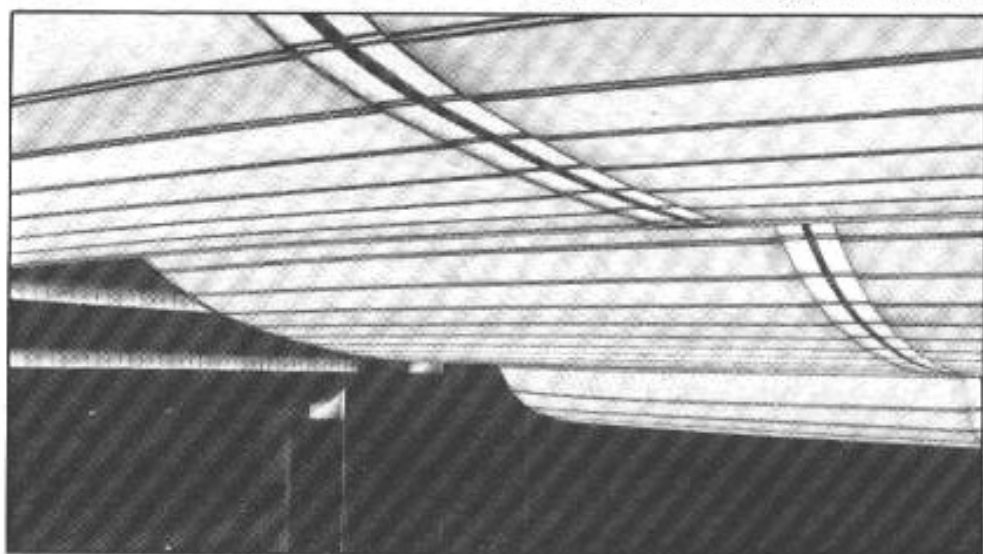


Fig. 2 : 70 tonnes de verre répartis sur 700 m², perchées au-dessus de l'auditoire ! Remarquer le profil en vagues successives.

(ou balconnets), au profil semi-cylindrique. La durée des premières réflexions (décroissance de 10 dB) est une caractéristique qui a été très soigneusement prise en compte, car elle influe énormément sur l'intelligibilité indispensable à tout opéra.

Le rôle du proscenium est, par contre, un peu plus complexe. Tout d'abord, ils doivent réfléchir la quantité d'énergie optimale vers les chanteurs à la manière d'un « retour de scène » afin qu'ils puissent s'entendre. Ensuite, ils doivent assurer une dispersion sonore dans la salle, mais dans une multitude de directions, en homogénéisant la répartition de l'énergie sur l'auditoire dans une gamme de fréquences étendue. On conçoit donc aisément qu'ils doivent être composés à la fois d'éléments réfléchissants et diffusants pour remplir cette double fonction. En outre, le proscenium s'adapte à différentes ouvertures de scène, suivant le spectacle. Il s'ajuste également à la conque d'orchestre symphonique, une gigantesque coquille en feuilles d'aluminium dans laquelle prend place la formation complète, qui accroît le temps de réverbération (voir figure 4). Le proscenium



Fig. 3 : La partie arrière de la grande salle, son deuxième balcon. Les sièges relevés présentent des caractéristiques d'absorption proches de celles de l'être humain et le revêtement en granit accroît la durée de réverbération.

comporte donc une partie fixe, côté salle, et une partie mobile côté scène. Il permet une adaptation avec les différentes configurations de la fosse d'orchestre, modulable à l'aide de quatre podiums mobiles.

Le proscenium, « élément pivot » de l'acoustique, comporte un grand nombre de cavités aux caractéristiques diffusantes et ce, à toutes les fréquences, grâce à des circuits de profondeur variant suivant une suite de racines primitives, calcul développé par le mathématicien Schroeder à la fin des années 80.

L'immunité aux bruits parasites

Il était primordial d'assurer une totale isolation phonique à la grande salle, de manière à conserver le maximum de dynamique, les concepteurs de la salle n'ayant pas voulu — et on les comprend — avoir à renforcer le niveau sonore à l'aide du complexe électroacoustique intégré à la salle (nous y reviendrons).

La proximité de la ligne de métro et les bruits de circulation automobile constituent la menace n° 1. Il fut décidé d'isoler les rails par un matelas élastique, réduisant très efficacement les risques de vibrations indésirables. Cette technique fut complétée par une protection supplémentaire agissant sur toute la hauteur du bâtiment ceinturant la grande salle.

On procéda au découplage de certaines zones sensibles au moyen de dalles flottantes et en montant des suspensions sur plots élastiques sur toutes les masses vibrantes telles que les éléments du système de ventilation. En outre, toutes les proximités hasardeuses furent évitées, comme des salles de spectacle contiguës ou superposées.

Un système de sonorisation sur mesures

La grande salle de l'Opéra de la Bastille est équipée de 60 enceintes Nexo de deux et trois voies encaissant respectivement 200 et 600 W, attaquées par des

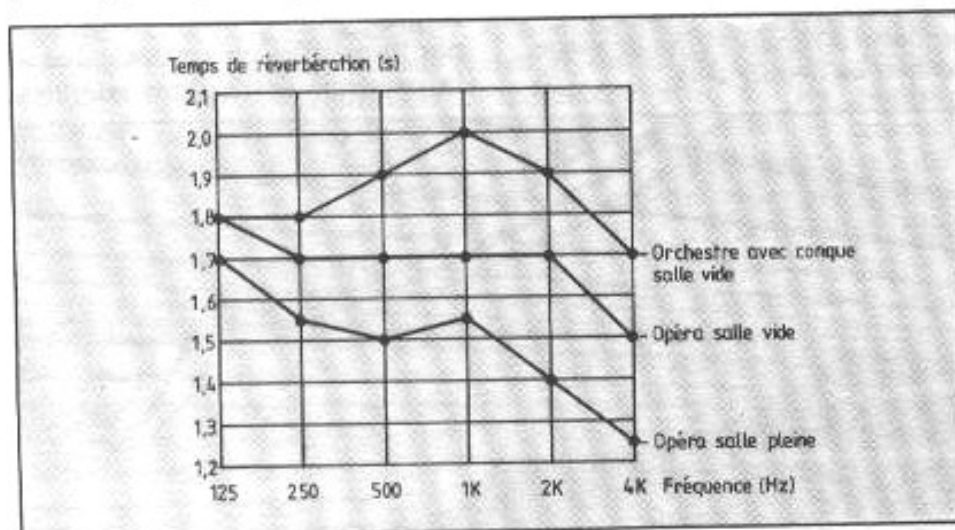


Fig. 4 : La durée de réverbération est fonction du type de manifestation. Un maximum d'intelligibilité est nécessaire à un opéra en raison des paroles, et nécessite donc peu de réverbération. Par contre, une œuvre symphonique présenterait des sonorités « mates et sèches » si l'on n'augmentait pas la durée de réverbération grâce à la conque d'orchestre. On constate par ailleurs la similitude des courbes, suivant que la salle est pleine ou vide.

amplificateurs QSC pouvant délivrer entre 300 et 800 W, suivant l'impédance de charge. Totalement invisible, ces enceintes sont disposées dans les éléments du proscénium, sous les balcons et en fond de salle. Cet équipement piloté à partir d'une régie informatisée comportant notamment une console SAJE et deux lecteurs Studer 1/4 de pouce sert à assister les musiciens (aide monitoring) ou bien à produire certains effets spéciaux. Mais rien n'interdirait son utilisation dans le cadre de spectacles contemporains nécessitant un support électroacoustique continu.

Les résultats

Force est de constater que l'Opéra, depuis sa mise en chan-

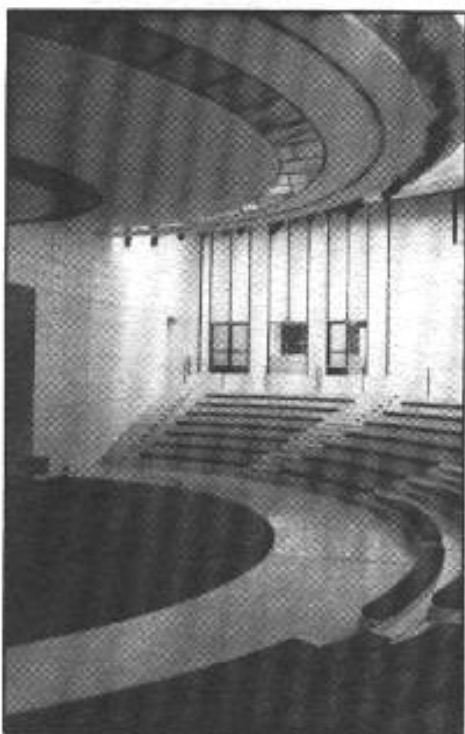


Fig. 5 : La « salle blanche », ou Amphithéâtre, étudiée pour des petites manifestations, est équipée de résonateurs d'Helmholtz absorbant les fréquences graves (trous visibles sur le mur de gauche).

tier, puis son inauguration en 1989, n'a cessé de susciter les controverses. Pour se limiter au plan strictement acoustique, les objectifs de Jean-Paul Vian, tels

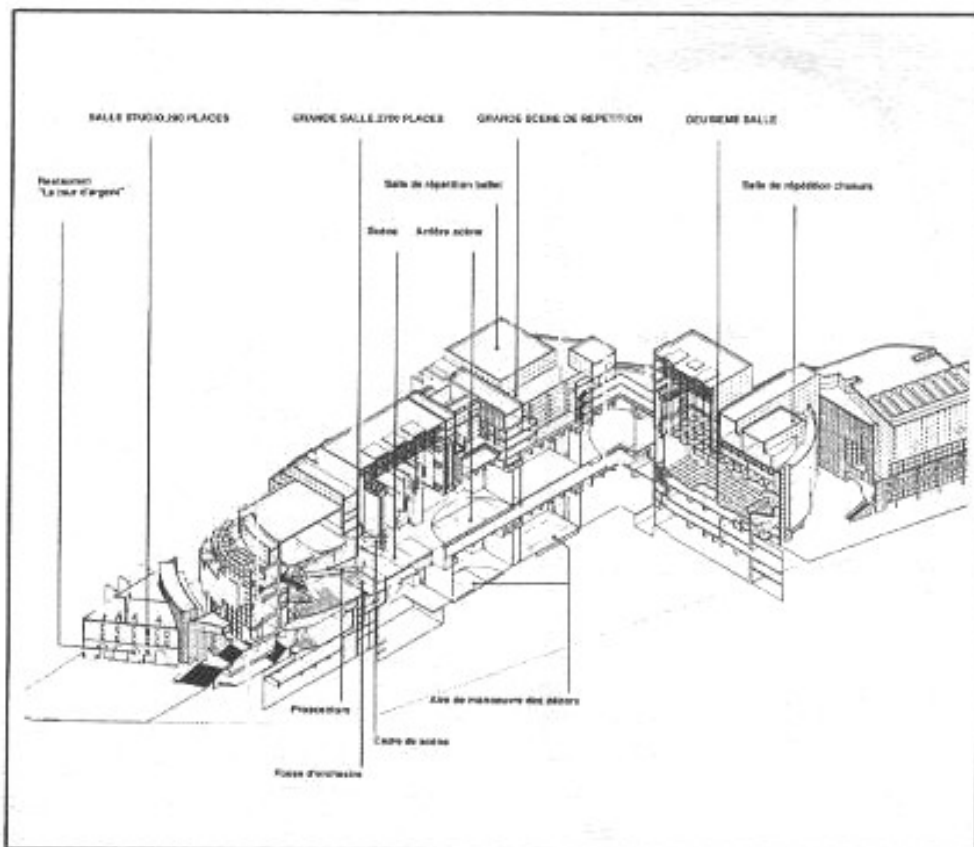


Fig. 7 : L'Opéra de la Bastille est une véritable entreprise employant 800 à 1 000 personnes, munie d'une infrastructure très complète (aires de stockage et de réalisation des décors, plusieurs salles de répétitions, des ateliers de confection de costumes). Outre la grande salle de 2 700 places ont été prévus deux auditoriums de capacité plus réduite, l'Amphithéâtre et le Studio. La construction de la salle modulable (ou deuxième salle sur le croquis, interrompue en 1986, n'a toujours pas été reprise. (Sources : « L'Opéra de la Bastille », Gérard Charlet).

qu'il les a présentés lors du dernier congrès de l'AES, furent clairs et précis, ayant recherché une esthétique sonore neutre et détaillée. Il définit l'acoustique de l'Opéra comme « claire, aérée, avec des images sonores larges et des basses fréquences présentes mais sans enflure ». Le caractère analytique, davantage prononcé, au centre de la salle et sur les balcons, ne peut remettre en cause l'homogénéité satisfaisante, aucun écart de niveau supérieur à 3 dB n'ayant pu être relevé, aux dires du concepteur.

Par contre, si l'essentiel des objectifs techniques semblent avoir été atteints, cette prestigieuse réalisation est loin de répondre aux exigences socio-économiques qui justifiaient sa construction (seulement 115 représentations pour 477 mil-

lions de francs de subvention, en 1990, avec un tarif d'entrée supérieur à celui de l'Opéra Garnier, de 40 à 520 F contre 30 à 320 F).

Sources

Conférence de Jean-Paul Vian, Congrès de l'AES, février 91.

« Architecture d'Aujourd'hui », avril 90.

« Technique et Architecture », mai 90.

« La Recherche », juin 89.

« Le Moniteur », 26 mai 89.

« Le Livre des Techniques du Son », tome 1, collectif d'auteurs, Editions Fréquences, 1987.

« Le Son Musical » par John Pierce, Editions Pour la Science, Belin, 1983.

**Page non
disponible**

- Réalisation personnelle -

L'AMPLIFICATEUR HYBRIDE ABTINE (suite)

*Afchine A. Nassérian
Arash Giovanni Nassérian*

M

ais qu'est-ce qui nous attire tant dans les amplificateurs hybrides ?

Pourquoi sont-ils si captivants ? Ils représentent peut-être une passerelle entre le passé et le futur, la passerelle d'où la quintessence de chaque technologie peut être extraite ou sont-ils, peut-être, tout simplement, des objets « extra » - « ordinaires ».

L'étendue de l'accueil enthousiaste fait au précédent article amena à ce que celui-ci soit plutôt dirigé vers la description de la réalisation d'une version plus « démocratique », simplifiée et même accessible à un plus grand nombre de lecteurs, les fameuses alimentations régulées ultra-rapides ayant été provisoirement abandonnées au profit de versions beaucoup moins complexes et faciles à mettre en œuvre. De cette façon,

la réalisation de cet amplificateur se trouve allégée et partagée en deux étapes successives, permettant dans un premier temps de mieux maîtriser la globalité de l'amplification puis, dans un second, d'approfondir et d'améliorer ce qui a déjà été maîtrisé.

L'interchangeabilité des alimentations arrivera naturellement à la suite d'un article ultérieur entièrement consacré aux alimentations régulées ultra-rapides.

L'amplificateur

Cette version simplifiée, faut-il insister, est très proche de sa sœur aînée, sa conception s'en inspirant largement et se reposant entièrement sur celle-ci.

Les principales caractéristiques différenciant les deux versions sont :

— suppression du premier étage, ce qui contribue à une diminution du gain global du circuit,

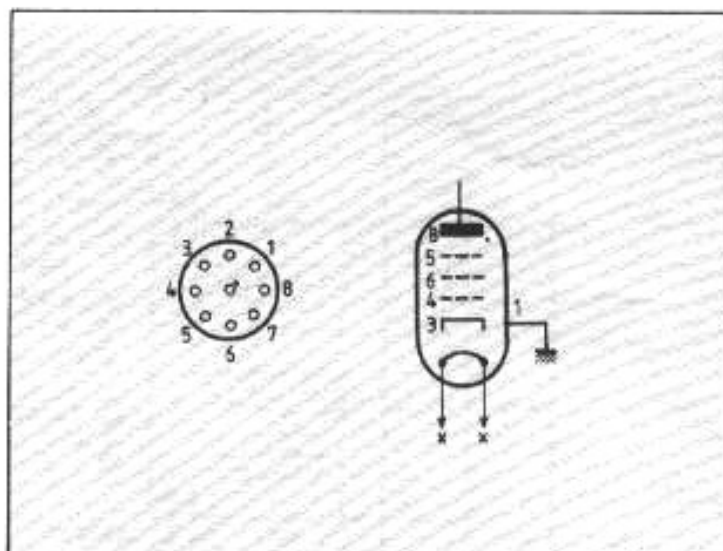
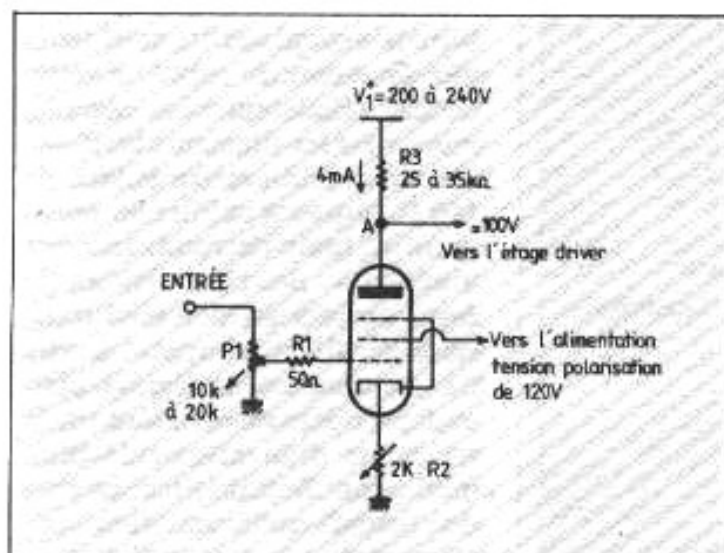
apportant ainsi un peu plus de transparence, l'émission de la triode amène un son un rien plus typé (pentode MOSFET) ;

— suppression de la boucle de contre-réaction globale renforçant la stabilité de l'amplificateur et sa résistance vis-à-vis des charges diverses et surtout complexes. Rappelons à ce propos qu'une partie des instabilités constatées face aux charges capacitatives proviennent des inter-

actions « étage(s) de sortie-charge(s)-boucle de contre-réaction » et de la propagation des transitoires parasites ainsi créés vers les étages d'entrée via ce dernier.

Etage d'entrée amplificateur sous tension

Cet étage étant incontestablement celui qui agit le plus sur le



1. Schéma de l'étage d'entrée. Le potentiomètre 2 k Ω est à régler de façon à obtenir 100 V à l'anode et un courant de 4 mA. La résistance de charge R_3 peut être choisie dans l'intervalle [25, 35] k Ω suivant le gain désiré.

(Si $R_3 = 25 \text{ k}\Omega \rightarrow V_{1^+} = 200 \text{ V}$)

(Si $R_3 = 35 \text{ k}\Omega \rightarrow V_{1^+} = 240 \text{ V}$)

La préférence est plutôt vers la valeur de R_3 la plus faible (impédance d'attaque).

2. Brochage des tubes 6SJ7.

fait acceptable. Ceci étant, dans le cas des tubes parfaitement appairés, le problème ne serait même pas posé.)

On ne peut conclure sans évoquer la charge de l'étage par un réseau condensateur-résistance, élément de liaison avec l'étage driver. Ce réseau CR déterminant la constante de temps du système dans le grave, sa valeur doit être peaufinée en fonction de tous les autres éléments composant la chaîne de reproduction sonore et surtout le fameux couple « enceintes-local d'écoute ». Cependant, comme valeur de départ, une fréquence de coupure de 6 Hz, correspondant à 0,1 μF et 270 k Ω , pourrait être retenue.

Étage driver d'attaque de sortie

La structure retenue pour cet étage n'a subi qu'une très légère modification destinée à faciliter le réglage du courant de repos et l'annulation de la tension d'offset de sortie (ces réglages fixant les tensions de polarisation des gates des MOSFET et se répercutant du même coup à la sortie), de vraies paires de transistors complémentaires étant rares et

par conséquent difficile à trouver dans le commerce.

Globalement, l'étage adopte la configuration SRPP cathodique (Shunted Regulated Push-Pull) : montage cathode follower (équivalent de l'émetteur-suiveur en transistor) chargé par un générateur de courant. Rappelons brièvement les particularités et/ou avantages de ce type de configuration :

- gain en tension proche de l'unité,
- impédance d'entrée importante et nette,
- impédance de sortie relativement faible,
- très bonne réjection dynamique de l'alimentation (très bonne immunité contre les fluctuations).

De plus, en utilisant des tubes comme éléments de base, les charges capacitives en sortie sont mieux maîtrisées ; c'est de très bon augure pour affronter et manœuvrer les capacités parasites d'entrée-sortie des MOS.

Les tubes retenus sont les triodes 6CG7/6FQ7 de très bonne qualité subjective et d'une capacité en courant relativement importante. Malgré ce dernier point, vu le nombre de transistors de sortie en charge de cet

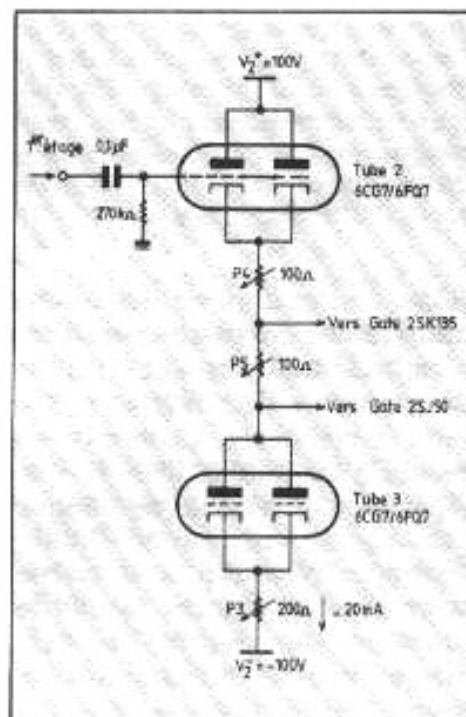


Schéma de l'étage driver. Courant dans l'étage : 20 mA servant à le régler, P_4 servant à régler l'offset de sortie, P_5 servant à régler le courant de repos de l'étage final. Si la charge est trop capacitive, il sera fait à partir du même câble que celui des enceintes, 10 à 15 tours autour d'un noyau cylindrique en bois (ou plastique rigide) de diamètre 10 à 20 mm. Chaque transistor de puissance sera relié à l'alimentation générale par un fil distinct (diamètre 1,5 mm) et sera découplé par un réseau de condensateurs au plus près de sa broche Drain.

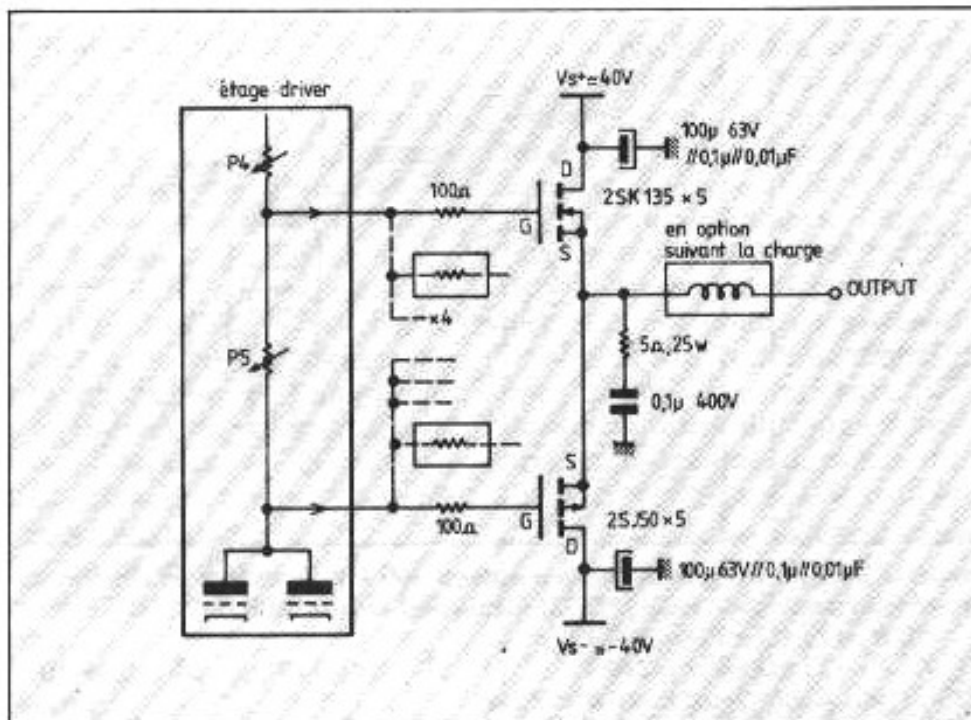


Schéma de l'étage de sortie composé de : 5 paires de push-pull parallèles. A noter une résistance en série avec le gate de chaque transistor de puissance ; l'inductance L est en option à doit être utilisée si la charge est trop capacitive. On fera à partir du même câble que celui des enceintes 10 à 15 tours autour d'un noyau cylindrique en bois (ou plastique rigide) de diamètre 10 à 20 mm ; chaque transistor de puissance sera relié à l'alimentation générale par un fil distinct (diamètre 1,5 mm) et sera découplé par un réseau de condensateurs au plus près de sa broche Drain.

étage, l'utilisation de deux doubles triodes en paires parallèles « cathode follower » et « source de courant » s'est révélée nécessaire et inévitable. Cette mise en parallèle donnant lieu à une séparation physique de chaque tube pour la partie haute (cathode follower) et la partie basse (current-source) résoud le problème de chauffe des filaments : en effet, les cathodes des deux parties n'étant pas au même potentiel (-98 V et +0,2 V) des sifflements pourraient se manifester si l'on avait recours à une seule double triode pour remplir complètement la fonction.

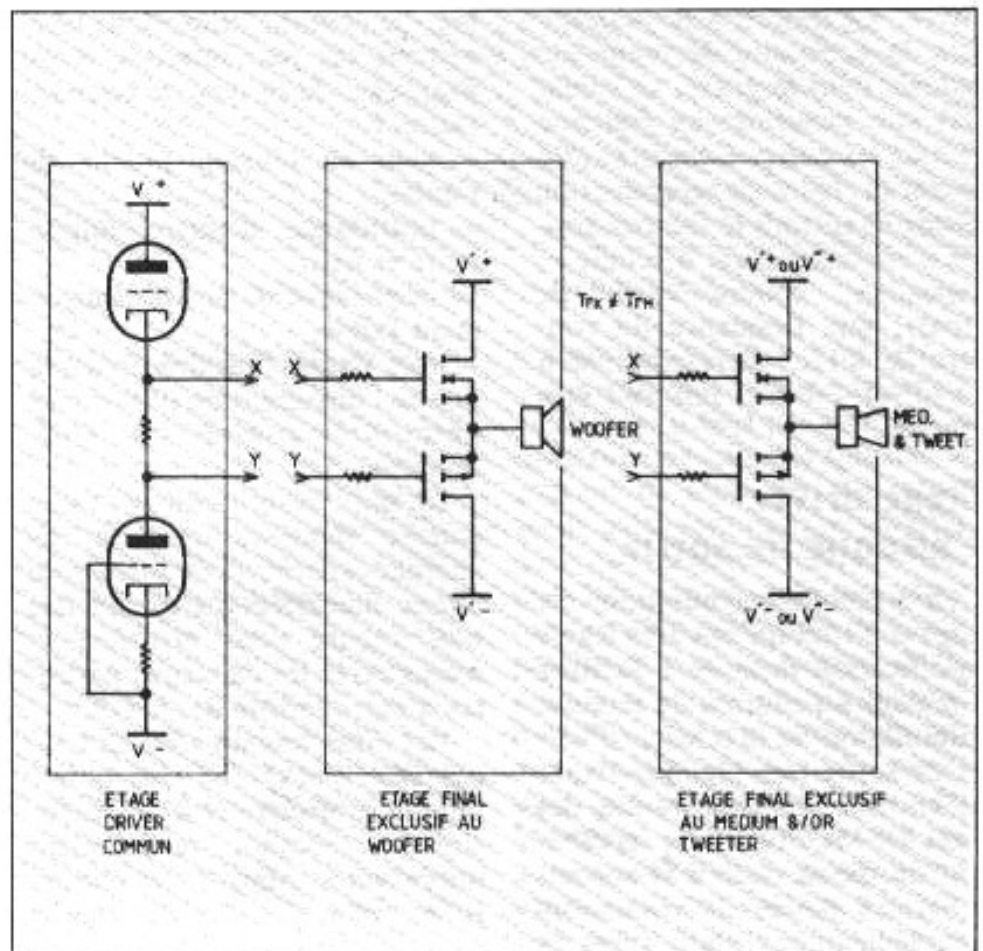
Justement, en ce qui concerne la chauffe des filaments, à l'instar de celui de l'étage d'entrée, on a adopté du courant continu se basant sur des régulateurs monolithiques. Notons que ces derniers possèdent de bonnes caractéristiques de régulation en régime assez stable, ce qui est

bien le cas quand ils sont reliés aux filaments du tube. La sortie de ces régulateurs est chargée, mis à part les filaments bien sûr, par un potentiomètre bobiné de 100 Ω destiné à réduire au maximum le bruit de fond, le point « milieu » de cette résistance étant porté à un potentiel supérieur de 40 V par rapport à celui de la cathode et le réglage optimal de ce dernier se faisant par la recherche d'un niveau de bruit minimum. Il faut préciser tout de même qu'il ne faut pas s'attendre à une amélioration spectaculaire, le niveau de bruit étant déjà très bas.

En ce qui concerne la valeur du courant dans l'étage, celle-ci devrait être d'une vingtaine d'ampères. Un potentiomètre, P3, a été prévu pour atteindre cette valeur nominale.

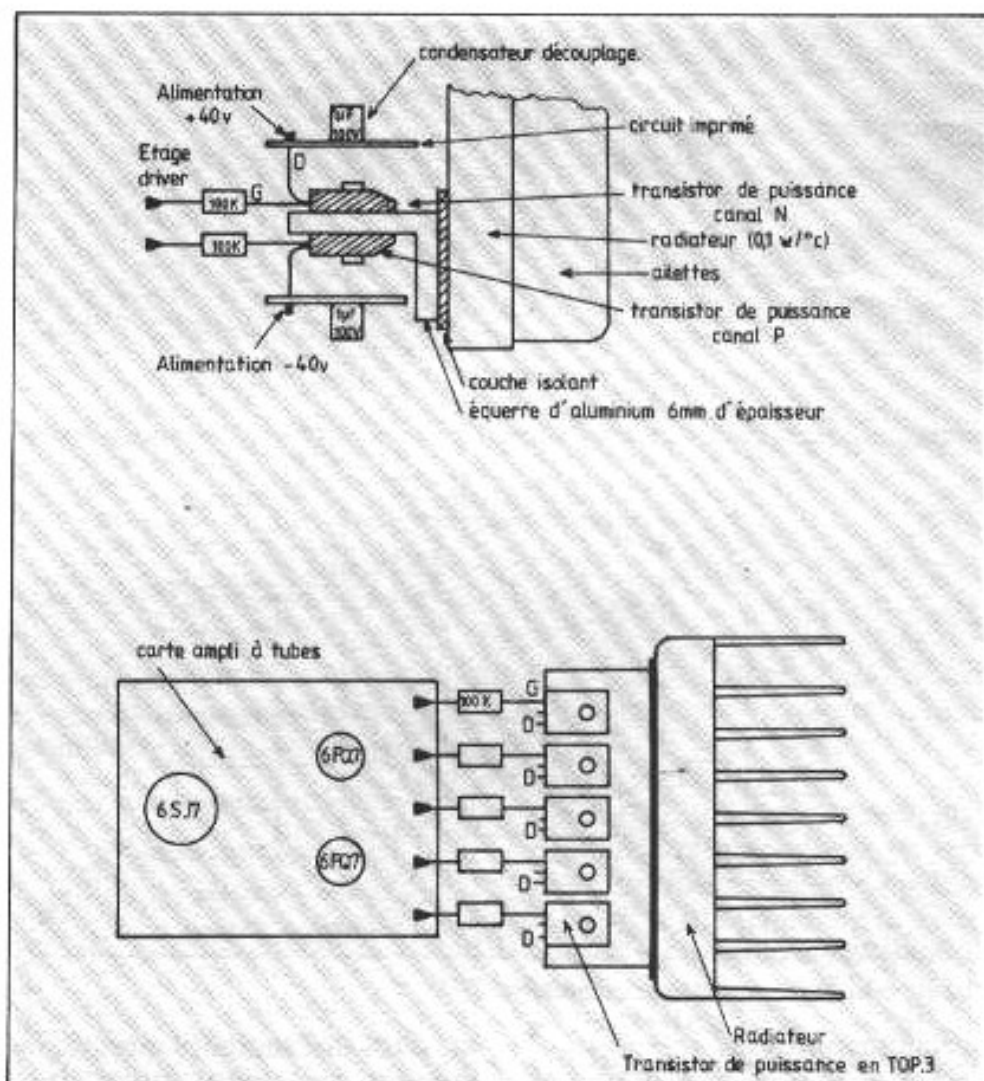
Etage final

Comme nous l'avons évoqué dans l'introduction et comme on



peut le voir dans le descriptif du premier étage, la contre-réaction globale a été omise. La volonté d'obtenir une ouverture sonore la plus ample possible alliée à la recherche d'une plus grande précision ont motivé en partie ce choix. D'autre part, une stabilité accrue vis-à-vis des charges capacitives (étant donné l'emploi des MOSFET dans cet étage et cela bien qu'ils soient de type horizontal et gérés au mieux au niveau de l'optimisation et de la concordance entre étage driver et final), entraînée par la simplification du schéma, n'était pas de refus. Il faut préciser que l'amplificateur est très stable même avec la boucle de contre-réaction et les formes d'écrêtage ne comportent aucun signe d'instabilité et/ou de précarité de phase.

Cependant la combinaison « MOSFET horizontal/aucune contre-réaction globale » pourrait se révéler, dans certains cas, subjectivement moins performante quand elle est comparée à une version similaire en technologie bipolaire. Une valeur de « RDS ON » (résistance de jonction à l'état passant) relativement plus importante pour les MOS horizontaux peut être estimée comme la cause principale de cette faiblesse subjective possible. Cette carence de circonstance pourrait être décrite par la sensation d'un grave moins rapide, moins massif et un peu flottant, d'où, globalement, des sons avec moins d'assise et se « fanant » vite dans le temps. Pour « éviter » ces éventuels défauts (« éviter » et non « compenser », car n'est-il pas meilleur de traiter la base au lieu d'avoir recours à des corrections et/ou au masquage qui auront inévitablement des retombées subjectives désastreuses), l'utilisation de la classe A est plus que recommandée. La diminution de la résistance de jonction intrinsèque, une stabilité thermique transitoire sérieusement accrue,

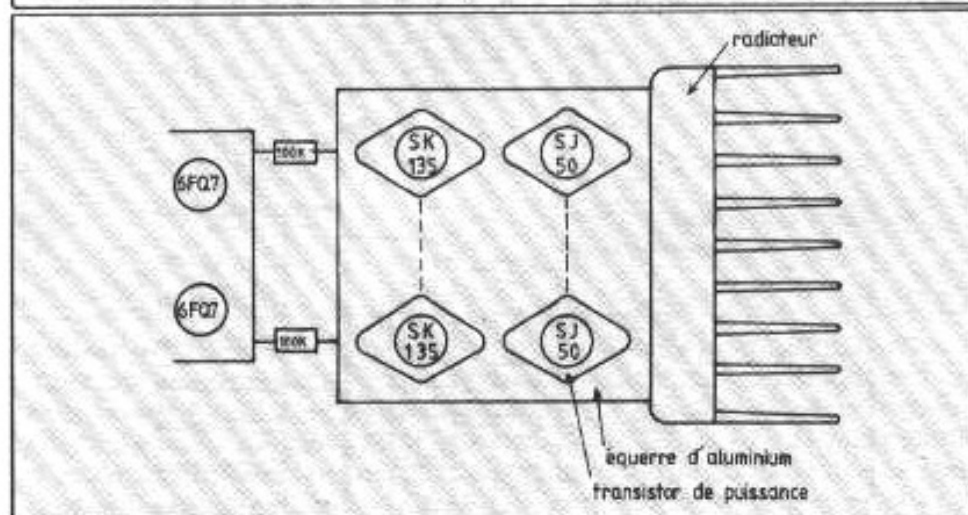
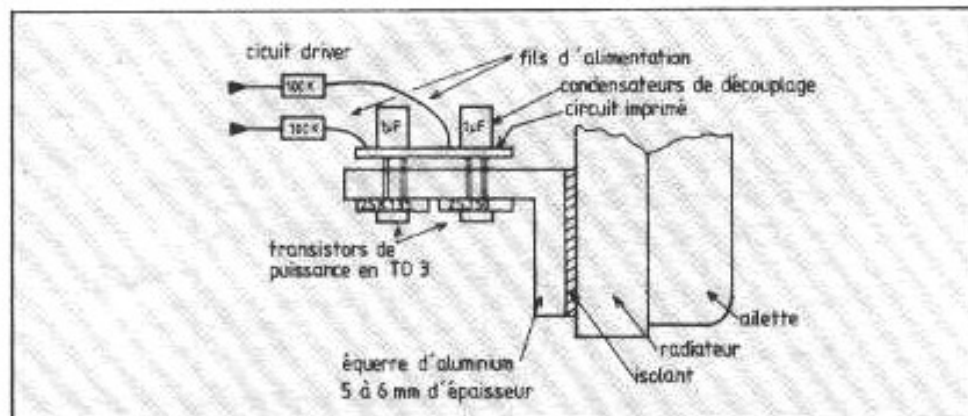


Vue de côté, montage des transistors en TO3 sur l'équerre et liaison avec le radiateur de puissance.

Vue du haut.

l'alimentation générale moins sollicitée en intensité, moins de distorsions et plus d'aptitude à traiter les charges difficiles sont à citer parmi les nombreux avantages de ce mode de fonctionnement. En revanche, d'un rendement moyen et dissipant beaucoup d'énergie, la fiabilité et la stabilité à long terme peuvent être mises en question. Ceci, entre autres, a donc mené certains constructeurs très réputés à surmultiplier le nombre (quelquefois plus de trente) des composants employés pour former l'étage final (en l'occurrence les transistors de puissance) qui se ramène du coup à un fonctionnement en classe A global et non local (au niveau de chaque transistor) en toute sécurité. Il est vrai que la fiabilité globale est

nettement améliorée et que l'impédance de sortie globale est diminuée. Mais la concordance de l'impédance potentielle d'alimentation-impédance spécifique d'appel de courant transitoire n'est plus de rigueur. Par ailleurs, la constitution subjective de chaque transistor de puissance, par rapport à son fonctionnement en classe A, selon l'impression subjective globale, est seulement nulle car fonctionnant localement en mode de faible polarisation. Bref, inévitablement, un compromis (terme vraiment anti-audiophile, n'est-ce pas ?) est à définir entre la classe AB surmultipliée et la vraie classe A. Dans le cas présent, il a consisté à retenir cinq paires de transistors en push-pull parallèles par étage de sortie,



Vue de côté pour montage des boîtiers TO3.

avec un courant de repos global de 1,5 A, le tout alimenté à une tension moyenne de ± 40 V (puissance moyenne dissipée : 120 W).

Une autre particularité de cet étage final débarrassé de sa boucle de contre-réaction est la possibilité d'offrir une éventuelle dissociation des interfaces ampli-haut-parleurs (le woofer, le médium et/ou l'aigu pouvant être drivés de façon distincte par des transistors distincts) : l'avantage indéniable de cette configuration peut être dans le fait que chaque groupe de push-pull monté en « source follower » possède un certain taux d'immunité vis-à-vis des variations de ses tensions d'alimentation (taux de réjection). Une pseudo-séparation (pseudo car partageant quand même la même alimentation) des étages d'attaque des haut-parleurs ne peut être que bénéfique et tend à réduire sensiblement les interactions et les intermodulations en tension

et, dans une moindre mesure, en courant, les apports subjectifs se répercutant dans tous les domaines, de l'image et la spatialisation à la réponse transitoire qui prend vigueur et santé.

Les puristes peuvent même utiliser des alimentations séparées qui donneraient des résultats encore supérieurs même, probablement, par rapport aux systèmes multi-amplificateurs possédant chacun son propre étage d'amplification tension (et risquant du même coup de ne pas les avoir identiques à 100 %).

Ces paires de push-pull seront chargées à leur sortie par un réseau RC, sauf les haut-parleurs et leur filtre. A noter que ce réseau devra être monté au plus près des transistors. Son apport sur le plan subjectif est indéniable dans le secteur haut-médium et aigu, cela d'autant plus qu'on a utilisé des MOSFET ; le ciselé et l'étendue de la palette sonore en sont les principaux bénéficiaires.

En ce qui concerne les transistors utilisés, il s'agit de la fameuse paire de chez Hitachi, 2SK135/2SJ50 encapsulée en boîtier TO3. Comme les fiches techniques en annexe peuvent l'attester, ces transistors sont également disponibles dans une version identique à tous points de vue mais dans un boîtier différent (TOP-3). Il est plus difficile de s'en procurer.

Le montage et la liaison de ces transistors avec les radiateurs ont été effectués en utilisant une équerre en aluminium (les équerres dont les dimensions varient suivant la version des boîtiers TOP-3 sont plus faciles à mettre en œuvre), les boîtiers étant en contact direct sans isolant avec l'équerre qui, elle-même, sera isolée des radiateurs. De cette façon, la (les) borne(s) de sortie haut-parleur sera(ont) alimentée(s) par un fil prenant directement sur l'équerre.

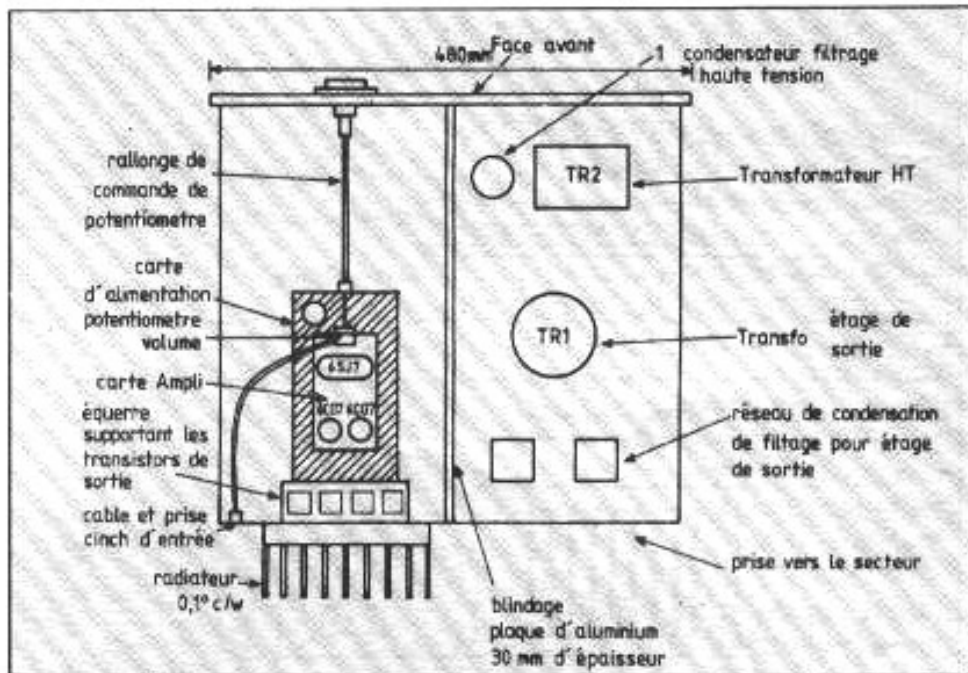
Le réglage du courant de repos et de la tension d'offset de sortie se fait de la façon suivante : régler P4 et P5 à une valeur de 0 Ω puis tourner P5 de façon à obtenir 1,5 A en sortie de l'alimentation (± 40 V) (la tension aux bornes de P5 devrait être de l'ordre de 2 V mais pourrait varier suivant le tri des transistors) puis, à l'aide de P4, chercher une tension d'offset de sortie proche de 0 V.

Configuration générale

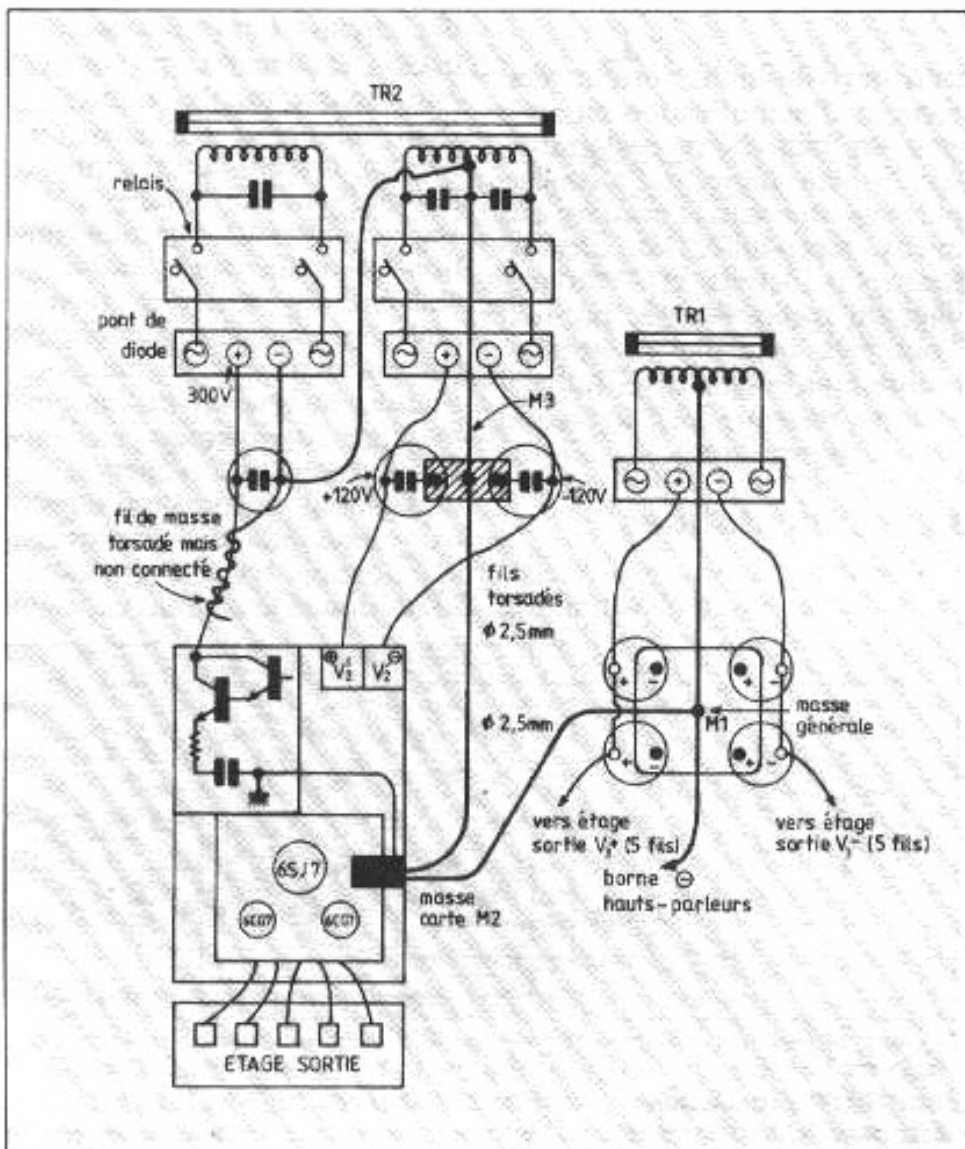
Cet amplificateur a été voulu et conçu dans une configuration « dual mono », c'est-à-dire de blocs distincts mais identiques mais constituant chacun un des canaux (gauche et droite). Diverses raisons ont conduit à ce choix coûteux et généralement réservé au très haut de gamme. Ces principales raisons en sont :
— cohérence dans l'organisation des masses de façon à prévenir la naissance de toute boucle de masse notamment lors des liai-

sons avec les autres maillons, principalement n'étant pas de conception « dual mono » totale. En effet, il est d'une importance capitale que les masses (et non seulement les masses) des canaux gauche et droit soient distinctes (aucune liaison à un quelconque niveau que ce soit, même pas au niveau du châssis). Le non-respect de la cohérence des masses a une répercussion directe sur le rapport signal/bruit, les sons de faible niveau et l'image spatiale ;

— séparation totale des alimentations pour une élimination totale de l'intermodulation entre canaux et la diaphonie. Aussi cette séparation offre la possibilité d'un « surdimensionnement » de l'alimentation géné-



Présentation sommaire de l'organisation de l'intérieur de chaque bloc mono (profondeur de boîtier : entre 400 et 450).



Organisation générale des masses.

rale. Une version encore plus puissante et plus stable ne fera que contribuer de façon positive et sensible à la tenue et à la dynamique particulièrement dans le bas du spectre ;

— limitation des vibrations mécaniques, étant donné qu'un châssis plus compact et plus rigide pourrait être utilisé ;

— limitation de la densité des ondes électromagnétiques parasites (genre champ de fuite) à l'intérieur du châssis.

Mise en châssis

La plaque support (inférieure) du châssis a été choisie en bois haute densité, les faces latérales et le couvercle supérieur en aluminium de forte épaisseur. L'intérieur du châssis a été subdivisé en deux parties, le cloisonnement se faisant également par une plaque d'aluminium d'épaisseur appréciable rigidifiant du même coup encore plus le châssis, mais destiné en premier lieu à bloquer le passage des ondes parasites rayonnés des transformateurs d'alimentation.

Ces transformateurs d'alimentation justement doivent être isolés et découplés du châssis principal autant que possible, la trans-

2SK133, 2SK134, 2SK135

(Paire complémentaire canal P : 2SJ48, 2SJ49, 2SJ50)

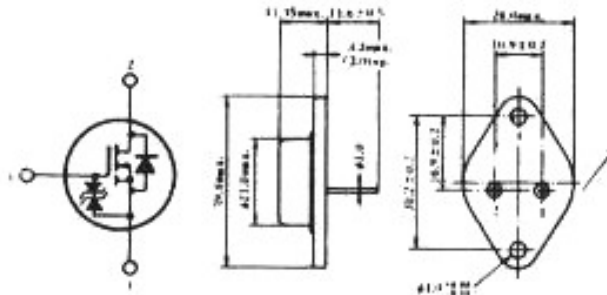
SILICON N-CHANNEL MOS FET

LOW FREQUENCY POWER AMPLIFIER

Complementary pair with 2SJ48, 2SJ49, 2SJ50

■ FEATURES

- High Power Gain.
- Excellent Frequency Response
- High Speed Switching.
- Wide Area of Safe Operation.
- Enhancement-Mode.
- Good Complementary Characteristics.
- Equipped with Gate Protection Diodes.



1. Gate
2. Drain
3. Source
(Case)
(Dimensions in mm)

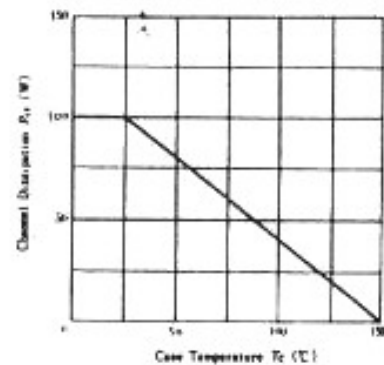
(JEDEC TO-3)

■ ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_c=25^\circ\text{C}$)

Item	Symbol	Rating			Unit
		2SK133	2SK134	2SK135	
Drain-Source Voltage	V_{DS}	120	140	160	V
Gate-Source Voltage	V_{GS}	± 14			V
Drain Current	I_D	7			A
Body-Drain Diode Reverse Drain Current	I_{DR}	7			A
Channel Dissipation	P_{ch} *	100			W
Channel Temperature	T_{ch}	150			$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	T_{stg}	-55 ~ +150			$^\circ\text{C}$

*Value at $T_c=25^\circ\text{C}$

POWER VS. TEMPERATURE DERATING

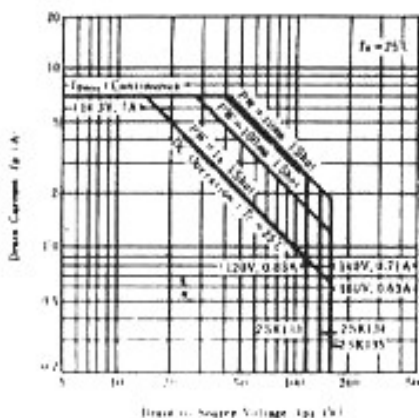


■ ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_c=25^\circ\text{C}$)

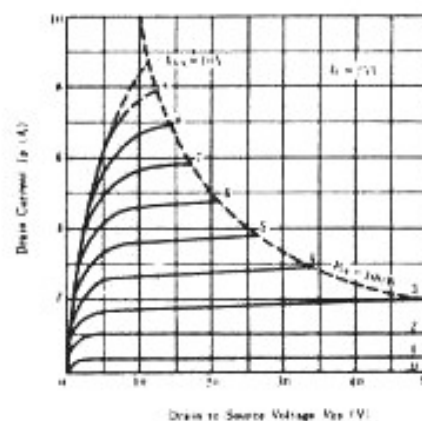
Item	Symbol	Test Condition	min.	typ.	max.	Unit
Drain-Source Breakdown Voltage	2SK133	$I_D=10\text{mA}$, $V_{GS}=-10\text{V}$	120	—	—	V
	2SK134		140	—	—	V
	2SK135		160	—	—	V
Gate-Source Breakdown Voltage	$V_{GS(BR)}$	$I_D=\pm 100\mu\text{A}$, $V_{DS}=0$	± 14	—	—	V
Gate-Source Cutoff Voltage	$V_{GS(off)}$	$I_D=100\text{mA}$, $V_{DS}=10\text{V}$	0.15	—	1.45	V
Drain-Source Saturation Voltage	$V_{DS(sat)}$	$I_D=7\text{A}$, $V_{GS}=0^*$	—	—	12	V
Forward Transfer Admittance	Y_{fs}	$I_D=3\text{A}$, $V_{DS}=10\text{V}^*$	0.7	1.0	1.4	S
Input Capacitance	C_{iss}	$V_{GS}=-5\text{V}$, $V_{DS}=10\text{V}$, $f=1\text{MHz}$	—	600	—	pF
Output Capacitance	C_{oss}		—	350	—	pF
Reverse Transfer Capacitance	C_{rss}		—	10	—	pF
Turn-on Time	t_{on}	$V_{DS}=20\text{V}$, $I_D=4\text{A}$	—	180	—	ns
Turn-off Time	t_{off}		—	60	—	ns

*See Test

MAXIMUM SAFE OPERATION AREA



TYPICAL OUTPUT CHARACTERISTICS



**Page non
disponible**

PRESSE ETRANGERE

Jean Hiraga

Influence des ondes sonores et des vibrations parasites sur les lecteurs CD.

Par M. Yuichi Arai.
MJ Audio Technology,
juin 1987.

Commenté et complété
par Jean Hiraga.

On sait combien une table de lecture phonographique peut être sensible aux vibrations parasites et aux ondes sonores. La lecture par procédé mécanique des informations gravées est, par son principe même, sensible aux vibrations parasites de tous ordres, là où justement une fin de note de piano, une réverbération subtile mais audible peuvent correspondre à un déplacement de la pointe lectrice de l'ordre du micron.

Le lecteur CD reste, en comparaison avec son prédécesseur la table de lecture analogique, peu sensible à la plupart des vibrations parasites. Produire un accrochage acoustique par effet Larsen semble impossible dans le cas du lecteur CD alors que dans l'autre, il suffit d'une mauvaise suspension ou de la proximité d'une enceinte pour provoquer celui-ci.

Sur le lecteur CD, l'influence des vibrations parasites sur la fidélité de lecture du signal capté n'est pas nulle pour autant. Contrairement au disque noir et exception faite de rares lecteurs CD équipés d'un plateau tournant (Pioneer PD-T07) ou d'un grand palet presseur (Teac P1, P2, X1), le disque CD est mis en rotation par l'intermédiaire d'un système central à serrage mécanique ou magnétique. Dans ces conditions et compte tenu des

dimensions microscopiques des informations gravées ($0,6 \mu\text{m}$ de large, pas de $1,2 \mu\text{m}$), le voile du disque, les vibrations parasites d'origine les plus diverses telles que :

- effets d'écoulement d'air
- excentricité du disque
- voile du disque
- vibrations du bloc mécanique
- vibrations externes

vont avoir une influence directe sur les circuits d'asservissement, de suivi de piste et de focalisation (surnommés F_o , T_r et T_{rv}).

Pour combattre ces vibrations, les constructeurs font appel à différents systèmes :

- palet presseur de grand diamètre
- plateau tournant
- découplage de la section mécanique
- section mécanique lourde et massive
- coffret et châssis mécaniquement amortis.

Sur les lecteurs CD de haut de gamme, la conjugaison de ces différents procédés peut apporter des améliorations sensibles de la qualité sonore avec, pour

inconvenient, une incidence sur le poids et sur le prix de vente.

Pendant sa rotation, toute vibration dans le plan vertical du disque CD agit directement sur le circuit d'asservissement de focalisation du faisceau. La lentille supérieure (il y en a en général quatre au total) est montée sur un système de centrage (ressorts). Cette lentille mobile (les autres restent fixes) est solidaire d'une bobine qui plonge dans un entrefer. La masse mobile de l'ensemble lentille + suspension + bobine mobile, beaucoup plus élevée que celle d'un phonolecteur MC à bobine mobile, ne peut permettre un asservissement parfait en temps réel. La masse en mouvement, bien que soumise à un asservissement énergétique en courant, produit à la fois un retard en temps de réponse et des suroscillations, ce que l'on peut voir sur la figure 1. Les profils de ces courbes de courant d'asservissement ont un rapport direct avec les erreurs de lecture. Ils peuvent d'autre part être influencés par des vibrations de tous ordres, celles qui, dues à l'excentricité du disque (pourtour découpé avec un léger décentrage) provoquent une vibration de la section mécanique, celles qui sont dues au voile du disque ou bien qui proviennent de l'extérieur. Jusqu'ici, seuls les audiophiles à l'ouïe aiguisée se permettaient de dire qu'ils avaient noté des différences audibles sur un programme musical selon que l'on utilise ou non un palet presseur ou un second disque faisant office de palet presseur. De même, les audiophiles ont pu remarquer qu'il pouvait se produire des différences audibles, parfois subtiles, perceptibles seu-

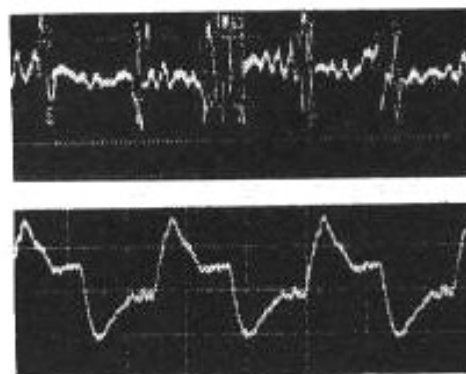


Fig. 1 : Courants d'asservissement du bloc de lecture. En haut, suivi de focalisation et mise en évidence de dépassements en forme de dents de scie. En bas, suivi de piste (tracking) faisant apparaître des suroscillations (d'après Matsushita).

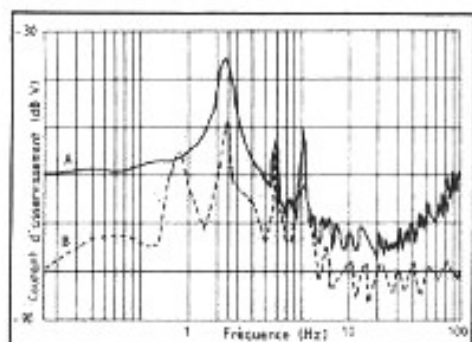


Fig. 2 : Efficacité du palet presseur de grand diamètre et d'une mécanique exempte de vibrations parasites sur le courant d'asservissement de focalisation. En A, système d'entraînement classique. En B, système avec palet presseur Teac P1, P2 ou X1. Noter en B la nette diminution de courant d'asservissement (d'après Teac).

lement sur des systèmes performants, selon la nature du support du lecteur CD (table, rack, etc.) et également en plaçant ou non sur le lecteur CD d'autres maillons d'un certain poids.

Au Japon, Teac fait partie des premières firmes qui se sont penchées sérieusement sur le problème des vibrations parasites de la section mécanique en fonctionnement. Selon que l'on utilise ou non un grand palet presseur (dont l'action est identique à celle d'un plateau tournant sur lequel repose le disque), Teac a pu démontrer que la meilleure stabilité de rotation et la minimisation des vibrations parasites obtenue grâce aux mécaniques des P1, P2 et X1, étaient non seulement audibles mais qu'elles conduisaient aussi à une réduction sensible du courant d'asservissement, comme le montre la figure 2.

La recherche d'une lecture aussi fidèle n'a rien de superflu car il ne faut pas perdre de vue le fait qu'une partie des erreurs de lecture n'est pas corrigible, les autres l'étant grâce au procédé connu sous le nom de CIRC.

Faisons à présent suivre cette introduction de l'article de M. Yuichi Araï paru en juin 1987 dans la revue japonaise *MJ Audio Technology*. Cet auteur,

connu dans cette revue spécialisée pour ses réalisations électroniques originales, aborde le sujet avec des remarques tout à fait semblables à celles de l'introduction ci-dessus. M. Araï insiste surtout sur le fait que le suivi de piste sans contact matériel avec des pistes gravées microscopi-

voisinage ou de l'extérieur. La surface, la masse importante des parois, des murs ou des enceintes transmettent des vibrations dont la composante est de basse fréquence. Elles sont partiellement filtrées et amorties par le découplage mécanique du bloc de lecture optique. Ces vibrations, qui

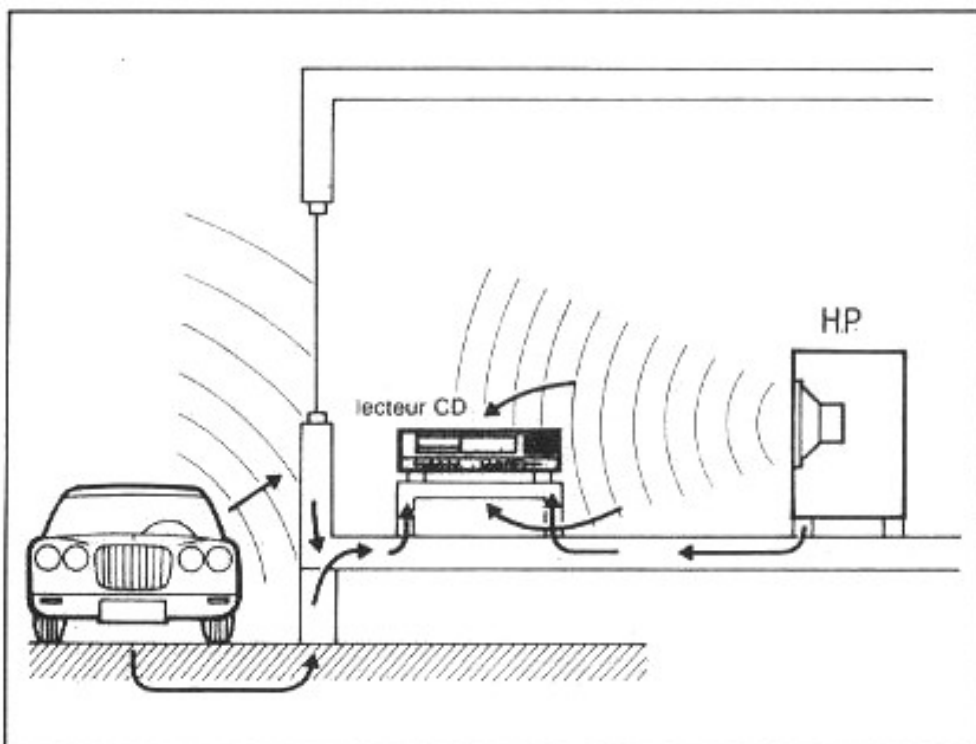


Fig. 3 : Propagation des vibrations parasites par voie aérienne ou matérielle jusqu'au lecteur CD (M. Araï).

ques est influencé très facilement par les vibrations de tous genres, ce qui se répercute sur le système d'asservissement. Si l'auteur est loin de contester l'efficacité du système de correction d'erreurs, chaque mécanique, chaque procédé d'asservissement conduit à une lecture corrigée et « typée », ce qui est vérifiable, audible et mesurable. Comme le fait remarquer M. Araï, l'utilisateur courant ne dispose d'aucun moyen permettant de supprimer sur son lecteur CD des vibrations parasites dues au transformateur d'alimentation ou au disque en rotation. Dans les conditions habituelles d'utilisation, le local d'écoute est sujet à différentes sources de vibrations parasites (figure 3). Parmi celles-ci figurent celles qui sont émises par les enceintes et celles provenant du

peuvent atteindre plusieurs dizaines de microns, n'ont rien d'anodin, la meilleure preuve en étant donnée par le fait que le blocage des découplages du bloc optique peut suffire pour provoquer des décrochages fréquents de la lecture. La masse du bloc optique proprement dite est relativement faible et sensible aux vibrations, d'où l'insertion de suspensions et de découplages mécaniques par rapport au châssis. Malgré ces précautions, le bloc de lecture optique reste sensible aux vibrations transmises par voie aérienne, en particulier aux ondes sonores émises par les enceintes. Le châssis, le coffret des lecteurs n'étant jamais totalement étanches ni acoustiquement inertes, le disque CD et le bloc de lecture optique vont rester vulnérables à ces vibrations

transmises par voie aérienne. L'équivalent mécanique, très simplifié, est représenté à la figure 4.

Pour essayer de mieux évaluer l'amplitude et la nature de ces vibrations transmises par voie aérienne et par voie matérielle, M. Yuichi Araï a effectué des mesures selon la procédure qui suit :

Un lecteur CD de qualité, équipé de deux transformateurs d'alimentation, d'un châssis renforcé d'un poids total de 13,5 kg, a été utilisé. Sur son capot a été placé, au-dessus de la section mécanique, un accéléromètre. A environ 1 m du lecteur CD, est placée une enceinte acoustique TAD 2 voies, 38 cm + pavillons. Un disque-test introduit dans le lecteur CD mis à l'épreuve génère une fréquence glissante qui est amplifiée, émise par l'enceinte. Simultanément, au niveau du capot du lecteur CD, l'accéléromètre capte les vibrations parasites reçues, lesquelles sont amplifiées puis

- lecteur CD posé sur une feutrine ;
- lecteur CD posé sur une plaque de marbre, le tout reposant sur un coussin ;
- même configuration que ci-dessus, mais avec une dizaine de livres posés sur le capot du lecteur CD.

central, sa faible masse contribue à en faire un système sensible aux vibrations, une sorte de membrane maintenue en son centre. A 1 m de distance, l'enceinte qui émet une fréquence glissante sinusoïdale parvient à faire vibrer le capot supérieur du lecteur CD (capot ren-

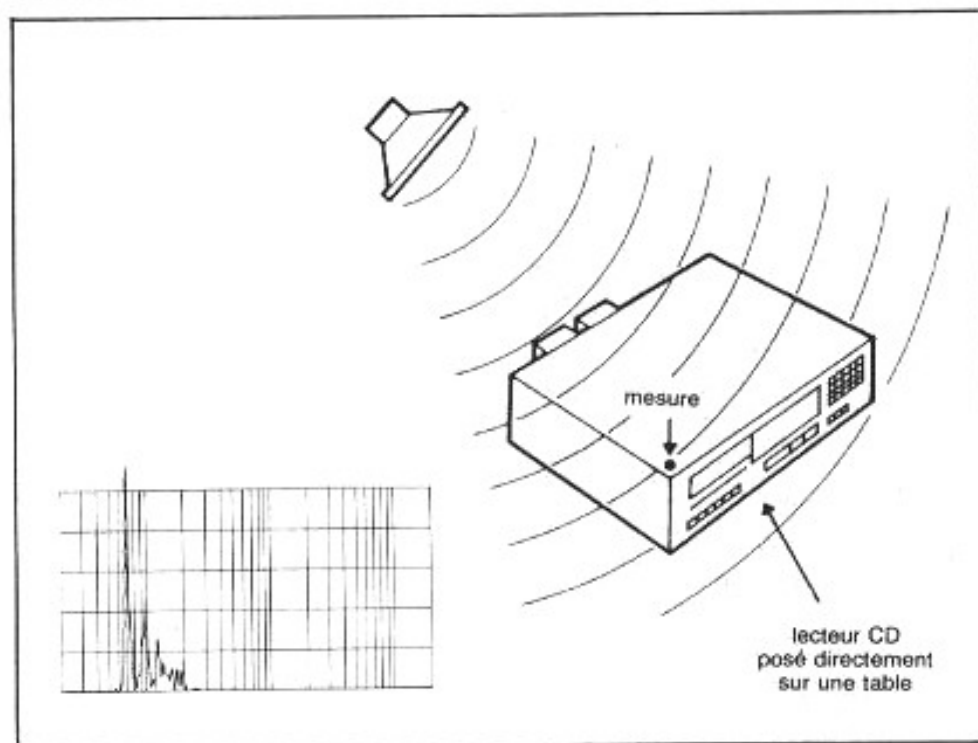


Fig. 5 : Expérience n° 1, avec lecteur CD posé directement sur une table. Sur cette version de haut de gamme, on remarque une résonance marquée à 70 Hz qui, paradoxalement, n'apparaît pas sur certaines versions de prix modeste.

Yuichi Araï continue son article en prenant cette fois un autre lecteur CD, plus léger (6 kg), de prix abordable (2 500 F), ce qui conduit à la publication d'un nombre important de courbes. Les investigations se complètent ensuite de représentations tridimensionnelles des modes de vibrations du capot des lecteurs CD. Une autre mesure, plus délicate, consiste à mesurer (par système optique) les vibrations du disque CD soit au repos (l'enceinte excitatrice émettant un signal sinusoïdal en fréquence glissante), soit en rotation. En raison du grand nombre de courbes publiées, nous nous contenterons de faire une sélection de certaines d'entre elles seulement.

Lorsque le disque est maintenu par le système de serrage

forcé, sur ce modèle de haut de gamme d'une contre-plaque massive et amorti intérieurement par un matériau absorbant). Les vibrations sont alors transmises par voie aérienne et mécanique jusqu'au disque CD qui, au repos, résonne à plusieurs fréquences, principalement à quatre d'entre elles qui sont situées à 40 Hz, 90 Hz, 490 Hz et 980 Hz environ. Ces résonances sont d'autre part influencées par celles du capot. Comme on peut s'en douter, un grand palet presseur et un plateau tournant réduisent très sensiblement l'amplitude de ces vibrations. La solution de luxe, encore inexistante sur le marché, consisterait à utiliser un plateau massif, un servo-moteur très puissant et un système effectuant le vide entre

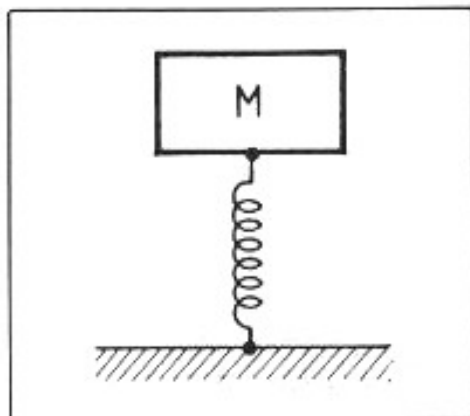


Fig. 4 : Equivalent mécanique simplifié du bloc de lecture optique du lecteur CD.

analysées dans la bande 20 Hz-20 kHz, reportées sur un graphique à l'aide d'un convertisseur A/N et d'un ordinateur personnel. Les vibrations sont mesurées dans plusieurs conditions :

- lecteur CD posé directement sur une table (en bois, conventionnelle, de hauteur 75 cm) ;
- lecteur CD posé sur un coussin ;

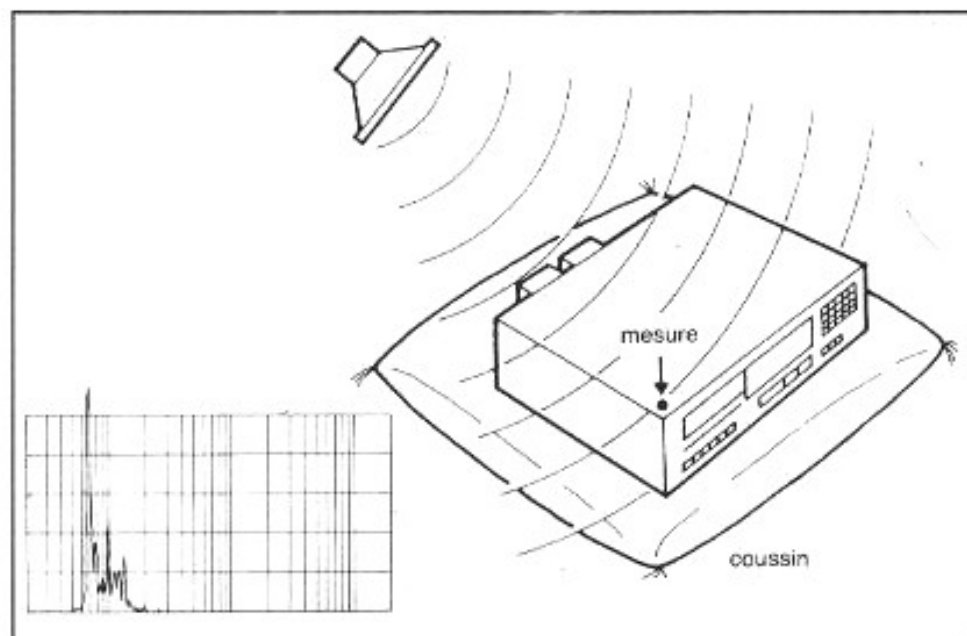


Fig. 6 : Expérience n° 2. L'expérience n° 1 de la figure 5 est reprise, mais avec le lecteur CD posé sur un coussin. Les vibrations demeurent avec des amplitudes presque identiques et prouvent que la transmission des vibrations s'effectue par voie aérienne.

le plateau et le disque.

Pour son expérience, M. Yuchi Araï utilise un socle en marbre. Celui-ci pèse environ 20 kg et mesure 540 × 430 × 30 mm.

Expérience n° 1

Le lecteur CD est posé directement sur la table. Le résultat des mesures est surprenant. En effet, la grande rigidité du coffret tend à le faire résonner à des fréquences précises, ici de 70 Hz, 90 Hz, 130 Hz et 190 Hz, avec une résonance très marquée à 70 Hz. M. Araï constate, preuve à l'appui, qu'un modèle de bas de gamme X ne présente pas ce genre de défaut, le mince capot supérieur produisant des résonances multiples mais dispersées et de faible amplitude. Le résultat de l'expérience n° 1 est représentée sur la figure 5.

Expérience n° 2

Le lecteur CD, dont le poids total est de 13,5 kg, est posé sur un coussin relativement épais, ce qui produit un découplage efficace par rapport à la table et au sol. Comme le montre la figure 6, l'amplitude des vibrations reste pratiquement la même que

celle de l'expérience n° 1, ce qui prouve que la transmission des vibrations s'effectue par voie aérienne.

Expérience n° 3

Pour cette expérience, on utilise le principe d'un second découplage avec deux masses intermédiaires, l'une étant le lec-

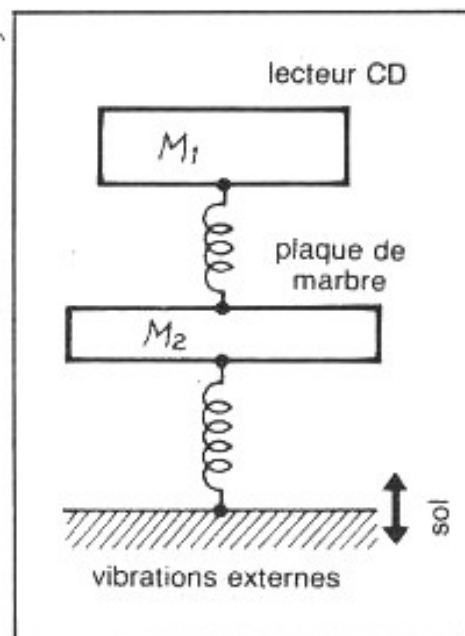


Fig. 7 : Equivalent mécanique d'un système à double découplage : deux masses + deux suspensions.

teur CD, l'autre un socle en marbre. Les deux suspensions intermédiaires sont les pieds amortisseurs du lecteur CD et une feutrine. L'équivalent mécanique simplifié est représenté sur la figure 7.

Pour cette expérience n° 3, le lecteur CD est posé sur un socle en marbre, le tout reposant sur une feutrine. Le résultat apparaît

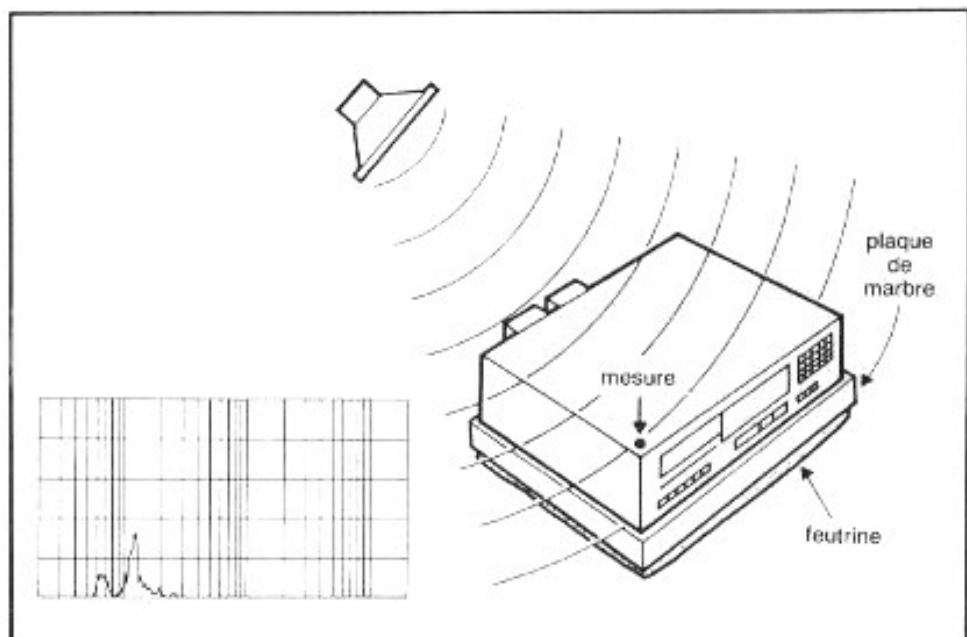


Fig. 8 : Expérience n° 3. Le lecteur CD est posé sur un socle en marbre (poids 20 kg), le tout reposant sur une feutrine. La présence d'une masse importante découplée par rapport au sol atténue fortement les résonances constatées sur la figure 6.

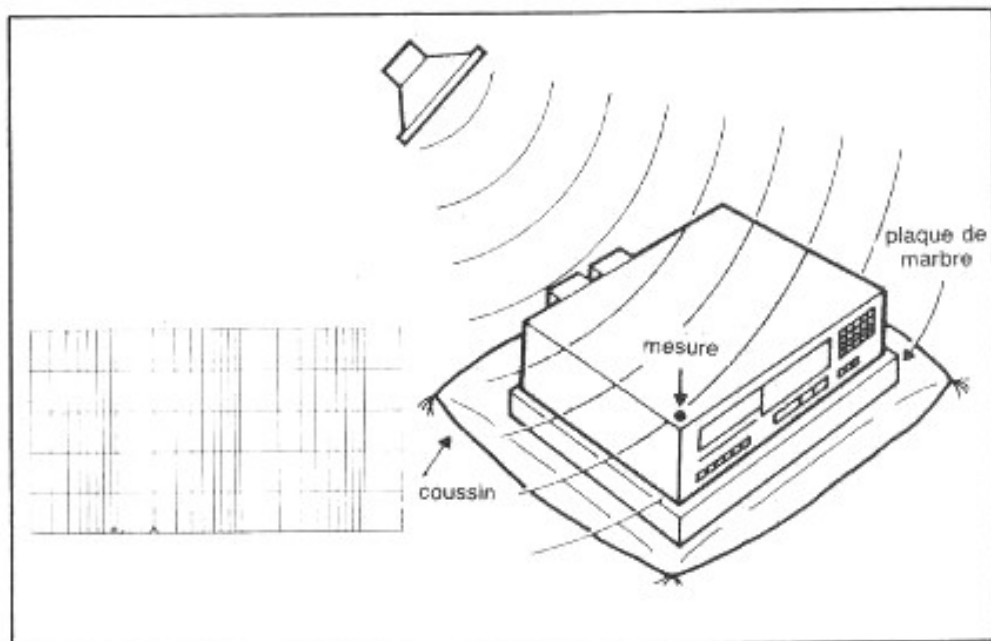


Fig. 9 : Expérience n° 4. Les meilleurs résultats sont obtenus en plaçant le lecteur CD sur le socle en marbre (poids 20 kg), le tout reposant sur un coussin.

sur la figure 8. Les pieds relativement durs du lecteur CD permettent de penser qu'il se forme au-dessous de 150 Hz environ une masse unique de l'ordre de 34 kg (lecteur CD + socle en marbre), mais avec deux découplages mécaniques intermédiaires. Il en résulte une forte atténuation des résonances, en particulier de celle de fréquence 70 Hz. Toutefois, Yuichi Araï fait remarquer que, dans le même cas, un lecteur CD conventionnel, pesant 6 kg s'est nettement moins bien comporté par rapport à un placement direct sur la table, ce qui pourrait être dû dans ce cas à des effets de réflexion acoustique du socle en marbre.

Expérience n° 4

L'expérience n° 4, représentée sur la figure 9, consiste à placer le lecteur CD sur un socle en marbre et à poser le tout sur un coussin. Cette disposition apporte (dans ce cas précis) les meilleurs résultats. Les résonances ont pour ainsi dire totalement disparu.

Expérience n° 5

Cette expérience reprend celle

de la figure 4, mais Yuichi Araï y ajoute une dizaine de livres (format 18×26 cm, épaisseur moyenne 12 mm). Ces livres sont posés sur le capot, au centre de celui-ci, comme sur la figure 10, l'accéléromètre restant positionné au même endroit. Contrairement à ce que l'on pourrait supposer, le fait de charger le dessus du capot par une certaine

masse n'apporte pas un résultat supérieur à celui de la figure 9. Le coussin, plus comprimé que dans l'expérience précédente, filtre moins bien les vibrations.

Conclusions

Plusieurs conclusions sont à tirer de ces expériences. Tout d'abord, il est un fait certain que les vibrations parasites dues au lecteur CD lui-même ou d'autres provenances, parviennent jusqu'au bloc de lecture optique. Une modification, même légère, des conditions de fonctionnement (socle, table, palet presseur) suffit pour altérer l'enveloppe des vibrations captées, ce qui se répercute sur le fonctionnement des circuits d'asservissement. D'autre part, le résultat obtenu à la suite de l'amélioration apparente (rigidification, renforcement, doublage de parois) n'est pas forcément positif (cas du lecteur CD testé dont la marque n'a pas été révélée par l'auteur). Il peut se produire, à la suite de ces modifications, un déplacement de ces résonances vers d'autres fréquences sous d'autres amplitudes, sans que l'on note (aux mesures) une amé-

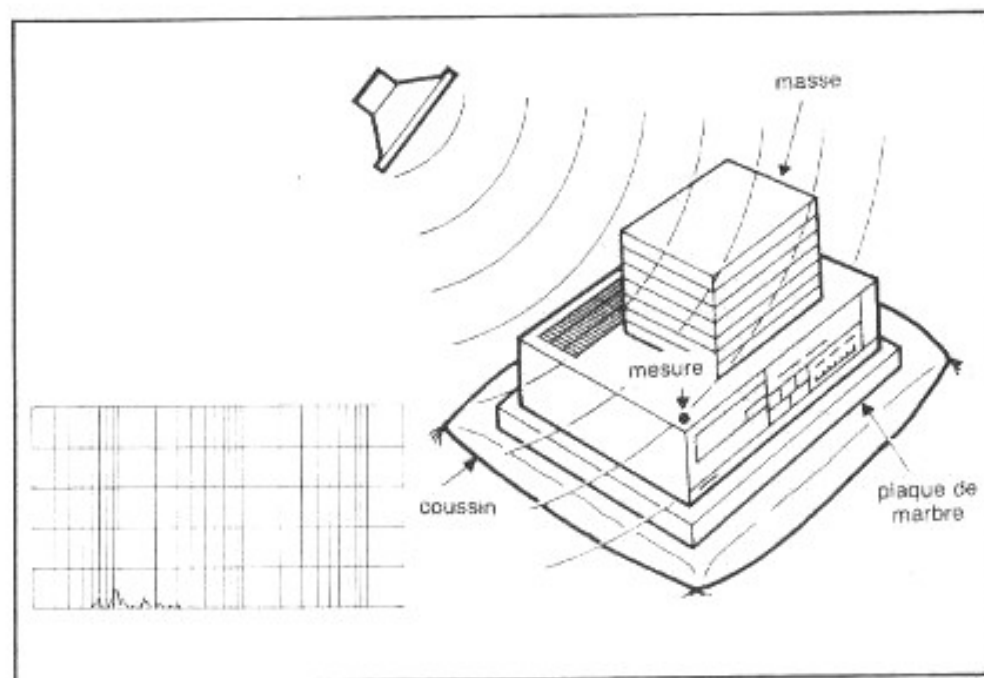


Fig. 10 : Expérience n° 5. Identique à celle de la figure 9, mais avec le dessus du capot chargé par une dizaine de livres. Les résultats sont bons, mais inférieurs à ceux de l'expérience n° 4.

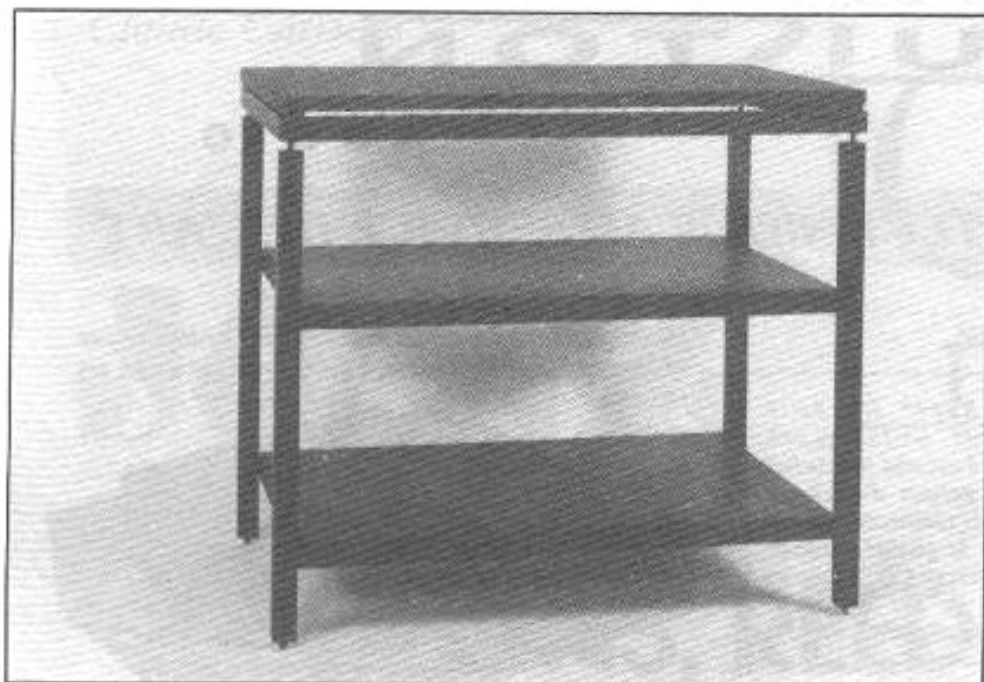


Table-support spécialement conçue pour les lecteurs CD : Support Michel Reynouard (Contrepoint, Clermont-Ferrand). De fabrication soignée elle est composée d'une armature en acier, de tablettes intermédiaires (alimentation, convertisseur séparés) et d'une tablette supérieure (lecteur CD) en lave naturelle. L'ensemble est modulaire.

lioration globale sensible. Quant à l'addition d'un palet presseur, d'un second disque faisant office de palet presseur, cette opération modifie la masse en mouvement asservie en permanence et influe systématiquement sur les circuits d'asservissement, qui auront tendance à travailler sous un courant moyen plus élevé.

Les socles et supports « spéciaux pour lecteurs CD » peuvent apporter des différences sensibles à l'écoute sans produire pour autant une véritable amélioration. Il est, d'autre part, peu probable qu'il existe dans des ordres de dimensions et de masse « domestiques » des recettes universelles. Déplacer des résonances, le spectre de vibrations parasites, est facile. Les supprimer l'est beaucoup moins, ce d'autant qu'on ne peut négliger les transmissions par voie aérienne. Quant aux nouveaux procédés de lecture avec grand palet presseur et plateau tournant, leur efficacité est incontestable. Là aussi, il est possible que la perfection (ou presque) ne soit obtenue qu'à l'aide d'un plateau massif de près de 10 cm d'épais-

seur et parfaitement équilibré dynamiquement. Ce genre de mécanique existe et a déjà même été exposé à l'Audio Fair de Tokyo en octobre 1990. Malheureusement, il s'agissait d'un prototype dont la commercialisation est peu probable. Quant aux vrais tables anti-vibrations, elles existent, mais sont réservées aux laboratoires : elles sont constituées d'un plateau flottant et suspendu dont le poids peut dépasser 300 kg !

Pour les tables et supports pour lecteurs CD, il existe fort heureusement de bons compromis, depuis les socles lourds, acoustiquement neutres et munis de pieds très absorbants jusqu'aux supports à plusieurs étages plus sophistiqués montés sur pointes multiples ajustables en hauteur. Selon les systèmes proposés, les résultats de mesure se trouvent parfois en contradiction avec les résultats d'écoute. Dans l'attente de mécaniques encore plus perfectionnées, les meilleurs compromis seront encore à trouver en fonction des résultats d'écoute.

Shuguang

10号 走 功 率 管

H I - F I • T U B



GOLDEN DRAGON

Exemples de prix TTC port compris:

ECC 83/12AX7 : 67,50 F
EL 34/6CA7, paire équilibrée : 204,50 F

845, paire équilibrée : 1 490,00 F
KT 88, paire équilibrée : 538,00 F

Liste sur demande contre enveloppe timbrée.



Distribué en France par :

MAGAVOX FRANCE

34, rue de Penthièvre
75008 PARIS - Tél. : 45.63.44.10

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

CLASSIQUE

LA MESSE MUSICALE DU XIV^e AU XIX^e SIECLE

« DU BAROQUE AU ROMANTISME »

(XVII^e - XVIII^e et XIX^e SIECLES SUITE ET FIN)



a fin du XVI^e siècle a marqué l'apogée de la messe polyphonique.

Chantée a capella, elle tolère tout juste la basse continue au tout début du XVII^e siècle, mais les soli en sont absents. Or, nous l'avons dit, la fin de la Renaissance européenne

— l'Italie surtout — se préoccupe essentiellement du Retour à l'Antique qui se caractérisera, en 1600, par la création du premier opéra.

Ce nouveau genre, qui ne tarde pas à s'épanouir dans toute l'Europe, va séduire tous les compositeurs. Or, l'opéra suppose une participation instrumentale obligée, ainsi que l'usage de procédés dramatiques nouveaux tels que l'air accompagné (ou madrigal monodique) et, surtout le récitatif. (Se reporter à notre article paru dans le n° 7 de L'Audiophile). Il va sans dire que l'écriture polyphonique stricte lasse quelque peu les compositeurs qui préfèrent, plutôt que d'écrire des messes, se lancer dans les dérivés de l'opéra tels que l'Oratorio et la Cantate.

Du reste, la messe va désormais symboliser ce que Monteverdi appelle le « stile antico », par opposition au nouveau langage concertant et dramatique, le « stile moderno » ou « stile rappresentativo ».

L'évolution formelle de la Messe au XVII^e siècle

Les cinq hymnes (kyrie, gloria, credo, sanctus, agnus Dei) demeurèrent. Mais ils ne font plus systématiquement l'objet de développements polyphoniques concis. Les textes latins sont désormais découpés en versets ou groupes de versets que le compositeur traite de manière autonome. C'est ce que l'on appelle la messe cantate ou encore messe napolitaine. Les arias, duos, ensembles viennent se substituer à la polyphonie chorale. l'orchestre est largement utilisé, soutenu par une basse continue désormais omniprésente. Les madrigalismes (ou figuralismes) viennent apporter leurs images issues du langage de l'opéra. Généralement ces messes sont assez longues. Elles magnifient certaines fêtes importantes de l'année liturgique. D'où leur nom de « messes solennelles »... par opposition aux « messes brèves » écrites dans le *stile antico* par des maîtres tels que A. Scarlatti, Anerio, Carissimi, Lotti. Fux, en Allemagne, perpétue un moment l'ancienne tradition, bien qu'il use, avec Scarlatti, du nouveau style concertant. Style qui connaîtra son apogée dans la première partie du XVIII^e siècle.

Le rôle de Monteverdi

Les trois messes laissées par Monteverdi (1567-1643) illustrent le *stile*



Portrait de J.S. Bach (1685-1750).



Portrait de W.A. Mozart (1756-1791).

antico. La plus significative paraphrase, dans le plus pur style flamand, un motet de Nicolas Gombert, d'où son titre « retro » de messe « In illo Tempore ». Cela dit, il n'est pas interdit de doubler la basse d'un continuo... C'est en 1610, dans ses célèbres « Vêpres de la Vierge » que l'auteur d'« Orfeo » donne à la musique religieuse une nouvelle orientation. Il traite en effet certains Psaumes et Hymnes à la manière de madrigaux dramatiques. En fait, à la manière d'un opéra... Virtuosité vocale et instrumentale, orchestration colorée, rythmes dansants, incessants procédés descriptifs... Cependant, s'il apparaît dans ce sublime chef-d'œuvre comme un audacieux novateur, Monteverdi se garde bien de renier la tradition. En effet, Hymnes et Psaumes des Vêpres tirent leurs thèmes des pages grégoriennes correspondantes. Le modernisme n'en est que plus saisissant... Mais les Vêpres ne sont pas une messe. Certes ! Cependant, Monteverdi a traité de manière identique certains textes de la messe catholique. Ainsi le célèbre Gloria à sept voix, issu de la « Selva Morale e Spirituale » de 1640, ou encore des fragments de messe tels que le « Crucifixus », l'« Et Resurrexit » tirés du même recueil. Aucune messe monteverdienne complète ne nous est parvenue dans ce nouveau style concertant. Signalons cependant qu'Andrew Parrott a tenté d'en recréer une d'après des fragments de

la « Selva Morale », sous le titre « Messe d'Action de Grâces ». La réussite est totale.

Ce renouveau ne pouvait pas demeurer sans suite. Après Venise, Naples, Milan... puis l'Allemagne, ont recours au nouveau style concertant, sans pour autant que disparaisse le « stile antico ».

La messe dans les principaux pays européens au XVII^e siècle

a. La France. La France du XVII^e est, avant tout, préoccupée de ballet et d'opéra. D'opéra italien d'abord, puis français à partir de 1672. Louis XIV affectionne les messes basses. Aux longs développements d'un Gloria ou d'un Credo, le Roi Soleil préfère les Grands Motets ou les récits et pleins-jeux de l'orgue. Ainsi, la musique religieuse versaillaise des Delalande, Du Mont, Campra, Lully, se résume-t-elle à une série de petits et grands motets qui viennent se substituer aux cinq pièces liturgiques traditionnelles. Pourtant, la messe n'échappe pas vraiment aux compositeurs, mais dans d'autres domaines. Henry Du Mont compose quatre messes en plainchant, accompagnées par l'orgue, dans la tradition monodique grégorienne. Mais c'est surtout le riche dialogue entre l'orgue soliste et la schola qui singularise la messe versaillaise. Les versets des cinq hymnes de la messe sont équitablement par-



Portrait de Joseph Haydn (1732-1809).

tagés entre les deux protagonistes, à la manière des anciens chœurs antiphoniques. Par exemple, la schola entonne en plain-chant « Gloria in excelsis Deo », après quoi l'orgue répond par l'« Et in terra pax ». Et cela jusqu'au dernier verset et à l'Amen conclusif. Il convient d'ailleurs de remarquer que l'orgue synthétise les diverses tendances musicales du moment : les pleins-jeux et les fugues adoptent l'écriture de la Renaissance (*stile antico*), les duos et trios celle des ariosos et madrigaux monodiques ; les récits, quant à eux, prolongent de manière saisissante les grands récitatifs dramatiques de l'opéra. C'est ainsi qu'il faut comprendre les messes d'orgue de Grigny, Couperin, ainsi que bien des suites, apparentées à la messe, de Marchand, Du Mage, Boyvin, Raison, etc.

La messe polyphonique, avec instruments, est pourtant pratiquée par Charpentier dans sa célèbre « Messe de minuit », élaborée à partir de noëls populaires, comme les antiques messes à thèmes.

Au XVII^e siècle, la Messe de Requiem, par ses images dramatiques qui permettent aisément de recourir aux procédés madrigalesques, connaît dans notre pays une vogue qui ne se démentira pas, jusqu'au début du XX^e siècle. On admire à juste titre les Requiem de Gilles, Campra, Delalande...

b. **L'Italie.** Nous ne reviendrons pas sur le rôle considérable de Monteverdi. Ses disciples, Alessandro Grandi, Francesco Cavalli, comme lui, pratiquent les styles anciens et modernes. A Rome, bien sûr, la messe traditionnelle polyphonique demeure. Le grégorien également. A l'instar de la France, on pratique à Saint-Pierre la messe dialoguée entre l'orgue et la Schola. C'est ainsi qu'il faut comprendre le recueil des « Fiori Musicali » de Girolamo Frescobaldi consistant en trois messes instrumentales dont, seul le kyrie subsiste. Les autres pièces sont destinées à l'élévation, l'épître, la communion, etc. L'esprit demeure, même si la forme évolue.

c. **L'Allemagne.** Elle se conforme en tout point à l'Italie. Heinrich Ignaz Biber est probablement l'auteur de la fameuse « Missa Salisburgensis », somptueuse messe solennelle pour soli, chœurs et orchestre, découpée en versets selon la tradition napolitaine. Johann

Joseph Fux a également composé de remarquables messes-cantates. Mais, à vrai dire, c'est surtout le choral qui inspire la plupart des compositeurs allemands du siècle. Ceux, en tous cas, qui n'évoluent pas dans l'orbite de l'Italie. Schütz, Scheidt, Schein sont en effet luthériens.

d. **Les autres pays d'Europe.** L'Espagne, terre de la Contre-Réforme, demeure traditionnelle, alors que l'Angleterre connaît bien des problèmes politiques... Aucune partition majeure n'a marqué l'évolution de la messe dans ces deux pays en cet instant. Quant au Néerlandais Sweelinck, d'obédience luthérienne, il ne compose que des psaumes huguenots sur des textes de Clément Marot et Théodore de Bèze...

Le XVIII^e siècle

De même qu'entre le XV^e et la Renaissance, il n'y a aucune véritable rupture entre le XVII^e et le début du XVIII^e. La messe n'est pas un genre essentiel. L'opéra a envahi l'Europe ainsi que ses dérivés, l'oratorio et la cantate. Le style concertant triomphe dans le domaine instrumental et l'écriture polyphonique héritée de la Renaissance s'estompe. Bach demeure, bien sûr, l'exception. Il convient de scinder le XVIII^e siècle en deux étapes distinctes. La première moitié voit s'achever l'ère baroque. C'est la fin du XVII^e. La seconde englobe intégralement ce qu'il est convenu d'appeler le classicisme, c'est-à-dire le style galant, celui de Haydn et de Mozart.

La messe en si de Bach Le début du XVIII^e

Ce chef-d'œuvre absolu de Bach résume à lui seul la situation de la messe en tant que forme musicale, à la fin de l'ère baroque. C'est d'ailleurs l'une des seules messes écrites en ce début du XVIII^e. Elle adopte le schéma de la messe napolitaine ou messe-cantate, elle-même calquée sur l'opéra. Le texte, dans son ensemble, est divisé en petites sections indépendantes dévolues à des solistes (arias et duos) et à des chœurs. Ceux-ci usent fréquemment d'une écriture contrapuntique qui rappelle le « *stile antico* » (troisième Kyrie, Credo in unum Deum). L'écriture en double-chœur d'origine vénitienne apparaît dans le Sanctus. Des thèmes grégoriens sont

encore utilisés comme cantus firmus, notamment au début du Credo.

Mais la Messe en si se rattache à l'antique tradition de la messe polyphonique dans la mesure où elle parodie des cantates profanes que Bach avait écrites précédemment. Seuls le Kyrie et certains fragments du Credo semblent originaux... C'est la technique de Palestrina, revivifiée par le Cantor de Leipzig ! Mais attention : réemploi ne signifie aucunement qu'il s'agisse de pages inférieures... Au contraire, Bach réutilisait toujours ce qu'il considérait comme le meilleur de son œuvre et, à cet égard, la Messe en si peut être considérée comme le testament musical du vieux maître. Elle fut commencée en 1724, par le Sanctus. Puis en 1733, le Kyrie et le Gloria virent le jour en 1733 en tant que messe luthérienne. Séduit par l'ampleur de sa conception, Bach reconsidéra par la suite sa messe brève en ajoutant le Credo et l'Agnus Dei. Sans doute travailla-t-il à sa messe solennelle jusqu'en 1749, après même l'Art de la Fugue...

Bach composa également quatre autres messes brèves (Kyrie et Gloria seulement), BWV 233, 234, 235 et 236. Comme la Messe en si, elles paraphrasent des fragments de cantates antérieures.

En cette première moitié du XVIII^e, d'autres compositeurs produisirent des messes, mais aucune ne peut être comparée au monument de J.S. Bach. On citera pourtant les grandes messes solennelles d'Antonio Caldara, de Johann Joseph Fux (déjà nommé) et Georg Reutter. Aucune n'a retenu l'attention des chefs et des éditeurs. On peut le regretter !

Vivaldi n'a, semble-t-il, laissé aucune messe complète. Mais on dispose d'un Kyrie, de deux Gloria (dont le célèbre RV 589) et d'un Credo. Ils n'ont aucune relation entre eux. Mais tous ont recours à la structure napolitaine. On remarquera l'ampleur des « Amen » conclusifs dans les Gloria et le Credo. Souvenir de la Messe de Machaut ? Nullement, ce fait est habituel dans la messe napolitaine.

La messe viennoise : Haydn et Mozart

C'est aux alentours des années trente du XVIII^e siècle que les normes du langage musical baroque ten-

dent à disparaître. La fugue, la suite de danses, la cantate, l'oratorio cèdent peu à peu la place à un esprit nouveau — le style galant — qui se cristalliserait autour de la forme sonate. On se rapportera à notre présentation détaillée de ce chapitre dans notre numéro 6. Certes, Bach est toujours vivant et c'est précisément dans ces années qui marquent la fin de la première moitié du XVIII^e qu'il donne ses plus hauts chefs-d'œuvre. Cela dit, Haydn naît en 1732 et l'École de Mannheim jette les bases de nouvelles structures qui engendrent la symphonie, la sonate, le concerto. Pas plus qu'au début du siècle, la messe ne préoccupe les compositeurs « classiques »... Même si Haydn en compose treize et Mozart seize... La messe, en cet instant où triomphe l'opéra italien, n'est jamais que le fruit de commandes. Sa principale originalité est d'être intimement mêlée à la forme sonate. D'où son appellation de « messe viennoise ». Chaque partie de l'Ordinaire fait l'objet d'une structure tripartite où se succèdent exposition - développement - réexposition. Les deux thèmes inhérents à la forme sonate opposent leur dialectique, principalement dans les textes longs tels que le Gloria et le Credo. Calquée sur l'opéra, la messe fait dialoguer au sein d'un même mouvement, le chœur et les solistes. Le chœur est de plus en plus homophone, excepté dans quelques épisodes traditionnels (Cum Sancto Spiritu) où l'écriture fuguée survit encore...

On peut cependant continuer à classer ces messes de la fin du XVIII^e en deux catégories :

- les messes brèves
- les messes solennelles ou messes cantates.

Les premières sont extrêmement concises. Leur brièveté est imposée par un clergé qui ne prise plus guère les longues cérémonies. Il en est ainsi des premières messes de Haydn et de Mozart. Dans la messe brève « Sancte Joannis de Deo » de Haydn, chaque voix chante simultanément des versets différents du Gloria, afin d'en abrégier la durée qui, ainsi, n'outrepasse pas celle du Kyrie... La Messe du Couronnement de Mozart, quoique relativement courte, se signale particulièrement par le recours à l'écriture symphonique.

Les secondes, beaucoup plus lon-

gues, trouvent leur aboutissement dans l'étonnante Messe en ut mineur K 427 de Mozart. Œuvre grandiose, proche de l'opéra, mais inachevée... Elle est découpée en versets, à la manière de la Messe en si de Bach, dont elle aurait eu les proportions si Mozart l'avait menée à son terme.

Les six dernières messes de Haydn, écrites pour la famille Esterházy entre 1796 et 1802 constituent sans aucun doute l'apogée de la « messe viennoise ». Elles n'ont plus grand chose à voir avec les messes-cantates et se rapprochent considérablement de la symphonie dont elles sont, en quelque sorte, une variante chorale. Elles prolongent, en l'amplifiant, la structure de la Messe du Couronnement et annoncent la « Missa Solemnis » de Beethoven. Les textes longs (Gloria et Credo) sont divisés en plusieurs mouvements alternativement vifs et lents — souvent trois — d'où l'on peut déceler aisément la forme sonate. Les solistes, formant souvent un petit groupe, dialoguent avec le chœur, à la manière de l'ancien concerto grosso. L'écriture vocale et orchestrale est extrêmement soignée et le texte est magistralement mis en valeur. Elles comptent parmi les plus hauts chefs-d'œuvre de Haydn et s'inscrivent au rang des plus belles messes que l'Europe ait produites. On se reportera à notre discographie pour une approche plus concrète.

On ne saurait considérer la « Missa Solemnis » de Beethoven autrement que comme une « messe viennoise » dont le message spirituel et humain dépasse toute confession. Contemporains de la Neuvième Symphonie (1823-24), elle reprend tous les éléments des dernières messes de Haydn. L'esprit symphonique y règne en maître. Mais, de nombreux solos émaillent la partition et on trouve même, dans l'Agnus Dei, un terrifiant récitatif dramatique venu tout droit de l'opéra... La messe en ut majeur de 1806, de moindre envergure, obéit également au schéma de la messe viennoise.

Survol du XIX^e siècle...

La messe, toujours « pratiquée » par certains compositeurs, n'est plus en vogue. L'esprit est ailleurs... Seule, la messe de Requiem, pour ses images fortes et pathétiques, motive quelques grands romantiques : Berlioz, Dvorak, Verdi.

Pourtant, la messe symphonique

d'esprit viennois trouvent encore chez Schubert matière à émotion. Cherubini écrit également une jolie messe en ré mineur en 1811. Mais le genre a cessé d'évoluer et tous les compositeurs qui y touchent encore (Liszt, Gounod, Bruckner) font revivre un moment de son évolution. L'écriture de la Renaissance trouve un certain regain d'intérêt.

C'est sans doute Rossini qui se montre le plus original dans sa « Petite Messe solennelle » (1863) pour solistes, chœurs et deux pianos, où de véritables arias, très lyriques alternent avec une écriture chorale à l'ancienne.

et du XX^e...

Souvent tournée vers le passé, la messe a connu quelques grands moments au XX^e siècle : Stravinski avec sa « Messe pour chœur et instruments à vent » dans le style de l'Ars Nova ; Duruflé qui renoue avec le chant grégorien dans la « Missa cum jubilo » ; André Caplet qui montre sa maîtrise du contrepoint dans sa « Messe à trois voix »... Benjamin Britten (Missa brevis) et Vaughan Williams (Messe en sol mineur) ont tenté un retour vers la pureté expressive de la Renaissance anglaise. À l'exemple de Vivaldi, Francis Poulenc donnait son célèbre Gloria pour soprano, chœur et orchestre, en 1959. Nous n'aurions garde d'oublier la très originale « Messe de l'aurore » de Marcel Landowski, dont nous présentons dernièrement le premier enregistrement mondial.

« La messe est dite, allons dîner... », inscrivait François Couperin à l'issue du Deo gratias de ses Deux Messes d'orgue...

