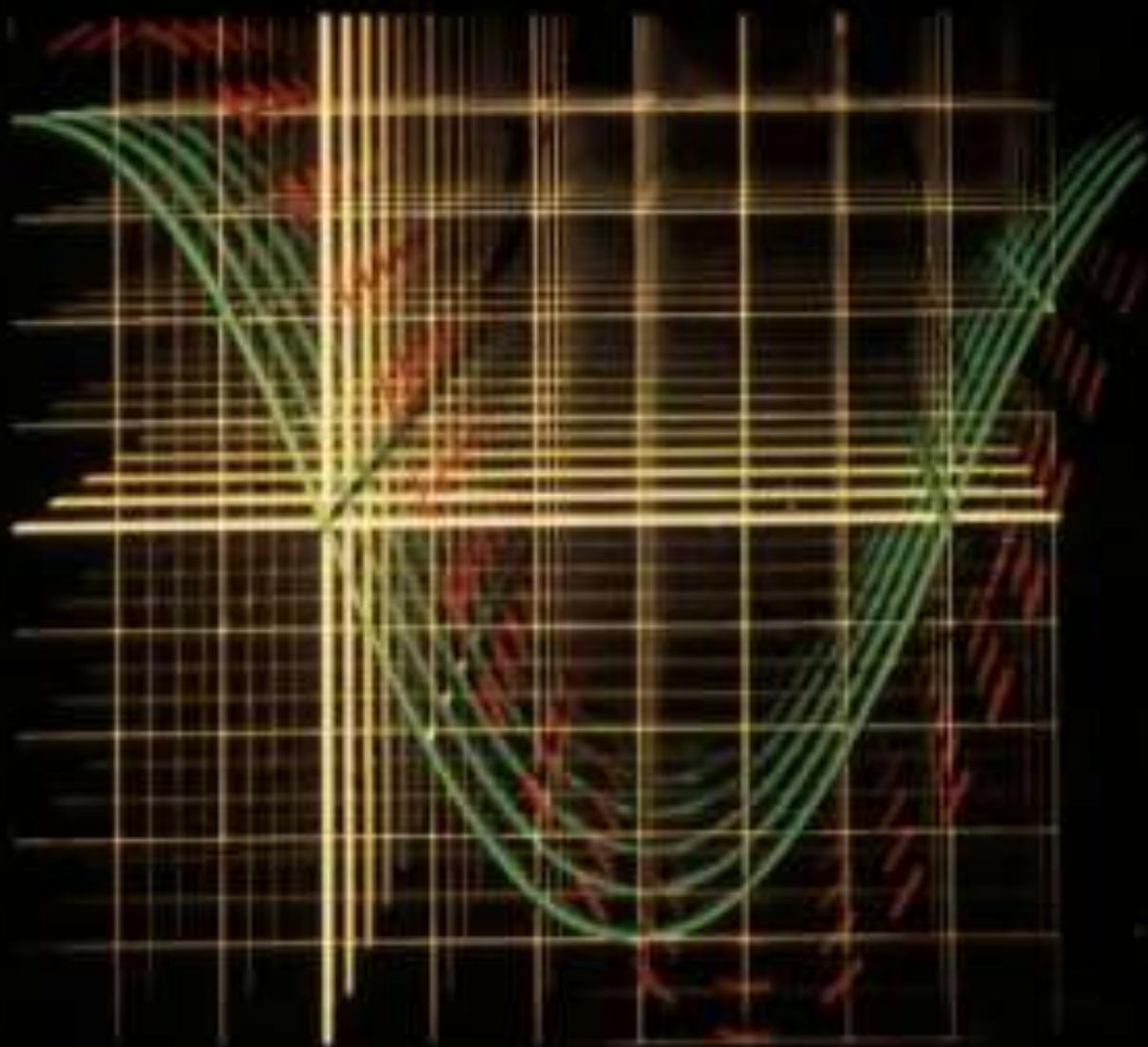


# L'AUDIOPHILE



2

4<sup>e</sup> Année

N°20 Mai 1981 30 F.

**Page non  
disponible**

# Amplificateur 140 watts à tubes

## 2<sup>e</sup> partie

*Jean Hiraga*

*Dans cette seconde partie de l'étude de l'amplificateur à tubes 140 watts, le lecteur trouvera de nombreuses explications, conseils et détails d'ordre pratique. Les résultats du sondage publiés dans le n° 19 nous laissent penser que nous allons dans le sens du souhait de nombreux lecteurs.*

*Cette réalisation, le lecteur le remarquera, est tout à fait dans notre philosophie : un circuit très performant mais néanmoins très simple de par sa conception, et n'ayant recours à aucun artifice ou compensation, lesquels, même s'ils amènent à des performances supérieures sur le plan des mesures conventionnelles, ne nous paraissent pas être la meilleure voie pour parvenir à des résultats d'écoute de haut niveau. C'est ainsi que cet amplificateur ne possède pas de boucle de contre-réaction négative.*

*Notons enfin que le circuit a subi quelques retouches par rapport à sa description proposée dans le n° 19, cela pour parfaire encore le comportement de cet amplificateur qui concilie, ce qui est rare, puissance et qualité de restitution. Les amateurs attachés aux systèmes à bas rendement trouveront là, nous en sommes sûrs, une solution à leur problème d'amplification, qui les satisfera pleinement.*

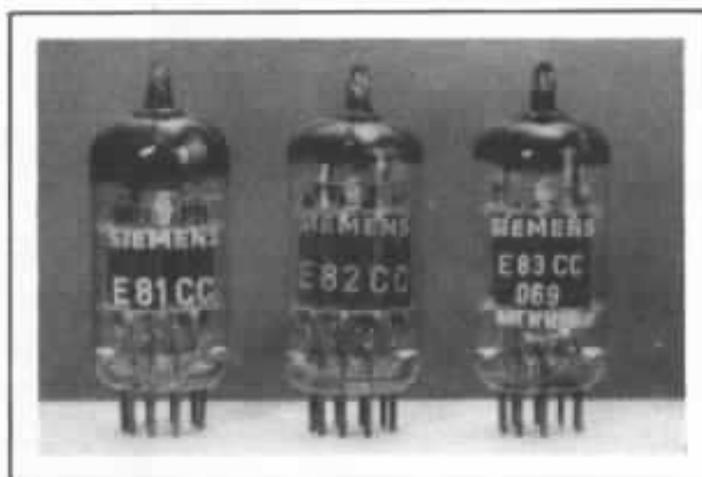
### **Les tubes professionnels**

Le circuit d'origine était composé du tube ECC 82, que l'on peut remplacer par des équivalents de type « professionnel ». Ces équivalents sont nombreux, et l'on peut citer par exemple la ECC 802S (Telefunken) la E 82CC (Siemens, Philips), la 12 AU7 WA (U.S.A.) et d'autres

références professionnelles à quatre chiffres (5814, 5963, 6189, CV 4002, CV 4003, 7730, 6067, 5814, 5814WA). Noter que les séries dites « professionnelles » peuvent revêtir une apparence soit « normale » soit particulière pour ces tubes appelés outre-atlantique « rugged version », « security », « special »

« professionnel ». Ces séries spéciales sont censées apporter des particularités telles que :

- a) durée de vie 10 000 heures minimum;
- b) robustesse aux chocs mécaniques;
- c) faibles tolérances (filament, mu, etc.);
- d) faibles variations de fonction-



*Tubes professionnels.*

nement durant au moins 5 000 heures de fonctionnement ;  
e) vide poussé (supérieur aux séries courantes).

Dans certains cas, ceci est nettement visible :

- 1) plaque plus haute ;
- 2) broches plaquées or ;
- 3) support en mica double ;
- 4) bulbe plus haut.

Sur le plan électronique, ceci peut apporter quelquefois des caractéristiques particulières à ces tubes spéciaux :

— pouvoir émissif de la cathode légèrement inférieur à celui des tubes courants, mais émission plus régulière ;

— filament « twisted », c'est-à-dire torsadé (moins de ronflement) ;

— filament de consommation légèrement supérieure ;

— espace filament/cathode rempli de terres alcalines (moins d'effet microphonique).

Noter encore que certaines séries sont pourvues d'une technologie entièrement différente au niveau de la construction de la grille. Sur le tube ECC 83, par exemple, la grille, normale, passe à la technologie de la « grille cadre » sur la série ECC 803S. Cette grille cadre, réservée en principe à la haute fréquence, est constituée de deux supports très rigides maintenus par deux autres supports transversaux (formant ainsi un cadre), sur lesquels est bobinée une grille faite

en fil extrêmement fin. Sur la ECC 803S, par exemple, ce fil est invisible à l'œil nu. Le pas de grille, très serré, demande une disposition géométrique différente de celle des électrodes (plaque-grille-cathode), qui doivent être plus resserrées pour obtenir des caractéristiques équivalentes (même  $\mu$ , même résistance interne). Dans le cas de la grille cadre, cette technique peut par contre apporter le défaut d'une capacité inter-électrodes légèrement plus élevée, à moins de travailler sur des surfaces actives plus réduites. C'est le cas de la ECC 803S dont une partie de la plaque, renfoncée, sert de partie « active », le côté interne étant poli comme un miroir (car placé très près de la grille-cadre).

Sur le plan subjectif, ces tubes donnent des résultats assez variés (de même que les tubes courants, suivant leur origine), résultats qui ne sont pas obligatoirement supérieurs à ceux des séries courantes. Quelquefois, la longévité (10 000 heures) améliorée par rapport à celle des séries courantes oblige la cathode, d'inertie thermique plus élevée, à travailler sous une température légèrement inférieure à la normale. Ceci se traduit à l'écoute par un son plus « froid » sur certaines séries. Dans quelques cas, le niveau de bruit (souffle thermique) est inférieur, ainsi que l'effet microphonique (construc-

tion plus robuste, supports en mica plus épais réduisant le jeu mécanique des électrodes).

Ce petit préambule sur les tubes professionnels est destiné à prouver que ces tubes ne sont pas simplement plus onéreux mais que, s'ils répondent à de tels critères, ils doivent répondre à un cahier des charges plus sévère que sur les séries courantes. Ces tubes trouvaient des utilisations dans les matériels professionnels : appareils de mesure, d'émission, électronique médicale, ordinateurs. Il est dit « trouvaient », car, en effet, ils ont été remplacés en grande partie par les transistors.

Noter, pour terminer ce préambule, que la plupart des tubes professionnels ne sont plus fabriqués et que les derniers lots ou stocks sont surtout destinés aux remplacements et aux garanties, dont certaines peuvent aller jusqu'à 20 ans (contrats entre constructeurs et radiodiffusions par exemple). La firme Telefunken, par exemple, ne fabrique plus ces tubes depuis juin 1979. Il en est de même pour la firme Siemens et de nombreuses firmes américaines. Au Japon, les constructeurs ont tous arrêté la fabrication des tubes (Matsushita, NEC, Toshiba, Ten, Hitachi) et il est à prévoir que, d'ici quelques années, des tubes encore courants comme l'EL 34 et la ECC 83 deviendront très

difficiles à se procurer. C'est pourquoi le schéma adopté ici utilise des tubes encore faciles à trouver, abordables en prix et permettant l'achat éventuel (et conseillé) de tubes de remplacement.

### L'étage d'entrée

La figure 1 montre les caractéristiques du tube ECC 82. Cette double triode montée sur support noval possède un  $\mu$  moyen (17) et une dissipation plaque de 2,75 W (portée à 3 W sur la ECC 802S). La tension plaque maximum applicable est de 250 V (300 V sur la ECC 802S). Sur le schéma publié dans le n° 19, la tension plaque (point de repos) était de 105 V, correspondant à une polarisation grille de -1,93 V et un courant de repos de 3,75 mA.

Ce point de fonctionnement, bien que très courant sur ces étages d'entrées, généralement reliés à l'étage suivant par une liaison directe, a été jugé un peu trop bas. On se trouve, en fait, face à face avec la recherche d'un compromis inévitable :

- le point de fonctionnement qui, d'après les courbes  $U_p/I_p$  paraît le plus intéressant se place souvent dans une zone inutilisable (dépassant la limite de dissipation plaque);

- un courant de repos trop élevé dans une zone de polarisation trop basse fait augmenter le courant de fuite de grille (bien que restant au dessous du  $\mu A$ ), ceci malgré l'avantage « apparent » d'un travail dans une zone très linéaire du tube. En effet, un courant de grille trop élevé peut apporter plusieurs défauts sur le plan de la qualité subjective.

- un travail sous faible courant, mais tension plaque de repos élevée, peut dépasser la limite admissible ( $U_p$  max.)

Pour cet étage d'entrée, la tension de repos plaque a donc été augmentée et ajustée à 163 V, soit 80 V au-dessous de la limite

<b>ECC 802 S 6189</b>	Fluo 9 Novel	$U_{f1} = 6,3V \pm 5\%$ $I_{f1} \approx 300 \text{ mA}$	Absolute Grenzwerte Absolute maximum ratings per System
	Größe 8 Outlines 8	$U_{f2} = 12,6V \pm 5\%$ $I_{f2} \approx 180 \text{ mA}$	
Doppeltriode mit getrennten Kathoden	Stift - Pin	Indirekt geheizt Indir. heated	$U_{a1} = 250 \text{ V}$ $P_{d1} = 3 \text{ W}$ $U_{a2} = 250 \text{ V}$ $P_{d2} = 3 \text{ W}$ $U_{g1} = 25 \text{ V}$ $U_{g2} = 25 \text{ V}$ $U_{g3} = 25 \text{ V}$ $U_{g4} = 25 \text{ V}$ $U_{g5} = 25 \text{ V}$ $U_{g6} = 25 \text{ V}$ $U_{g7} = 25 \text{ V}$ $U_{g8} = 25 \text{ V}$ $U_{g9} = 25 \text{ V}$ $U_{g10} = 25 \text{ V}$ $U_{g11} = 25 \text{ V}$ $U_{g12} = 25 \text{ V}$ $U_{g13} = 25 \text{ V}$ $U_{g14} = 25 \text{ V}$ $U_{g15} = 25 \text{ V}$ $U_{g16} = 25 \text{ V}$ $U_{g17} = 25 \text{ V}$ $U_{g18} = 25 \text{ V}$ $U_{g19} = 25 \text{ V}$ $U_{g20} = 25 \text{ V}$ $U_{g21} = 25 \text{ V}$ $U_{g22} = 25 \text{ V}$ $U_{g23} = 25 \text{ V}$ $U_{g24} = 25 \text{ V}$ $U_{g25} = 25 \text{ V}$ $U_{g26} = 25 \text{ V}$ $U_{g27} = 25 \text{ V}$ $U_{g28} = 25 \text{ V}$ $U_{g29} = 25 \text{ V}$ $U_{g30} = 25 \text{ V}$ $U_{g31} = 25 \text{ V}$ $U_{g32} = 25 \text{ V}$ $U_{g33} = 25 \text{ V}$ $U_{g34} = 25 \text{ V}$ $U_{g35} = 25 \text{ V}$ $U_{g36} = 25 \text{ V}$ $U_{g37} = 25 \text{ V}$ $U_{g38} = 25 \text{ V}$ $U_{g39} = 25 \text{ V}$ $U_{g40} = 25 \text{ V}$ $U_{g41} = 25 \text{ V}$ $U_{g42} = 25 \text{ V}$ $U_{g43} = 25 \text{ V}$ $U_{g44} = 25 \text{ V}$ $U_{g45} = 25 \text{ V}$ $U_{g46} = 25 \text{ V}$ $U_{g47} = 25 \text{ V}$ $U_{g48} = 25 \text{ V}$ $U_{g49} = 25 \text{ V}$ $U_{g50} = 25 \text{ V}$ $U_{g51} = 25 \text{ V}$ $U_{g52} = 25 \text{ V}$ $U_{g53} = 25 \text{ V}$ $U_{g54} = 25 \text{ V}$ $U_{g55} = 25 \text{ V}$ $U_{g56} = 25 \text{ V}$ $U_{g57} = 25 \text{ V}$ $U_{g58} = 25 \text{ V}$ $U_{g59} = 25 \text{ V}$ $U_{g60} = 25 \text{ V}$ $U_{g61} = 25 \text{ V}$ $U_{g62} = 25 \text{ V}$ $U_{g63} = 25 \text{ V}$ $U_{g64} = 25 \text{ V}$ $U_{g65} = 25 \text{ V}$ $U_{g66} = 25 \text{ V}$ $U_{g67} = 25 \text{ V}$ $U_{g68} = 25 \text{ V}$ $U_{g69} = 25 \text{ V}$ $U_{g70} = 25 \text{ V}$ $U_{g71} = 25 \text{ V}$ $U_{g72} = 25 \text{ V}$ $U_{g73} = 25 \text{ V}$ $U_{g74} = 25 \text{ V}$ $U_{g75} = 25 \text{ V}$ $U_{g76} = 25 \text{ V}$ $U_{g77} = 25 \text{ V}$ $U_{g78} = 25 \text{ V}$ $U_{g79} = 25 \text{ V}$ $U_{g80} = 25 \text{ V}$ $U_{g81} = 25 \text{ V}$ $U_{g82} = 25 \text{ V}$ $U_{g83} = 25 \text{ V}$ $U_{g84} = 25 \text{ V}$ $U_{g85} = 25 \text{ V}$ $U_{g86} = 25 \text{ V}$ $U_{g87} = 25 \text{ V}$ $U_{g88} = 25 \text{ V}$ $U_{g89} = 25 \text{ V}$ $U_{g90} = 25 \text{ V}$ $U_{g91} = 25 \text{ V}$ $U_{g92} = 25 \text{ V}$ $U_{g93} = 25 \text{ V}$ $U_{g94} = 25 \text{ V}$ $U_{g95} = 25 \text{ V}$ $U_{g96} = 25 \text{ V}$ $U_{g97} = 25 \text{ V}$ $U_{g98} = 25 \text{ V}$ $U_{g99} = 25 \text{ V}$ $U_{g100} = 25 \text{ V}$
Twin triode with separate cathodes	1 $\phi_{11}$ 2 $\phi_{12}$ 3 $k_{11}$ 4 $k_{12}$ 5 $i$ 6 $\phi_{21}$ 7 $\phi_{22}$ 8 $k_{21}$ 9 $k_{22}$	per System $U_{ba} = 250 \text{ V}$ $R_k = 800 \Omega$ $I_k = 10,5 \text{ mA}$ $\pm 1,8 \text{ mA}$ $S = 2,2 \text{ mA/V}$ $\pm 0,4 \text{ mA/V}$ $R_f = 7,7 \text{ k}\Omega$ $\mu = 17$ $-I_k \leq 0,5 \mu A$	
Kapazitäten - Capacitances			$U_{a1}$ mittels $R_k$ $U_{a2}$ by $R_k$ $U_{g}$ test fixed grid bias
			System I      System II $C_{g1} = 1,4 \pm 0,35$ $1,4 \pm 0,35 \text{ pF}$ $C_{g2} = 0,5 \pm 0,2$ $0,4 \pm 0,2 \text{ pF}$ $C_{g3} = 1,5 \pm 0,3$ $1,5 \pm 0,3 \text{ pF}$

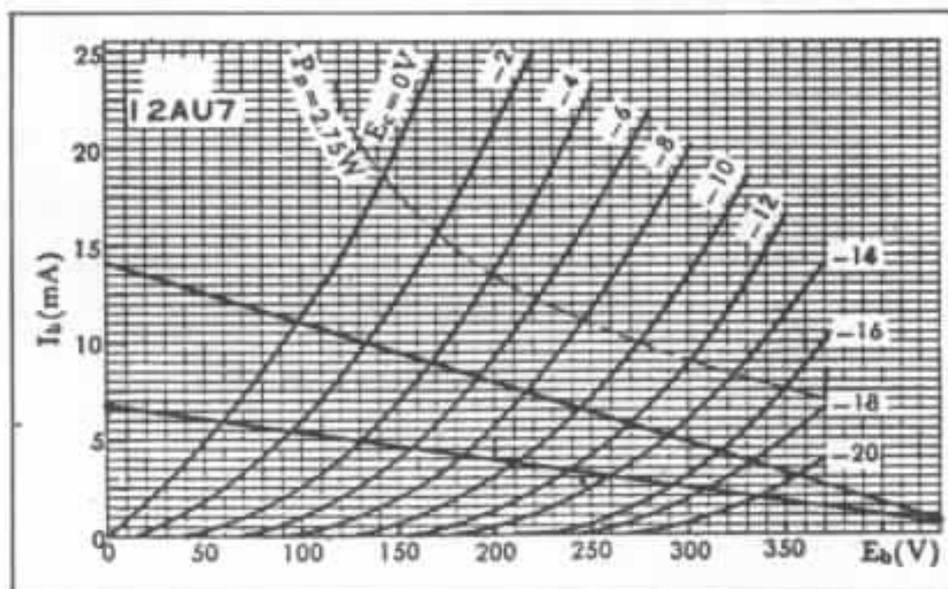


Fig. 1 : a. Caractéristiques principales du tube 802S Telefunken.  
b. Caractéristique  $U_p/I_p$  tube ECC82/12AU7 avec droite de charge de 33 k $\Omega$  (en haut) et 68 k $\Omega$  en bas HT = 450 V.

admissible. Le courant de repos, ajusté soigneusement (la liaison, étant directe, ajuste également la polarisation grille de l'étage déphaseur), passe ainsi à 6,4 V. Le placement de la droite de charge sur la courbe  $I_p/U_p$  montre que pour y arriver, il faut que la haute tension passe à 450 V, tension à respecter soigneusement (toujours à cause de la liaison directe avec l'étage suivant).

Cette modification a été faite dans le but de réduire le taux de distorsion de l'étage d'attaque passant à une moyenne de

0,05 % au lieu de 0,2 %, même pour des tensions d'entrée apportant une saturation de l'étage de sortie. Cette tension d'entrée, de 0,7 V pour 140 W en sortie, peut en effet passer à 6 V sans saturation, la tension de sortie passant alors à 100 V. Ceci donne une caractéristique de transfert très linéaire, représentée sur la figure 3.

Le tube utilisé est le ECC 82, que l'on peut encore remplacer par le tube Telefunken ECC 802S. Ce dernier est malheureusement assez difficile à trouver.

# 12BH7

## MEDIUM-MU TWIN TRIODE

Miniature type used as a combined vertical deflection amplifier and vertical oscillator in television receivers. It is also used in other applications including phase-inverter circuits and multivibrator circuits. Outline 16, OUTLINES SECTION. Tube requires noval nine-contact socket and may be mounted in any position. Each triode unit is independent of the other except for the common heater.



HEATER ARRANGEMENT	Series	Parallel	
HEATER VOLTAGE (AC/DC)	12.6	6.3	volts
HEATER CURRENT	0.3	0.6	ampere
DIRECT INTERELECTRODE CAPACITANCES (No external shield):			
	Triode Unit T <sub>1</sub>	Triode Unit T <sub>2</sub>	
Grid to Plate	2.6	2.6	pf
Input	3.2	3.2	pf
Output	0.6	0.4	pf
Plate of Unit No.1 to Plate of Unit No.2	0.8		pf

### CLASS A<sub>1</sub> AMPLIFIER (Each Unit)

Maximum Ratings:		
PLATE VOLTAGE	300 maz	volts
GRID VOLTAGE:		
Negative Bias Value	50 maz	volts
Positive Bias Value	0 maz	volts
CATHODE CURRENT	20 maz	ma
PLATE DISSIPATION	2.5 maz	watts
PEAK HEATER-CATHODE VOLTAGE:		
Heater negative with respect to cathode	200 maz	volts
Heater positive with respect to cathode	200maz	volts
*The dc component must not exceed 100 volts.		
Characteristics:		
Plate Voltage	250	volts
Grid Voltage	-10.5	volts
Amplification Factor	16.5	
Plate Resistance (Approx.)	3300	ohms
Transconductance	8100	μmhos
Grid Voltage (Approx.) for plate current of 50 μa	-23	volts
Plate Current	11.5	ma

Maximum Circuit Values (For maximum rated conditions):		
Grid-Circuit Resistance:		
For fixed-bias operation	0.25 maz	megohm
For cathode-bias operation	1.0 maz	megohm

### VERTICAL DEFLECTION AMPLIFIER (Each Unit)

For operation in a 325-line, 30-frame system

Maximum Ratings:		
DC PLATE VOLTAGE	450 maz	volts
PEAK POSITIVE-PULSE PLATE VOLTAGE (Absolute maximum)	1500 maz	volts
DC GRID VOLTAGE	-50 maz	volts
PEAK NEGATIVE-PULSE GRID VOLTAGE	-250 maz	volts
DC CATHODE CURRENT	20 maz	ma
PLATE DISSIPATION†	2.5 maz	watts
PEAK HEATER-CATHODE VOLTAGE:		
Heater negative with respect to cathode	200 maz	volts
Heater positive with respect to cathode	200maz	volts

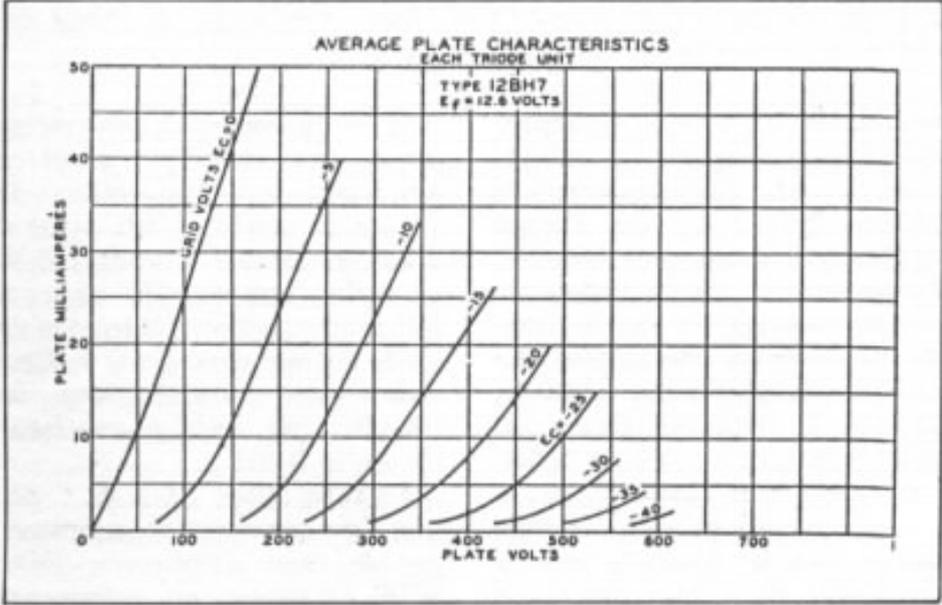
Maximum Circuit Values (For maximum rated conditions):		
Grid-Circuit Resistance:		
For fixed-bias operation	1.0 maz	megohm
For cathode-bias operation	2.2 maz	megohm

Son prix est élevé, mais il possède de nombreuses qualités subjectives (faible taux de distortion, bande passante « subjective » large, son « aéré »). La plaque de ce tube professionnel se reconnaît très facilement, sa hauteur étant de 17 mm (au lieu de 11 mm sur les tubes ECC 82 courants).

La polarisation de ce tube, réalisée d'une façon dite « automatique », a demandé, en raison des modifications apportées, un changement des valeurs des résistances. Ces résistances qui étaient de valeurs 470 ohms et 47 ohms, soit un total de 517 ohms, passent à 1 kohm et 390 ohms. La résistance de polarisation de 1 kohm, de type 1/2 W au tantale, est découplée par un condensateur de 100 μF, si possible au tantale. Le cas échéant, on peut utiliser un condensateur électrochimique sur lequel on montera en parallèle un condensateur au mylar d'une valeur d'environ 1 μF.

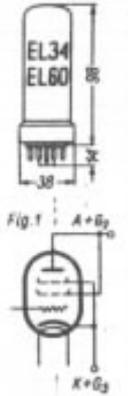
### Etage déphaseur

L'étage déphaseur est toujours un point passionnant d'un circuit amplificateur. A moins d'utiliser un circuit très étudié, le circuit push-pull, nécessitant un étage inverseur de phase, possède le défaut de ne pouvoir réduire que les distorsions par harmoniques pairs (et les harmoniques impairs ?). Cependant, pour les puissances supérieures à 10 watts, le montage push-pull présente tant d'avantages (alimentation rendement, distortion) que l'on ne doit pas le rejeter, surtout si l'on a affaire à des circuits délivrant une puissance supérieure à 20 watts. Rien que pour parler du rendement, celui-ci n'est que de 30 % environ sur un montage monolampe et il faut faire appel à des tubes de dissipation plaque 75 à 100 W pour ne pouvoir « tirer » que 15 à 20 watts de puissance de sortie.



c. Caractéristiques principales et courbe Up/Ip du 12BH7 (RCA).

T.	U <sub>y</sub>	I <sub>y</sub>	Cl.	U <sub>b1e</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>b1e</sub>	R <sub>gs</sub>	U <sub>gs</sub>	U <sub>gt</sub>	I <sub>b</sub>	I <sub>gs</sub>	S	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>e</sub>	P <sub>a</sub>	U <sub>gt</sub> no	h			
				V	V	V	Ω	V	V	mA	mA	mA/V	kΩ	Ω	kΩ	W	V	%			
EL 34 EL 60	ser	1	4,3	1,5	A	265	250	265	2000	225	-14,5	70+75	10+15	9	18		3	8	9,3	10	
					A	245	250	245	8	245	-13,5	100+105	14,9+29	11	15		3	11	8,7	10	
					AB	430	430	1000	425			125+130	10+10,5	Fig. 2		470	4,4	20	16	0,8	
					AB	430	1000	425			125+140	10+15	Fig. 3		470	4,4	27	36	1,3		
					AB	375	315	375	470	334		150+190	23+45	Fig. 4		130	3,4	35	31	5	
					B	350	225	350	470	327	-32	70+190	9,5+50				3,8	36	22,7	6	
					B	375	350	375	470	352	-32	70+240	9,5+50				3,8	44	22,7	5	
					B	400	375	400	1800	350	-38	40+300	8,8+50	Fig. 5			4	45	27	6	
					B	425	400	425	1800	375	-38	40+240	8,8+50	Fig. 6			4	55	27	5	
					B	475	490	375	730	338	-36	40+204	8+50				5	58	25,8	6	
					B	500	475	400	730	363	-36	40+230	8+50				4	70	25,8	5	
					B	750	725	375	730	347	-39	50+148	6+38				11	90	23,4	4	
B	800	775	400	730	372	-39	50+182	6+38				100	100	24,4	5						
A	375	348													3	4	18,9	8			
AB	400	370													5	16,5	33	2			



Equivalents

6 CA 7 amer - EL 34

T.	C <sub>gs</sub>	C <sub>e</sub>	C <sub>gs1e</sub>	C <sub>gs1f</sub>	C <sub>bf</sub>
	pF	pF	pF	pF	pF
EL 34 (9H)	15,4	8,4	1,1	1	10
EL 34 (7H)	15,3	7,2	1,0	1	11
EL 60	14,4	11	1,1	0,4	10

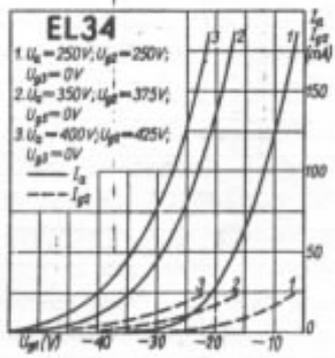
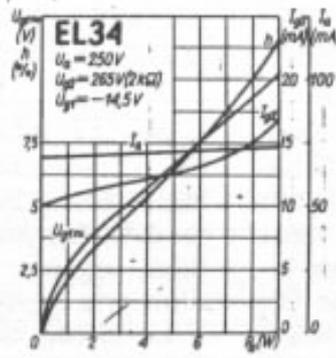
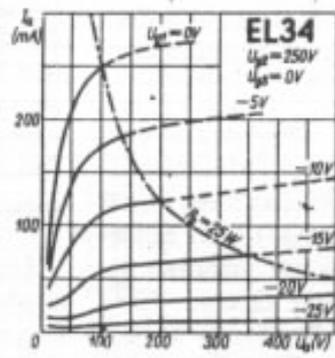
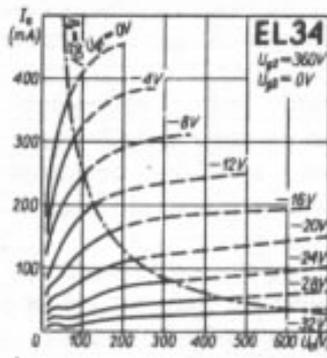
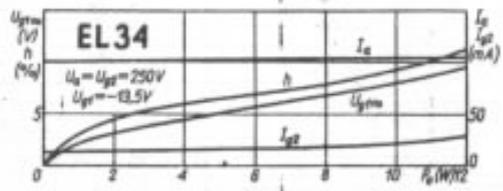
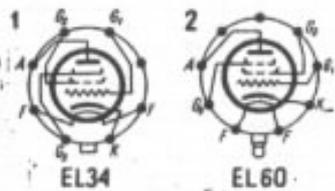
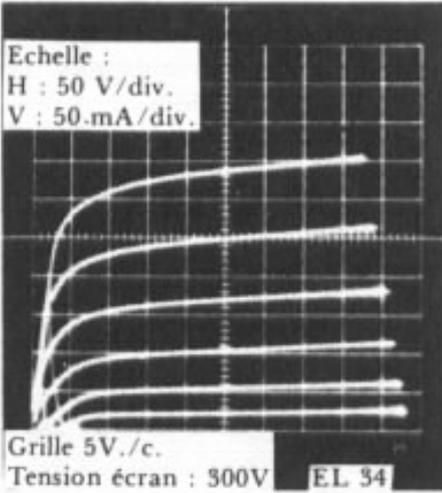


Fig. 2 : Caractéristiques principales du tube EL34.



Sur un montage push-pull, le rendement peut aller jusqu'à 80 % et il est possible de rechercher un compromis alliant qualité subjective et puissance.

L'inverseur de phase, lorsqu'il est bien étudié, doit délivrer, en alternatif, deux tensions rigoureusement égales, opposées en phase, et stables sur le plan

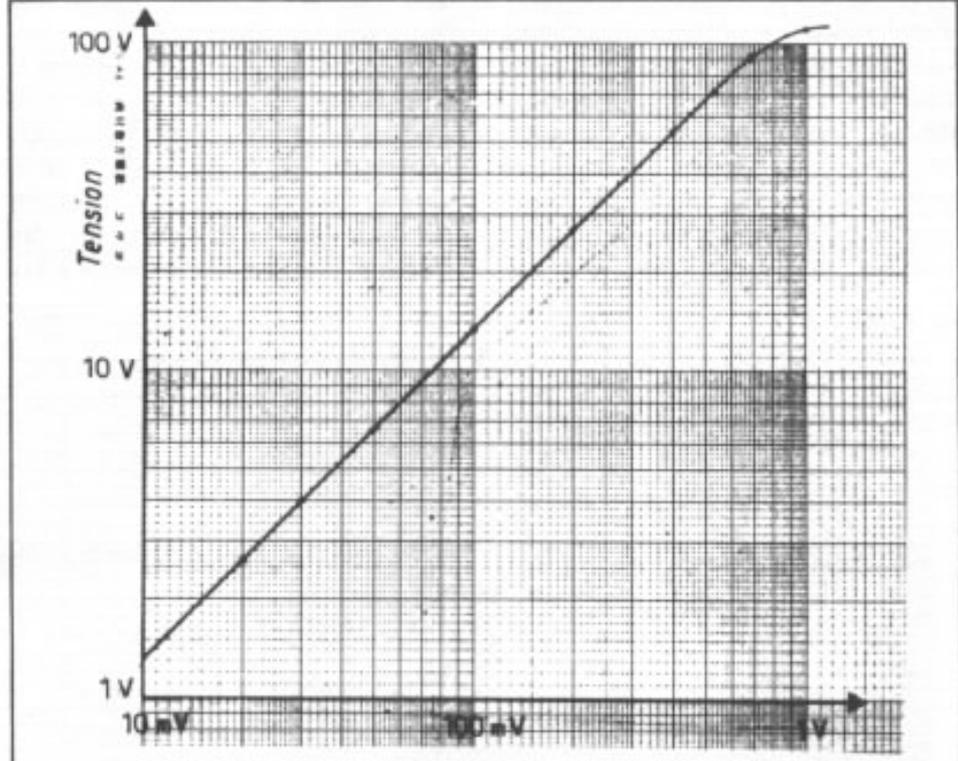


Fig. 3 : Caractéristiques de transfert entrée/sortie à 1 kHz : étage d'entrée + déphaseur + étage driver.

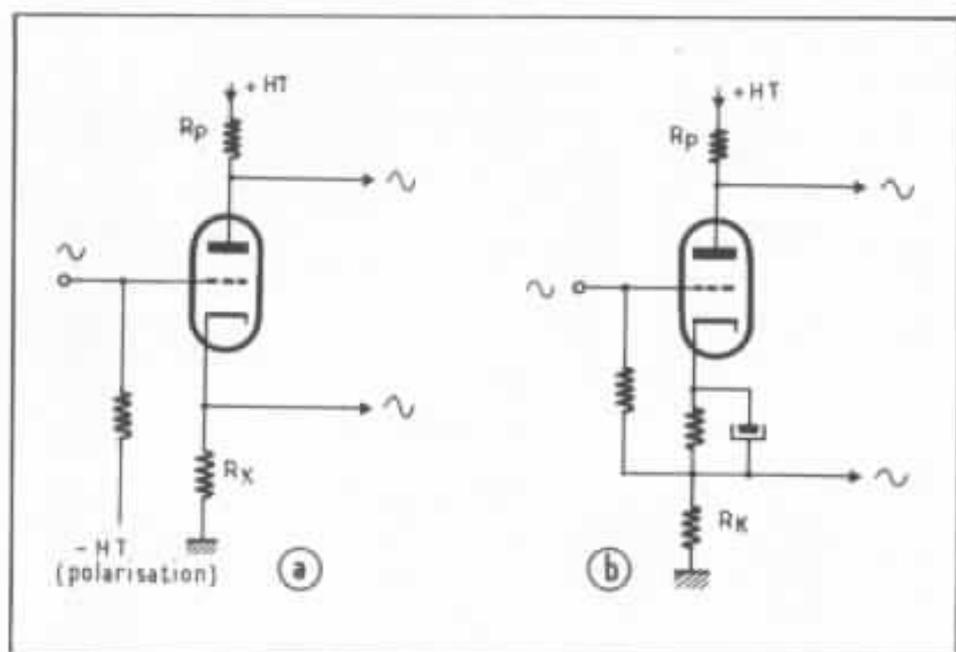


Fig. 4 : Etage déphaseur cathodique. En a, polarisation fixe de la grille (en couplage direct). En b, une solution moins pratique, à polarisation automatique.

dynamique. On peut, bien entendu, utiliser un transformateur déphaseur, ce qui était mis en œuvre sur quelques vieux schémas. Pour les montages hi-fi, il existe certains modèles (au Japon en particulier), modèles qui, pour être performants, sont d'une construction délicate et sont donc relativement onéreux. Peu d'entre eux sont d'ailleurs capables de donner de très bons résultats lorsque le primaire, devant laisser passer le courant plaque, doit malgré ce courant unilatéral de plusieurs mA, permettre d'accéder à une bande passante très large (surtout dans

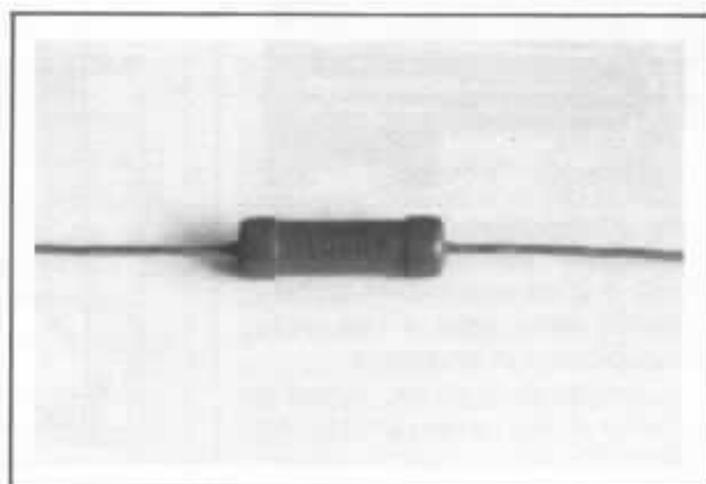
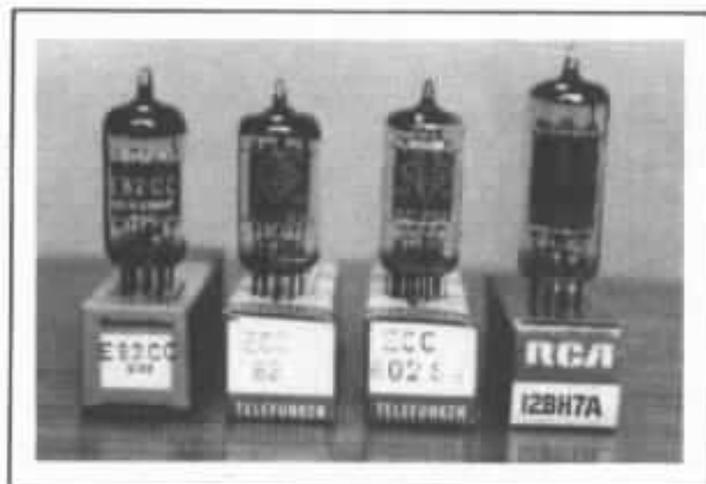
le grave) et à des tensions de sortie (déphasées) relativement importantes. Seuls deux ou trois modèles japonais y arrivent assez bien, au prix d'un volume et d'un prix de revient élevés.

Le circuit déphaseur à tube, une solution économique et simple, a été en conséquence appliqué sur les circuits amplificateurs dès les années 30. De nombreux circuits existent : Schmitt, Cathodyne, Paraphase, symétrique du genre Paget, Loyez, Marshall, à « cathodes croisées ». Que de montages, jamais parfaits, possédant chacun des qualités comme des défauts ! Du

côté qualités, on peut noter simplicité, stabilité dynamique, gain important. Du côté défauts, on remarque cependant l'instabilité, les impédances de sortie non symétriques, la faible tension de sortie, la complication du circuit ou le réglage délicat. Il ne faut jamais perdre de vue que, pour le couplage cathodique du genre « Schmitt » — un déphaseur ne manquant pas d'intérêt car particulièrement stable, simple et pratique — le circuit ne pourrait fonctionner s'il était parfait : si les courants de plaque étaient parfaitement égaux, leur résultante serait nulle, ce qui signifierait qu'il n'existerait plus de couplage cathodique, base même de ce principe de déphasage. Dans la pratique, ce déphaseur demande soit l'utilisation de charges de sorties légèrement différentes, soit des courants de plaque légèrement différents.

Un autre inconvénient du déphaseur de Schmitt est la présence du condensateur sur l'une des moitiés du tube, vu que plus l'on descend en fréquence, moins on peut considérer cette liaison comme un court-circuit effectif. Ce qui est désavantageux du point de vue stabilité.

L'inverseur dit « Loyez » est beaucoup plus intéressant, car il supprime ce condensateur, donc les effets de sa constante de temps, mais il exige l'emploi de



Résistance 3 W (oxyde métallique) de marque Gelma.

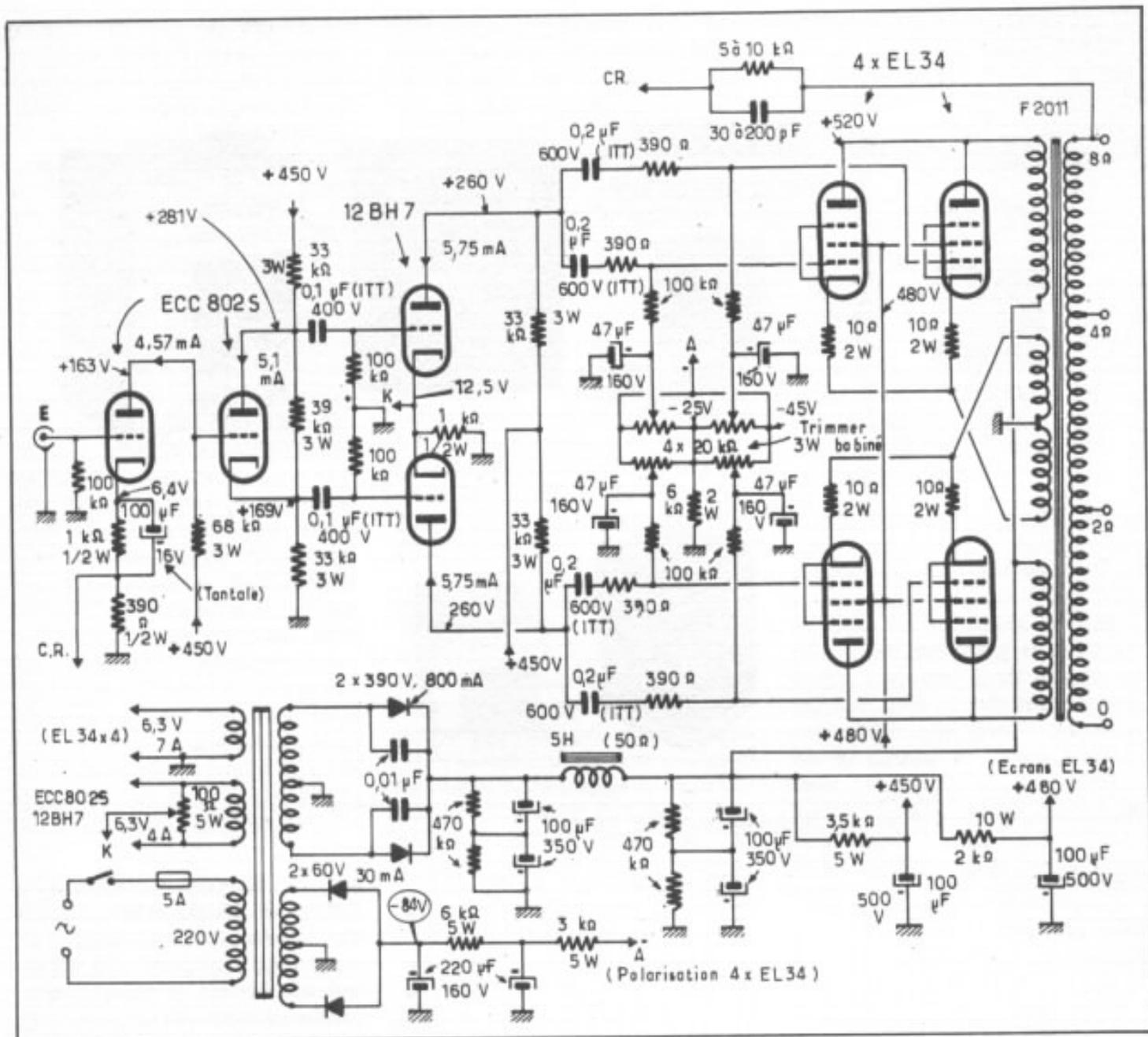


Fig. 5 : Schéma de l'amplificateur, comportant quelques modifications par rapport à la description du n° 19.

deux étages reliés en couplage direct, vu qu'il s'agit en quelque sorte d'un circuit Schmitt sans condensateur, attaqué par un étage symétrique dont une des grilles est à la masse. Sur ces circuits à couplage cathodique (à ne pas confondre avec le circuit déphaseur « cathodique »), il faut encore noter une instabilité aux fréquences élevées (rotation de phase pouvant atteindre 90°) due à la capacité parasite de cathode. Fort heureusement, dans les applications audio, et à condition de ne pas soumettre

l'ensemble des circuits à une boucle de contre-réaction négative de taux trop élevé, le circuit Schmitt (et ses dérivés) permet d'obtenir des résultats satisfaisants.

Dans le schéma décrit ici, il aurait pu être fait usage d'un déphaseur du genre Schmitt. Un de ses avantages, est non seulement sa simplicité, mais aussi le fait qu'il procure un gain non négligeable, contrairement à l'inverseur de phase à « charges réparties » appelé « cathodyne ».

Le circuit cathodyne est en

quelque sorte un amplificateur opérationnel dans lequel on trouve deux charges réparties,  $R_k$  et  $R_p$  dans lequel le passage du courant procure des tensions de sorties rigoureusement identiques  $V_k$  et  $V_p$ .

Ceci est prouvé par la formule :

$$- V_p = V_k, \text{ soit :}$$

$$\frac{\mu V_c R_a}{\rho + R_a(\mu + 2)}$$

$\rho(r_0)$  étant la résistance interne du tube et  $\mu$  (mu) le coefficient



Transformateur Tamura série F (alimentation, sortie, filtrage).

d'amplification de celui-ci.

Le déphaseur cathodyne présente quelques inconvénients. Le premier est son gain, inférieur à 1, dépendant d'ailleurs des valeurs résistives de  $R_k$  et  $R_p$ . Des valeurs trop grandes augmentent les rotations de phases parasites aux extrémités du spectre et abaissent la tension de plaque au repos.

Le second est la polarisation. Si l'on veut, en effet, arriver au schéma le plus simple se rapportant à celui de la figure 4, il faut utiliser une liaison directe. Dans le cas contraire (auto-polarisation), on est obligé d'utiliser un circuit (figure 4) plus compliqué et moins symétrique (présence de la résistance de polarisation).

Un autre inconvénient du circuit cathodyne est qu'il n'est pas possible d'obtenir une tension de

sortie relativement élevée. Dans le cas du présent schéma où il serait d'autre part risqué de « driver » directement quatre tubes de puissance, car l'on doit éviter le blocage éventuel d'une des sorties du déphaseur, par un effet de courant grille des tubes de sortie (lorsque ceux-ci sont modulés à fond). Il est donc recommandé de faire suivre cet étage inverseur de phase d'un étage driver, évitant ce risque d'instabilité et apportant le gain recherché afin de « driver » sans difficulté les tubes de sortie.

Le déphaseur utilisé ici, réalisé à partir de la seconde moitié du tube d'entrée, le tube ECC 82, est de type « Cathodyne amélioré ». Ce circuit, bien que relativement rare et peu connu, consiste à rajouter une troisième résistance en parallèle sur le tube, introduisant de la sorte une réaction posi-

tive de tension, diminuant la valeur des charges et introduisant une interaction des tensions de sortie. On peut pour cela utiliser trois résistances de même valeur, cas du premier circuit paru dans le n° 19. Dans ce cas, tout se passe comme si la tension d'entrée était augmentée de 33 % et que les charges étaient multipliées par 66 % de leur valeur initiale.

Ceci apporte en conséquence une augmentation du gain qui, situé entre 0,7 et 0,9 sur un étage déphaseur cathodyne courant, passe ainsi à une valeur tendant vers 2 (lorsque  $\mu$  augmente).

L'avantage décisif de ce circuit par rapport au cathodyne courant est une augmentation du gain (proche de 2 au lieu de 0,9) ainsi qu'une bande passante améliorée. De plus, le couplage en continu depuis l'entrée évite les

calculs fastidieux de constantes de temps (circuit amplificateur, alimentation), ainsi que les colorations éventuelles apportées par les condensateurs de couplage. Afin de parfaire les qualités de ce déphaseur, auquel on ne peut plus reprocher grand chose, le circuit travaille à basse impédance, c'est-à-dire avec l'aide de charges de cathode et d'anode de 33 kohms. Le courant traversant ces charges réparties étant de 5,1 mA, les tensions délivrées obtenues permettent d'attaquer sans aucune difficulté l'étage driver, qui, lui aussi, sera capable de délivrer sans saturation une tension d'attaque près de trois fois supérieure à ce qu'il est nécessaire. L'avantage de ce « surdimensionnement » des étages d'entrée, déphaseur et driver est que ceux-ci vont travailler dans des aires de fonctionnement réduites par rapport à leurs possibilités maximales, réduisant de la sorte le taux de distorsion, sans pour autant faire appel à de complexes circuits de contre-réaction qui n'ont jamais que des avantages.

On remarquera d'autre part que la valeur de la résistance montée en parallèle sur le tube, à l'origine de 33 kohms a été ajustée à 39 kohms. Ceci se traduit par une légère perte de gain (0,1) mais une légère augmentation de la stabilité. On pourrait se demander le pourquoi de tant de précautions concernant la réponse en phase et la stabilité, malgré l'absence, ou presque (car sur option et de toute façon de taux faible) de la boucle principale de contre-réaction. Ceci est simplement dans le but d'obtenir une qualité subjective aussi parfaite que possible, tant au niveau des timbres, des nuances, qu'à celui du respect de la dynamique ou de la stabilité des plans sonores dans l'espace stéréophonique.

Songons que des circuits déphaseurs plus courants procurent une dissymétrie pouvant

aller jusqu'à 5 % (cas très courants) liés à une dissymétrie transitoire (due aux constantes de temps) bien plus grande. Ce circuit déphaseur est relié lui aussi au circuit haute tension de 450 V (au lieu de 360 V sur le premier schéma), ce qui simplifiera d'ailleurs le montage sur circuit imprimé.

### Etage driver

Cet étage ne possède aucune particularité. Il s'agit du tube 12BH7 chargé par des résistances de 33 kohms. Pour cet étage, le courant de repos est de 5,75 mA, la tension plaque de repos de 260 V, ce qui est obtenu par une polarisation de  $-12,5$  V, correspondant à une valeur de résistance de cathode de 1 kohm (au lieu de 1,1 kohm sur la première version). Noter que la résistance d'auto-polarisation de 1 kohm n'est plus découplée par un condensateur, ce qui procure un effet de contre-réaction négative de courant, réduisant le taux de distorsion. Noter que la bande passante de cet étage est de 80 kHz, celle de l'étage déphaseur de 350 kHz et celle de l'étage

d'entrée de 70 kHz. L'ensemble des circuits permet, avec l'aide du transformateur de sortie spécial, comportant des enroulements de cathode, la bande passante recherchée de 80 kHz, au dB près.

### Etages de sortie

Ils n'ont pas subi de retouches, à part l'alimentation des circuits d'écrans. Alimentés ici séparément, découplés par un condensateur électrochimique, ils évitent des variations de tension écran, se répercutant inévitablement sur le courant de plaque.

Noter d'autre part que chaque grille comporte un réglage indépendant de polarisation. Ceci est un avantage mais peut être aussi un défaut si le courant de chaque tube n'est pas réglé minutieusement, ceci juste après la mise en marche, puis 30 à 40 minutes plus tard. Pour cela, il est indispensable de mesurer le courant passant dans chaque tube (mA-mètre à insérer dans le circuit plaque de chaque tube). Avant cette opération, à refaire quatre fois pour un canal (l'amplificateur étant

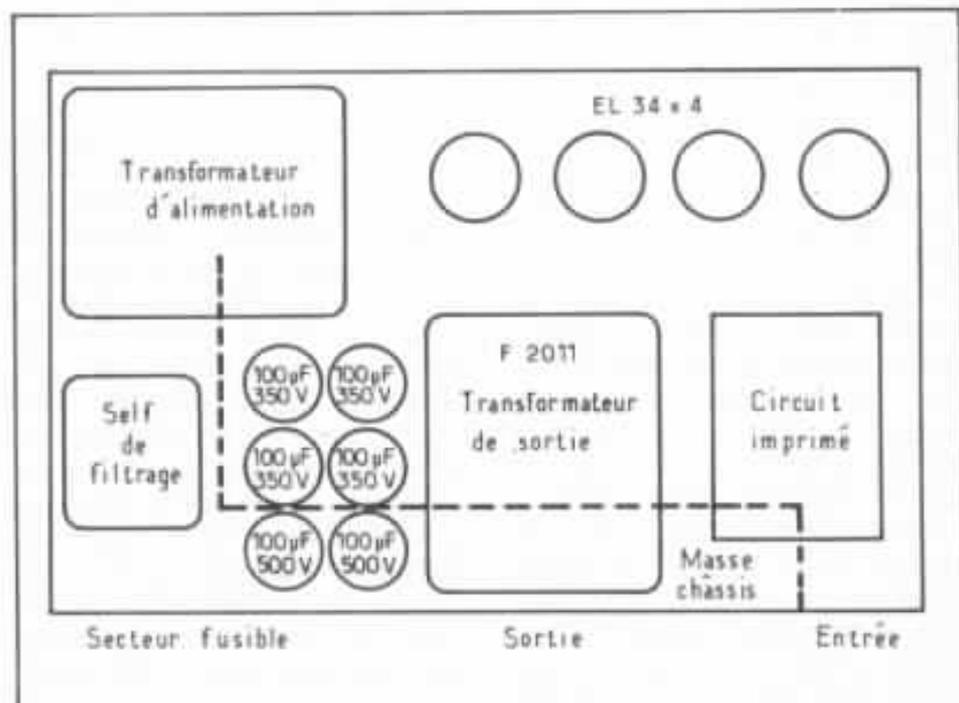


Fig. 6 : Exemple d'implantation. Cette disposition permet de limiter l'échauffement des condensateurs de filtrage.

monaural), il est conseillé de placer les polarisations entre environ -40 à -45 V. Une fois ajusté, il est même conseillé de remplacer les circuits de polarisation par un système à potentiomètre et résistances dites « d'arrêt », montées en série avant et après ce potentiomètre, ceci pour permettre au tube de ne pouvoir travailler que dans des zones sûres.

Toutefois, pour des raisons de disponibilité de transformateur d'alimentation ou de condensateurs de filtrage n'ayant pas une tension de service aussi élevée, on peut éventuellement rabaisser la tension d'alimentation à 495 V, ce que peut procurer un transformateur dont le secondaire sera de  $2 \times 350 \text{ V}$  à 360 V. Noter d'autre part que la self de filtrage apporte une petite chute de tension en raison de sa résistance en continu, de même que les enroulements primaires du transformateur de sortie.

Les tubes ayant des dispersions, de même que les transformateurs d'alimentation, ces petites variations n'ont que peu d'importance dès l'instant où les polarisations sont bien ajustées. Il faut en effet que le courant total de la partie supérieure du push-pull soit rigoureusement égale à la branche inférieure, le point milieu du primaire ne donnant que le total. La mesure des tensions plaque par elle-même n'est pas toujours significative, vu les dispersions de chaque tube. On peut cependant se passer de milliampèremètre, ceci en mesurant la tension aux bornes de chaque résistance de cathode. Sa valeur très basse, 10 ohms, n'a aucune influence sur la résistance interne de l'appareil de mesure (d'au moins 10 000 ohms/V) et la tension à ses bornes est faible (0,31 V correspondant à un courant de 31 mA par tube). Par ce moyen, il est alors facile d'ajuster à 0,31 V la tension aux bornes de chaque résistance, ou même encore de rendre accessible (bor-

nier) la mesure de ces tensions de l'extérieur. C'est entre autres une méthode qui avait été utilisée par David Hafler sur ses fameux amplificateurs Dynaco MK 111.

Ce circuit, appelé « Biaset » par Dynaco, consistait à placer une résistance de 11,2 ohms dans le circuit de cathode, ceci malgré la présence d'une polarisation fixe (cas également du circuit présenté ici). De la sorte, une polarisation adéquate procurait aux bornes de cette résistance une tension de 1,5 V, celle d'une pile ronde courante. Ici, cette idée est mise à profit, à la différence près que chaque tube possède sa propre résistance, permettant ainsi un réglage individuel de la polarisation (donc du courant de repos) de chaque tube EL 34.

### Brochage des tubes et montage

Pour aider le lecteur, celui-ci trouvera dans ces pages les caractéristiques complètes de chaque tube, ainsi que son brochage. Il trouvera encore un modèle de circuit imprimé facilitant la construction. Etant donné la simplicité du montage, le montage sans circuit imprimé est conseillé, les seules cosses relais nécessaires devant si possible être montées sur support stéatite. S'il s'agit d'un circuit imprimé, prendre impérativement le verre époxy de qualité et des pistes d'au moins 100  $\mu$  d'épaisseur, pistes qui seront étamées. Il faut penser que la plupart des résistances sont de type 3 à 5 W et que l'ensemble des étages d'entrée, ainsi que l'étage de sortie dégagent une chaleur relativement importante. De ce fait, il est préférable de placer les tubes de sortie près du bord du châssis et de placer les circuits d'alimentation du côté opposé, les condensateurs de filtrage électrochimiques perdant leurs qualités d'isolement assez rapidement lorsqu'ils sont soumis à une chaleur trop importante (voir fig. 6)

### Composants

Les résistances 1/2 W sont de type au tantale, celles utilisées et recommandées pour des circuits comme le préamplificateur Kanéda. Les modèles 3 W sont de marque japonaise Gelma, de type à oxyde métallique. Faute de mieux, on peut encore les remplacer par des résistances au carbone aggloméré du genre Allen Bradley, des modèles de 2 W montés en parallèle.

Pour les transformateurs de sortie, les cotes sont également indiquées dans ces pages. Pour le transformateur d'alimentation, on peut adopter un modèle monté sur équerres, supprimant alors l'opération de découpe. L'ensemble étant relativement lourd, il est conseillé d'utiliser un châssis rigide.

### Accrochage

Le circuit ne peut présenter, malgré sa puissance, de risques d'accrochage ou même de ronflement, s'il est bien réalisé. Pendant les diverses opérations de réglage, il n'est pas conseillé de relier un haut-parleur au secondaire, 140 W pouvant détruire instantanément les bobines mobiles de certains haut-parleurs.

Noter cependant que l'étage déphaseur travaille sous une tension de cathode élevée (par rapport à la masse). De ce fait, il peut se produire un bouclage capacitif entre la cathode, l'alimentation et les circuits d'alimentation filament. Cet accrochage, pouvant se produire à fréquence ultrasonique, produit alors une tension anormalement élevée en sortie du déphaseur ou de l'étage driver (parfois même très supérieure à celle de l'alimentation, si on la mesure avec un contrôleur universel courant). Il provient en grande partie de la capacité parasite existant entre cathode et filament et de son isolement (de l'ordre de 180 à 200 V sur les tubes utilisés). Dans le présent

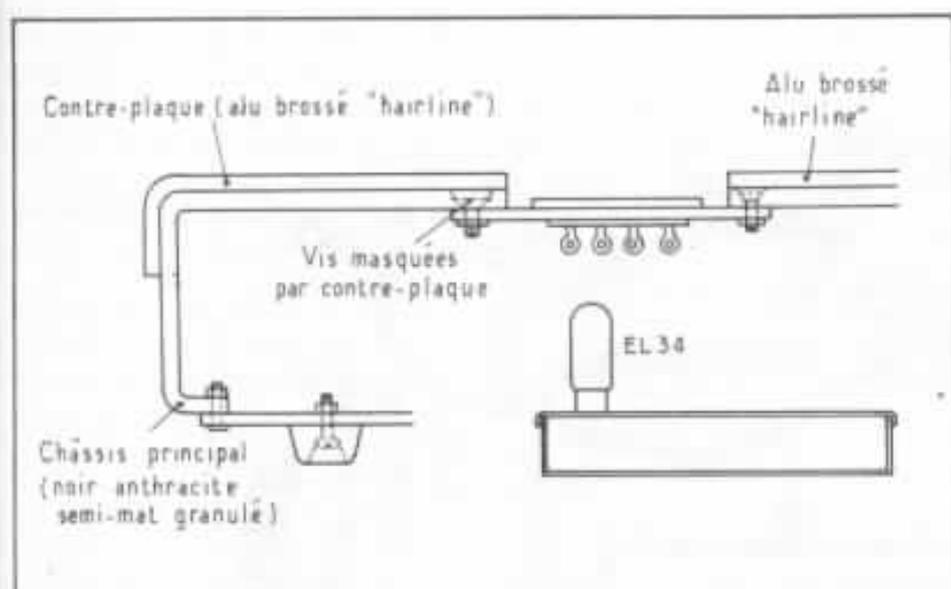


Fig. 7 : Exemple de réalisation de châssis.

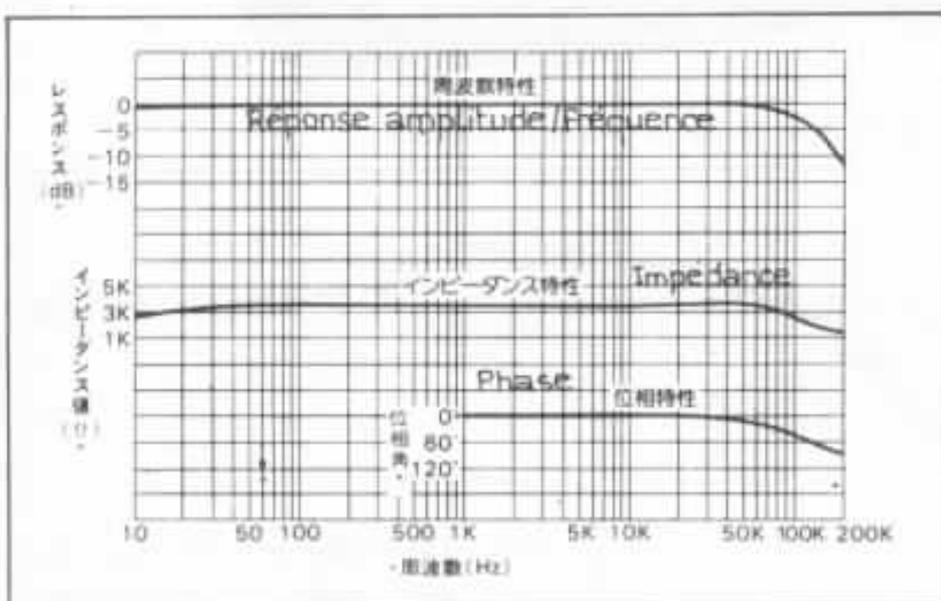


Fig. 8a : Transformateur de sortie Tamura F-2011 (version spéciale 1,75 k $\Omega$ ). Caractéristiques de bande passante, d'impédance et de phase, entre 10 Hz et 200 kHz. Les résultats sont exceptionnels pour un modèle de cette puissance (150 W) et sont dûs en grande partie à une perte primaire/secondaire extrêmement faible (0,25 dB).

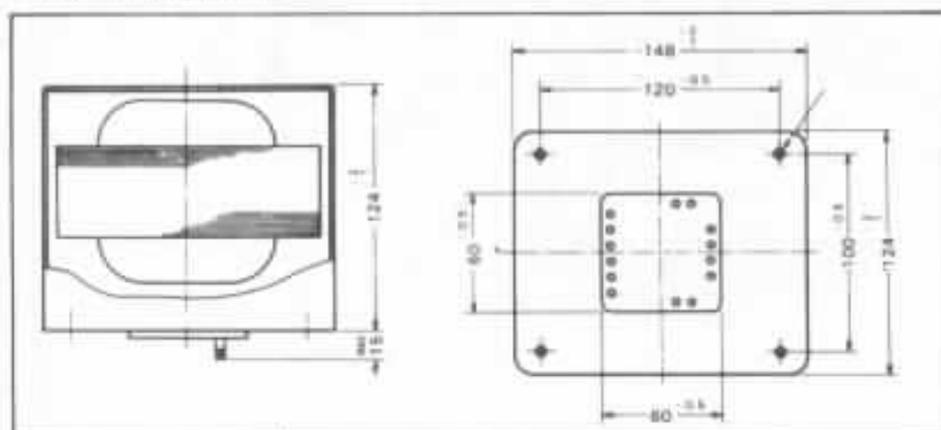


Fig. 8b : Transformateur de sortie Tamura F-2011. Orientation du circuit magnétique à l'intérieur du boîtier et cotes de fixation.

schéma, un trimmer (réglage du ronflement) est placé à proximité du tube driver et son point-milieu est relié à la cathode du tube driver, portant les filaments à un potentiel de +12 V par rapport à la masse. On peut encore réaliser un diviseur de tension à partir de la haute tension de façon à obtenir entre les deux résistances utilisées une tension comprise entre 50 et 100 V.

Noter aussi que le circuit filament des étages de sortie est séparé et qu'un de ses côtés est relié à la masse. En aucun cas, il ne faut laisser les circuits filaments « en l'air », c'est-à-dire reliés aux tubes mais non référencés par rapport à la masse.

### Câblage

Le câblage est à faire en fil souple du genre Léonische 1 mm<sup>2</sup>. Ce fil existant à l'origine en plusieurs couleurs (sept au total), il est facile d'utiliser des repères de couleurs, d'ailleurs normalisés dans certains pays. On peut prendre par exemple, faute de normalisation, le rouge pour la haute tension, le noir pour la masse, et le jaune pour les circuits amplificateurs (signal).

Le point de masse doit être unique, situé au niveau de la prise d'entrée, elle-même située près du tube d'entrée. Le plus pratique est d'utiliser un gros fil de masse en cuivre (fil rigide), partant du point-milieu du secondaire de la haute tension et se terminant à la masse du châssis de la prise d'entrée. Ce fil doit être si possible de section importante, soit plus de 2 mm<sup>2</sup>. On peut s'apercevoir, lors d'un réglage minutieux du bruit de fond (utilisation d'un millivoltmètre audio) que le niveau résiduel du ronflement peut varier d'un point à un autre du fil de masse, ceci malgré une section paraissant a priori suffisante.

Il est recommandé d'éloigner la prise d'entrée de la sortie. Dans le

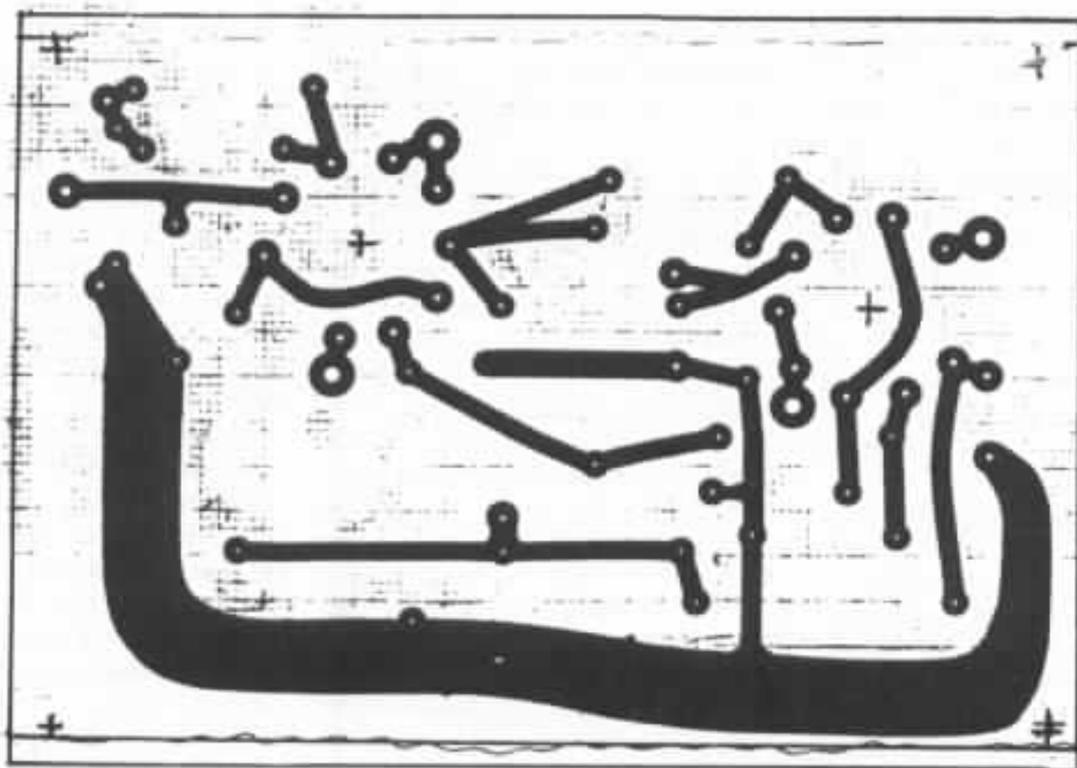
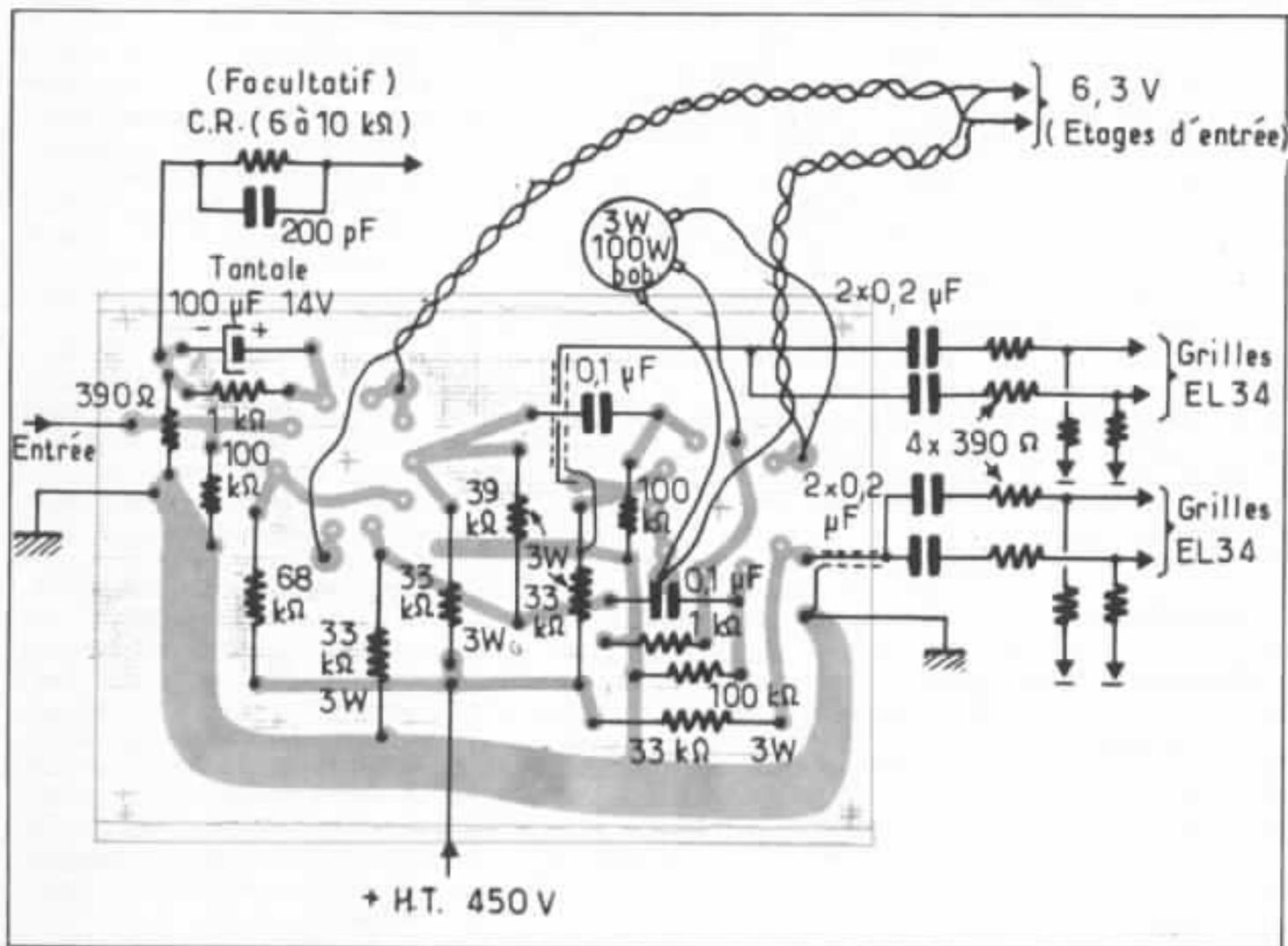


Fig. 9 : a. Circuit imprimé vu de dessous (côté soudure).



b. Implantation des composants.

cas de l'application de la boucle de contre-réaction (résistance comprise entre 5 et 10 kohms) il est préférable de ne pas faire passer la liaison, ramenant la sortie à l'entrée, au-dessus des circuits amplificateurs. La faire passer au ras du châssis si possible.

Les réglages et premiers essais concernent toujours le circuit filament, puis le circuit de haute tension et de polarisation de chaque tube de sortie. Noter que pour les circuits de polarisation les diodes, et les condensateurs électrochimiques sont montés « à l'envers », vu que l'on désire obtenir une tension négative par rapport à la masse.

Tous les supports de tubes doivent être en stéatite pour une question de fiabilité et aussi de qualité subjective. Pour le modèle « octal » (EL 34), les plus conseillés sont les versions américaines Amphénol (que l'on peut encore trouver en France). Noter que ces supports encastrables (se montent sur le châssis par dessous et non par dessus) possèdent leur partie saillante, en stéatite, dont le diamètre est de 32 mm et non de 30 mm. Or, la plupart des poinçons (instruments très pratiques pour percer des trous ronds) n'ont qu'un diamètre maximum de 30 mm, à part des marques anglaises comme « Q max » (qui

en possède jusqu'à des diamètres de 63 mm).

Nous travaillons actuellement sur une implantation ainsi qu'à la réalisation d'un châssis, originales en bien des points. Cela fera l'objet d'une troisième partie où nous aborderons également le comportement à l'écoute. Les lecteurs impatientes — ils sont très nombreux — peuvent néanmoins prendre contact dès à présent avec la « Maison de l'audiophile » où sont disponibles les composants nécessaires pour mener à bien cette réalisation originale, alliant forte puissance et fidélité et capable de combler les mélomanes les plus exigeants.



**Page non  
disponible**

# Un essai d'isolement de la table de lecture

Guy Marec

*Il est étonnant de constater que, plus de trente ans après la naissance d'une industrie de la haute fidélité, le principe et la mise en œuvre des tables de lecture sont encore des sujets de discussion et de polémique. Le problème, il est vrai, n'est pas simple et ne sera vraisemblablement résolu que lorsque la lecture digitale remplacera définitivement la lecture électromécanique. La parcimonie avec laquelle les bits de codage sont actuellement utilisés nous laisse à penser que nos cires gravées ont encore quelques heures de gloire devant elles pour peu qu'on sache les lire correctement. Il est d'ailleurs incroyable qu'à la veille de leur disparition, ce problème n'ait pas reçu de solution définitive ! Mais, ne nous égarons pas. Deux obstacles majeurs nous semblent avoir freiné la recherche sur les tables de lecture : d'une part l'aspect commercial du problème, qui est un mur contre lequel ont dû se briser bien des enthousiasmes, et d'autre part la spécialisation technique des concepteurs. Étudier et réaliser une table de lecture n'est pas seulement un travail de mécanicien, c'est aussi et surtout un travail de spécialiste de la dynamique des vibrations au plus haut niveau. Il semble que cette compétence ait cruellement fait défaut lors de la conception de la plupart des modèles commerciaux actuels. On comprend dès lors les divergences des « critiques autorisés » et la perplexité de l'audiophile moyen essayant d'y voir clair dans ce fatras d'avis contradictoires et pas toujours objectifs.*

## Choix d'une table de lecture

Jusqu'à maintenant, ceux qui voulaient éliminer ou au moins minimiser l'influence du « paramètre table de lecture » n'avaient guère le choix qu'entre se procurer un « monstre sacré »

ou modifier une table commerciale. Les bases de ce travail, à la portée de tout amateur passionné et soigneux, ont été présentées par C.-H. Delaleu (cf L'Audiophile n° 14). Les temps changent heureusement et quelques tables de bonne qualité

commencent à être fabriquées en France. Il est même possible de se procurer deux modèles « ésotériques » authentiquement français qui, bien qu'excellents et faute d'une demande suffisante, ne sont fabriqués qu'au compte-gouttes... Nul n'est pro-

phète en son pays.

### Platine légère ou platine lourde ?

Dans la presse technique spécialisée, on utilise souvent les vocables « platine légère » et « platine lourde » sans qu'une définition précise n'ait jamais pu être donnée. La frontière entre les deux catégories paraît en effet être très floue et même inexistante. A la suite de nos essais et recherches préliminaires, nous avons été amenés à considérer que :

— une platine légère est une platine facile à isoler au moyen d'un système à contre-platine suspendue. Les inconvénients majeurs sont les risques de vibrations propres des différents éléments, dûs à leur légèreté, et le fait que la suspension a une action bidirectionnelle : elle isole la platine de l'extérieur mais freine simultanément l'évacuation des vibrations générées par le système lui-même. Le rapport énergie vibratoire/masse du système est grand, ce qui fait que ces platines peuvent très facilement avoir un son propre.

— une platine lourde est une platine où les masses admises pour les différents éléments constitutifs permettent pratiquement de supprimer les vibrations parasites gênantes, donc les « sons propres ». Le rapport énergie vibratoire/masse du système est petit, d'où peu de risques d'auto-excitation. Par contre, le problème du positionnement et de l'isolement se pose, à notre avis et contrairement à une opinion généralement admise, d'une façon beaucoup plus difficile, si l'on désire utiliser au mieux leurs qualités intrinsèques.

### Le modèle choisi

Nous avons finalement opté pour une platine lourde et réalisé un quatrième prototype de la

table de lecture « minimum » de Pierre Lurné. Il ne faut pas se laisser abuser par ce qualificatif de « minimum » : derrière ce mot se cache en effet une réalisation redoutable par sa philosophie, son efficacité, ses astuces de construction et bien entendu les résultats obtenus. Il faut avoir réalisé cette platine pour se rendre compte à quel point certains choix techniques, a priori banals, simplistes ou antimécaniques, sont en réalité parfaitement optimisés au plan mécano-électroacoustique. Ce quatrième prototype est un peu plus lourd que le modèle de série et légèrement différent dans les détails, mais la philosophie de départ a été scrupuleusement respectée. L'augmentation de poids n'est pas due au désir de faire mieux ou de faire plus lourd mais simplement à l'épaisseur des feuilles de plomb dont disposait l'auteur pour réaliser le couvre-plateau supérieur. Ces feuilles étant de 6/10 de millimètre plus épaisses que celles de l'étude de base, il a fallu, pour respecter les proportions, augmenter certaines dimensions et le poids de l'ensemble. Se référer donc à l'étude de Pierre Lurné (L'Audiophile n° 18) et aux photos.

Les quelques différences notables sont :

— l'utilisation d'une bille et non pas d'un pivot conico-sphérique : compte tenu de l'augmentation du poids, l'auteur s'est ainsi ménagé la possibilité de changer facilement le rayon de courbure au point de pivotement.

— l'utilisation d'un support de centreur inférieur en laiton au lieu de plexiglass. Cette augmentation de masse était nécessaire pour parfaire le positionnement du centre de gravité.

— l'utilisation d'un moteur d'entraînement différent. L'auteur disposait en effet d'une « version 24 V » du moteur uti-

lisé par J.-C. Verdier pour sa platine. Ce moteur est intéressant parce qu'il tourne lentement (250 tr/mn). Étant plus puissant, il a par contre l'inconvénient d'être plus bruyant que le modèle d'origine et nécessite donc un meilleur découplage.

— l'utilisation d'un changement de vitesse électronique, solution beaucoup plus facilement réalisable par l'auteur, électronicien, que l'ajustage de poulies 33 et 45 tr/mn. Ce dispositif est d'une utilisation plus aisée : il n'y a pas à mettre les doigts sur la courroie pour changer de vitesse.

### Le problème de l'isolement

L'ensemble bras de lecture-plateau doit être parfaitement isolé de l'émission acoustique des enceintes, il se produit dans le cas contraire un couplage acoustique (phénomène de feed back), qui peut aller jusqu'à l'accrochage et la production d'un son (effet Larsen bien connu). Ce couplage est la cause principale de la différence de qualité observée entre une excellente réception radio en modulation de fréquence, où le couplage acoustique est nul, et un excellent disque.

L'interaction en lecture-émission acoustique est un phénomène extrêmement complexe. On peut toutefois le simplifier et le schématiser au moyen des trois boucles de rétroaction indiquées figure 1 :

*boucle n° 1* : la plus importante en général. Elle agit par l'intermédiaire de l'infrastructure de la salle d'écoute, donc le plus souvent par le sol sur lequel est posé le meuble-support de la table de lecture. Ces deux éléments constituent une certaine masse qui va recevoir du sol une certaine quantité d'énergie, grandeur obligatoirement finie. Plus la masse de la table de lec-

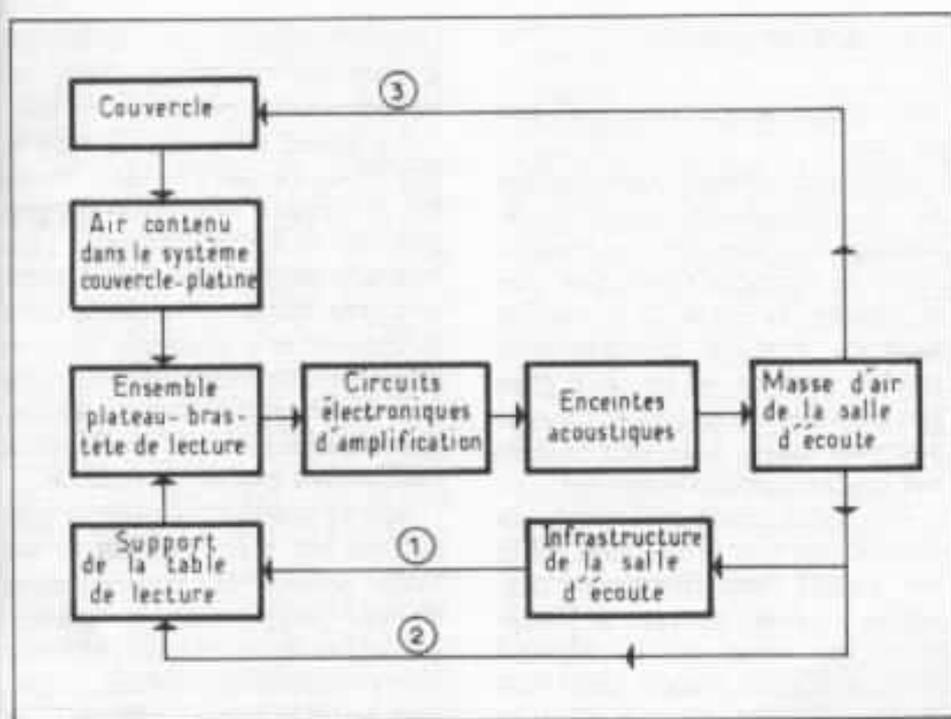


Fig. 1 : Représentation schématique de l'interaction lecture-restitution électroacoustique.

ture et de son support sera importante, moins elle recevra d'énergie par unité de volume, donc moins ses vibrations propres seront excitées. Cette masse, si elle est suffisante, peut de plus avoir un rôle amortisseur ou stabilisateur au niveau du sol, ce qui va encore dans le sens de la diminution de l'action de cette boucle. Un emplacement de la table de lecture judicieusement choisi dans la salle d'écoute peut considérablement atténuer l'influence de cette première boucle.

— *boucle n° 2* : elle est due au rayonnement acoustique direct sur le support de la table d'écoute. L'énergie transmise est, en toute première approximation, proportionnelle au volume occupé. Donc, dans la mesure du possible, il vaut mieux limiter le volume du support. L'influence de la position dans la salle d'écoute est ici aussi extrêmement importante. Éviter les angles de pièce qui sont le siège de suppressions acoustiques très importantes, qui augmentent considérablement « le gain » de cette boucle.

— *boucle n° 3* : elle est due au rayonnement acoustique direct sur les éléments de la table de lecture, principalement bras, tête et plateau. L'emplacement dans la salle d'écoute a aussi beaucoup d'influence sur cette boucle. L'utilisation d'un couvercle de bonne qualité nous paraît indispensable pour diminuer le gain, donc l'action de cette boucle.

Mais attention, mieux vaut ne pas utiliser de couvercle que d'en utiliser un mauvais. Un bon couvercle doit être lourd, inerte, sans résonance et être placé de façon telle que l'énergie reçue soit transmise au support de la table sans exciter plateau et bras. Le problème est très difficile à résoudre, aucun des couvercles commerciaux actuels ne répond à l'ensemble de ces critères. L'utilisation d'un couvercle peut créer un phénomène secondaire : l'entrée en résonance de l'air emprisonné entre couvercle et platine ; il faut y faire attention, d'autant plus que le remède est facile à mettre en œuvre (quelques éléments absorbants à l'intérieur).

Intuitivement, le support

d'une table de lecture doit donc être lourd, peu volumineux, donc très dense... Pas facile à réaliser si l'on désire conserver la position de l'Homo Erectus Sapiens, lorsque l'on met un disque. Ce support ne doit pas non plus présenter de fréquences propres d'oscillation qui le rendent transparent, à ces fréquences, aux excitations extérieures. Noter que la mise en place de la table de lecture dans une pièce autre que la salle d'écoute peut réduire les boucles 2 et 3, mais peut très bien ne pas avoir d'action sur la première, comme la supprimer totalement.

### L'isolement idéal

L'idéal serait de pouvoir poser la table de lecture sur un bloc de pierre ou de maçonnerie désolidarisé du reste de l'immeuble, donc directement en contact avec le sol. Ceci n'est évidemment réalisable que pour des salles d'écoute aménagées au rez-de-chaussée de maisons particulières. La boucle de rétroaction n° 1, la plus importante, est supprimée. Les boucles 2 et 3 subsistent, mais, compte tenu des moyens employés, ce problème est facile à résoudre. Pour une table de lecture « minimum » isolée de cette façon, il est parfaitement possible de concevoir l'axe de pivotement directement scellé dans le support de maçonnerie.

### Le cas des « tables de balance »

La solution idéale n'étant que très rarement réalisable, il est nécessaire de trouver des solutions pratiques. La mise en œuvre des balances de pesée de haute précision dans les laboratoires est un exemple intéressant d'isolement d'un système électromécanique. La sensibilité de ces appareils est telle que les vibrations qui se propagent dans

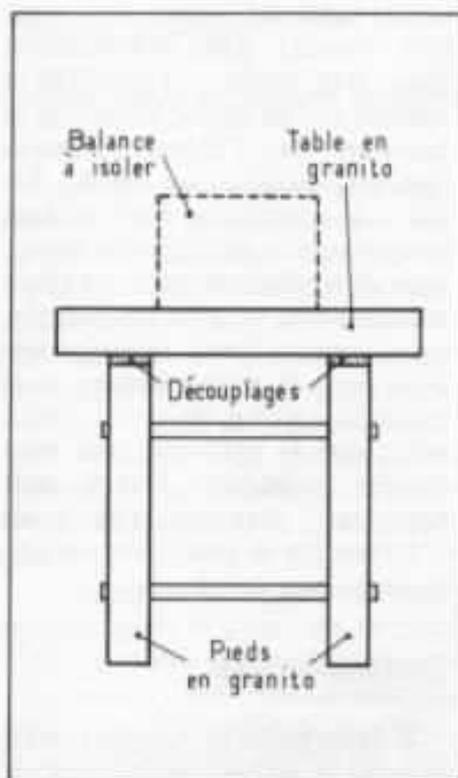


Fig. 2 : Principe d'une « table de balance ».

le sol (dus entre autre à la présence de l'opérateur) empêchent toute mesure. Il a donc été nécessaire de créer des tables-supports spéciales, constituées de trois ou quatre dalles de granito (se référer à la fig. 2). La dalle supérieure horizontale servant de table est découplée des pieds par de petits blocs de matériau viscoélastique. Le rapport des poids de la table et de la balance est de l'ordre de 20 à 100. La table doit pratiquement constituer une masse virtuelle.

### L'utilisation d'un bac à sable

L'utilisation d'un bac à sable, préconisée par G. Milot, pour amortir la table de lecture nous a paru intéressante. Les difficultés principales résident dans le choix du sable (granulométrie) et de la masse à employer. Nous avons profité de cette étude pour faire un essai d'adaptation de cette technique à l'isolement d'une platine lourde.

### La solution essayée

(Se référer à la figure 3 et aux photos.)

L'idée de départ était d'adapter le principe de la table de balance en y ajoutant un couvercle et en essayant de ne pas trop augmenter la masse. L'ensemble plateau, bras et contre-platine pesant plus de 60 kg, il n'était pas possible de respecter les rapports de masse habituels utilisés sur les tables de laboratoire.

Les deux pieds inférieurs, en ciment très peu armé, sont reliés par quatre tiges filetées de diamètre 14 mm, passant à l'intérieur de tubes carrés servant d'entretoises. Le socle ainsi réalisé pèse 70 kg environ. Sur ce socle, est posée une caisse de bois de 28 kg environ : fond en

contre-plaqué de bouleau d'épaisseur 40 mm, côtés en novopan contre-collé de 44 mm.

La caisse est à moitié remplie par 35 kg de sable fin dans lequel est enchâssée une dalle de granito de 32 kg. Cette dalle peut être considérée à la fois comme la partie horizontale de la table et comme la « platine » proprement dite dans sa caisse. Le sable sert d'une part à amortir la platine et la caisse, et d'autre part à l'isolement global du système.

Sur la platine est posé le bloc moteur en acier (14 kg) et sur trois appuis la contre-platine (20 kg) supportant le plateau (28 kg) et le bloc lecteur (15 kg). Nous n'avons pas retenu le granito pour la contre-platine mais un sandwich de trois panneaux de plexiglass (20, 15 et 10 mm) et

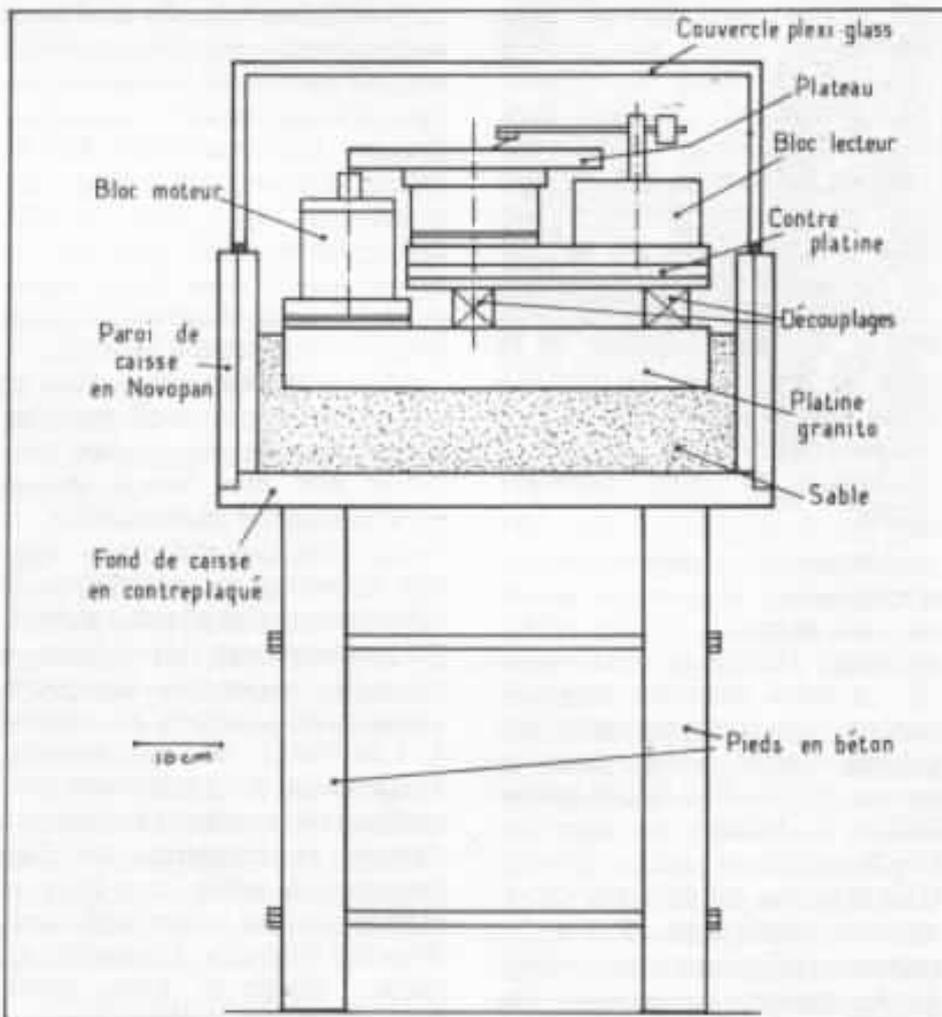


Fig. 3 : Principe d'implantation table de lecture-support.

de deux feuilles de plomb de 2,5 mm, le tout collé à l'araldite. Cette structure nous a paru beaucoup plus inerte.

Le couvercle en plexiglass repose directement sur la caisse et est articulé sur elle au moyen de grosses charnières dégondables. Le projet initial prévoyait du plexiglass de 20 mm donnant un poids de couvercle d'environ 18 kg ; l'utilisation familiale de la table nous a malheureusement obligés à réduire ce poids en utilisant du plexiglass de 15 mm, d'où un poids de 13 kg environ. Le choix du plexiglass n'est pas lié à sa transparence mais à son comportement vibratoire qui nous paraît intéressant. Cette épaisseur de 15 mm est, à notre avis, le minimum au-dessous duquel il ne faut pas descendre.

L'ensemble ainsi réalisé met le disque à environ un mètre du sol, hauteur pratique pour un utilisateur debout. En position assise, il est de plus extrêmement facile d'intervenir sur le bras ou la tête de lecture. Les tests habituels de C.C.Q. (contrôle conjugal de qualité) nous ont contraints à quelques finitions : moquettes sur les pieds de béton, placage de la caisse de bois à l'extérieur, et peinture à l'intérieur..., inutiles acoustiquement mais combien moins « affreuses », paraît-il !

Pour les raisons effleurées ci-dessus, l'ensemble a été installé (voire relégué) dans un coin de pièce, derrière les enceintes, position la plus défavorable... Au moins, a-t-on la satisfaction de conditions de test plus sévères !

### Essais et mise au point

Le problème est difficile pour deux raisons : l'importance des masses en jeu, qui rend les manipulations délicates, et la difficulté de pondérer au moyen de mesures ce qui se passe dans un tel système bouclé. La table de

lecture et son support doivent en effet être considérés comme un élément d'une boucle de rétroaction ayant la particularité d'être celui sur lequel on peut agir le plus facilement. Notre intention était primitivement de faire une analyse détaillée des vibrations de l'ensemble réalisé, au moyen d'un appareillage Bruel et Kjaer. Ces mesures risquant d'être sans grande signification si l'on considère le système bouclé dans son ensemble, nous avons préféré les reconsidérer et les remettre à plus tard. Momentanément,

« toniques » sont ainsi très rapidement mises en évidence.

Les premiers essais, effectués avec la contre-platine posée sur trois pieds de plomb, ont fait apparaître un bruit résiduel de moteur et une « tonique » à fréquence relativement élevée (bas médium). Chose intéressante, la mise en place du couvercle réduisait fortement le temps d'extinction de cette tonique, ce qui prouve la réalité de la boucle n° 3 et l'efficacité du couvercle. Le bruit du moteur a été supprimé en interposant entre le

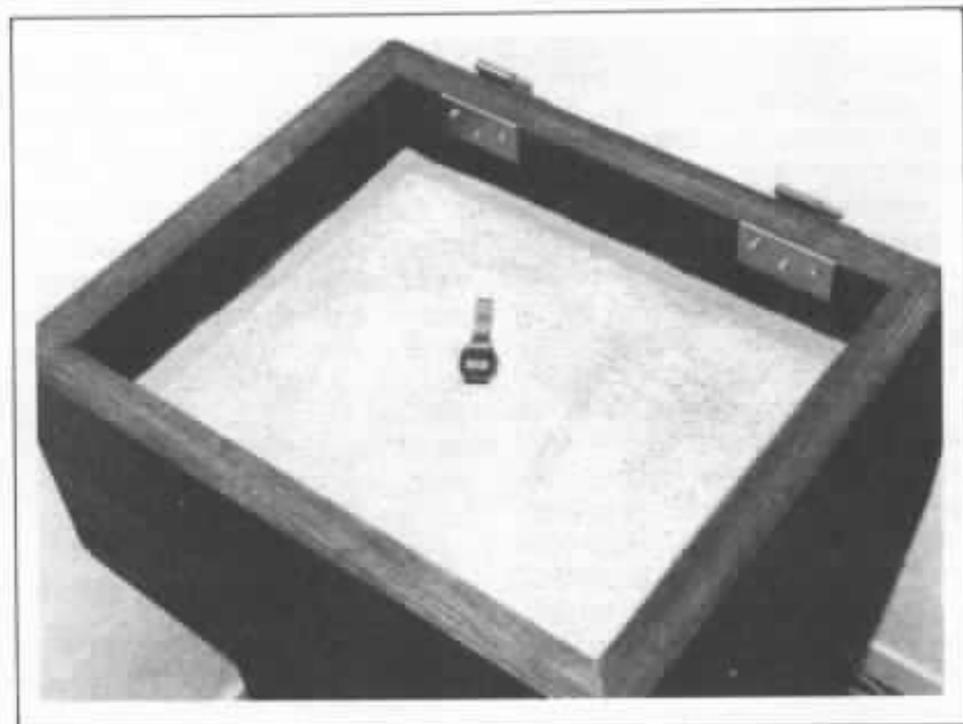


Fig. 4 : La caisse de sable et la « platine » de granito.

faute d'une méthode plus scientifique, nous avons utilisé l'écoute (y compris au sthétoscope industriel) et le vieux test subjectif des chocs. Il consiste à mettre la tête de lecture au contact du disque, moteur arrêté, amplificateur et préamplificateur sous tension et volume au maximum. On écoute alors ce qui se passe en donnant des chocs un peu partout : coups de talon au sol ou sur les supports, coups de poing sur la caisse ou le couvercle, coups de marteau, etc.

Les fréquences propres ou

bloc moteur et la platine une feuille de 5 mm de produit de découplage viscoélastique. Ce produit, très efficace, est fait à base de caoutchouc mais se comporte très différemment : une grosse bille d'acier tombant sur cette feuille posée au sol ne rebondit pas. Ce matériau est produit et distribué par les firmes Revertex et Ermia.

L'élimination de la tonique nous a conduits à utiliser un découplage complémentaire dans l'ensemble table de lecture et support. Quelques essais ont

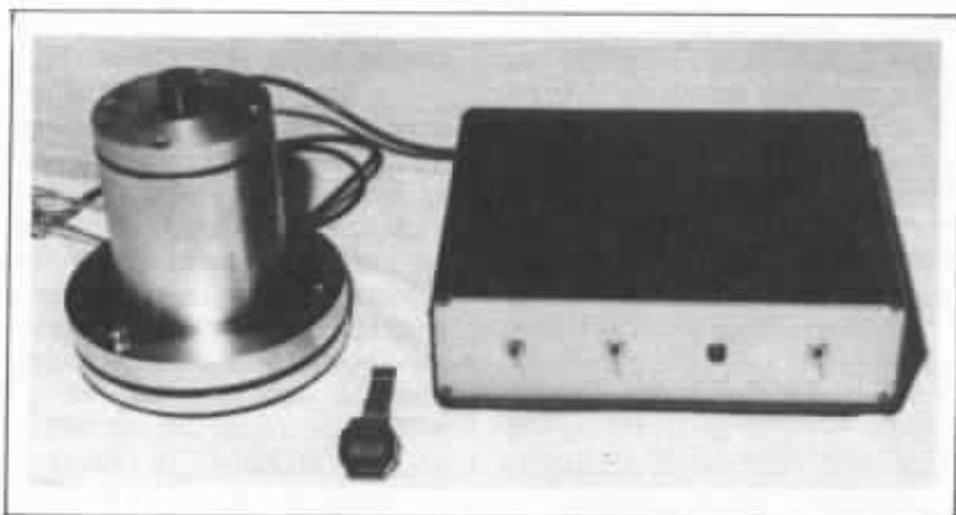


Fig. 5 : Bloc moteur et électronique de commande.

rapidement confirmé que le découplage devait être placé entre platine et contre-platine, plutôt qu'entre socle et caisse. L'emploi de composants de découplage élastique doit être évité, ces matériaux constituent en effet avec les masses en jeu un système oscillant donnant, suivant leur raideur, des toniques depuis l'extrême grave jusqu'au bas médium. Nous avons donc recherché des composants viscoélastiques et retenu deux solutions extrêmement faciles à mettre en œuvre. La première possibilité est de poser la contre-platine sur trois blocs de mousse de polyéthylène expansé (à ne pas confondre avec les polyéther et autre polyuréthane). Ce produit a un comportement viscoélastique et une raideur fonction de sa densité (plusieurs sont disponibles). Les fabricants (mousse Ethafoam de DOW dans notre cas) précisent les pressions statiques maximum utilisables. L'emploi de ce découplage donne une tonique résiduelle dans le registre grave.

La deuxième possibilité est d'utiliser, comme pour le moteur, un composant viscoélastique à base de caoutchouc, mais en forte épaisseur (3 à 5 cm). Nous avons donc posé la contre-platine sur trois pieds réalisés par superposition de feuilles de

5 mm du même composant. Cette méthode donne une tonique résiduelle dans le bas médium.

Pour parfaire l'équilibre de la contre-platine et la maintenir sous une certaine tension mécanique qui la neutralise totalement, nous avons utilisé une masse additionnelle d'une dizaine de kilos de plomb qui équilibre la masse du bloc lecteur ; cette masse n'apparaît pas sur les photos.

Il restait à amortir l'air contenu entre couvercle et caisse.

Cet amortissement est absolument nécessaire du fait du volume d'air important et de l'état des parois du couvercle, très lisses et de géométrie régulière facilitant l'établissement d'ondes stationnaires. Nous avons provisoirement recouvert côtés et fond du couvercle de 5 cm de mousse plastique. L'idéal serait une mousse à géométrie irrégulière comme certaines mousses d'emballage. Lors de fortes modulations, il reste une légère vibration de la partie centrale du haut du couvercle ; le remède est simple ; une masse de quelques kilos (de plomb toujours) posée au centre du couvercle pendant les écoutes.

#### Autocritique en guise de conclusion

Ceux qui ont l'expérience des études et réalisations techniques savent très bien que c'est quand on a fini que l'on se rend compte de ce qu'il aurait fallu faire ! D'où le concept de prototype qui permet de concrétiser les premières idées en vue de les améliorer. Notre intention est donc mainte-

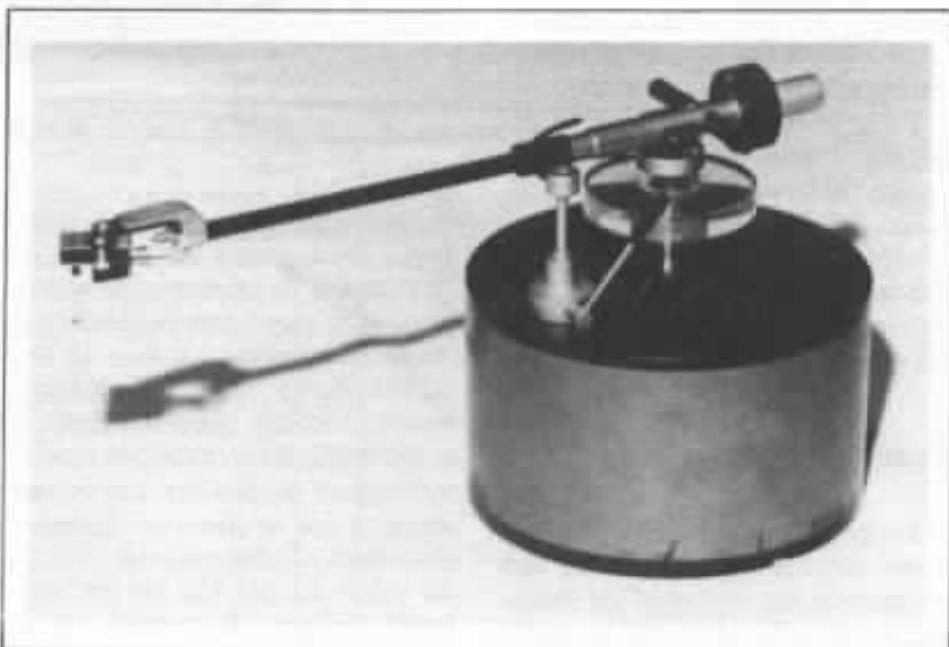


Fig. 6 : Le bloc lecteur. Noter sur la coquille le « stabilisateur de coquille » en cours d'essai. C'est le dernier perfectionnement de Pierre Lurné pour augmenter la dynamique.

nant d'indiquer les améliorations souhaitables à ceux qui seraient tentés par une réalisation analogue. C'est d'ailleurs à leur intention que nous avons soigneusement énuméré les poids des différents éléments de façon à donner des points de repère.

Lors de l'établissement du projet, une masse globale de 250 à 300 kg nous paraissait largement surdimensionnée... L'expérience a prouvé que c'est en fait peu de chose devant la puissance des vibrations acoustiques et qu'il ne faut surtout pas essayer de la réduire. Les quelques améliorations concernent les points suivants :

— les pieds-supports sont trop légers par rapport à l'ensemble. Porter leur épaisseur à 12 ou 15 cm (au lieu de 7). Ne pas hésiter à noyer des morceaux de



Fig. 7 : La contre platine, le plateau et le bloc lecteur. Les feuilles de plomb du « sandwich » de la contre platine apparaissent en deux lignes très claires.



Fig. 8 : Les principaux éléments de la table de lecture en place dans la caisse de sable.

tuyau de plomb (coupés en berlingots) dans le béton. Augmenter la section des tiges filetées d'assemblage jusqu'à 16 ou 18 mm. Il faut que l'ensemble posé et assemblé soit absolument rigide.

— l'épaisseur de sable (12 cm) sous la platine de granito est

insuffisante : lorsque l'on donne un coup de poing sur cette dalle, la « réponse » n'est pas assez nette, on ressent la réaction élastique du fond de la caisse. Donc, mettre au moins 20 cm de sable.

— la rigidité de la caisse pourrait être améliorée. Une technique nous paraît intéressante pour

cela, c'est celle employée par C.-H. Delaleu pour son enceinte de grave : du ciment entre deux feuilles de novopan.

— l'épaisseur du couvercle en plexiglass (15 mm) est un peu juste. Il faudrait revenir aux 20 mm prévus lors de l'étude.

Il est possible que ces modifications n'apportent qu'une toute petite amélioration. Peu importe, cette étude s'adresse à des audiophiles qui savent parfaitement qu'une mise au point n'est constituée que d'une somme d'améliorations infimes...

Un dernier conseil avant d'entreprendre une réalisation de ce genre : il est important de prédéterminer sa masse exacte et de s'informer de la charge maximale que peut supporter le sol de la salle d'écoute !





# L'Orthophase

## Histoire et évolution

*Ernest Spiteri*

*L'évènement qui a marqué le Festival du Son 1961 a été la présentation par M. Georges Gogny, des Ets « Gego », du nouveau mécanisme de HP dynamique « orthophase », résultat des travaux de l'ingénieur Georges Poutot. Celui-ci s'était inspiré de HP à membrane plane, conçu en 1930 par Siemens et Halske, sous l'appellation de Blatt Haller.*

C'était à l'époque une membrane rectangulaire en aluminium mince et gaufré de 90 × 60 cm, portant, collée sur une de ses faces, une bande de cuivre de 25 mm de large repliée en forme de grecque et formant une série de conducteurs parallèles. Ce diaphragme était maintenu de deux côtés opposés sur un réseau d'électro-aimants en regard avec la bande de cuivre. Cet appareil a réellement existé, il pesait près de 300 kg. Ces électro-aimants consommaient 1 kW pour l'excitation et, pour la modulation, 750 watts, destinés à sonoriser de vastes espaces ; on pouvait l'entendre à 5 k!, avec un rendement de 2 %. En 1954, en Angleterre, M.

Stanley Kelly construit, pour effectuer des mesures sur des microphones Piezo destinés à des appareils de prothèse, un HP étalon à large bande passante, dérivé du Blatt Haller, qu'il miniaturise en réalisant le diaphragme en mylar de 6 microns.

Le réseau électrique est constitué par des rubans d'aluminium déposés de part et d'autre de la feuille de mylar, d'un format de 12 × 15 cm environ. Il emploie un réseau de 6 aimants « Ticonal » de 1 cm d'épaisseur et remplit les cavités libres de mousse plastique. Cet appareil était capable, à l'époque, d'une bande passante de 80 à 12 000 Hz à ± 2 dB et de 10 watts de dissi-

pation avec un rendement de 2 %.

Le 23 juin 1960, M. Georges Poutot dépose un brevet par lequel il améliore le comportement des membranes souples utilisées par Siemens et Kelly, en collant le réseau de ruban aluminium sur les talus de rainures fraisés dans une plaque de polystyrène expansé, de sorte que ces rubans se retrouvent en saillie et puissent plonger entre les pièces polaires du réseau moteur.

Il obtient ainsi une membrane rigide et très légère, travaillant en piston sur tout le spectre audible et ayant un circuit électrique conçu non pas comme celui adopté par Siemens et Kelly, qui

travaillait face à un champ magnétique et donc s'éloignait de celui-ci pour les grandes amplitudes, mais plutôt comme le principe électrodynamique adopté sur les microphones à ruban ayant la possibilité de rester dans un champ homogène pour les grands déplacements éventuels.

En alliant le choix de ce principe de déplacement sollicitant la membrane sur toute sa surface active avec l'extension de celle-ci dans un matériau offrant à la fois une grande rigidité et un faible poids (1,5 g pour 1 dm<sup>2</sup>), les Ets Gego réunissent les principales qualités recherchées par les audiophiles, soit : grand respect de la phase allié à une large bande passante, impédance constante de 20 Hz à 2080 kHz travaillent en piston sur toute l'étendue de la gamme, respect des timbres surtout en régime impulsif, restitution de l'image stéréo avec une grande dynamique, définition des détails même à faible niveau. Si on fait une description comparative de l'orthophasse, on pourrait dire qu'il est, par rapport au HP classique, ce que le moteur linéaire est par rapport au moteur électrique classique. On dispose, en effet, d'une grecque conductrice disposée dans un champ magnétique intense et fixée à une membrane rigide, légère et amorphe, l'obligeant à se déplacer sur toute sa surface en phase avec le signal électrique qui l'excite.

Le résultat spectaculaire de la démonstration de 1961 intéressa plusieurs fabricants. Les plus grandes marques d'Outre-Atlantique s'empressèrent de demander la licence de fabrication à la société Marc Wood, qui disposait déjà des droits exclusifs de négociation des brevets « Poutot et Gogny » pour les U.S.A. et le Japon. Au passage, notons que M. Gogny avait conçu ce HP en-dehors de toute

considération économique et que son prix élevé ne le mettait à la portée que de quelques audiophiles privilégiés et de techniciens en art sonore ; on en équipa aussi les premières Caravelle. Cela ne l'empêcha pas, à cette époque, d'obtenir un grand succès. Cet appareil était très difficile à fabriquer, il le reste encore. Sa réalisation industrielle n'a encore jamais eu lieu. Malheureusement, la disparition de ces deux grands réalisateurs, MM. G. Poutot et G. Gogny, mit un terme à cette belle réalisation au moment où on leur demandait un grand effort pour la lancer. Malgré les bonnes volontés qui tentèrent de la soutenir, l'orthophasse tomba dans l'oubli. Un deuxième départ eut lieu vers 1972 et ne dura que quelques mois, par suite de la disparition de la société qui s'y était intéressée sans se douter des difficultés de la fabrication de ce HP. Le brevet tomba dans le domaine public le 3 juillet 1975 avec l'arrêt du règlement des annuités à l'Etat par les héritiers des inventeurs.

### Les motivations

Nous connaissons les défauts d'origine fondamentale qui entache les HP électrodynamiques à membrane conique, que les constructeurs ont essayé de réduire pendant une trentaine d'années de recherches et d'astuces. Ces derniers étaient motivés par des raisons économiques et la possibilité de production en série de ce type de HP, ayant à son avantage robustesse, rendement et, surtout pour l'équipage électrique, la possibilité de grands déplacements dans un champ magnétique relativement constant. Nous connaissons aussi les possibilités et les défauts des HP électrostatiques. Séduisants par leur clarté et la transparence permise par la surface rayonnante possible de la membrane, avec

un respect de la phase, ils défavorisent, hélas, les signaux nécessitant un déplacement de grande amplitude. Ils ont aussi comme avantage, sur les membranes coniques, la disparition de l'effet de localisation des enceintes. En écoutant une paire de panneaux de 18 cellules orthophasse, que j'ai réussi à reconstituer à partir de la soixantaine de cellules que je m'étais procuré d'occasion, je me suis rendu compte qu'en réalité ce transducteur réunissait en grande partie les avantages des deux systèmes précités, avantages que nous allons d'ailleurs développer maintenant.

### 1 - Répartition des watts émis sur une grande surface

A mon avis, c'est l'une des premières qualités au niveau du couplage air/membrane. Je m'explique. Le signal transmis à l'air doit seulement le solliciter sans le comprimer pour éviter la distorsion d'amplitude qui en résulte, sur laquelle vient en plus s'ajouter un effet « Doppler-Fizeau » avec le déplacement de la membrane. Aussi, ce rapport watt/surface doit-il être le plus réduit possible : donc avantage aux grandes surfaces émettant le moins possible de watt au cm<sup>2</sup> et, bien entendu, très légères comme pour l'électrostatique.

### 2 - Membrane sollicitée sur toute sa surface émissive

C'est le cas des orthophases qui, pour une surface de 1 dm<sup>2</sup>, sont sollicitées par un ruban en aluminium de 1,30 m sur 2 mm de large, réparti sur ce dm<sup>2</sup>. Si on le compare à un HP conique de même surface, on constate seulement, sur 1/2 mm de large, que ce n'est que la rigidité relative de la membrane et le choix du matériau qui puisse grandir artificiellement cette surface.

### 3 - Avantages du moteur électrodynamique système qui a un

grand rendement et qui permet les déplacements plus que nécessaires dans un champ magnétique relativement constant sur toute la course.

#### 4 - Avantages propres à l'orthophasse

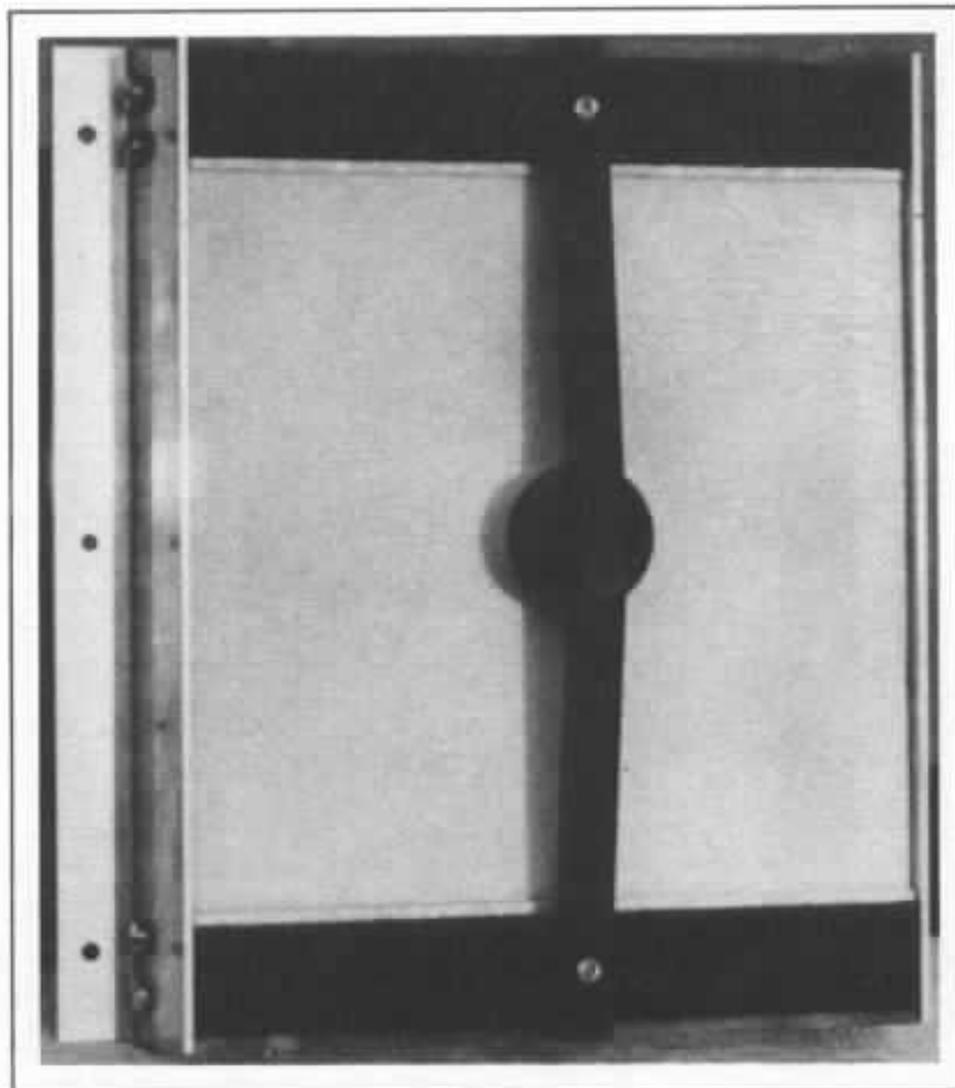
L'orthophasse possède les avantages suivants :

- possibilité modulaire permettant de réaliser de grandes surfaces émissives,
- grande rigidité de la membrane alliée à un faible poids (1,5 g pour un ensemble mobile de 1 dm<sup>2</sup>),
- travail en piston sur tout le spectre audible dû à son moteur la sollicitant sur toute sa surface,
- grand rapport de poids aimants / membrane (1,5 g/1,2 kg),
- possibilité de se déplacer de 8 mm dans un champ constant de plus de 2 000 œersteds.

Le choix du matériau constituant la membrane présente le plus grand rapport masse/module de Young : 100.10<sup>9</sup> pour la cellulose et 16 000.10<sup>9</sup> pour le polystyrène expansé.

#### 5 - Le plus grand respect de la phase des signaux émis

J'ai comparé des mesures effectuées à ce sujet avec celles données par un ordinateur d'une grande faculté aux U.S.A. sur le comportement théorique d'une membrane carrée de 10 × 10 cm<sup>2</sup>. Le rayonnement reste en phase à 20 kHz sur 19° pour l'orthophasse pour 22° donné en théorie et de 115° à 20 Hz au lieu de 110° à l'ordinateur, la différence doit être due à l'hygrométrie de l'air dont je n'ai pas tenu compte, ayant effectué celle-ci en haut d'un pylône de 15 mètres, en pleine campagne et à la tombée du soir, pour éviter les bruits environnants. C'est le seul transducteur qui respecte les transitoires musi-



Prototype de transducteur de grave vu de dos. Le cylindre central contient un capteur d'asservissement.

caux (il retransmet les signaux carrés à 1 000 Hz aussi bien qu'un HP ionique).

#### La version actuelle

Avec la version actuelle nous avons amélioré les qualités techniques suivantes :

##### sur la carcasse

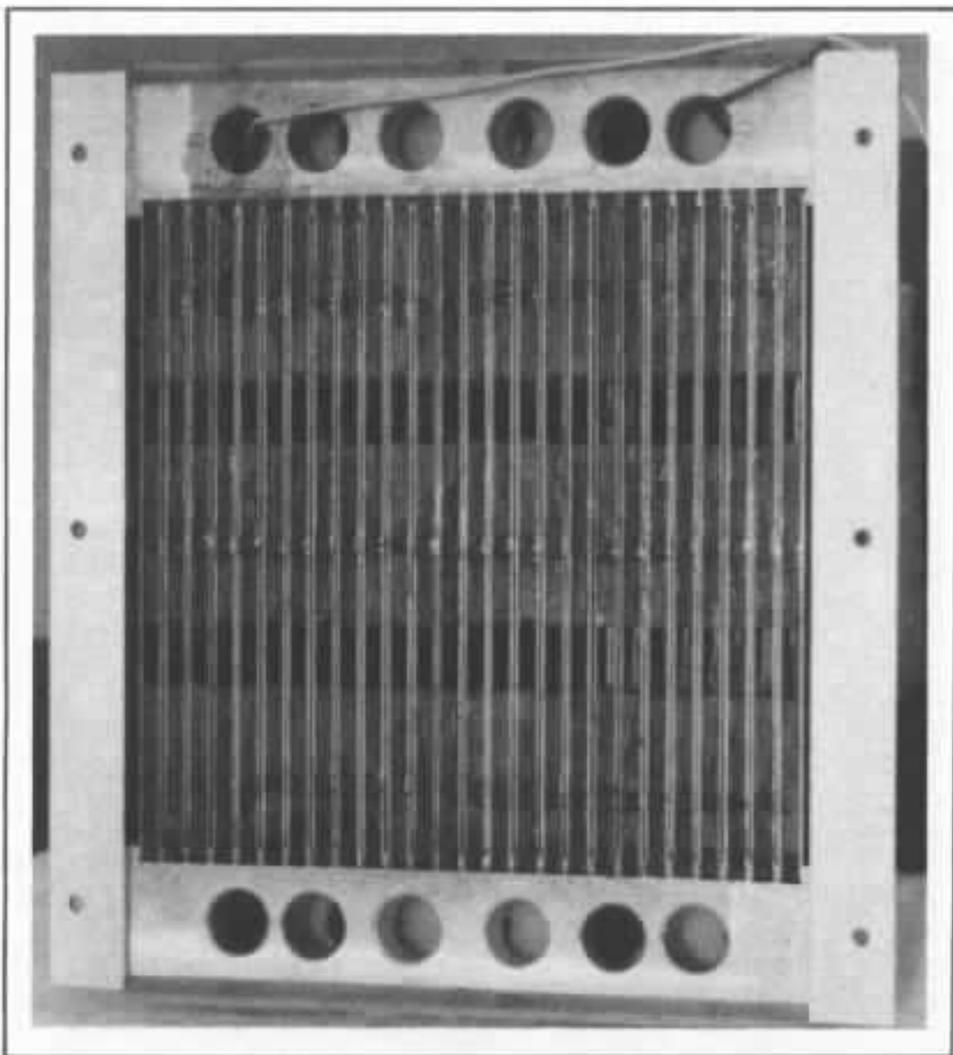
- gain en rapport encombrement/surface émissive de 15 % ;
- étanchéité plus facile à réaliser sur l'ébénisterie ;
- montage simple, respectant l'assemblage en les gerbant par rangées, du meilleur angle de dispersion ;
- possibilité de composer sous

forme de colonnes ou de panneaux en rangées décalées et alternées par l'utilisation d'une demi fausse carcasse complémentaire ;

- montage de la membrane permettant de tendre un tissu devant l'ensemble monté sans collage ;
- aimants plus puissants et durables dans le temps ;
- pièces polaires à grain orientées et nickellées après découpe.

##### Sur la membrane

- moulée et rectifiée, ayant subi un traitement thermique améliorant la surface de couplage avec l'air, procédé lui permettant un gain sur le compromis poids/rigidité sans apporter de



Prototype de transducteur de grave. La membrane a une dimension de 20 x 20 cm. Vue de dos.

coloration ;

— assemblage du réseau électrique (grecque) par une colle stable dans le temps, amorphe et n'apportant pas de sonorité propre ;

— chaînette conductrice tressée sur coton en fil d'alliage cuivre et or à 20 % la rendant plus souple et insonore ;

— soudure de celle-ci sur la grecque mieux effectuée pour éviter sa rupture à flexion ;

— grecque réalisée dans un alliage aluminium cuivre, permettant de réduire son épaisseur sans augmenter sa résistance électrique, donc gain de poids : l'ensemble monté, colle comprise pour une membrane plus grande de 5 cm<sup>2</sup> réduit son poids de 20 %.

#### Sur le plan auditif

— élargissement de la bande passante avec un octave en plus de part et d'autre du spectre émis : soit 10 - 35 kHz, rendement augmenté de 6 dB ;

— suppression des colorations émises par la surface de couplage et par les chaînettes ;

— réduction par un masque en chicane des résonances des suspensions ;

— gain sur la précision des transitoires à faible niveau d'écoute ;

— image stéréo plus précise en largeur et profondeur avec disparition de la localisation des enceintes ;

— répartition horizontale du haut du spectre sur plus de 60°.

#### Principales caractéristiques :

— encombrement : L. 178 mm,

l. 154 mm sur 50 mm de profondeur, pouvant être gerbées, alternées en rangées espacées de 134 mm : un panneau de 27 cellules ne mesure au total que 92 cm de côté sur 18 de profondeur, avec un poids de 50 kg. Poids d'une cellule : 1,3 kg ;

— développement du moteur : 1,30 m de long, replié 13 fois et concentrant le champ de 52 aimants ferrite à 24 % de cobalt sur une surface égale de la membrane (1 dm<sup>2</sup>), largeur de l'entrefer 2,7 mm, champ de 27 000 œrsteds, poids du moteur : 1 kg ;

— membrane en polystyrène expansé traité de 104 x 107 mm, suspendue par spiders toilés, imprégnés synthétique ;

— course possible : 8 mm dans un champ constant ;

— circuit électrique : ruban alliage léger de 1,30 m de long sur 2 mm de large, 1/10<sup>e</sup> d'épaisseur, replié en forme de grecque, collé à la membrane ;

— poids de l'ensemble mobile, moins de 1,5 g ;

— puissance admise par cellule : 3 watts continu, 10 watts pointe, selon charge du baffle utilisé ;

— bande passante possible : 2 Hz à 45 kHz ± 2 dB de 200 à 8 kHz, inflexion de 2 dB octave après 8 kHz et 3 dB octave avant 200 Hz selon charge acoustique ;

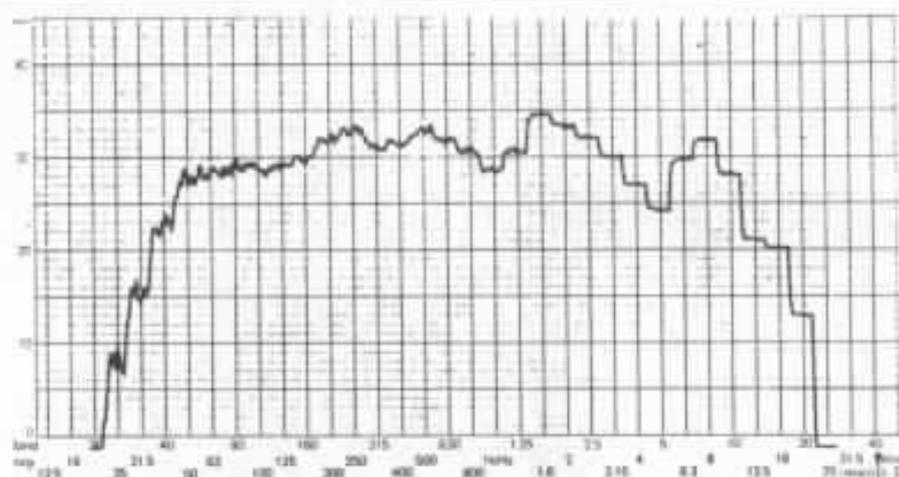
— impédance : 0,25 ohm, une pointe de 3 dB entre 1,8 kHz et 3 kHz est corrigée par un petit filtre passe-bande, monté en série ;

— réponse parfaite en signal carré à 1 000 Hz ;

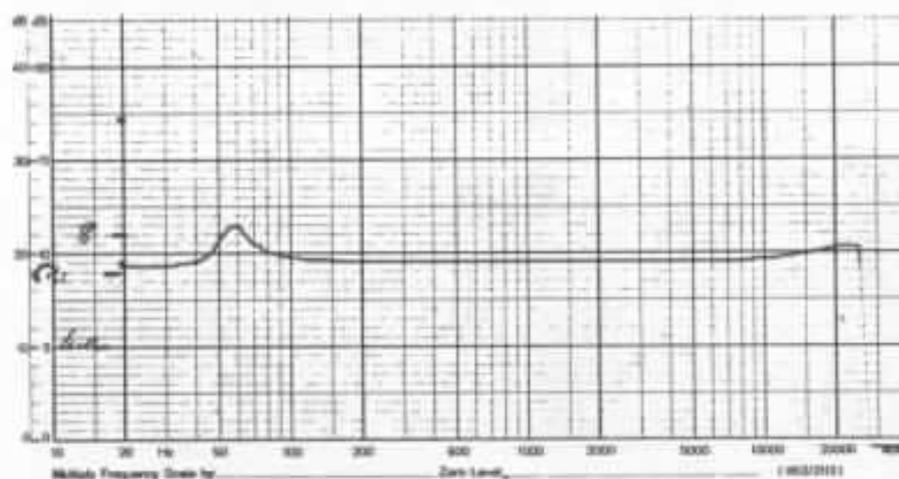
— respect total de la phase sur 19° à 20 kHz échelonné jusqu'à 110° pour 20 Hz par cellule : cet angle étant variable suivant le montage des cellules en largeur, celles-ci étant calées tous les 11° ;

— distorsion : 1 % 40 x 10 000 Hz ;

— sensibilité : 87 dB 1 W 1 m, enceinte 8 cellules 4,6 ohms.



*Courbe de réponse amplitude-fréquence dans l'axe.*



*Courbe d'impédance.*

**Caractéristiques à l'écoute :**

- grande vérité des timbres avec respect de la dynamique et des transitoires sur corde et cuivre rendu avec transparence ;
- localisation et image très précise en profondeur et largeur par un grand respect de la phase ;
- répartition horizontale du haut du spectre sur plus de 60° ;
- variation du niveau d'écoute très peu sensible à la distance (effet laser), pas d'affaiblissement des aigus perceptible à grande distance ;
- graves très larges et légers à faible niveau, réverbération et espace de salle de concert bien rendus ;
- scène d'opéra perçue dans le moindre détail avec de très beaux rendus de la localisation, respect

des voix féminines dans leur moindre inflexion ;

- pas de fatigue perçue sur de longues écoutes, même à fort niveau.

Le montage électrique des cellules peut s'effectuer en série parallèle ou en série en fonction de l'impédance interne de l'amplificateur utilisé ; l'impédance des cellules étant une résistance pure, on constate un meilleur comportement de l'amplificateur en fonction de son impédance interne, souhaitée la plus basse possible, le rapport interface étant amélioré par l'absence totale de filtre séparateur.

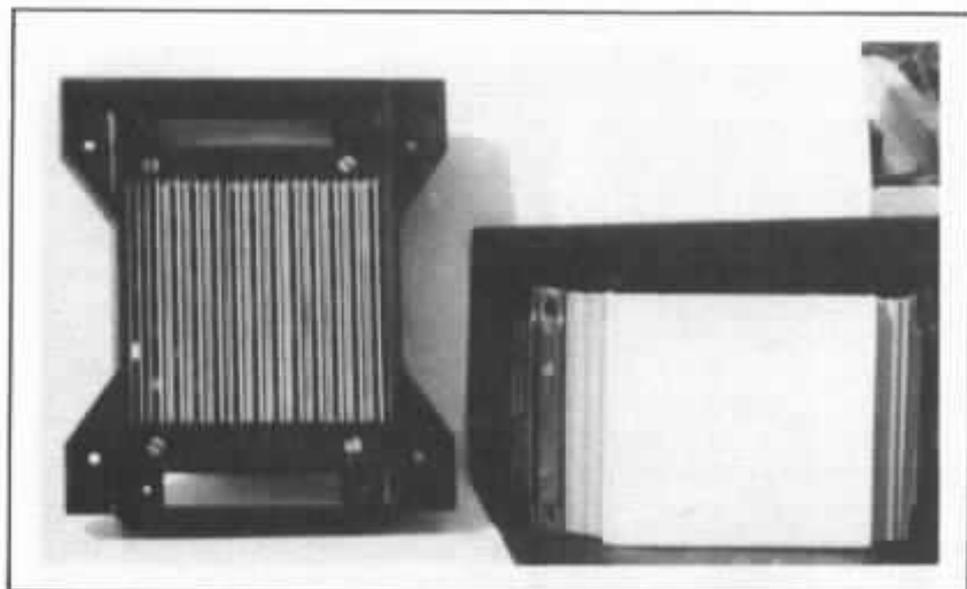
**Les problèmes rencontrés**

Pour ne pas laisser ce transducteur tomber dans l'oubli, vu

ses qualités déjà acquises et les possibilités que je comptais lui apporter, je décidais de lui consacrer toutes mes possibilités en temps et investissements pour construire maquettes, protos et modèles de recherche, en mettant à contribution l'entourage de mordus qui m'y encourageait (atelier de mécanique, recherche de documents et d'anciens fournisseurs des Ets Gogny).

En menant une enquête, cela a été très difficile, les secrets de fabrication étant bien gardés. J'ai pu, grâce à M. Baudet, trouver le fournisseur d'aimants et de suspensions, M. Mathe retrouva les colles employées à l'époque et moi-même, par analyse et recoupement, je reconstituai la méthode de fabrication employée par Gego.

Devant ces résultats, je constatai que l'on pouvait améliorer les qualités de la membrane et de la suspension en les fabriquant autrement, à savoir simplifier le montage des aimants par un autre système de monture et rendre le champ plus homogène par de nouveaux aimants contenant du cobalt et des pièces polaires traitées différemment. Je rencontrai tout de suite des difficultés en premier sur la monture que je voulais réaliser par moulage en matière plastique pour simplifier sa fabrication, son montage et abaisser son prix de revient. Là, j'ai sérieusement été aidé par mon frère, industriel hautement qualifié dans cette technique. Nous avons étudié un moule en acier spécial, entièrement usiné en électroérosion, seule technique permettant d'employer de l'acier préalablement trempé pouvant, lors de l'injection du plastique, supporter de très hautes pressions, 600 tonnes dans notre cas, nécessaires pour obtenir la configuration complexe de la carcasse et surtout les tolérances dimensionnelles. Le jeu alloué sur les



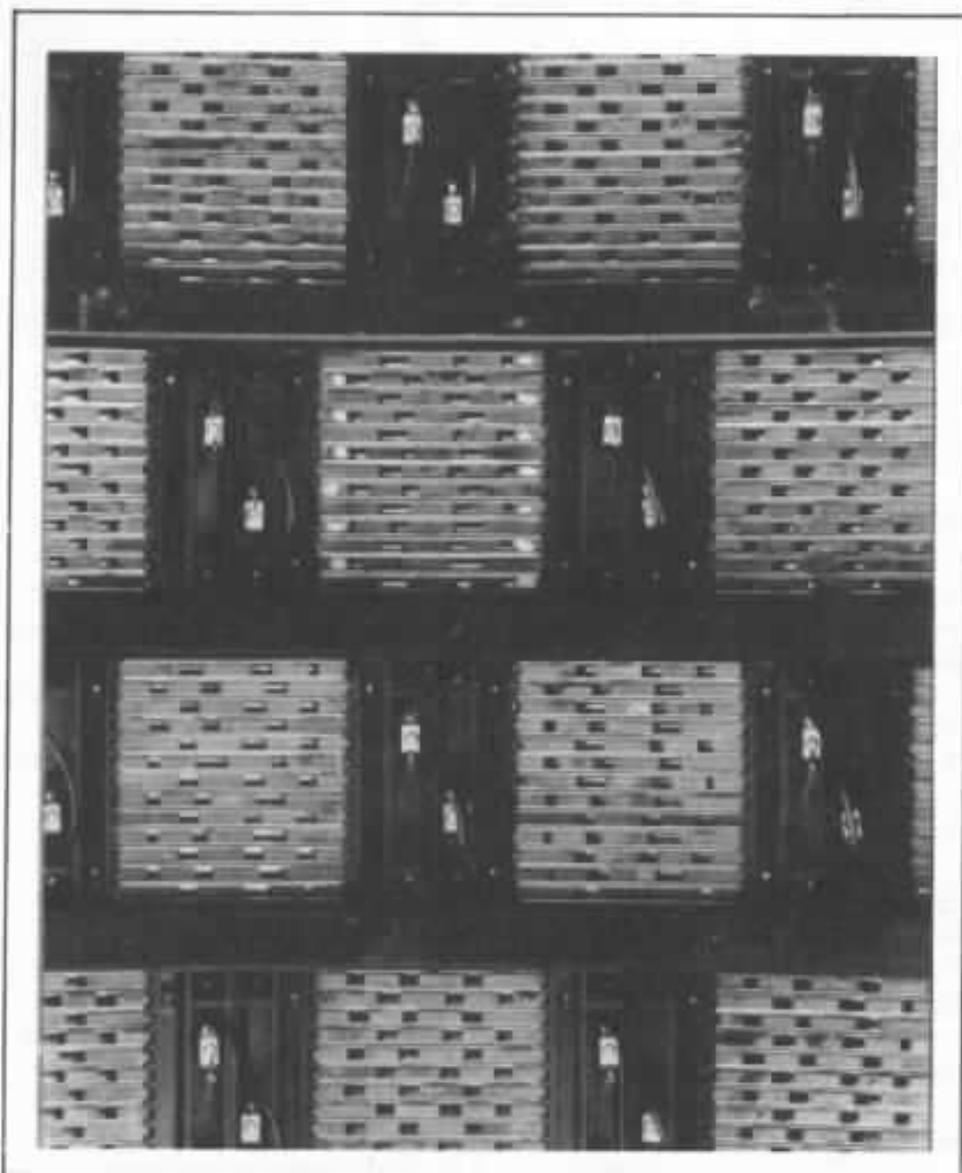
*Module orthophase standard (membrane 10 x 10 cm) vu de face sans la membrane à gauche et avec la membrane à droite.*

10 cm de la membrane n'étant que de 2/10<sup>e</sup> de mm pour la centrer de part et d'autre des pièces magnétiques, il a fallu procéder par retouches successives pour obtenir ses côtes définitives. Le coefficient de retrait au refroidissement n'étant pas du tout en rapport avec la configuration de la pièce après démoulage et refroidissement, certaines pièces du moule ont été reprises plus de trois fois. Actuellement, ce moule pèse plus de 400 kg et peut injecter 60 carcasses à l'heure...

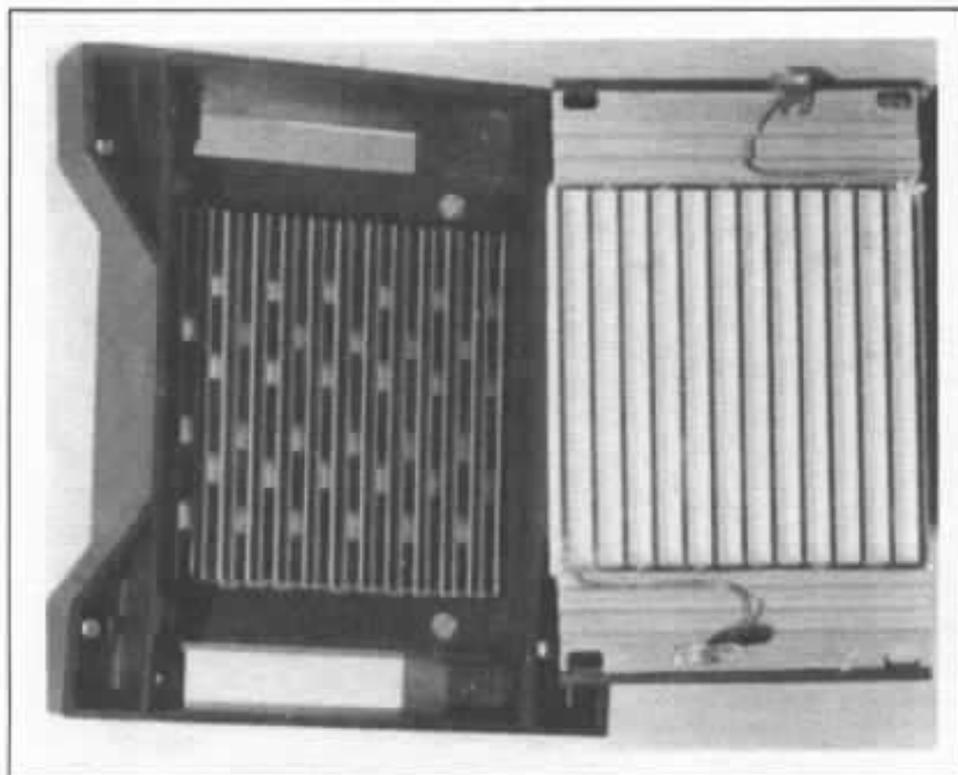
L'avantage de cette nouvelle carcasse est d'augmenter le rapport surface émise/encombrement, avec un gain de 15 %. Une orientation automatique est obtenue en les gerbant en rangées alternées pour former une portion de cylindre sur des arcs de cercle en bois, faciles à empiler en éléments modulaires susceptibles d'évoluer dans le temps en les complétant en fonction des possibilités pécuniaires de chaque acheteur. On peut ainsi composer des enceintes de 4 à 27 cellules et plus sans perte sur le premier investissement, la seule difficulté étant d'être tributaire d'un transfo adaptateur en dessous de 8 cellules, pour les

amplis n'acceptant pas moins de 2 ohms en sortie.

La deuxième difficulté à surmonter a été l'utilisation d'aimants plus puissants à 24 % de cobalt. L'attraction plus forte de ces ferrites avait le fâcheux défaut de déformer les pièces polaires lors du séchage de la colle les fixant de part et d'autre des aimants, l'entrefer n'étant plus aligné et constant au montage. Il a fallu prévoir et étudier des outils conformateurs, emprisonnés au collage avec ces pièces jusqu'au séchage complet et réalisés dans un matériau non adhérent à la colle utilisée, avec une configuration déformée compensant celle provoquée par les



*Ensemble de modules gerbés vus de dos. On remarquera le mode de fixation et le câblage en série.*



Module ouvert montrant la membrane de dos. Les deux versions du tweeter ionique : celle de droite permet l'intégration à l'ensemble des modules.

aimants. Le jeu permis au réseau électrique n'étant que de  $2/10^{\circ}$  de mm, il est, croyez-moi, très difficile de le respecter sur une distance de 100 mm, cela fait un rapport de  $1/500^{\circ}$  et la membrane ne supporte pas d'être mal centrée.

Le choix du plastique étant déterminé à l'avance ne permet que quatre possibilités de décor (noir, blanc, incolore et métallisé bronze), la forme et les possibilités de cette carcasse faisant l'objet d'un brevet déposé.

L'ancienne carcasse était construite en éléments emboutis, découpés dans de la tôle d'aluminium de 3 mm d'épaisseur, assemblés et visés ; méthode chère laissant beaucoup de chute après découpe et demandant un temps de montage onéreux. Sa fixation peu étanche demandait une ébénisterie complexe et précise. L'ensemble insuffisamment rigide était sensible aux chocs et aux déformations du cadre.

### Les problèmes rencontrés pour la réalisation de la membrane

Pour la membrane, Gego la taillait dans la masse. La méthode consistait à fraiser directement dans les planches de polystyrène expansé, une à une, les rayures équidistantes au profil requis, opération longue et incertaine : difficultés à respecter la tolérance des cotes, vu la fragilité et le poids du matériau. Au contrôle, on constatait près de 50 % de rejet dû à des ruptures et au mauvais état laissé par l'usure rapide des outils, le polystyrène ayant un module de Young très élevé. La surface de couplage de cette membrane présentait, après découpe, un rendu acoustique plutôt dur. Les colles employées pour son assemblage, instables dans le temps, se racornissaient, cintrant les membranes et la grecque conductrice comme un bilame. La chaînette conductrice insuffisamment souple se brisait souvent au niveau de la soudure sur la grecque.

Aussi, après de longues recherches et essais, une méthode très différente de fabrication fut choisie. Nous procédons maintenant par expansion d'ébauches de 50 cm de long dans un moule représentant la configuration symétrique de deux membranes accolées dos à dos pour équilibrer les contraintes. Cela permet d'obtenir un bloc rigide, facilitant en une seule fois et en le retournant la rectification des rainures, en enlevant très peu de matière sans créer de contraintes et d'échauffement importants. En fendant en deux ce bloc sur la longueur, on obtient huit membranes d'un seul coup avec un déchet négligeable.

La difficulté rencontrée a été le respect de la densité du polystyrène, l'épaisseur requise par les nervures étant incompatible lors du remplissage du moule par la densité demandée. Nous avons solutionné ce problème en préexpansant les granules de polystyrène en première phase avant d'introduire ce dernier dans le moule technique permettant un contrôle très précis et constant : la dispersion de ce résultat a une grande importance sur la musicalité.

Après moulage, l'ébauche subit un traitement thermique pour améliorer l'état de sa surface de couplage avec l'air : cette technique consiste à faire migrer après l'expansion les résidus de vapeur d'eau emprisonnés dans l'ébauche vers la périphérie sous la surface de la peau, rendue étanche par le polissage du moule. Un refroidissement suivi d'une congélation brutale qui occasionne une cristallisation de l'eau juste sous la peau, provoque la rupture des fibres rendues cassantes à cette température dans une zone de faible épaisseur contrôlable par le volume de la pièce. Après enlèvement de la peau par un moyen mécanique, on découvre une surface sous-jacente à l'aspect

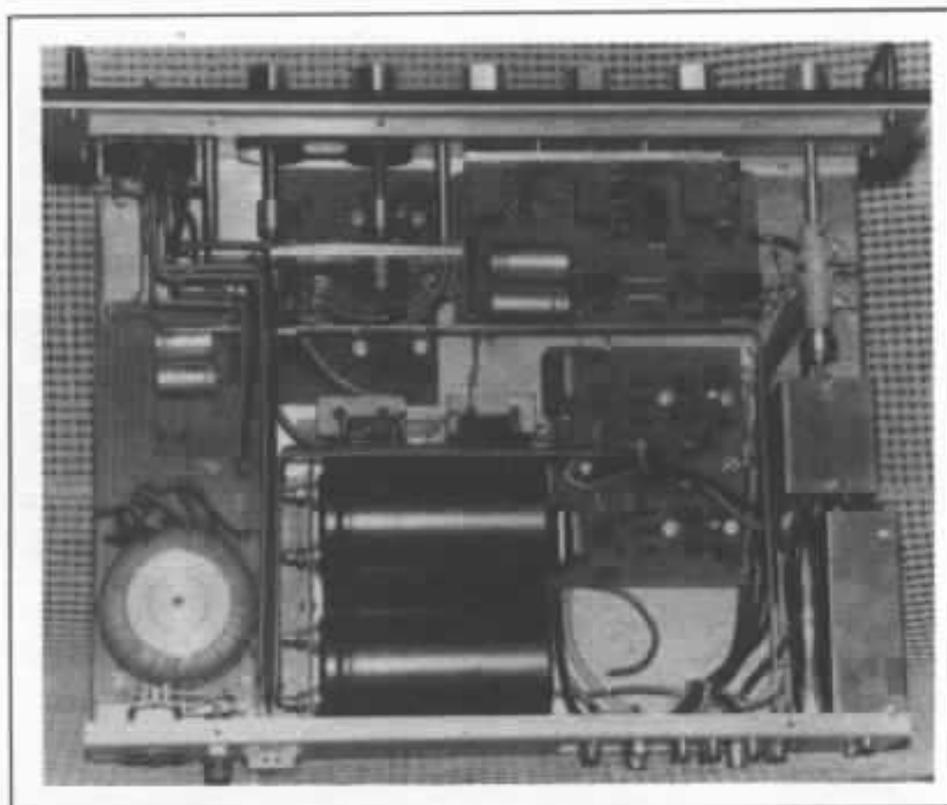
cotonneux sur une épaisseur déterminée, améliorant le couplage membrane/air. Cette technique garde intactes en profondeur les caractéristiques avantageuses du polystyrène. Cette membrane usinée pèse moins d'1/2 g et la grecque, découpée dans un alliage d'aluminium qui la complète, 1/2 g. La nature liée au poids de la colle destinée à les assembler dépasse de 20 % le poids de l'ensemble, ce qui demande un choix sur les caractéristiques de celle-ci. Ce choix est déterminant sur le résultat sonore : durabilité dans le temps, compromis entre insonorité et rigidité, viscosité évitant une trop grande pénétration dans la porosité du polystyrène.

Il a fallu mettre au point une méthode d'encollage dérivée de l'imprimerie permettant une bonne répartition de la colle en surface et en épaisseur. Les problèmes des chaînettes conductrices ont été pratiquement éliminés par le choix d'un fil d'alliage cuivre et or tressé avec du coton pour obtenir une grande souplesse et une parfaite insonorité. Sa soudure avec la grecque conductrice perpendiculaire aux déplacements la fait travailler en torsion, contrairement à l'ancien procédé aligné au sens du déplacement lui faisant subir des flexions excessives allant jusqu'à la rupture : Gogny était obligé de la fixer en plusieurs points sur la suspension pour l'empêcher de vibrer. A cet effet, une petite languette a été prévue sur la grecque dépassant de la membrane, permettant une meilleure soudure sur un angle perpendiculaire au sens du déplacement.

Une autre méthode nous a permis de découper la grecque dans un alliage d'aluminium beaucoup plus mince.

### Le tweeter ionique

Je me suis aussi intéressé à un autre transducteur sonore : le tweeter ionique mis au point par



*Vue interne du préamplificateur utilisé pour les essais, c'est un circuit Kanéda.*

le professeur Klein, un appareil ayant des résultats remarquables à l'époque, mais à mon avis trop en avance sur les performances des équipements utilisés, limitées par les têtes de lecture et les émissions radio. Il se mariait mal avec les autres HP, sa pureté mettant en évidence les colorations qu'ils apportaient.

Aussi, en essayant de l'intégrer à un ensemble orthophasé, nous nous sommes aperçus qu'il complétait heureusement et avec efficacité l'inflexion de la courbe constatée à plus de 8 kHz sur cette enceinte avec, hélas, une légère résonance due au pavillon qui l'équipait. Ces résultats encourageants acquis, je décidais de remédier à ces défauts pour l'utiliser en complément. Nous avons construit une nouvelle cellule en conservant le principe du pavillon, pour son rendement, en l'usinant dans de l'étoffe : alliage servant à la confection des tuyaux d'orgue, choisi pour sa grande densité et son insonorité propre. La pièce

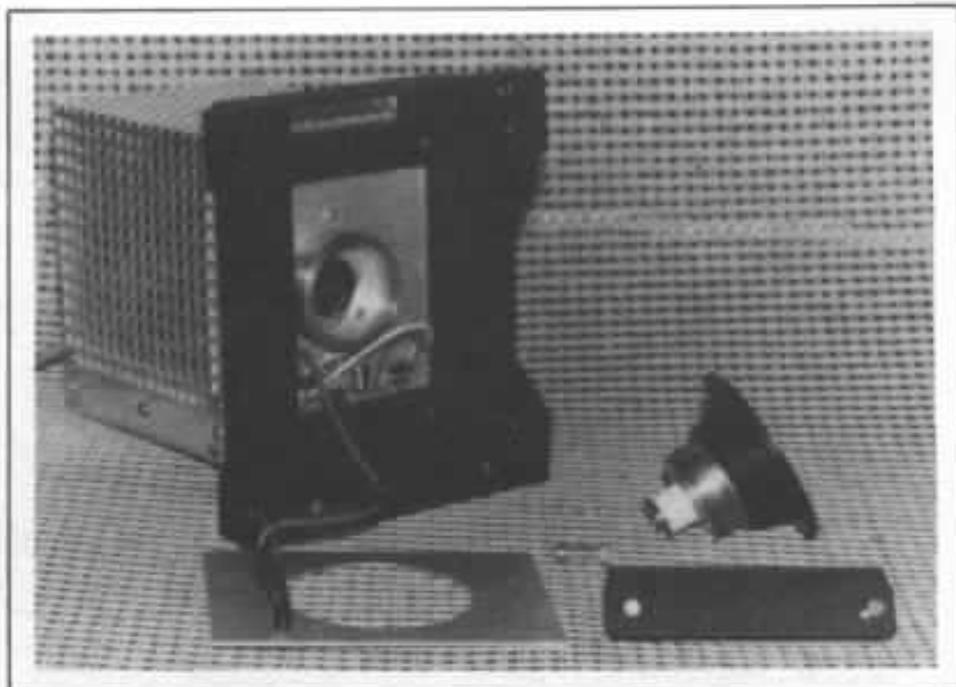
isolante constituant une partie de ce cornet devant résister aux hautes températures et à la HF, était réalisée sur l'ancien modèle en porcelaine spéciale, très dure et sonore.

Nous la réalisons, nous, dans une terre spéciale qui, une fois cuite, reste à la fois tendre et insonore aux températures d'utilisation. Cet ensemble est monté avec un ciment spécial, électrode comprise, pour un diamètre de bouche de 50 mm. Il pèse plus de 700 g et nous donne entière satisfaction.

En coupant sa fréquence à 3 500 Hz, avec un rendement de 90 dB diffusé sur 60°, il peut supporter une puissance de 10 watts. Il est monté sur une carcasse identique à celle des orthophasés et peut s'assembler avec elles et en phase sur la même enceinte. Le démontage prévu par l'avant du cornet permet un remplacement facile de l'électrode pour un millier d'heures environ. Une alimentation indépendante permet d'en brancher

une paire.

A l'écoute, ce tweeter passe inaperçu et complète parfaitement l'ensemble sur le haut du spectre : percussion, cordes métalliques, clochettes, cliquetis, etc., avec une grande clarté. Cet appareil se branche directement sur l'ampli, un transfo 8/16 ohms y est inclus avec un dosage possible de niveau par potentiomètre. Le choix de la fréquence de coupure est aussi possible par la valeur de la capacité utilisée dans le filtre. Cette coupure peut être permise jusqu'à 1 000 Hz.



*Le tweeter ionique, le pavillon a été déposé. On remarquera la partie réfractaire et l'électrode.*



*Les deux versions du tweeter ionique, celle de droite peut être intégrée à l'ensemble de cellules.*



# Qualité des filtres répartiteurs de fréquences

## 1 — Influence des selfs

*Charles-Henry Delaleu*

*Les filtres répartiteurs de fréquences ont un rôle extrêmement important dans une enceinte acoustique. En effet, il est possible de partager en trois catégories le travail fourni par une enceinte : l'ébénisterie (voir l'Audiophile n° 15 et 16), les haut-parleurs et le filtre. Ce dernier sert à aiguiller les différentes fréquences vers les transducteurs appropriés. Grâce au filtre, il est possible d'égaliser les courbes de réponse et d'impédance, de travailler les rotations de phase, etc.*

*Le but de cet article n'est pas de revenir sur les bases du filtrage, cette question ayant déjà été traitée dans ces colonnes par MM. Larsen, Mahul, Neveu et Marec. Nous ne verrons que les problèmes de qualité de selfs dans un filtrage à 6 dB/oct sur un haut-parleur de grave, non pas pour glorifier le filtrage à 6 dB/oct mais pour simplifier l'approche du problème.*

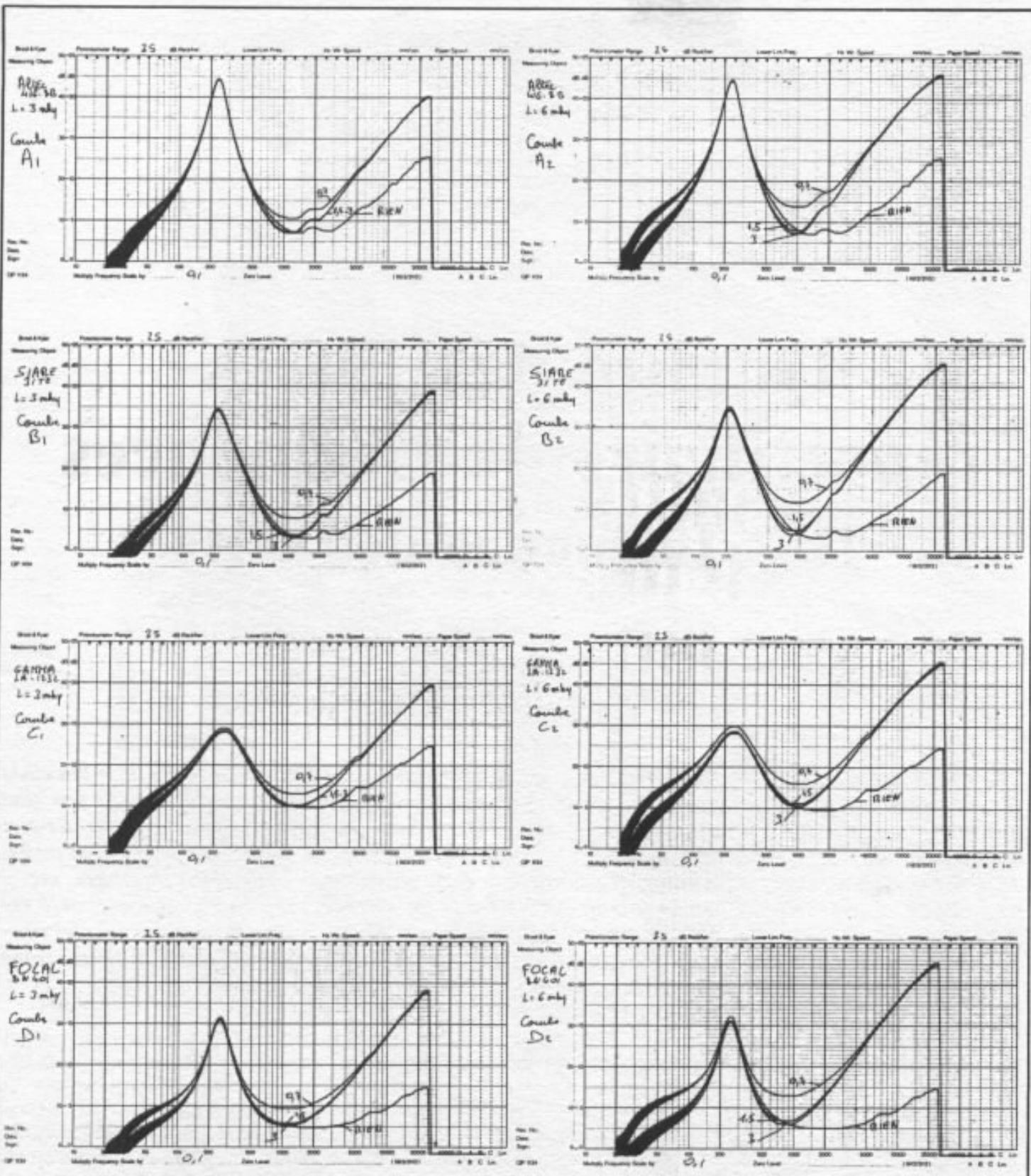
Nous avons choisi quatre haut-parleurs connus des audiophiles, ou appelés à le devenir. Il s'agit du 416-8 B Altec, du 31 TE Siare, du LA-1232 Gamma et du 8 N 401 Focal. Ces haut-parleurs étaient tous rodés. De plus, ils ont été prélevés dans un stock. Il s'agit de haut-parleurs de série et non de prototypes. Nous avons voulu utiliser uniquement des haut-parleurs de qualité, mais une expérience parallèle a été effectuée sur des modèles de factures

moyennes. Nous tenons à signaler que, sur des haut-parleurs équipés d'un faible moteur magnétique, les variations des caractéristiques introduites par les diverses qualités de selfs étaient beaucoup plus importantes que celles qui apparaissent dans cet article.

### **Banc de mesure**

Le banc de mesure utilisé est essentiellement équipé de matériels Bruel et Kjaer, associés à un pont de mesure digital automati-

que Hewlett Packard et un oscilloscope à mémoire de la même marque. Le générateur est un 1027, l'amplificateur de mesure un 2606, l'amplificateur de puissance un 2706 et l'enregistreur graphique un 2307. Il est à noter que le câble reliant la sortie de l'amplificateur de puissance 2706 au haut-parleur ne faisait que 50 cm de long et que sa section était de 8 mm<sup>2</sup>. Nous considérerons son action comme parfaitement négligeable dans les mesures.



**Courbes A<sub>1</sub> A<sub>2</sub>, B<sub>1</sub> B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> et D<sub>1</sub> D<sub>2</sub>**  
**Courbes d'impédance de 2 Hz à 2 kHz avec et sans self**  
 A<sub>1</sub> : 416-8 B avec et sans self de 3 mH  
 A<sub>2</sub> : 416-8 B avec et sans self de 6 mH  
 B<sub>1</sub> : 31 TE avec et sans self de 3 mH

B<sub>2</sub> : 31 TE avec et sans self de 6 mH  
 C<sub>1</sub> : LA-1232 avec et sans self de 3 mH  
 C<sub>2</sub> : LA-1232 avec et sans self de 6 mH  
 D<sub>1</sub> : 8 N 401 avec et sans self de 3 mH  
 D<sub>2</sub> : 8 N 401 avec et sans self de 6 mH

## Les selfs

Nous avons utilisé six selfs. Nous possédions deux valeurs, 3 mH et 6 mH, en trois diamètres de fil : 0,7 mm, 1,5 mm et 3 mm. Ces selfs étaient bien entendu de type à air sans noyau. Les mesures ont donc été effectuées :

- 1) sans self ;
- 2) self de 3 mH : 0,7 mm ( $R_{cc} = 2,14 \Omega$ ) ;
- 3) self de 3 mH : 1,5 mm ( $R_{cc} = 0,39 \Omega$ ) ;
- 4) self de 3 mH : 3 mm ( $R_{cc} = 0,20 \Omega$ ) ;
- 5) sans self ;
- 6) self de 6 mH : 0,7 mm ( $R_{cc} = 4,32 \Omega$ ) ;
- 7) self de 6 mH : 1,5 mm ( $R_{cc} = 0,78 \Omega$ ) ;
- 8) self de 6 mH : 3 mm ( $R_{cc} = 0,39 \Omega$ ).

## Les essais

Dans un premier temps, nous avons relevé la courbe d'impédance des quatre haut-parleurs à l'air libre non chargés par un baffle plan. Seule la plage de fréquences de 2 Hz à 2 000 Hz a été retenue. Nous pouvons observer sur les courbes  $A_1 A_2$ ,  $B_1 B_2$ ,  $C_1 C_2$  et  $D_1 D_2$  les comportements de divers transducteurs.

Le second essai a consisté à ressortir les différents paramètres des haut-parleurs Gamma et Focal : courbes  $E_1 E_2 E_3 E_4$  et  $F_1 F_2 F_3 F_4$ .

Le troisième essai concerne la réponse impulsionnelle du haut-parleur Gamma sur un signal carré d'une durée de 1 ms.

Tous ces essais n'ont pu être effectués sur les quatre haut-parleurs, faute de temps ; mais nous pensons que l'étude des courbes  $A_{12} B_{12}$ ,  $C_{12} D_{12}$  permettra déjà de se faire une opinion.

## Les haut-parleurs

### Altec 416-8 B

La société Altec, bien que de taille moyenne, est sans aucun doute l'une des plus connues au

monde. Sur son histoire viennent se greffer des noms prestigieux : Westrex, Western, etc. Le modèle que nous avons choisi est le boomer le plus connu de la gamme. En effet, ce haut-parleur est utilisé dans de très nombreuses utilisations grand public et professionnelles. Ce transducteur est un 38 cm possédant une bobine d'un diamètre de 100 mm et une suspension périphérique en tissu plissé. Le cache-noyau en carton est ajouré afin d'améliorer la réponse impulsionnelle et de ventiler la bobine. Le 416 est déjà à sa troisième génération : 416-8 A, 416-8 B et maintenant 416-8 C avec un aimant en ferrite.

### Siare 31 TE

La société Siare fait partie des deux plus importants fabricants de haut-parleurs français. Plusieurs de ses haut-parleurs ont fait la joie de nombreux passionnés d'électro-acoustique : TWM + 17 MSP + 31 SPCT, puis TWZ + 19TSP + 31 TE. Comme le 416-8 B, le 31 TE a fait l'objet de plusieurs articles dans l'Audiophile. Ce 31 cm possède une membrane dont la suspension périphérique est en tissu plissé. La bobine est de 45 mm de diamètre. Le cache-noyau est en tissu.

### Gamma LA-1232

Gamma est une marque récemment importée en France par ETF. Ces haut-parleurs sont équipés d'aimants Alnico. Nous tenons ici à soulever une polémique qui existe dans le milieu de l'électro-acoustique, concernant les moteurs de haut-parleurs équipés soit de ferrites, soit d'Alnico ou de ticonal. Ceci est un faux problème, car ce n'est pas le matériau employé qui compte le plus, mais la façon dont il est utilisé, c'est-à-dire l'architecture du moteur. Le plus bel exemple a été donné par les nouvelles séries JBL.

La gamme Gamma comprend de nombreux modèles extrêmement intéressants. Nous avons particulièrement retenu le tweeter à ruban VLD 13, le médium à dôme papier MA 5231 et les boomers LA-1032, LA-1231 et LA-1232. Le son procuré par les cônes papier Gamma en tapotant du doigt est très mat, il est très ouvert et très propre. Le rapport qualité/prix est l'un des meilleurs qu'on puisse rencontrer. Le LA-1232 possède une suspension périphérique en demi-rouleau inversé en tissu, la bobine est d'un diamètre de 38 mm. Le LA-1232 fait partie de la famille des 31 cm.

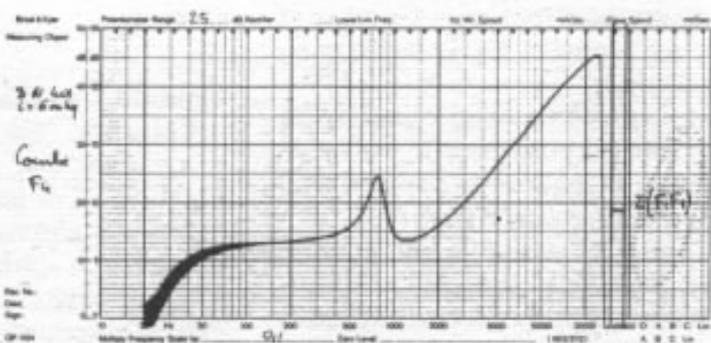
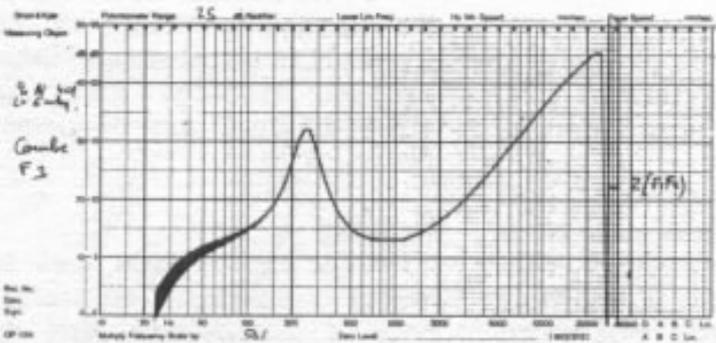
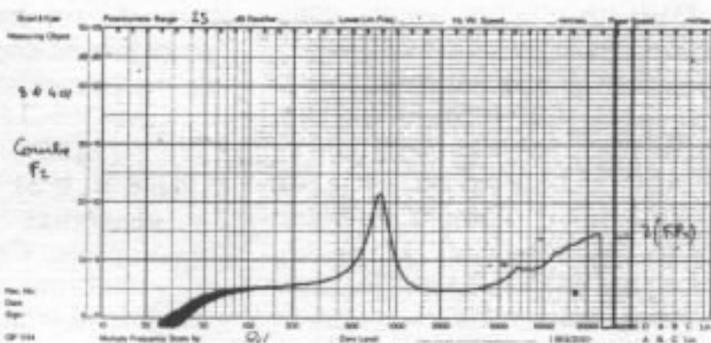
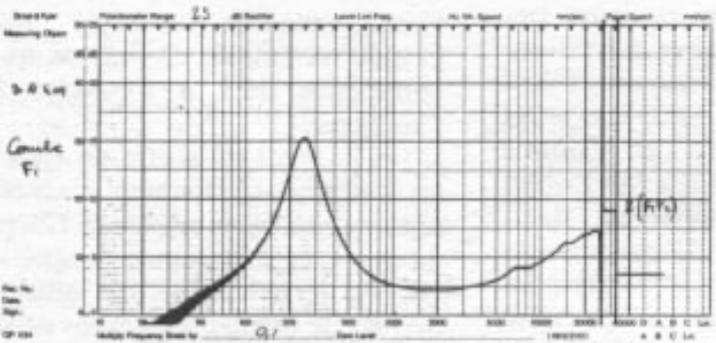
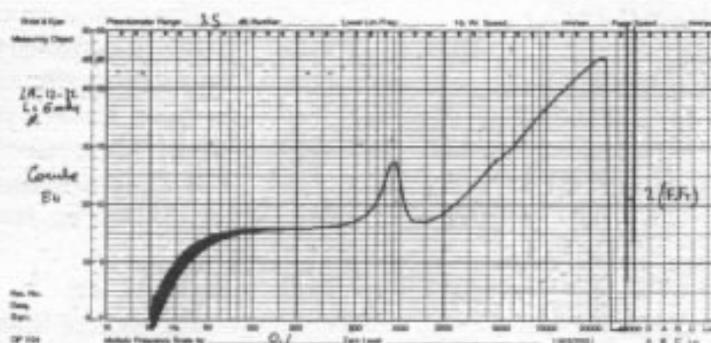
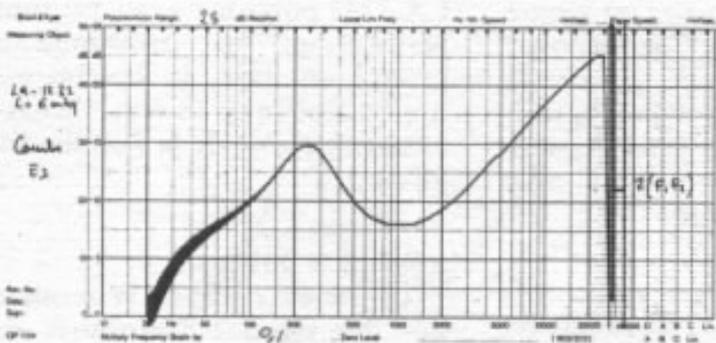
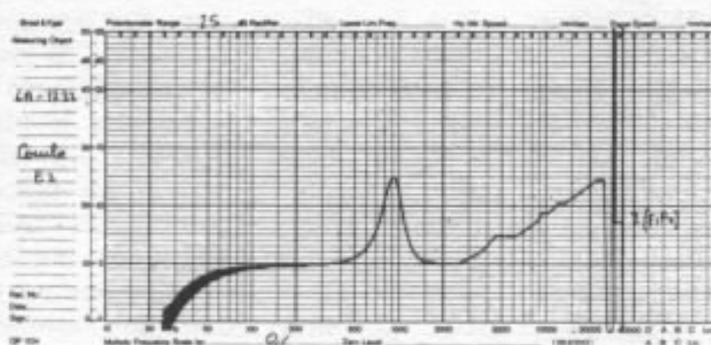
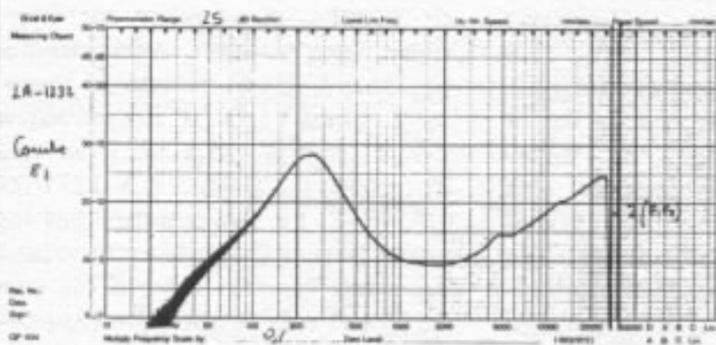
### Focal 8 N 401

La société Focal est la dernière née des marques françaises de haut-parleurs. Bien que ne bénéficiant pas d'une longue histoire, Focal possède toutefois une grande renommée en France, qui commence déjà à s'étendre à l'étranger.

Focal vient de sortir un tweeter à dôme extrêmement intéressant par sa membrane en fibres de verre et son circuit magnétique en ferro cobalt, cet alliage permet de reculer les limites de la saturation magnétique. Le 8 N 401 est un boomer de 20 cm de diamètre, sa membrane est en neoflex et sa suspension périphérique en néoprène + PVC. Sa bobine est de 25 mm de diamètre.

## Mesures

Pour le premier essai, seule la courbe d'impédance est tracée. Pour le second, une série de mesures est effectuée, afin d'obtenir les différents paramètres des haut-parleurs Gamma et Focal. Il s'agit de la résistance courant continu  $R_{cc}$  et de la résistance maximale (pointe de la fréquence de résonance). Ces deux valeurs nous permettent de déterminer deux points symétriques de part et d'autre de la fré-



**Courbes E<sub>1</sub> E<sub>2</sub> E<sub>3</sub> E<sub>4</sub> et F<sub>1</sub> F<sub>2</sub> F<sub>3</sub> F<sub>4</sub>, courbes d'impédance**

- E<sub>1</sub> : LA-1232 à l'air libre
- E<sub>2</sub> : LA-1232 dans volume clos
- E<sub>3</sub> : LA-1232 à l'air libre avec self de 6 mH 0,7 mm
- E<sub>4</sub> : LA-1232 dans volume clos avec self de 6 mH 0,7 mm

- F<sub>1</sub> : 8N 401 à l'air libre
- F<sub>2</sub> : 8N 401 dans volume clos
- F<sub>3</sub> : 8N 401 à l'air libre avec self de 6 mH 0,7 mm
- F<sub>4</sub> : 8N 401 dans volume clos avec self de 6 mH 0,7 mm



$$Q_m = \frac{F_R \times \sqrt{R_0}}{F_2 - F_1}$$

Coefficient de surtension électrique :

$$Q_e = \frac{Q_m}{R_0 - 1}$$

Coefficient de surtension total :

$$Q_t = \frac{Q_m \cdot Q_e}{Q_m + Q_e}$$

$$= \frac{Q_m}{R_0}$$

Ces mesures sont effectuées sur les haut-parleurs branchés directement au banc de mesure, puis par l'intermédiaire d'une self de 6 mH équipée du fil de 0,7 mm de diamètre.

Soit pour le Gamma en liaison directe (sans self) :

$$Q_m = 1,25$$

$$Q_e = 0,40$$

$$Q_t = 0,30$$

Avec la self :

$$Q_m = 1,49$$

$$Q_e = 0,49$$

$$Q_t = 0,37$$

Soit pour le Focal en liaison directe (sans self) :

$$Q_m = 3,04$$

$$Q_e = 0,58$$

$$Q_t = 0,49$$

Avec la self :

$$Q_m = 3,63$$

$$Q_e = 0,67$$

$$Q_t = 0,57$$

Nous avons effectué ces mesures une seconde fois, les haut-parleurs étant chargés en volume clos. Grâce à cela, il est possible de sortir d'autres paramètres.

Soit :  $Q_{mc}$ ,  $Q_{ec}$ ,  $Q_{tc}$  ( $Q_m$ ,  $Q_e$  et  $Q_t$  en volume clos).

Nous avons le volume d'air équivalent à l'élasticité de la suspension du haut-parleur :

$$V_{as} = V_1 \left[ \frac{F_{Rc} \times Q_{ec}}{F_R \times Q_e} - 1 \right]$$

L'élasticité acoustique équivalente du haut-parleur est :

$$C_{as} = \frac{V_{as}}{F_0 C^2}$$

$F_0$  = densité de l'air au m<sup>3</sup> (1,18 UG)

$C$  = célérité du son dans l'air (345 m/s)

La masse acoustique équivalente du haut-parleur est :

$$M_{as} = \frac{1}{(2\pi F_R)^2 \times C_{as}}$$

La masse de l'équipage mobile du haut-parleur est :

$$M_{ms} = M_{as} \times S_{hp}^2 \quad (S_{hp} : \text{surface émissive du HP en m}^2)$$

La résistance mécanique de la suspension du haut-parleur est :

$$R_{ms} = \frac{2\pi F_R \times M_{ms}}{Q_m}$$

L'élasticité mécanique de la suspension du haut-parleur est :

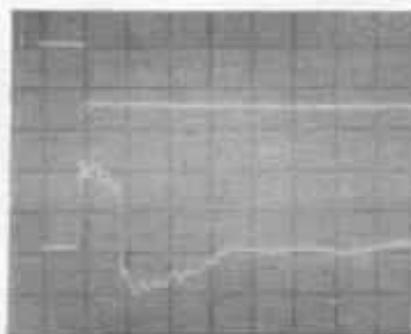
$$C_{ms} = \frac{C_{as}}{S_{hp}^2}$$

D'après ces données, les personnes désirant calculer les paramètres pourront se baser sur le tableau général.

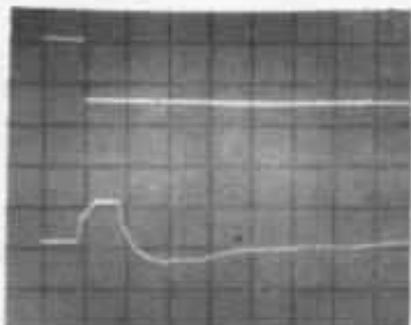
### Conclusion provisoire

Il est impossible de calculer correctement une enceinte acoustique en tenant compte uniquement du volume de l'enceinte. Il faut aussi tenir compte des absorbants acoustiques placés à l'intérieur du coffret. De même, il semble qu'il faille aussi tenir compte de la qualité des selfs placées en série avec le boomer.

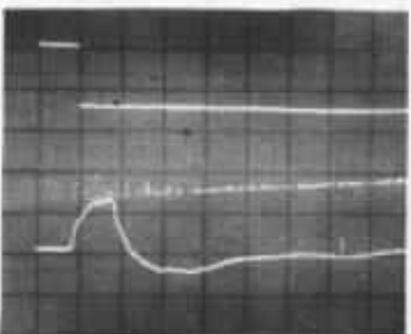
Gamma LA-1232  
T = 1 ms



1 - Sans self



2 - Avec self 6 mH - 0,7 mm



3 - Avec self 6 mH - 1,5 mm  
Noter entre 2 et 3 la différence de niveau.

# Esthétique industrielle et reproducteurs sonores

Patrick Augelet

*S'il est un domaine où l'originalité des formes ne brille que par son absence ou sa médiocrité, c'est bien celui des enceintes acoustiques.*

*Depuis l'avènement de la reproduction électro-acoustique, il y a maintenant bientôt un demi-siècle, les constructeurs s'évertuent à monter leurs haut-parleurs dynamiques, électrostatiques ou à chambres de compression dans ce qu'on appelle vulgairement mais bien justement « des caisses ». Qu'ils soient français, japonais ou américains, leur thème mille fois éculé ne change pas d'un iota : « variations sur un parallélépipède rectangle ».*

En plus de leur pauvreté esthétique, les formes parallélépipédiques (dont les parois sont parallèles deux à deux) sont génératrices d'ondes stationnaires internes influant assez considérablement sur la courbe de réponse du haut-parleur qu'elles chargent. Les travaux d'Olson, en ce domaine, sont édifiants. Ajoutons que dans le cas de volumes importants, il est pratiquement illusoire de vouloir rendre rigide une structure qui ne l'est pas par nature, si ce n'est de « l'armer » au moyen de tasseaux vissés et collés dans les angles d'assemblage et sur les surfaces trop importantes jouant le rôle d'une

peau de tambour, réduisant du même coup le volume interne et augmentant le poids de l'ensemble.

D'autre part, la largeur de la face avant de l'enceinte acoustique-parallélépipédique est généralement déterminée par le diamètre du haut-parleur le plus grand, c'est-à-dire le boomer. Les haut-parleurs médium et tweeter vont ainsi se voir infliger un bafflage excessif dont les conséquences néfastes sont entre autres :

— l'augmentation de la directivité ou diminution des caractéristiques de dispersion spatiale,  
— des phénomènes de réflexion

parasite ou de diffraction par effet de bord,

— des colorations du médium provoquées par un bafflage jouant ici le rôle de porte-voix.

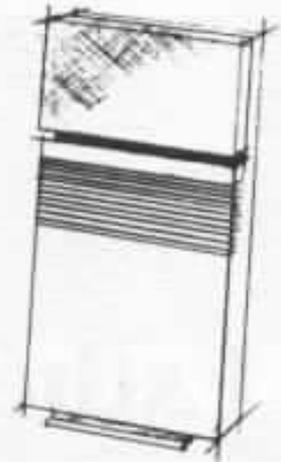
Malgré ces considérations, pour des raisons de coût de fabrication et de main d'œuvre, donc de profit, tous les constructeurs ont « la tête au carré » et l'apparition de nouveaux matériaux de construction comme le béton, les résines synthétiques, les matières plastiques permettant le moulage de formes originales et « humaines », sans problème d'assemblage, n'ont pas semblé les intéresser outre mesure.



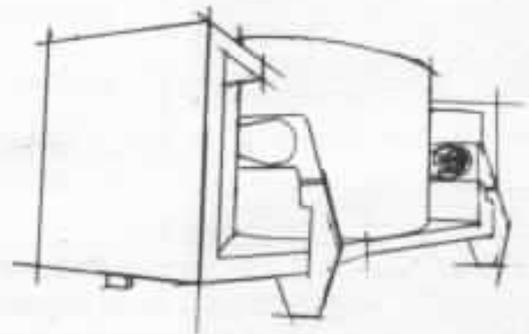
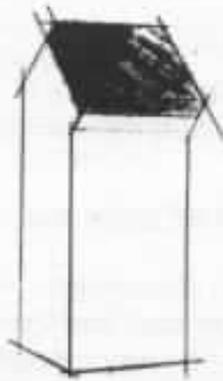
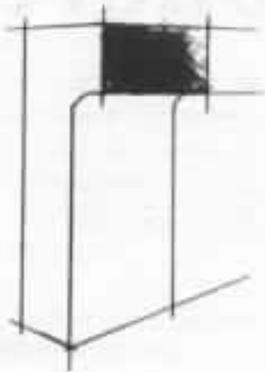
elipson 402



tangent



3A. référence 1000-

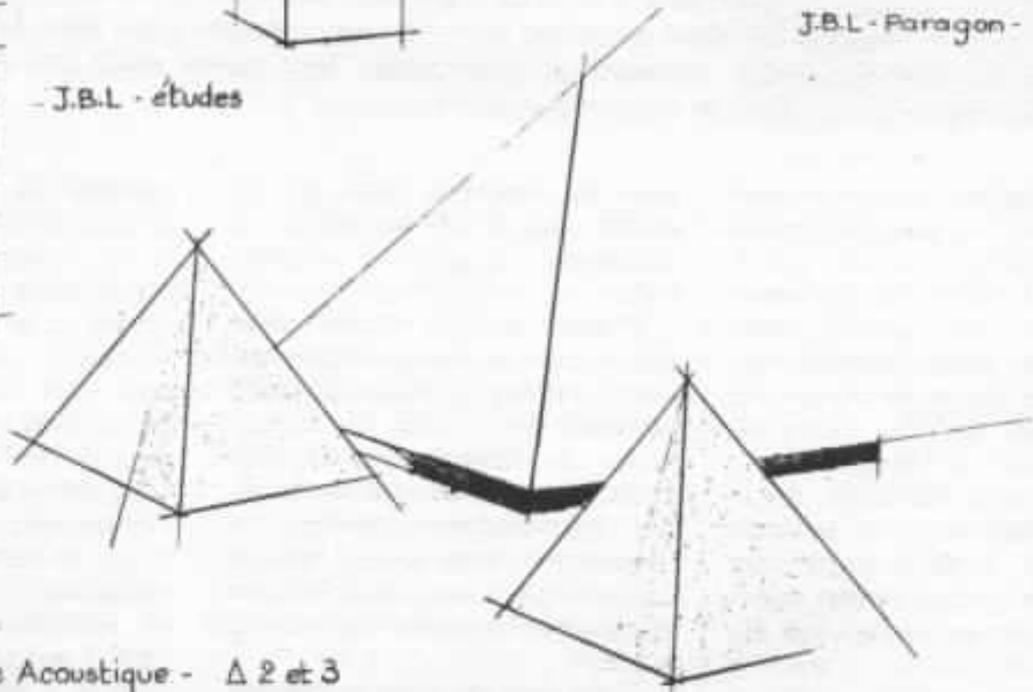


J.B.L. - Paragon -



J.B.L. - études

aquarius -



France Acoustique - Δ 2 et 3

Quelques tentatives louables de constructeurs en matière d'esthétique.

Le seul élément distinguant une enceinte acoustique « X » d'une enceinte acoustique « Y » est la toile de façade, seul sujet de délire livré aux esthéticiens intégrés : jersey noir ou brun, mousse plastique plane ou à damiers, c'est au choix. De nombreux constructeurs ont adopté ce nouveau revêtement plastique imitant le bois ou le véritable placage. C'est, paraît-il, à s'y méprendre. « Faux cuir, faux bois, pour faux hommes », devrais-je ajouter !

Certains modèles témoignent cependant de la volonté, ô combien louable, de proposer « autre chose », se distinguant de la banalité générale. Citons ainsi les pyramides « deltaphoniques » de France Acoustique, les références 1000 de 3 A, les modèles FC 411 et FC 413 de Mercuriale, les sphères Elipson qui, du staff au polyester, ont traversé bien des années de haute fidélité sans prendre une ride, ainsi qu'une remarquable série d'enceintes acoustiques représentées dans le catalogue J.B.L. de 1970, style Aquarius 4, mais malheureusement barrées « indisponible » dans celui-ci. S'agissait-il d'un simple exercice de style ?

Il convient ici de mentionner le système « Paragon » proposé par le même constructeur californien dans les années 60, véritable référence en matière de design acoustique, car il s'agit bel et bien là de design au vrai sens du mot, la fonction du grand réflecteur parabolique impliquant la forme ou la forme appelant la fonction.

Je dois d'ailleurs avouer que les « diplodocus » à pavillon replié des années 30 produisent en moi une émotion visuelle qui n'apparaît nullement dans les réfrigérateurs ou boîtes à savon sonores fabriqués aujourd'hui.

### Le système « Quadrature »

Sa mise en œuvre est conven-

tionnelle car elle fait appel à l'ébénisterie. Cependant, son aspect esthétique traduit le « raz-le-bol » des formes rectangulaires. Les amateurs construisant eux-mêmes leur système acoustique manquent souvent d'imagination car ils ne font que reproduire les modèles industriels dont les critères de rentabilité justifient les formes rectangulaires. Comment ne peut-on point être gêné de supporter, par exemple, une paire de caisson « Onken » de 400 dm<sup>3</sup>, qu'il est bien entendu impossible de dissimuler ou même de décorer ? Lorsque la forme est laide ou banale, il n'y a naturellement rien à faire, sinon éteindre la lumière...

Une reproduction naturelle des fréquences basses nécessite un volume important qu'on ne peut cacher. Dans ce cas, jouons le jeu, mettons-le en évidence. Dessinons des proportions agréables à l'œil, jouons avec la lumière s'accrochant sur les différents plans, sur le rapport des gris des haut-parleurs avec le blanc des volumes, sur le contraste des matières granuleuses (membranes et caches en mousse) avec le satiné du revêtement extérieur. Matière, couleur, lumière sont indissociables et leur rapport contribue à donner au système, qu'il soit habillé ou déshabillé de ses caches, l'expression d'une certaine qualité.

La forme présente n'est pas seulement belle en soi, elle est construite autour du système de haut-parleurs en fonction des critères de reproduction acoustique optimum dont nous avons évoqué quelques éléments précédemment. Elle réclame bien sûr un peu plus de travail quant à la découpe des différents panneaux biaisés et quant à son assemblage, mais les résultats visuels et auditifs confirment que cela en valait la peine.

Les audiophiles intéressés par le projet, mais rebutés par sa

mise en œuvre, pourront obtenir de la « Société Isothermique des Menuiseries Françaises » — 249, avenue Henri-Barbusse à Bobigny, tél. : 830.32.72 —, soit le débit des panneaux prêts à être assemblés, soit le système complètement achevé, finition brute ou lamifiée.

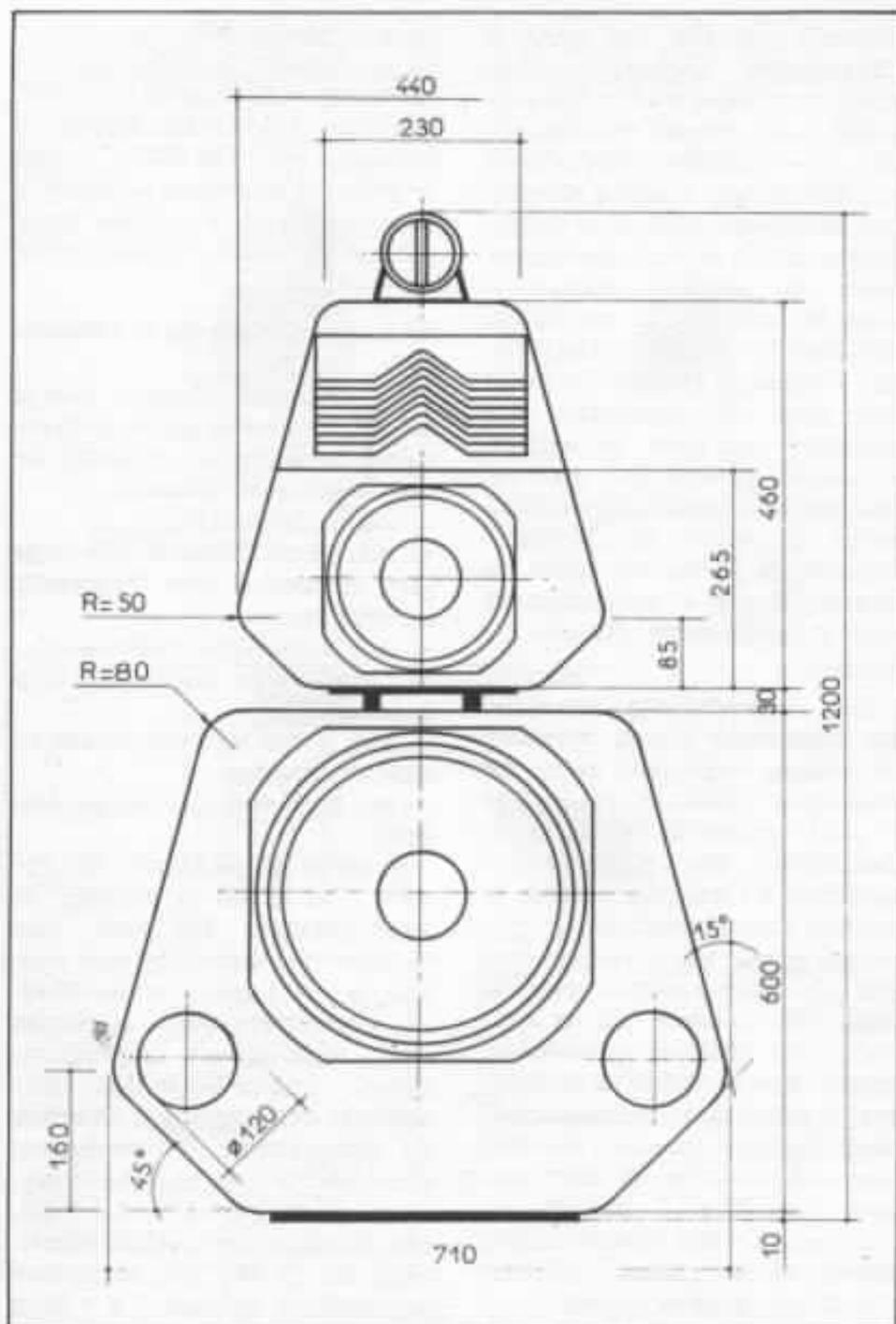
### A) Les haut-parleurs et l'ébénisterie

Le cahier des charges, que je m'étais imposé de par mon expérience personnelle, réclamait les caractéristiques suivantes :

- un rendement élevé,
- une bande passante très large sans distorsion aux fréquences les plus basses,
- une dynamique importante,
- l'absence de colorations trop prononcées,
- une image stéréophonique en trois dimensions,
- et, bien sûr, un design élaboré.

Était-ce la quadrature du cercle ? J'ai choisi le système de haut-parleurs équipant une enceinte de monitoring bien connue, la J.B. Lansing model 4343. Ses caractéristiques originales sont relativement impressionnantes : quatre voies dont deux utilisant des moteurs à chambre de compression, un rendement de 93 dB 1W 1 m, une bande passante de 35 à 20 kHz à  $\pm 3$  dB, une puissance sinusoïdale admissible de 75 W, une distorsion harmonique inférieure à 1 % à 35 Hz, un poids respectable de 80 kg !

Certains audiophiles vont sans doute crier au scandale, prétendant que ces monstres à chambres de compression sont inpropres à une transcription « haute fidélité ». Pourtant, les défauts de coloration que l'on attribue à ce type de haut-parleur, s'ils ne sont pas dus aux pavillons qui les chargent, disparaissent en partie avec une électronique de haute volée fonctionnant de préférence en classe A ou à tubes. Dotés d'un rendement que l'on avait



Schéma, vu de face, du système Quadrature.

oublié, d'une dynamique sans équivalent par rapport aux haut-parleurs à cône ou à dôme, ils sont extrêmement « résolvants » ; nous dirons qu'ils ont un caractère « extraverti » procurant un message musical vivant. Cette vie, je ne la retrouve pas dans les systèmes à faible rendement, à la courbe de réponse lissée au maximum, qui, comme les électrostatiques « zézayant », intellectua-

lisent le message au point de l'ennui.

On assiste aujourd'hui, au Japon notamment, au retour des systèmes à haut rendement, dicté par la mise au point de nouvelles techniques d'enregistrement accroissant la dynamique sonore et la demande d'audiophiles épris de restitution musicale en vraie grandeur.

Je citerais à ce sujet le succès

rencontré par le système « Onken », véritable référence en ce domaine, dont la construction du caisson grave a été entreprise par des milliers d'amateurs.

Les haut-parleurs J.B.L. utilisent des principes chers à la marque reposant sur une conception qui n'a subi aucun changement radical depuis près de vingt ans. Du pur point de vue technologique, ce sont de véritables merveilles d'usinage et de précision incomparablement supérieures à la quasi totalité des haut-parleurs concurrents disponibles aujourd'hui : saladiers en fonte d'aluminium, aimants Alnico V, pièces polaires usinées, bobines mobiles de grand diamètre en fil de cuivre ou aluminium laminé en ruban, etc. Ces caractéristiques sont d'ailleurs adoptées pour ne pas dire copiées par nombre de fabricants et présentées aujourd'hui comme de nouveaux progrès techniques !

Le système « Quadrature » est composé de deux volumes octaédriques indépendants dont les avantages sont maintenant bien connus : l'absence d'interaction mécanique apportant des colorations indésirables, l'optimisation de la mise en phase des haut-parleurs. Le volume inférieur contient un haut-parleur grave de 38 cm référence 2231 A dont les caractéristiques sont les suivantes :

- fréquence de résonance : 16 Hz,
- impédance : 8 ohms,
- puissance continue : 100 W,
- sensibilité : 93 dB/1 W/1 m,
- bobine mobile : 102 mm en cuivre,
- flux : 12000 Gauss,
- poids : 7,5 kg.

A partir des caractéristiques mécaniques et électriques du haut-parleur choisi, l'ordinateur du département J.B.L. professionnel, dirigé par Christian Roy chez Harman France, fournit gracieusement les dimensions optimum de l'enceinte. Pro-

grammé selon la méthode de Thiele et Small, il nous donne alors :

- le volume optimum de l'enceinte : 156 dm<sup>3</sup>,
- la fréquence de coupure à -3 dB : 32 Hz,
- la fréquence d'accord de l'enceinte : 26 Hz,
- les variations dans la courbe de réponse :  $\pm 1$  dB,
- le diamètre de l'évent optimum : 169 mm,
- la longueur correspondante : 522 mm.

Ces valeurs (plusieurs valeurs équivalentes sont données) sont suivies d'une courbe de réponse théorique, échelle +5 dB à -10 dB.

L'évent a été divisé ici selon deux tubes PVC Ø 120 mm, longueur 522 mm. Le coffret est réalisé dans un nouvel aggloméré de très haute densité (800 kg/m<sup>3</sup>) appelé « Médiapan ». Une coupe de chant ne laisse pas entrevoir une structure dite « en gâteau », typique des agglomérés traditionnels, mais une matière extrêmement fine et dense. L'épaisseur de ce coffret varie de 22 mm à 66 mm et les rayons d'angle sont taillés dans deux épaisseurs du même médiapan. Le fond, lui, ne comporte pas moins de trois épaisseurs entrecollées, créant ainsi une masse mécanique. On trouve peu de renforts sous forme de goussets en chêne et peu de laine de verre, car la forme particulière de ce coffret réalise une structure extrêmement rigide ne présentant pas de grandes surfaces susceptibles d'entrer en vibration.

Le haut-parleur a été positionné le plus haut possible afin d'éviter l'effet de sol et pour rapprocher son centre acoustique de celui des haut-parleurs supérieurs.

Le second volume ou satellite est indépendant et contient deux haut-parleurs spécialisés dans le médium :

- un 25 cm à cône, dont la référence est 2121, conçu spécia-

lement pour l'enceinte 4343, ce qui explique son absence du catalogue. Sa membrane est en papier, suspension mousse demi rouleau, la fréquence de résonance est de l'ordre de 60 Hz, l'impédance de 8  $\Omega$ , le rendement très élevé doit approcher les 95 dB, ce qui n'est guère surprenant de par la taille de l'aimant de 4 kg. Un bien beau moteur donc pour couvrir les fréquences de 300 à 1250 Hz. Le volume clos qui le charge est de 25 dm<sup>3</sup> environ, l'amortissement interne étant constitué de laine de verre de différentes densités pour assurer une absorption progressive.

— une chambre de compression portant la référence 2420, chargée par un pavillon exponentiel en fonte d'aluminium dont j'ai enduit la paroi intérieure de Rubson Liquide pour neutraliser les résonances. Ce pavillon, portant la référence 2307, est accompagné d'une lentille de diffraction 2308 permettant d'améliorer les caractéristiques de dispersion des fréquences de 1250 à 9500 Hz, selon un angle de 80° horizontalement et 45° verticalement. Les caractéristiques de l'ensemble sont les suivantes :

- diamètre de la gorge : 25 mm,
- impédance : 16 ohms,



*Le système Quadrature.*

- puissance admissible : 30 W,
- sensibilité : 118 dB/à 1 W/1 m,
- bobine mobile : 44 mm en aluminium,
- flux : 17000 Gauss.

Au sommet et dans l'axe du satellite médium, nous trouvons

- sensibilité : 105 dB/1 W/1 m,
- bobine mobile : Ø 44 mm en aluminium,
- flux : 16500 Gauss.

Il a été déshabillé de sa plaque de fixation car il repose sur un support en chêne tout à fait indé-

La forme du coffret permet ici de minimiser le bafflage des haut-parleurs et les phénomènes de diffraction. Sa structure et sa mise en œuvre sont identiques au coffret inférieur si ce n'est le décroché de la face permettant de caler en phase la chambre de compression avec le haut-parleur médium. A l'arrière, nous trouvons une série de prises avec atténuateurs à impédance constante alimentant indépendamment chacun des haut-parleurs au travers de câbles « Léonishe » de 2,5 mm.

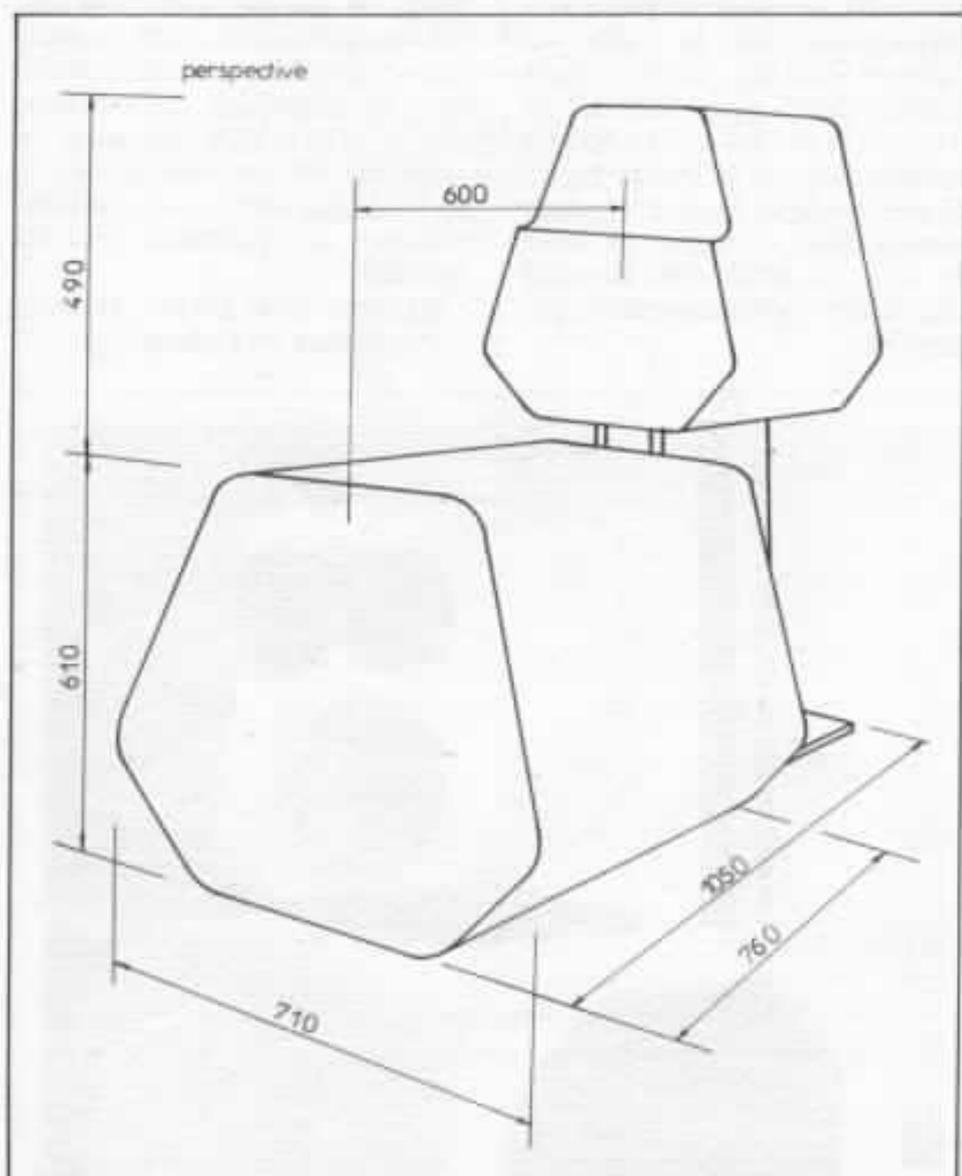
### B) Le filtre

On remarquera le décalage tout à fait inhabituel entre les deux plans d'émission des haut-parleurs grave et médium, celui-ci atteint en effet 60 cm !

Les reproducteurs sonores à plusieurs haut-parleurs spécialisés nécessitent l'emploi d'un filtre séparateur dont la conséquence néfaste se traduit par des déphasages aux fréquences de transition.

Un filtre du premier ordre possède une pente d'atténuation asymptotique de 6 dB par octave ; sa phase tourne de 45° à la fréquence de coupure, en avance pour un passe-haut et en retard pour un passe-bas. Ses pentes d'atténuation trop faibles entraînant une mauvaise tenue en puissance des haut-parleurs hors des fréquences de coupure nous font rejeter ce type de filtre, du moins pour le système présent.

Un filtre du troisième ordre possède, lui, une pente d'atténuation asymptotique de 18 dB par octave, un choix quasiment standard en haute fidélité et dans ces colonnes. Sa rotation de phase est de 135° à la fréquence de coupure. Il entraîne dans sa réalisation un nombre important d'éléments passifs qui « mangent » en quelque sorte l'information. Les essais que j'ai pu faire avec ces haut-parleurs



Vue en perspective avec cotes du système Quadrature.

un tweeter à chambre de compression, référence 2405. Ses performances en directivité sont excellentes : 90° x 30° à 16 kHz, 65° x 25° à 20 kHz, et sont obtenues grâce au principe d'une fente de diffraction. Ses principales caractéristiques sont :

- diamètre de la gorge : 79 mm,
- impédance : 16Ω,
- puissance admissible : 20 W,

pendant lui aussi pour optimiser sa cohérence avec le haut-parleur inférieur.

Une bande de mousse plastique, disposée sur le volume principal, permet d'éviter les réflexions de surface. Sa configuration est la même que celle des caches de haut-parleurs et elle participe au caractère esthétique de l'ensemble.

extrêmement résolvanants sont édifians ; cela se traduit à l'écoute par une moindre définition et des transitoires imprécises. Notons à ce sujet que le système Onken utilise également un filtre à 12 dB par octave !...

Le filtre du deuxième ordre est réalisé à partir de deux filtres du premier ordre. Chacun d'eux ayant une rotation de phase de 90°, le filtre combiné, passe-bande, aura donc une rotation maximale de 180°. Le nombre restreint d'éléments passifs et de pentes d'atténuation suffisantes font de celui-ci un bon compromis.

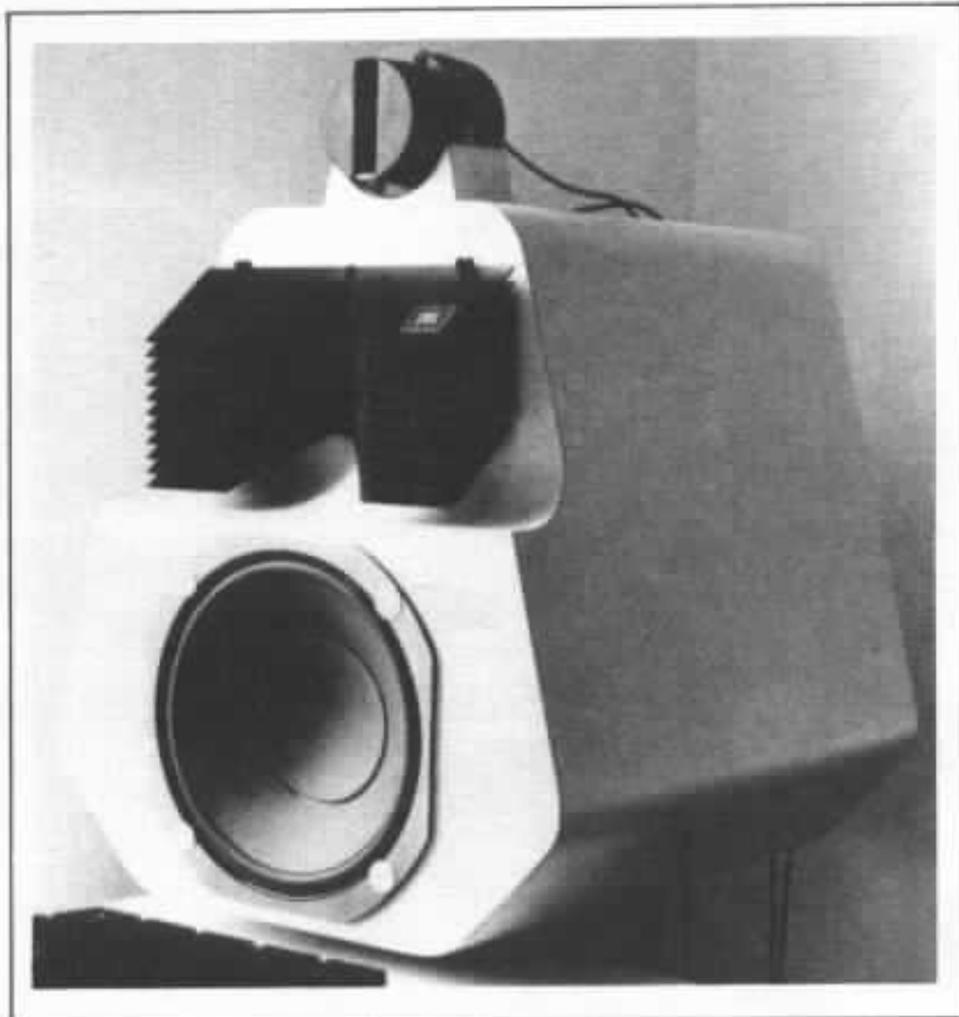
Pourtant, dans la zone de transition où deux reproducteurs spécialisés dans les basses fréquences et le médium fonctionnent simultanément, un son quelconque voit son fondamental émis deux fois : une première fois par le médium et une seconde fois, plus tardive, par le haut-parleur de basses. Il y a doublement, dû au fait que le filtre du deuxième ordre introduit une mise en opposition de phase de 180° entre les signaux respectivement appliqués aux deux reproducteurs. Le remède à ce déphasage, largement rencontré, consiste tout simplement à inverser les fils de connexion aux bornes d'un des haut-parleurs. Le déphasage est alors effectivement annulé à la fréquence de transition, mais seulement en régime sinusoïdal établi ; sur un départ de signal d'un signe donné, l'inversion du médium fait qu'il commence sur une alternance de signe opposé et il faudra plusieurs périodes pour que les signaux émis par les deux haut-parleurs se mettent en phase et y restent.

La solution adoptée dans le système « Quadrature » a été proposée il y a quelques années par la firme Audiotec. M. Vessaire explique alors qu'elle consiste à connecter de façon orthodoxe les deux haut-parleurs aux

bornes du filtre séparateur et à effectuer un décalage spatial entre ceux-ci, correspondant à la distance parcourue dans l'air par le son pendant une demi-période de la fréquence de transition. A cette fréquence, le son émis par

$$D = \frac{\lambda}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V}{F_c} = 57 \text{ cm}$$



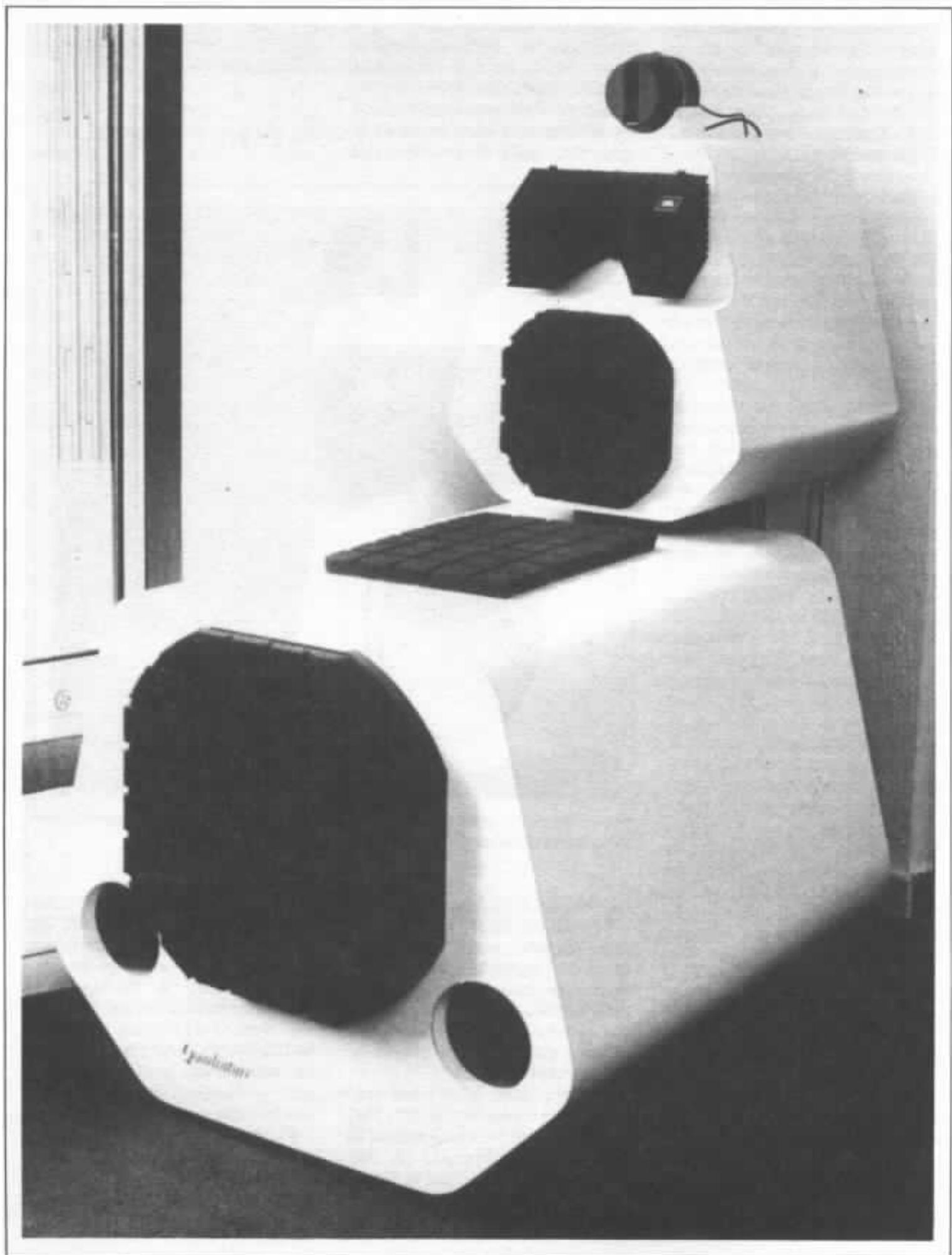
Le système Quadrature, détail de la voie médium-aigu.

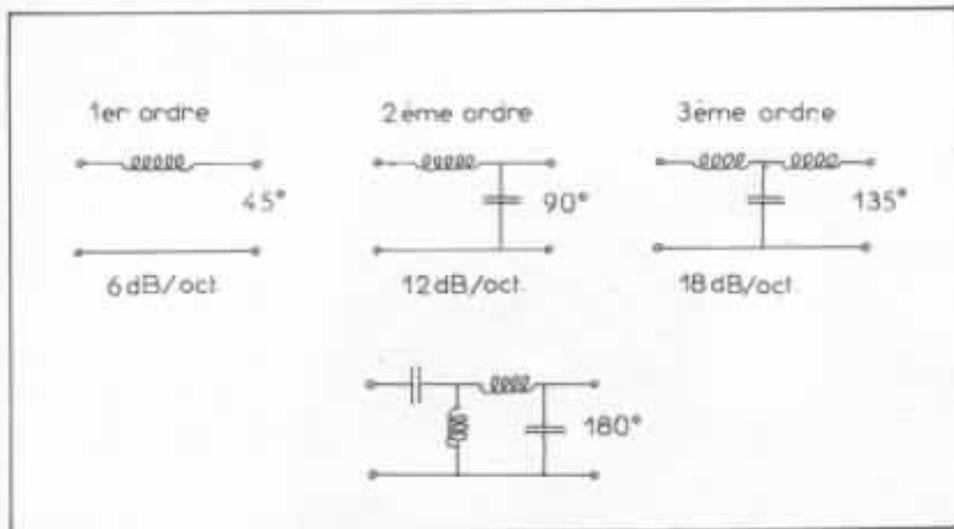
les deux haut-parleurs est instantanément en phase, moins d'une demi-période pour l'établissement du régime et surtout, à un octave au-dessus de la fréquence de transition, le haut-parleur de basses ne rayonne pratiquement plus, ce qui écarte tout risque de doublement résiduel.

En pratique, pour une fréquence de transition de 300 Hz, le décalage est énorme puisque la distance D parcourue à 340 mètres par seconde par le son à cette fréquence pendant une demi-période est de :

A ce décalage s'ajoute celui proposé pour les transitoires, de l'ordre ici de 3 cm environ, ce qui nous donne au total 60 cm. Pratiquement, la division en deux enceintes séparées s'imposait donc avec, d'une part, les haut-parleurs médium-aigu dans un volume sur pied et, d'autre part, le haut-parleur grave dans son volume posé au sol.

Le filtre, à 4 voies, comporte donc des cellules du type Butterworth à 12 dB par octave pour les voies grave et médium et des cellules à 18 dB par octave pour





Rotation de phase introduite par les diverses cellules de filtrage type.

les étages aigus restitués par les haut-parleurs à chambre de compression. Son schéma et les valeurs des composants ont été calculés par l'ordinateur de l'Université de Los Angeles pour l'enceinte « J.B.L. 4343 », car les différences de rendement énergétique de ces divers haut-parleurs représentaient un problème fondamental.

On remarquera alors des circuits d'adaptation d'impédance et de rendement sur les voies MF et HF ainsi que la présence d'un commutateur permettant de passer astucieusement en bi-amplification. Le point chaud des étages HF et VHF est pris après ce commutateur et ceux-ci peuvent être assimilés à un 24 dB/octave au niveau de la configuration.

Les fréquences de transition sont fixées à 300/1250/9500 Hz ; j'ai effectué d'interminables essais sur ce filtre, soit au niveau des pentes d'affaiblissement, soit au niveau de la valeur des composants et sur le sens du branchement des haut-parleurs. Finalement, il semble que le schéma original, dont quelques valeurs ont ici été corrigées, donne les meilleurs résultats auditifs avec ces haut-parleurs.

Certains d'entre vous s'insurgeront contre la présence d'atté-

d'équilibre sonore en fonction du local d'écoute et de la « qualité » de la source.

Le filtre est extérieur au système et il est relié à chacun des transducteurs par l'intermédiaire de câble « Léonishe » 2,5 mm<sup>2</sup>. Les composants utilisés sont de tout premier ordre : selfs en fil de cuivre de 20/10 dont les valeurs exactes ont été commandées à la « Maison du haut-parleur » à Paris, condensateurs au papier « S.C.R. » de 60 à 160 volts service, résistances bobinées et vitrifiées dissipant de 10 à 20 watts, soudure à l'argent, etc. L'ensemble câblé sur de l'altuglas de 6 mm atteint le poids respectable de 8 kg !

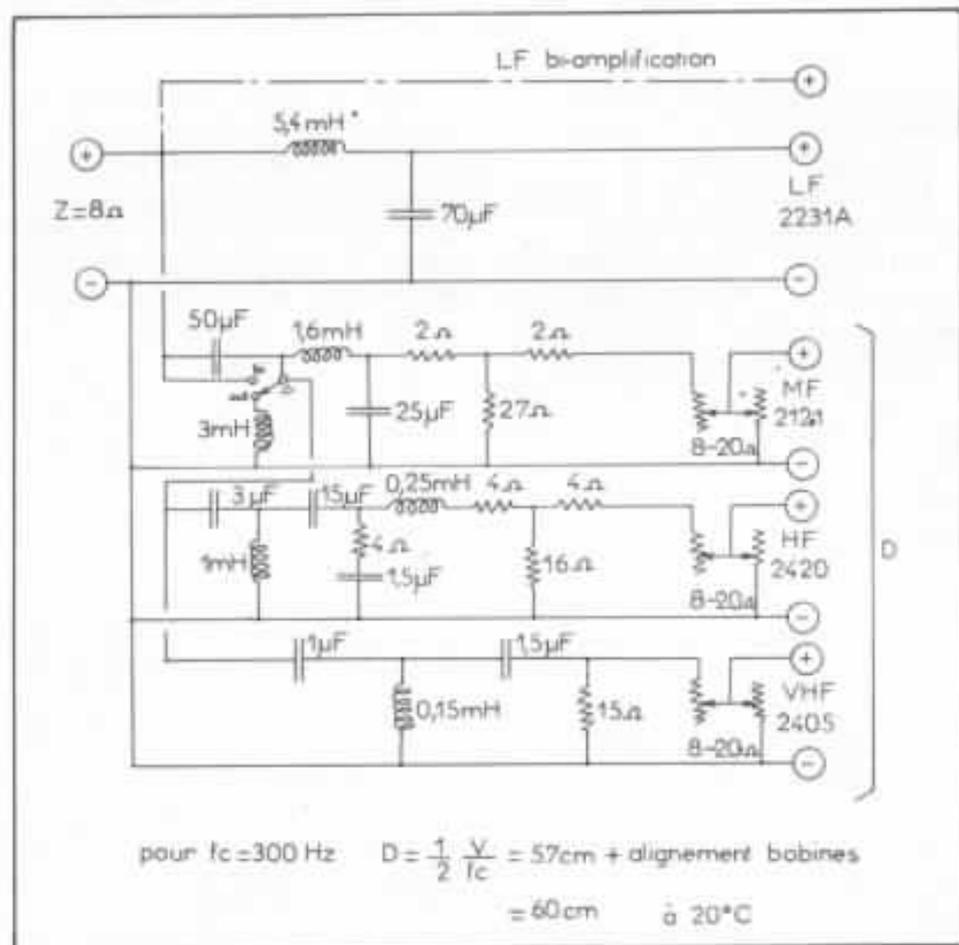
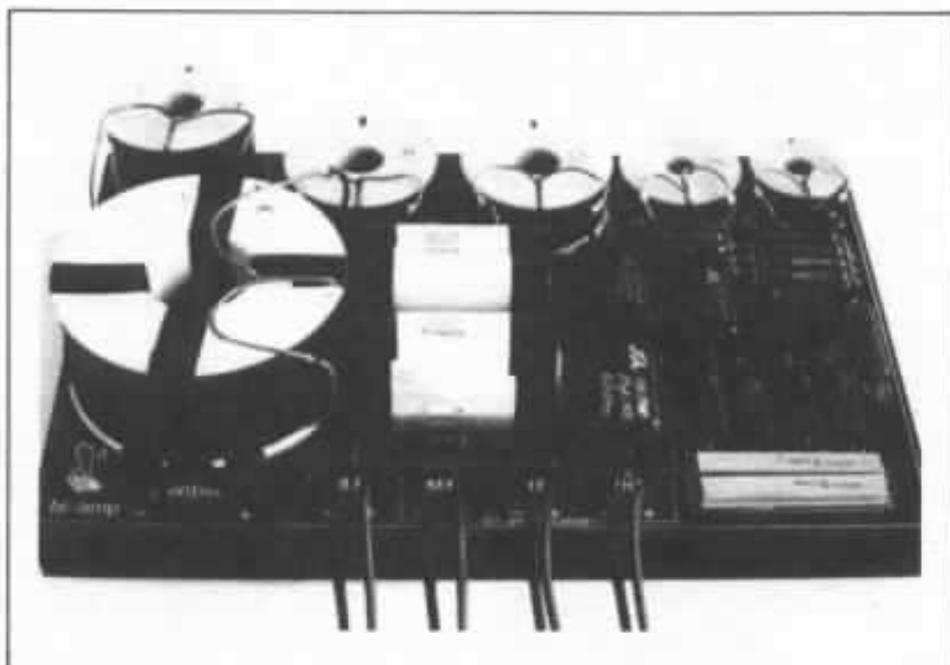


Schéma du filtre retenu pour le système Quadrature.

nuateurs à impédance constante. Ils sont pourtant bien utiles car l'énergie dispensée par ces haut-parleurs est considérable, rendant « pointus » les réglages

L'électronique alimentant le système est composée des éléments suivants :

- cellule Supex SDX 1000,
- bras Goldmund T3,



*Le filtre réalisé à partir de composants de haute qualité.*

- platine Goldmund Studio,
- pré-préampli Threshold M1,
- préampli Threshold NS 10,
- ampli Threshold 400 A cascode (en attendant le Stasis III).

Le local d'écoute est relativement exigu (5,80 x 3,60 m) pour un tel système et le taux de réverbération un peu plus élevé que la moyenne procure une écoute plus agréable à faible et moyen niveaux. Au-delà, les résonances du local et de l'immeuble ne manquent pas de se manifester car le niveau sonore et l'impact physique qu'on peut obtenir des « Quadrature » sont stupéfiants !...

Pour profiter pleinement du principe de décalage adopté, il faut se tenir à une distance d'au moins 3 mètres des haut-parleurs afin que les phases se reconstituent et que le son devienne cohérent. L'angle d'écoute optimum semble être de 60°, soit la forme d'un triangle équilatéral.

Par rapport aux enceintes « J.B.L. 4343 », dont elles utilisent les mêmes haut-parleurs, l'avantage à l'écoute d'une telle ébénisterie apparaît évident : le son se répand partout en trois dimensions et n'est plus projeté en avant, les timbres sont plus doux comme si la « brute » ori-

ginale s'était civilisée, un peu moins de rendement parce que moins de bafflage auréolant le message et c'est tellement plus beau !...

D'autres haut-parleurs peuvent, bien entendu, être essayés et je serais curieux d'entendre le résultat d'autres combinaisons. Les firmes Audax, Siare, Fostex, Cabasse, Altec ont à présent d'excellents modèles à leur catalogue, dont les caractéristiques sont souvent très proches. Si la personnalité sonore du système « Quadrature » peut ainsi changer (en bien et en mal !), le choc visuel est, lui, garanti !...



# Éléments théoriques de la prise de son stéréophonique à deux microphones

*Charles-Henry Delaleu*

*Nous traiterons uniquement dans cet article de prise de son stéréophonique à deux microphones. La prise de son multimicrophone ainsi que l'usage de plusieurs couples microphoniques et couple plus micro central feront l'objet de prochains articles. Nous n'aborderons que le côté théorique de la prise de son, l'aspect pratique ayant été développé par Claude Gendre dans le précédent numéro.*

Avant de rentrer dans le vif du sujet avec les divers procédés existants, il nous a paru intéressant de situer brièvement la stéréophonie dans son contexte historique.

## **La stéréophonie : ses origines**

Le vocable stéréophonie est désormais rentré dans le langage courant. Il provient du terme stéréoscopie, caractérisant la vision en relief pour définir l'audition en relief. En fait, il englobe l'ensemble des techniques liées à la recreation d'une image sonore dans les trois dimensions, de la prise de son à la restitution par les enceintes acoustiques. L'auditeur est placé dans le

champ sonore créé par deux ou plusieurs sources placées de part et d'autre de sa position d'écoute.

L'origine précise n'est pas parfaitement définie. Il est fort probable que le père de la stéréophonie soit le père de l'aéronautique. En effet, dès 1881, Clément Ader réalisait, à l'occasion de l'exposition internationale d'électricité, la première démonstration publique de stéréophonie. Elle consistait en une retransmission entre la scène du théâtre de l'Opéra, où étaient placés deux micros, et un autre local où se trouvaient les écouteurs.

Il faut attendre 1937, lors de

l'exposition internationale au pavillon de la radio, pour voir MM. Schaeffer et Garnier utiliser un procédé similaire. Ce fut sans doute la première transmission réalisée avec une tête artificielle.

La première retransmission stéréophonique radio remonte au 19 juin 1950. Elle est à porter à l'actif de la RTF. L'œuvre diffusée était : « Une larme du diable » de Théophile Gautier. L'enregistrement utilisait deux micros mis au point par MM. Bernhard et Garrett.

Enfin, le premier disque stéréo commercialisé fut réalisé en 1959 par Columbia. Cependant, il faut préciser que les premiers

essais et le premier brevet d'enregistrement appartiennent à Westrex et datent de 1937.

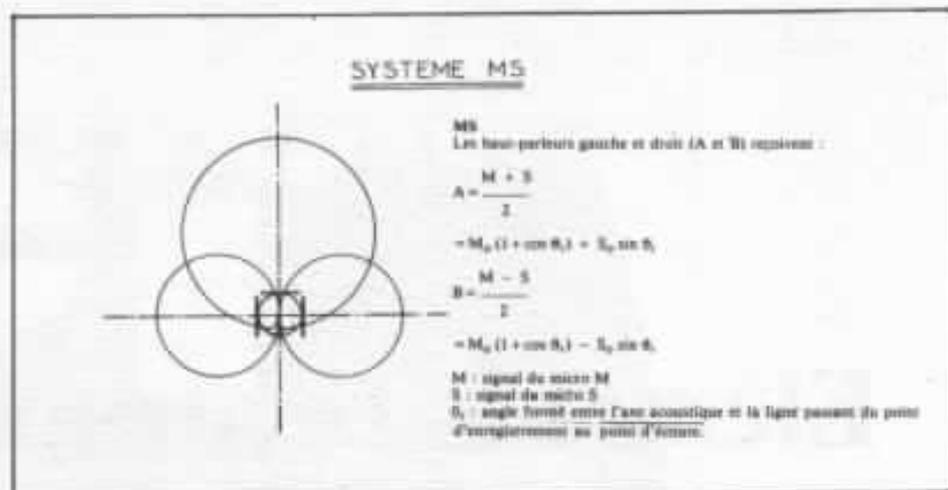
## Base de la théorie de la stéréophonie

L'homme perçoit l'espace stéréophonique en largeur et en profondeur, grâce à la position relative de ses deux oreilles. Plusieurs facteurs rentrent en ligne de compte :

- l'influence de l'intensité : intensités relatives reçues à l'entrée des conduits auditifs droit et gauche, qui sont liées par la relation dépendante du coefficient de diffraction de la tête humaine ;
- l'influence de la phase ;
- l'influence du temps de propagation ;
- la détection des fronts d'ondes.

## Le relief sonore

La notion de relief sonore est impossible à obtenir à partir d'une seule source. C'est une évidence. De plus, il ne suffit pas d'alimenter deux sources par un même signal, il est nécessaire que les signaux droit et gauche soient porteurs de l'information d'espace. Notons que des tentatives de restitution du relief sonore à partir d'une seule voie ont été



Systeme MS : position des capsules microphoniques, représentation des deux lobes de directivité, cardioïde et en huit.

faites, citons à ce sujet l'effet pseudo-stéréophonique Lauridsen.

Les signaux droit et gauche sont transmis séparément à partir de la prise de son :

- soit à partir de deux microphones superposés avec deux courbes de directivité différentes, il s'agit des procédés MS et XY ;

- soit à partir de deux micros séparés, procédés dit « tête artificielle » et couple AB.

Dans cet article, nous n'aborderons que les techniques de prise de son à deux micros.

La technique multimicros, qui s'est beaucoup développée ces

dix dernières années, remonte au début de la pop musique. L'ambiance est reconstituée artificiellement par des chambres de réverbération, des lignes à retard, des correcteurs de timbre et de niveau.

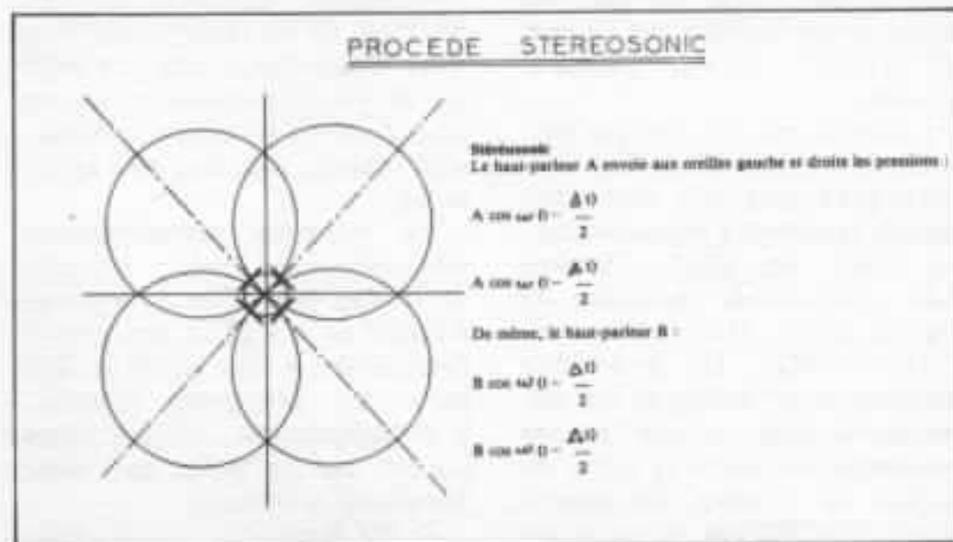
## Différents procédés de prise de son à deux micros

### Procédé stéréosonic

On utilise dans ce cas deux microphones à gradient de pression, dont les axes sont perpendiculaires. La source se trouve dans le plan de symétrie de l'ensemble. Les deux capsules sont placées dans le même plan vertical. Il s'agit d'un procédé de stéréophonie d'intensité et de phase.

### Procédé MS

Nous retrouvons encore deux capsules de microphones, placées dans le même axe vertical. La capsule supérieure est de type cardioïde et est orientée vers la source. La capsule inférieure est cardioïde de type bidirectionnel (huit) et est orientée perpendiculairement à la source. La première capsule capte l'information monophonique, la seconde l'information stéréophonique. La diffraction apportée par la tête de l'auditeur est complètement oubliée. Le système MS (mono-stéréo) est très employé



Procédé stéréosonic : position des capsules microphoniques, représentation des deux lobes de directivité en huit.

en Allemagne et aux Pays-Bas, mais assez peu en France. Le procédé MS procure un son légèrement dur et une image quelque peu heurtée.

### Procédé XY

Comme pour les procédés MS et stéréosonic, le procédé XY utilise deux microphones coïncidents, dont les axes sont orientés à 90°. Les diagrammes de directivité des deux capsules sont cardioïdes. Le son procuré par le

axes des microphones est de 110°.

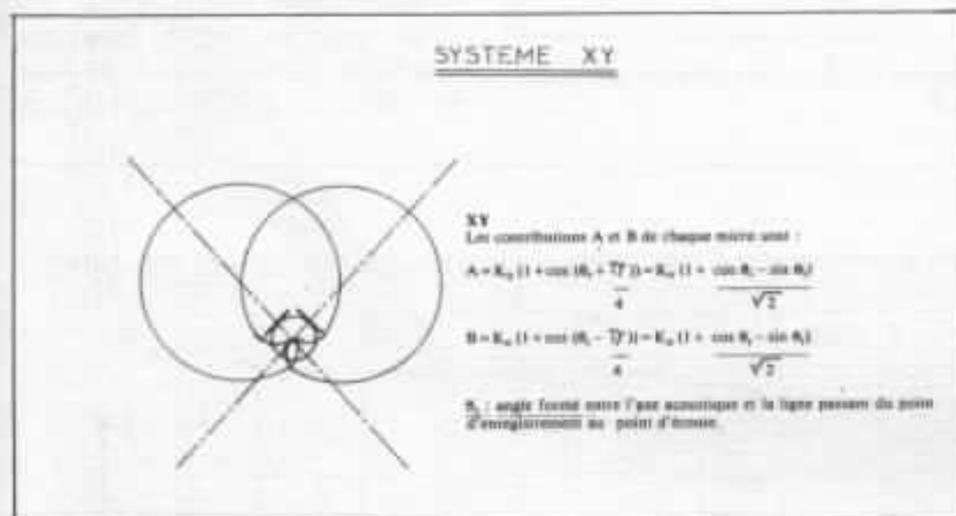
Le couple AB procure une excellente localisation, ainsi qu'un son équilibré. De plus, il est possible d'observer un effet d'extra-largeur, qui pourrait provenir de l'opposition de phase partielle due aux lobes arrière des deux microphones. On appelle extra-largeur le fait que la source virtuelle lors de l'écoute de l'enregistrement soit

fectionner une tête dont les propriétés acoustiques se rapprochent de la tête humaine. Les deux microphones sont dans ce cas positionnés à la place des tympan.

Malheureusement, l'écoute d'une telle solution s'avère désastreuse. En effet, le son paraît étriqué, la localisation est mauvaise et la chute de niveau dans les aiguës est importante.

Les raisons de cette sensation sont dues au fait que la diffraction de la tête intervient deux fois. De plus, les deux passages du signal (une fois lors de l'enregistrement, puis une seconde lors de l'écoute du signal reproduit) dans le conduit auditif perturbent l'impédance acoustique de l'onde sonore.

Afin de pallier à ces inconvénients, la position des capsules microphoniques fut déplacée au niveau du pavillon de l'oreille, juste avant le conduit auditif. Dans ce cas, les problèmes cités ci-dessus disparaissent et le son est d'une réalité saisissante. Signalons que de très nombreux essais ont été effectués sur la tête



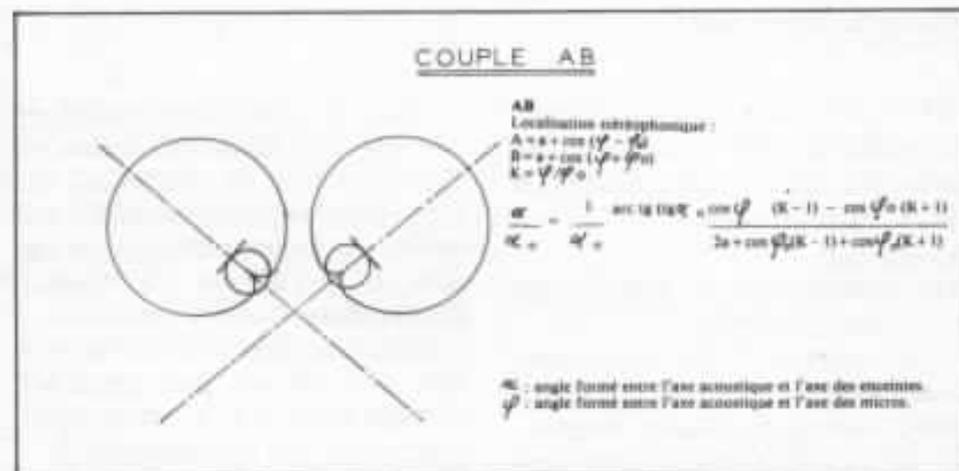
Système XY : position des capsules microphoniques, représentation des deux lobes de directivité cardioïde.

procédé XY est légèrement doux.

### Couple AB

Le couple AB est sans aucun doute le système de prise de son stéréophonique à deux micros le plus employé en France. Le couple AB a été mis au point d'une façon empirique et à la suite d'une succession de nombreuses écoutes qui ont abouti à la solution finale. Une dizaine d'années plus tard, les théoriciens de la prise de son se pencheront sur l'étude mathématique du couple AB. A la grande satisfaction des pères du couple AB, les nombreuses équations aboutiront exactement aux essais effectués dix années plus tôt.

Ce procédé emploie deux microphones cardioïdes dont les capsules sont séparées par 17 cm et dont l'angle séparant les deux



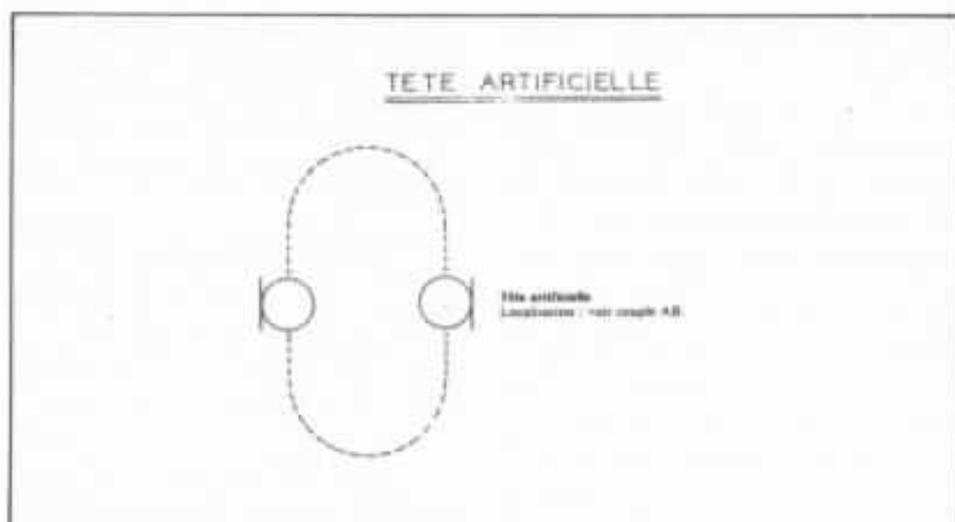
Couple AB : position des capsules microphoniques, représentation des deux lobes de directivité cardioïde.

en dehors de la base délimitée par les haut-parleurs d'écoute.

### Tête artificielle

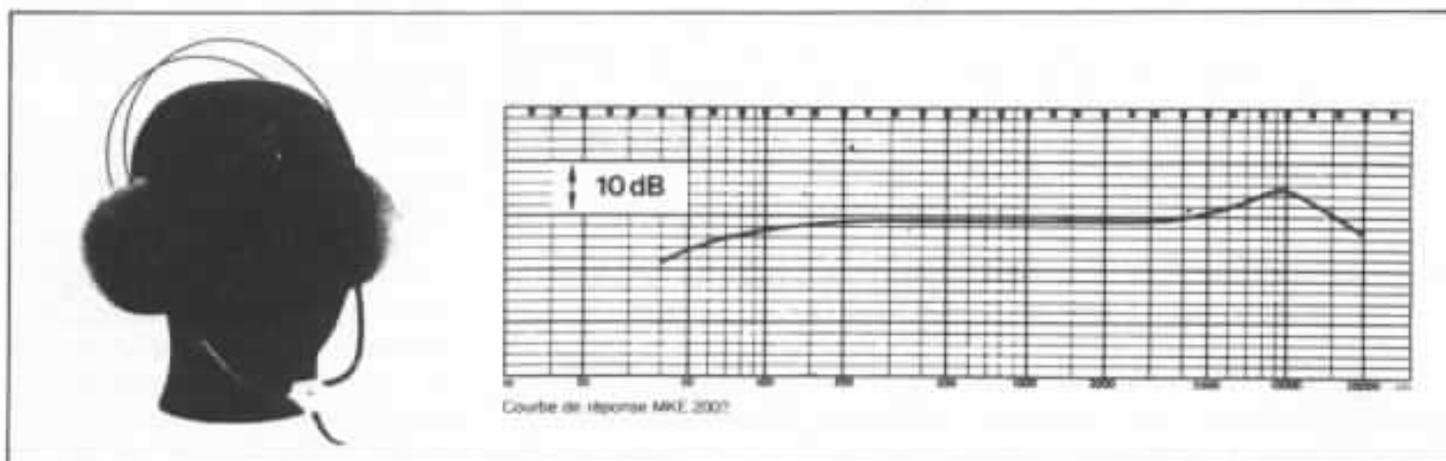
La solution la plus logique pour effectuer une prise de son stéréophonique consiste à con-

artificielle. Ces tests ont abouti à diverses écoles où chacun demeure sur ses positions (ce sujet pourrait d'ailleurs faire l'objet d'un article dans ces colonnes).



Tête artificielle : le trait en pointillé représente la tête. Les capsules microphoniques sont placées à la place des tympans.

sont électrostatiques et possèdent neuf caractéristiques de directivité sélectionnables séparément pour chaque système par l'intermédiaire d'une télécommande. Les deux micros sont placés l'un au-dessus de l'autre dans un même boîtier. Le système inférieur peut être réglé sur deux positions, « 0° » et « 45° », par rapport à la tige du micro. Ceci permet un réglage optimal pour les enregistrements MS (milieu - côté) et XY pour le C 422 Comb. Dans le cas des C 34, c'est le système supérieur qui peut effectuer une rotation de 180°. Les directivités des cap-



Shenniser MKE 2002

### Abrégés des productions mondiales de systèmes de prise de son stéréophonique à deux microphones

#### Shenniser

Microphone stéréo MKE 2002 pour tête artificielle.

Le système à tête artificielle MKE 2002 a été réalisé pour les prises de son d'amateur exigeant. En effet, cette possibilité de prise de son possède un rapport qualité/prix très intéressant. Le MKE 2002 est équipé de deux microphones à électret, dont le rapport signal/bruit est très correct. Les deux microphones sont logés aux extrémités d'un stéthoscope qui est couplé au bloc d'alimentation (comprenant une pile de 9 V) par un cordon

d'acier. Ce stéthoscope est placé sur une tête de forme humaine thermoformée en plastique. De plus, celui-ci peut être placé sur la tête du preneur de son, ce qui apporte à l'écoute un résultat plus réaliste. Dans ce dernier cas, l'opérateur devra avoir la tête fixe afin de ne pas perturber l'image sonore à la retransmission (attention aux crampes !).

#### AKG

La société AKG présente deux microphones stéréophoniques C 422 Comb et C 34 Comb. Ces appareils sont conçus pour la prise de son radio, cinéma, télévision et studio d'enregistrement. Il s'agit de matériels professionnels. Les microphones

sules peuvent varier du cardioïde au huit, en passant par l'omnidirectionnel.

#### Neumann

Le microphone stéréophonique à condensateur SM 69 Fet est sans doute le microphone pour l'enregistrement de type MS le plus connu dans le monde. Cet appareil est très couramment utilisé par les stations de radio allemandes pour la prise de son stéréophonique pour retransmission en modulation de fréquence. Comme les AKG C 422 et C 34, le SM 69 Fet se compose de deux systèmes de capsules totalement indépendants. On peut imprimer une rotation de 270° à l'élément supérieur par



AKG C 422 et C 34

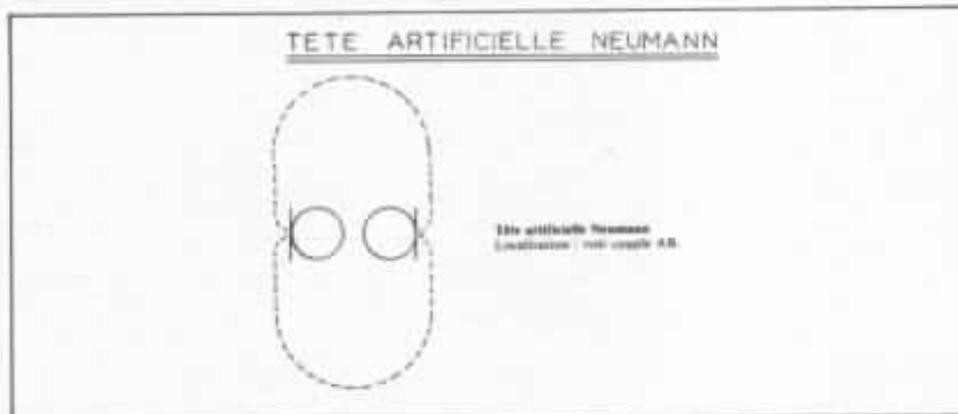
rapport à l'élément inférieur. Le SM 69 Fet est conçu pour les prises de son MS ou XY. La directivité des capsules peut varier du cardioïde au huit. Le SM 69 Fet peut être utilisé comme deux unités monophoniques, par exemple dans l'utilisation au même endroit de deux micros présentant des caractéristiques directionnelles différentes.

### Schoeps

La maison Schoeps propose dans son programme Colette des microphones électrostatiques de studio. Les accessoires de programme Colette permettent des prises de son de type AB et XY (accessoires A 22, SG 22 et STC). Différentes capsules sont adaptables, leur directivité varie suivant les références de l'omni-directionnel à l'hyper-cardioïde. Les références MK 5 et MK 6

possèdent des directivités commutables (omni et uni pour le MK 5 et omni, uni et huit pour le MK 6). Le système de prise de son AB Schoeps est très diffusé de par le monde. Radio France l'utilise pour ses enregistrements stéréophoniques en modulation

la comptabilité. Par contre, le couple AB permet d'obtenir en stéréophonie un bien meilleur résultat. La tête artificielle n'est jamais utilisée en prise de son compatible. Elle permet, lorsqu'elle est correctement employée, un confort d'écoute



*Tête artificielle Neumann : le trait en pointillé représente la tête. Les capsules microphoniques sont placées au niveau des pavillons, juste à la limite des conduits auditifs.*



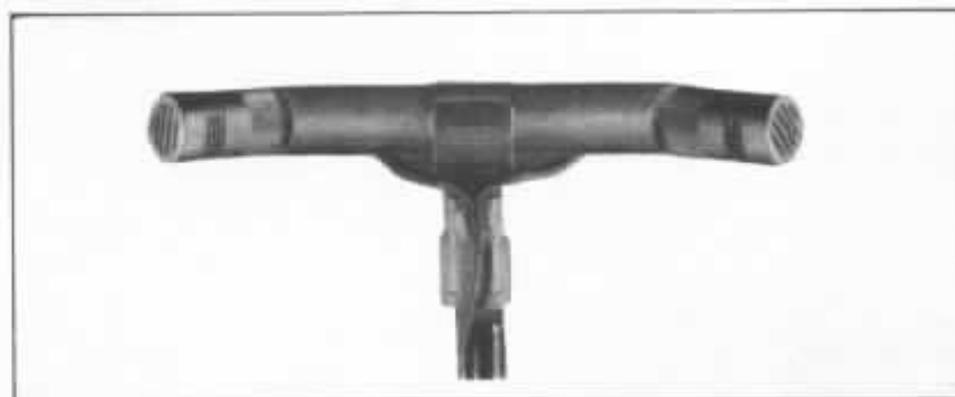
Neumann SM 69 Fet

de fréquence, de même que la SFP, l'INA, TF1, A2 et FR3.

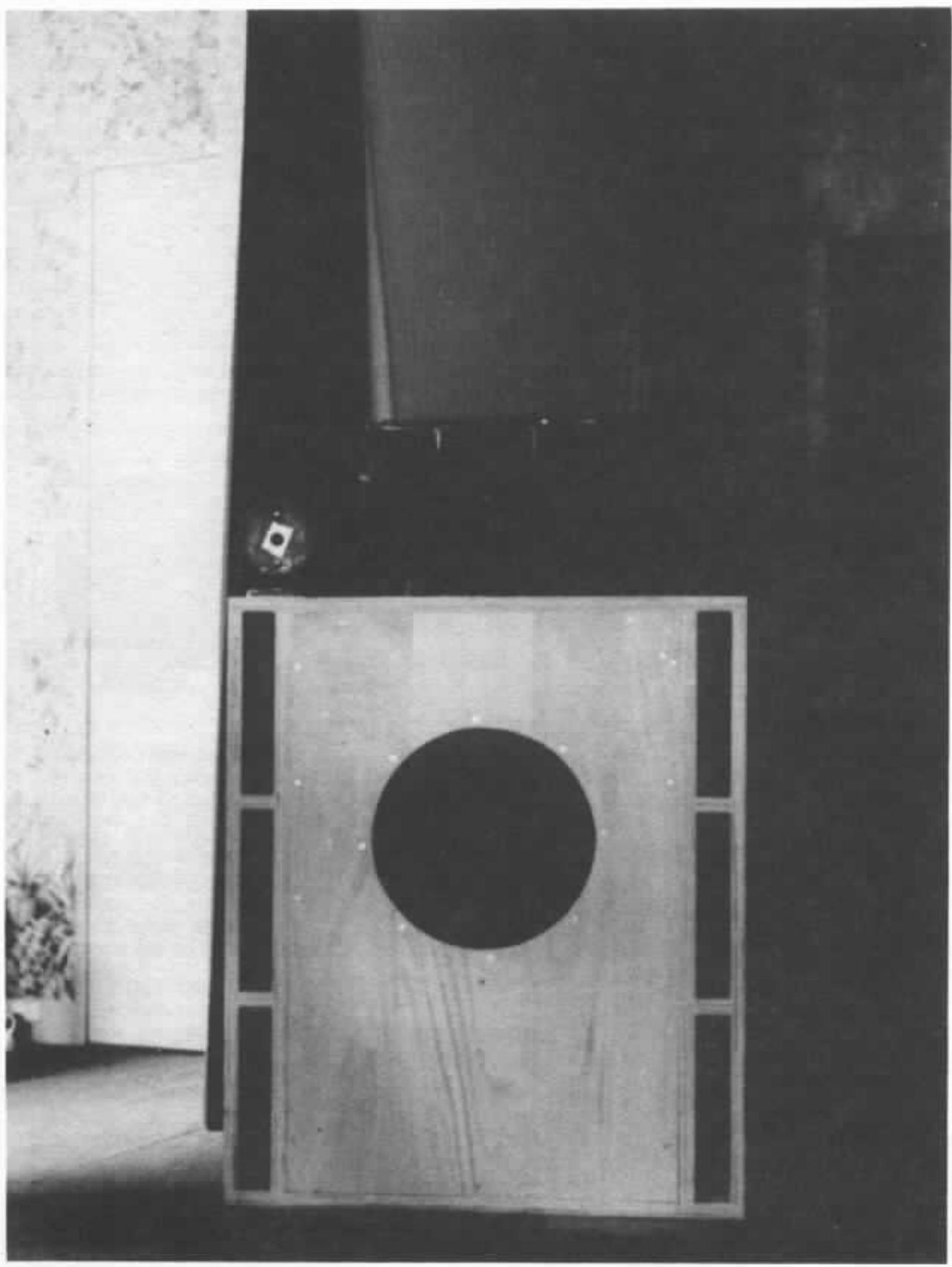
En fait, la majorité des systèmes de prise de son à microphones coïncidents ont été mis au point afin de pouvoir effectuer des radio-diffusions de messages en monophonie et en stéréophonie. De ce point de vue, le système MS est sans doute le meilleur choix en ce qui concerne

très naturel.

Nous ne saurions trop conseiller aux personnes désirant se lancer dans la prise de son, de commencer par la tête artificielle Shennaiser MKE 2002. Dans un second temps, le meilleur choix est incontestablement une paire de micros Schoeps MK 6, qui permettent des prises de son en couple AB ou en tête artificielle.



Schoeps couple AB, série Colette MK 6



# L'évolution de l'installation de M. Etienne

*Michel Etienne*

*Nous avons décrit dans le n° 18 l'installation de Michel Etienne, celle-ci n'a pas manqué d'étonner de nombreux lecteurs. Depuis, elle n'a cessé d'évoluer. Les modifications de ces derniers mois ont porté principalement sur les enceintes acoustiques. Nous avons demandé à Michel Etienne de nous relater ces dernières évolutions.*

Ne pouvant plus supporter la frustration de ces quelques premières dizaines de hertz manquant à mon système, je me suis vu dans l'obligation de prendre quelques planches de bois et de rattraper mon handicap « extrêmement grave ».

J'ai donc construit une paire de caissons de grave utilisant le principe bass reflex mis en application par Jensen avec événements latéraux et haut-parleurs Altec, vieilliss spécialement par moi-même et dénommés plus communément Onken.

Ce grave, dont la réputation n'est plus à faire, fonctionne très bien avec les Beveridge, en cou-

pant celles-ci à 600 Hz (les caissons sont également coupés à 600 Hz, bien sûr).

Le système ainsi monté fonctionnait très bien et il ne me restait même plus le moindre petit problème de bande passante, d'image ou de timbre à me mettre sous la dent.

Après un long temps de réflexion, la lumière vint : le système ainsi réalisé avait un point sensible...

— Il était très dynamique mais il semblait ne pas pouvoir monter instantanément à un niveau très élevé, et compressait ainsi quelques transitoires.

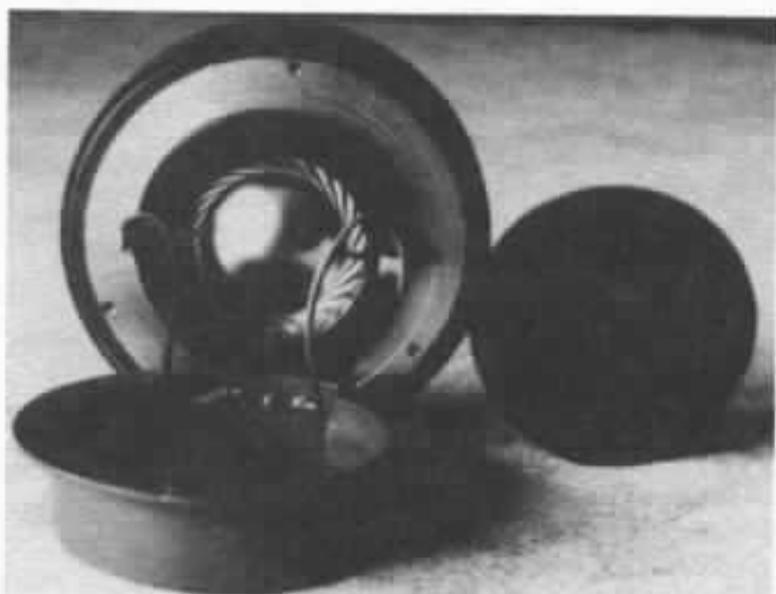
La voie était ouverte : — il fallait rajouter ! (?)... ces transitoires. Pour ce faire, j'essayai quelques systèmes à haut rendement en H.P. traditionnel. La surprise fut grande lorsque l'un de ces systèmes (médium-aigu Mahul) commença à bien marcher (beaucoup de réglages).

En effet, en dosant correctement les niveaux des deux systèmes, on conservait toutes les qualités des Beveridge (quant à leur scène sonore en particulier), en ajoutant de la vie et du niveau sur ces fameux sons transitoires à volume sonore élevé.

Conquis par la solution, je me



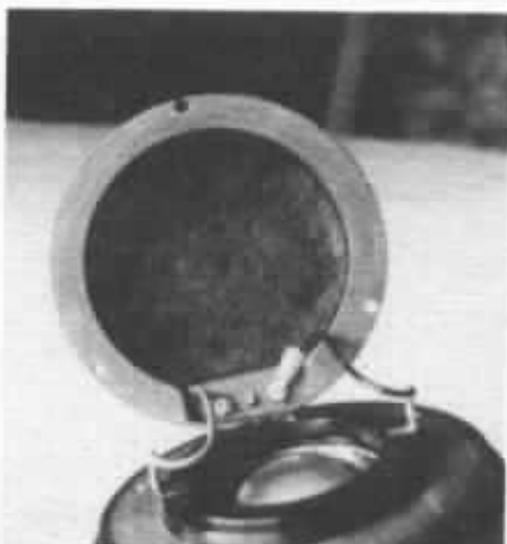
a



c



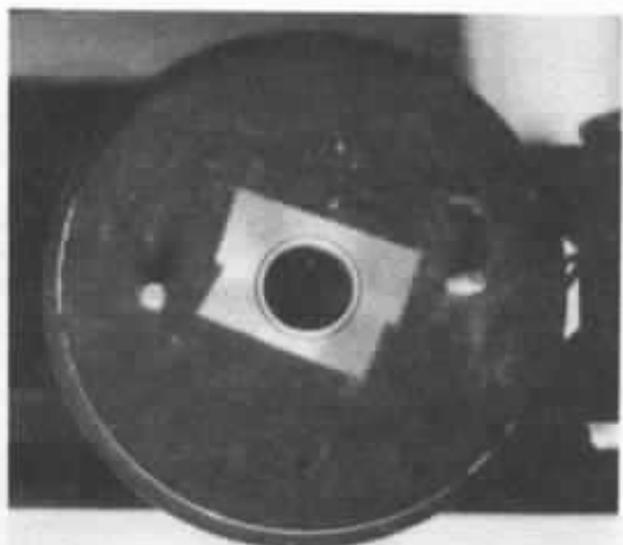
b



d



f



e

#### *Modification médium 802-8T*

*a. Capot arrière ouvert. On notera la culasse en bakélite cachant le diaphragme.*

*b. La culasse en bakélite a été retirée. La couronne de positionnement du diaphragme est remise en place avec sa nouvelle visserie.*

*c. Sur la droite, on remarque la rondelle de feutre UJS 10 mm qui a été prédécoupée au diamètre intérieur du capot arrière.*

*d. La rondelle de feutre est mise en place dans le capot arrière.*

*e. Le moteur 902-8T, vue de face.*

*Le joint d'étanchéité a été retiré ainsi que la grille de protection centrale.*

*f. Le joint d'étanchéité a été remis en place.*

mis à la recherche de H.P. possédant le plus de rendement possible. Après divers essais, j'optai pour la gamme Altec.

Dès lors, naissait un nouvel horizon.

Ces essais furent si encourageants à eux seuls que je décidai de pousser au maximum les possibilités de cet ensemble (Onken-Altec uniquement), donnant un rapport qualité-prix remarquable.

Je me propose donc ici de décrire le système Onken-Altec seul, afin que les lecteurs puissent le construire eux-mêmes et profiter de ses qualités musicales.

### Matériel utilisé

Moteur 902-8T (modèle théâtre) médium.

Moteur 902-16A — aigu.

Pavillon 511B — médium.

On s'aperçoit que des modifications s'avèrent indispensables sur ces matériels

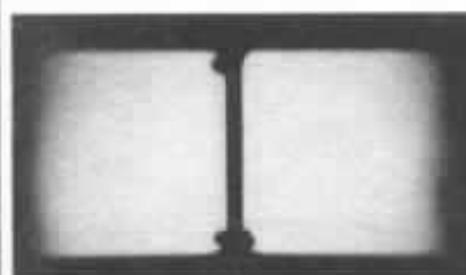
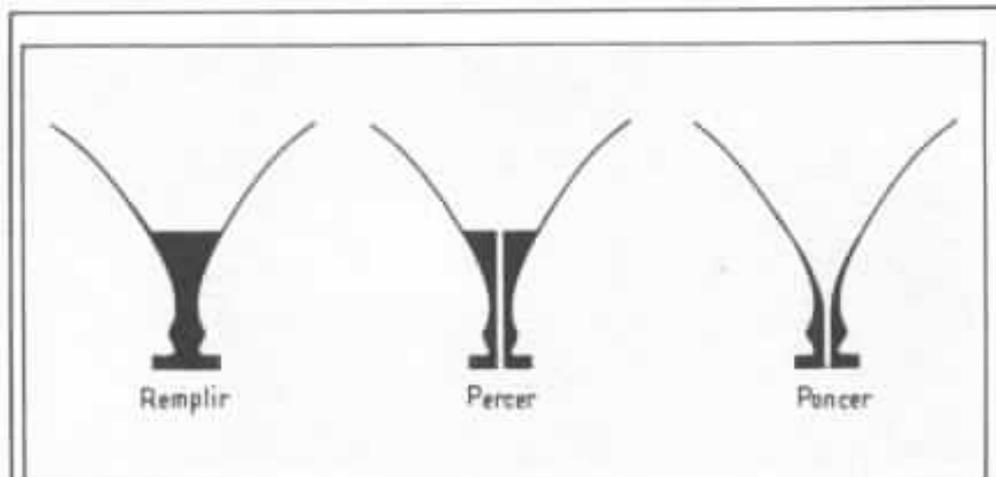
### Médium 600-7000

902-8T : modèle destiné au théâtre.

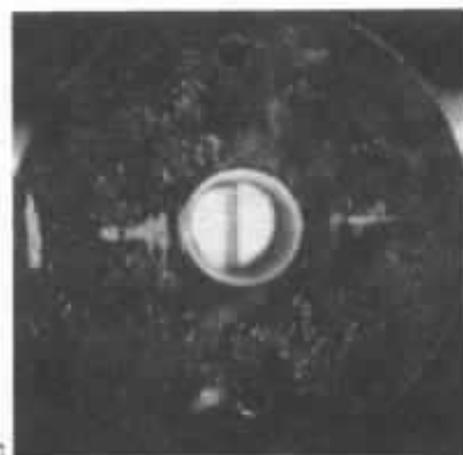
- Suppression du capot arrière intérieur (culasse) en bakélite.
- Changement des vis de serrage de la couronne supportant le diaphragme (vis plus courtes).
- Amortissement de la cavité arrière par du feutre (style UJS) en 10 mm d'épaisseur.
- Oter délicatement à l'aide d'une lame le joint collé sur la face avant du moteur.
- Retirer la grille de protection,
- Recoller ensuite le joint.

### Pavillon 511 B

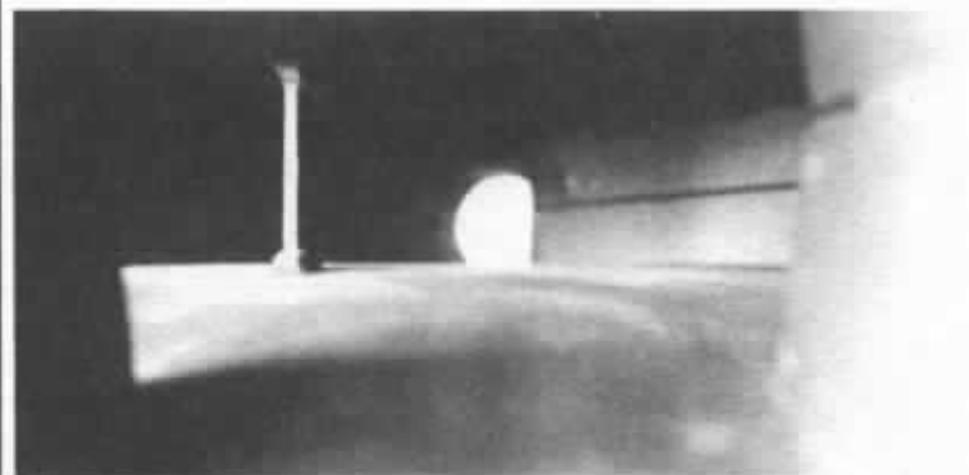
- Remplir la gorge de plâtre (style plâtre à modeler).
- Percer et lisser au diamètre de la gorge.
- Pincer en rattrapant une forme exponentielle du côté bouche.
- Remplir avec la même matière la partie en portion de sphère au-dessus et au-dessous de la bouche.



b



c



d

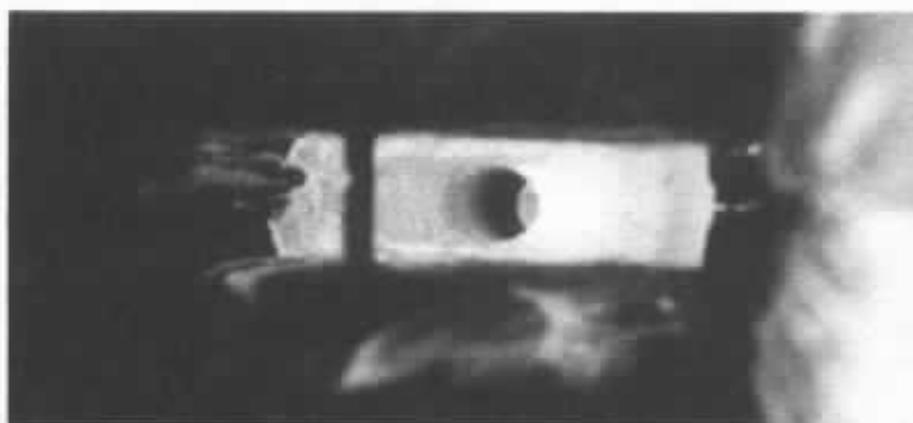
### Modification pavillon médium 511 B

a. Schéma de modification de la gorge.

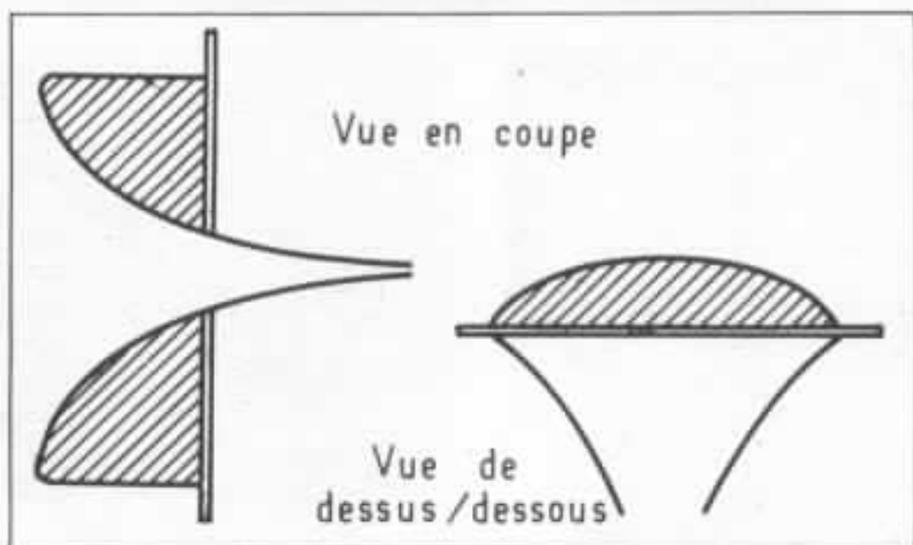
b. Vue du pavillon à travers la gorge, côté moteur, avant modification (gros plan). On notera la forme rectangulaire de l'ouverture.

c. Vue de l'arrière du pavillon après modification. Le départ de gorge est maintenant cylindrique.

d. Le pavillon, vue de la bouche avant modification.



e



f



g

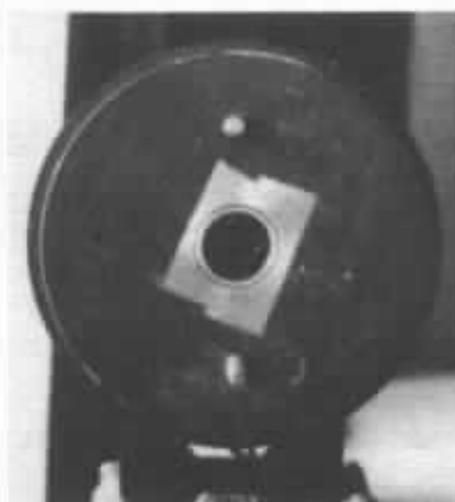
e. Le pavillon, vue de la bouche après modification. Le renflement de la gorge est ainsi supprimé, la progression à partir de la gorge est plus régulière. Le pavillon est désormais adapté à une écoute « domestique ».

f. Schéma de modification de la bouche. Le remplissage (zone rayée) est effectué avec du plâtre à modeler et élimine les résonances du pavillon par blocage mécanique. Il est à prévoir 4 kg de plâtre pour traiter deux pavillons !

g. Vue de la modification d'une partie de sphère de la bouche.



a

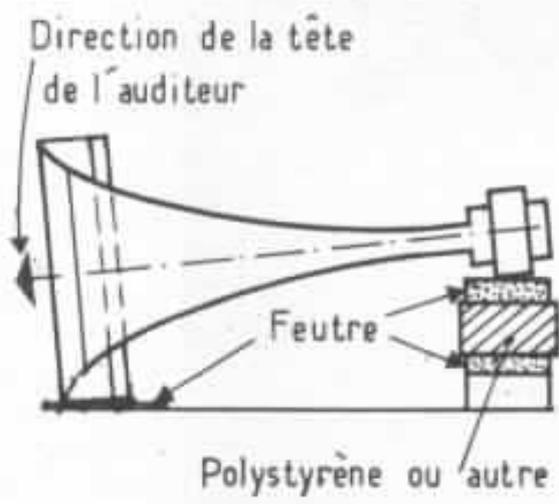


b

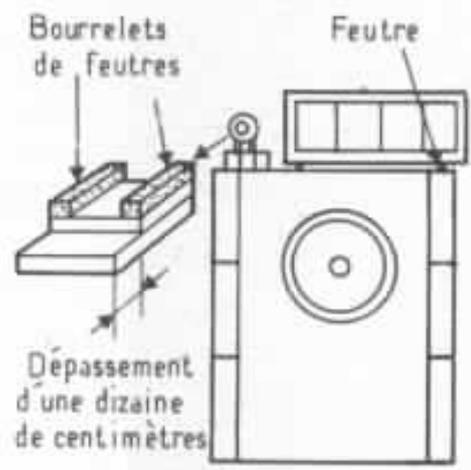
#### Modification du moteur aigu 902-16A

a. Vue de l'arrière du moteur, la cavité est, comme dans le cas du médium, amortie par une rondelle de feutre.

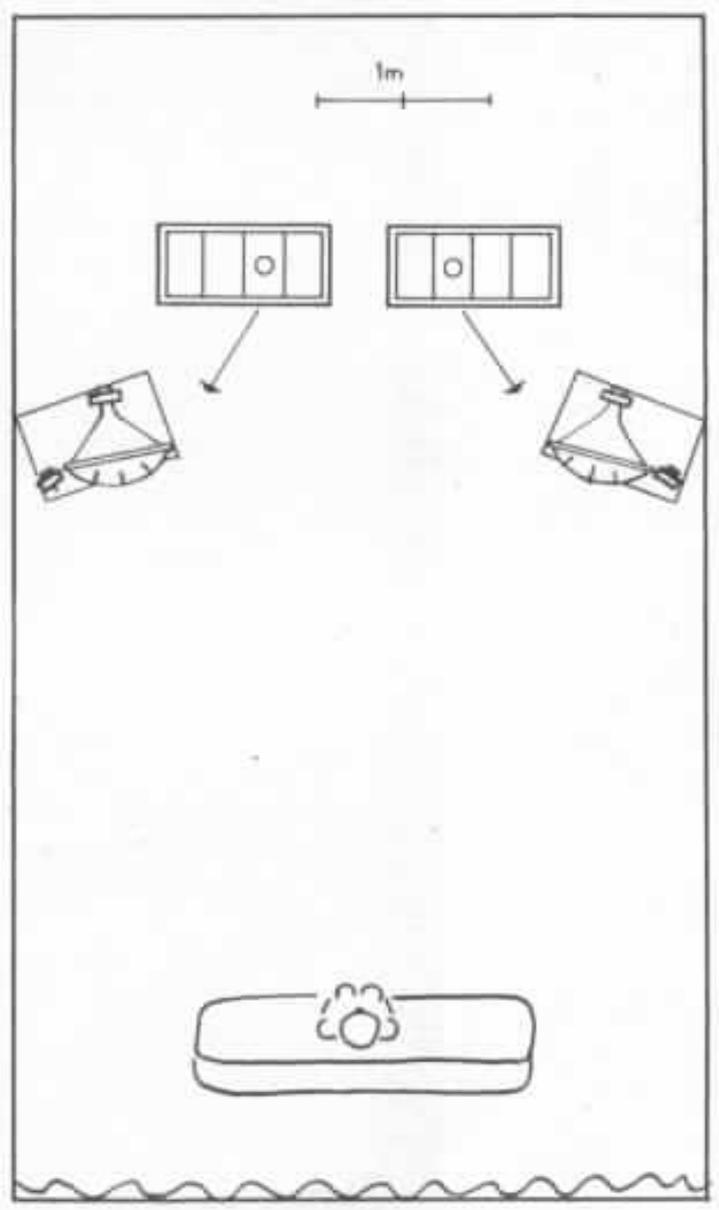
b. Le joint d'étanchéité et la grille ont été retirés. Le moteur fonctionne en l'état.



a



b

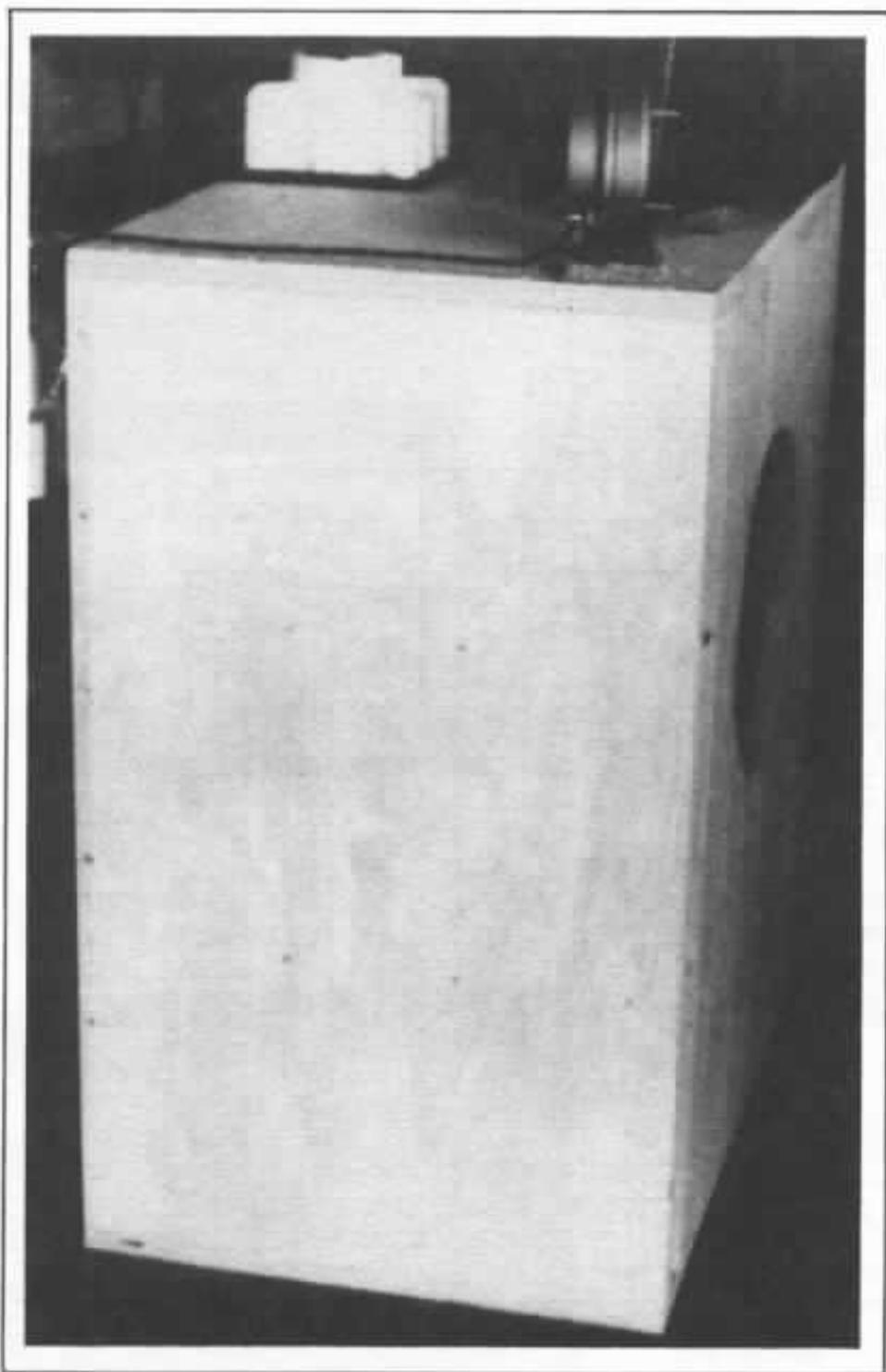


**Positionnement des divers transducteurs**

a. L'élément médium repose sur le caisson de grave par l'intermédiaire de cales. L'orientation verticale est effectuée de telle sorte que l'axe de l'ensemble soit dans la direction de la tête de l'auditeur, au point d'écoute.

b. L'orientation horizontale des éléments médium s'effectue de manière à ce que l'auditeur voit de sa position d'écoute (s'aider éventuellement d'un éclairage) la pièce de mise en phase (orange) centrée dans le deuxième secteur intérieur du pavillon.

Positionnement du système dans le local d'écoute. On notera que les enceintes sont très dégagées du mur arrière et sont écartées au maximum des possibilités de la pièce. Il convient toutefois de ne pas dépasser un écartement de plus de 4 m.



*Vue du caisson de grave et positionnement du tweeter.*

**Aigu 7000 — 20000**  
902-16A

- Modifier l'amortissement de la cavité arrière avec le même feutre UJS, en remplacement de celui d'origine.
- Procéder de même que pour le médium sur la face avant, c'est-à-dire ôter la grille, mais sans remettre le joint. L'aigu

fonctionnera dans l'état, *sans autre pavillon.*

**Filtre**

Il doit absolument être placé derrière l'enceinte, soit sur un petit meuble, soit directement sur le sol, mais surtout pas sur le caisson lui-même.

Les valeurs sont les suivantes :

- Le système Onken-Altec fonctionne merveilleusement bien alimenté par un ampli 20 W Hiraga !
- Pour les audiophiles perfectionnistes, un pavillon Iwata double paroi, sablé intérieurement, est en fabrication !! ... à suivre...

### Coût de l'ensemble médium aigu

Moteur 902-8T : 1 822,80 F  
TTC  $\times 2 = 3 645,60$  F.

Moteur 902-16A : 2 116,80 F  
TTC  $\times 2 = 4 233,60$  F.

Pavillon Secto 511 B : 1 481,76 F  
TTC  $\times 2 = 2 963,52$  F.

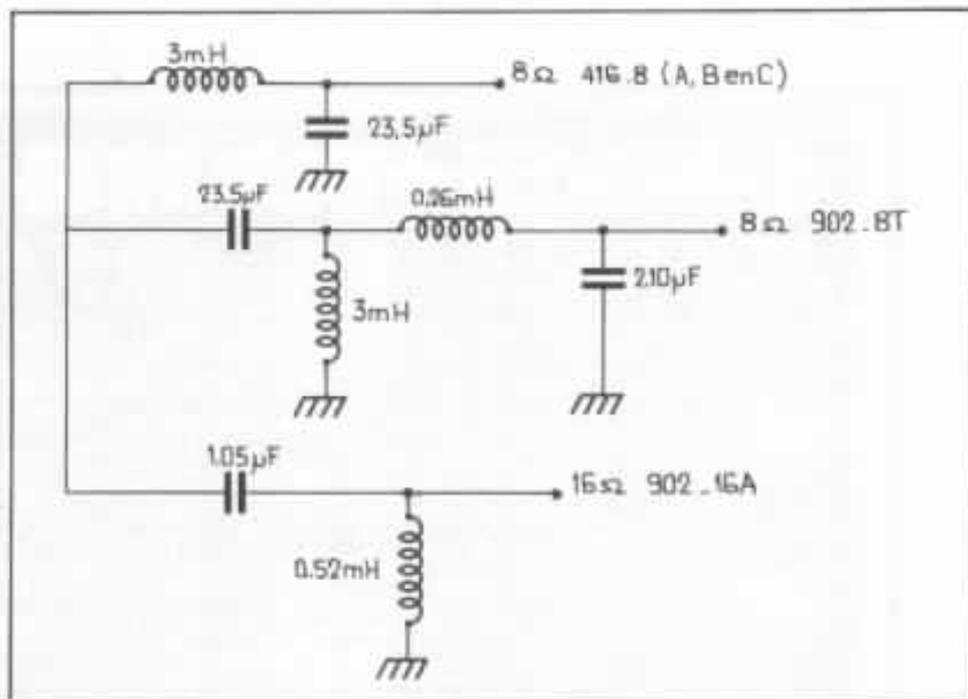
Soit un total de : 10 842,72 F

Nous apprenons à l'heure où nous bouclons ce numéro, que les pavillons médium 511B ont subi quelques modifications :

— suppression de la première barre de diffraction située entre la gorge et les cloisons verticales de la boucle ;

— ces cloisons verticales, au nombre de trois, ne sont plus soudées mais découpées par un élastomère.

Les modifications décrites dans cet article ne sont donc pas adaptées à cette nouvelle version. Nous conseillons au lecteur, désireux d'entreprendre la réalisation de ce système, de se procurer, dans la mesure du possible, les anciens modèles.



Le filtre de coupure.

Nous pouvons cependant informer nos lecteurs que nous travaillons dès à présent sur un pavillon de type Iwata (cf. n° 2) pour le médium, en bois à double paroi sablée. Naturellement, la réalisation fera l'objet d'un

article détaillé. Et, si nos espérances sont atteintes, la solution 511B n'aura donc constitué qu'une étape intermédiaire de l'évolution de notre système, procurant au demeurant de remarquables résultats.





# Audio et Astrologie ?

Jean Hiraga

*Les domaines se rattachant à l'électroacoustique et à la reproduction des sons et de la musique sont à la fois nombreux et très variés. Citons l'acoustique, l'électronique, la chimie, la mécanique, statique et dynamique, l'aérodynamique, la physique, les mathématiques appliquées, la psycho-acoustique... Et ce ne sont pas les seules, d'autant que dans certaines disciplines les connaissances de l'homme sont encore limitées, ce qui laisse une part non négligeable d'incertitude, d'inconnu, de hasard, voire de bizarre, dans le résultat final. Il en ressort que, dans certaines installations réalisées à partir de maillons pratiquement parfaits et utilisés dans des conditions d'écoute paraissant idéales, les résultats ne sont pas toujours exemplaires, du moins du premier coup. Sans cela, il est certain que l'on pourrait trouver de par le monde de nombreux systèmes de reproduction, pour ainsi dire « parfaits ».*

Dans le domaine audio, il existe d'autre part des sujets plus ou moins « tabous », car très difficiles à évaluer avec précision, tels que ceux concernant la psycho-acoustique ou l'appréciation subjective. Très souvent, ce que l'on pourrait appeler « bizarre », « incroyable », « mystérieux » ne serait sans doute qu'une combinaison d'effets et de raisons mal connus ou même dûs à des pouvoirs inconnus ou mal expérimentés de l'homme. Bien que certains puissent mépriser ces sujets

« tabous », ceci étant une « vulgaire illusion d'ignorants », certains savants, techniciens, ingénieurs n'en n'ont pas pour autant délaissé l'importance. Des ingénieurs comme N. Taki (amplificateurs OTL connus), Térada ou Kanéda, parmi lesquels certains ont écrit des livres théoriques poussés sur les tubes ou les transistors, sont allés jusqu'à prétendre que deux amplificateurs, réalisés à partir des mêmes composants de base, du même câblage et de qualités de soudures identiques pou-

vaient « sonner » d'une façon différente suivant... le câbleur... N. Taki prétend même que « l'humeur du moment » du câbleur en question peut avoir une quelconque influence, raison pour laquelle ses amplificateurs sont construits et livrés par paire. Choses qu'il croit et essaie de prouver par des tests en « aveugle ». Comment nier aussi que les appareils Kanéda, montés par A. Kanéda en personne, semblent porter la signature « subjective » « Kanéda », ce malgré des performances objec-

tives indiscernables par rapport aux mêmes circuits montés par d'autres ? Comment nier encore le fait évident, « sautant aux oreilles », que certains audiophiles, cas de M. S. Shirakawa, un audiophile japonais connu, arrivent, à la nuance près, à obtenir un timbre, une « ambiance », un équilibre sonore toujours signé « Shirakawa », ce malgré l'utilisation de maillons très variés ?

Parmi les sciences se rattachant à l'audio, il en est une, vieille comme le monde, que l'on n'a jamais osé rattacher à la reproduction électro-acoustique : l'astrologie. Cela peut paraître au premier abord inimaginable ou digne du délire. Mais les plus sceptiques commencent à réfléchir plus sérieusement lorsqu'ils apprennent que certains esprits, certaines intelligences, nettement au dessus de la moyenne, ont cru fermement en certaines de ces sciences « obscures ». Le savant anglais Crookes, un chimiste exemplaire, ainsi que Wallace, le rival de Darwin, et Camille Flammarion, un astronome connu, croyaient aux sciences occultes telles que le spiritisme ou l'astrologie. C'était aussi le cas d'Einstein. Des organismes aussi sérieux que la NASA s'y sont également penchés et certains de leurs chercheurs même sont allés jusqu'à étudier la... télépathie dès 1970.

Gaston Bachelard — « Psychanalyse du feu », « L'eau et les rêves » — avait reconnu les effets évidents des astres sur le destin de chacun et reconnaissait même que quelque chose de fatal dans la vie de quelqu'un était dû, dans 70 % des cas au moins, à une « mauvaise étoile ». Il est d'ailleurs curieux de constater que, malgré l'époque moderne dans laquelle nous vivons, malgré la présence de nombreux charlatans et commerçants de l'astrologie, chacun y croit malgré tout plus ou moins, l'essentiel étant, surtout

pour l'occidental, d'avoir des « preuves » ou des « démonstrations » faites en laboratoire et devant des huissiers.

Sur ce point, les asiatiques semblent nettement plus perméables, plus ouverts, et ceci semble être tout à fait indépendant de leur coefficient d'intelligence. Au Japon, par exemple, où les progrès avancent à pas de géant, le peuple est resté malgré tout croyant et superstitieux. Si, en occident, on préfère retirer des courses de voitures, éviter ce qui se rapporte aux chiffres 7, 13 ou au vendredi 13 (que l'origine en soit religieuse ou non), on retrouve au Japon le même genre de superstition. Dans des hôpitaux très récents, gérés en grande partie par des ordinateurs ultramodernes, les chambres n° 4 et n° 42 n'existent pas et les chirurgiens n'opèrent pas pendant la journée qui porte ce chiffre, le 4 étant, par prononciation, l'homonyme du mot « mort ».

Les japonais, reconnus à présent comme étant très forts en marketing et dans le commerce extérieur, sont restés néanmoins très croyants et très superstitieux. Un magasin de hi-fi, par exemple, n'est pas seulement choisi en fonction de son prix, ou de son emplacement dans une rue favorable ou très passagère. Le choix, fait par des spécialistes, des conseillers, des astrologues ou des religieux, repose également sur des bases dérivant directement de l'astrologie : positionnement favorable, points cardinaux, signe astrologique du directeur ou du gérant. Est-ce une des raisons pour lesquelles les affaires commerciales des asiatiques suivent souvent la « bonne étoile » ? Toujours est-il qu'en 1978, un organisme officiel de statistiques avait noté que sur 1 000 faillites, 71 % des cas correspondaient à des emplacements de bureaux ou d'usines dont la signification astrologique était soit défavorable, soit très

défavorable.

En termes de calcul de probabilité, cela dépasse de beaucoup trop les possibilités éventuelles de succession de coïncidences extraordinaires.

Parmi les japonais reconnus comme aimant la recherche, la minutie, certains se sont demandés s'il ne pouvait pas exister un ou plusieurs rapports entre l'audio... et l'astrologie. Certains travaux, dignes de patience et de persévérance étonnantes, ont donné des résultats tels qu'ils méritaient d'être décrits ici. C'est un sujet délicat, puisque jamais traité jusqu'ici, pour lequel le lecteur sera le seul juge, et dont on peut bien sûr se désintéresser, le sérieux de cet article se limitant alors au sérieux et à la véracité de faits, constatations, sondages et enquêtes...

## Le disque d'orientation

Lorsqu'un japonais achète un terrain à bâtir, une usine, un magasin, lorsqu'il loue un appartement, il tient bien sûr compte des critères courants de prix, emplacement, bruit, sécurité. Mais il tient compte en grande partie de considérations dérivées directement de l'astrologie : « Où le nord se trouve-t-il ? », est la première question qu'il se pose. Le sens d'orientation est pour lui un point capital. Cela remonte d'ailleurs à l'antiquité, la grande pyramide de Khéops étant le plus fabuleux exemple d'orientation, et pour laquelle Nord/Sud/Est/Ouest, symboles de froid, chaleur, lumière et ombre, furent déterminés avec une précision rivalisant avec les meilleurs compas actuels. Pour le japonais, le nord est une direction sacrée. Les occidentaux savent d'ailleurs très bien que l'on dort mieux la tête dirigée vers le nord. Les asiatiques aussi, à la différence près que, pour eux, cette direction de « repos » est aussi

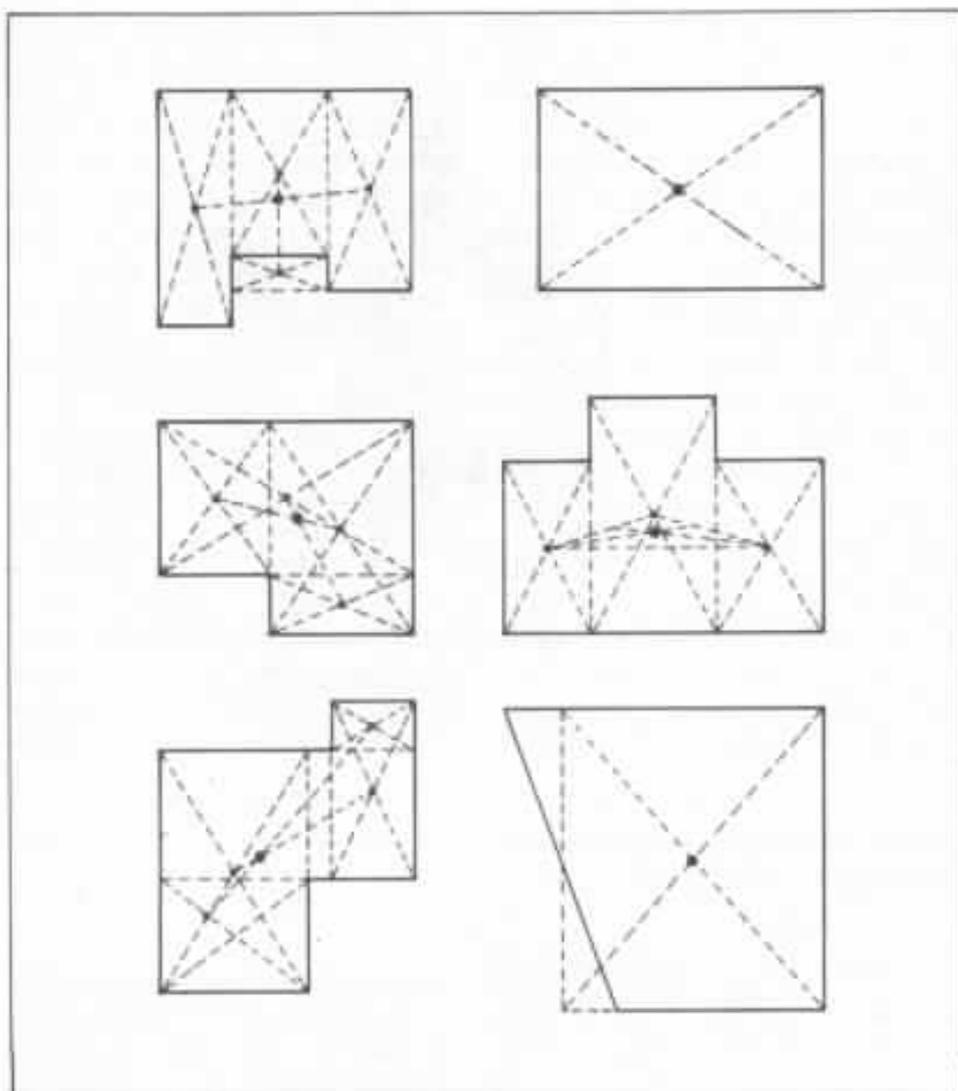


Fig. 1 : Détermination du centre astrologique d'un appartement.

celle de la mort. De ce fait, le japonais ne dort jamais la tête dirigée vers le nord, sauf s'il vient à décéder.

Il n'est toutefois pas question ici de faire un cours d'astrologie et il ne sera traité en conséquence que des rapports ayant trait au sujet principal de cet article. Le disque d'orientation permet aux asiatiques, après avoir établi comme sur la figure 1 le centre de l'appartement (pour prendre le cas d'un appartement), de déterminer la position favorable ou défavorable des pièces : salle à manger, living, salle d'écoute (pour les audiophiles), WC, cuisine, salle de bains, entrée. La figure 2 montre ce disque dit « d'orientation » différent de

celui né en Mésopotamie. On y trouve huit directions principales, dont deux appelées respectivement « néfaste de face » et « néfaste de dos ». On ne parlera pas trop du signe astral de la personne vivant dans cette pièce ou cet appartement, bien que celui-ci puisse avoir une influence directe sur les emplacements défavorables de certaines pièces. Le lecteur trouvera toutefois son signe astral, selon le zodiaque chinois comportant douze signes suivant un cycle de 60 ans, sur la figure 2 bis.

Ce zodiaque d'origine chinoise comporte d'autre part les influences astrales, chaque étoile ayant une signification et une influence bien déterminées.

## Orientation des pièces composant l'appartement

C'est donc après avoir établi le « centre » de l'appartement (qui n'est pas toujours de forme aussi simple qu'un carré ou un rectangle) que l'on peut placer le disque d'orientation déterminant les emplacements favorables, défavorables ou neutres de chaque pièce (auditorium compris).

Pour la planète n° 1, Mercure, le nord, c'est la direction vers laquelle on ne doit pas disposer les W.C., la salle de bains, la buanderie. Mais c'est une direction favorable pour un grand placard, le débarras et aussi pour la salle d'écoute, le bureau de travail ou la bibliothèque. Pour la planète n° 2, Saturne, le Sud-Ouest est une direction défavorable pour l'entrée ou les W.C., mais très favorable pour le bureau, la salle d'écoute, le living-room. Pour la planète n° 3, Jupiter, l'Est est une direction défavorable aux W.C. (symbole de l'eau, du puits) mais favorable à la salle de séjour. Pour la planète n° 4, encore Jupiter mais en direction Sud-Est, c'est celle qui est la moins recommandée pour la cuisine ou la salle de bains (symboles du feu et de l'eau). Par contre, si l'appartement comporte un prolongement dans cette direction, ceci est favorable. Pour la planète n° 5, Saturne, correspondant au centre, ce serait la place la plus défavorable aux W.C. ou encore à un escalier. Ce centre doit être utilisé pour la salle de séjour, ou la salle d'écoute. La planète n° 6, Vénus, correspondant à la direction Nord-Ouest, est aussi une direction défavorable à l'emplacement des W.C., de la cuisine, de la salle de bains. C'est celle que l'on peut par contre réserver au débarras. La planète n° 7, Vénus, dans la direction de l'Ouest, est celle où il n'est pas souhaitable de placer l'entrée ou la salle de bains, mais qui est plus favorable à un

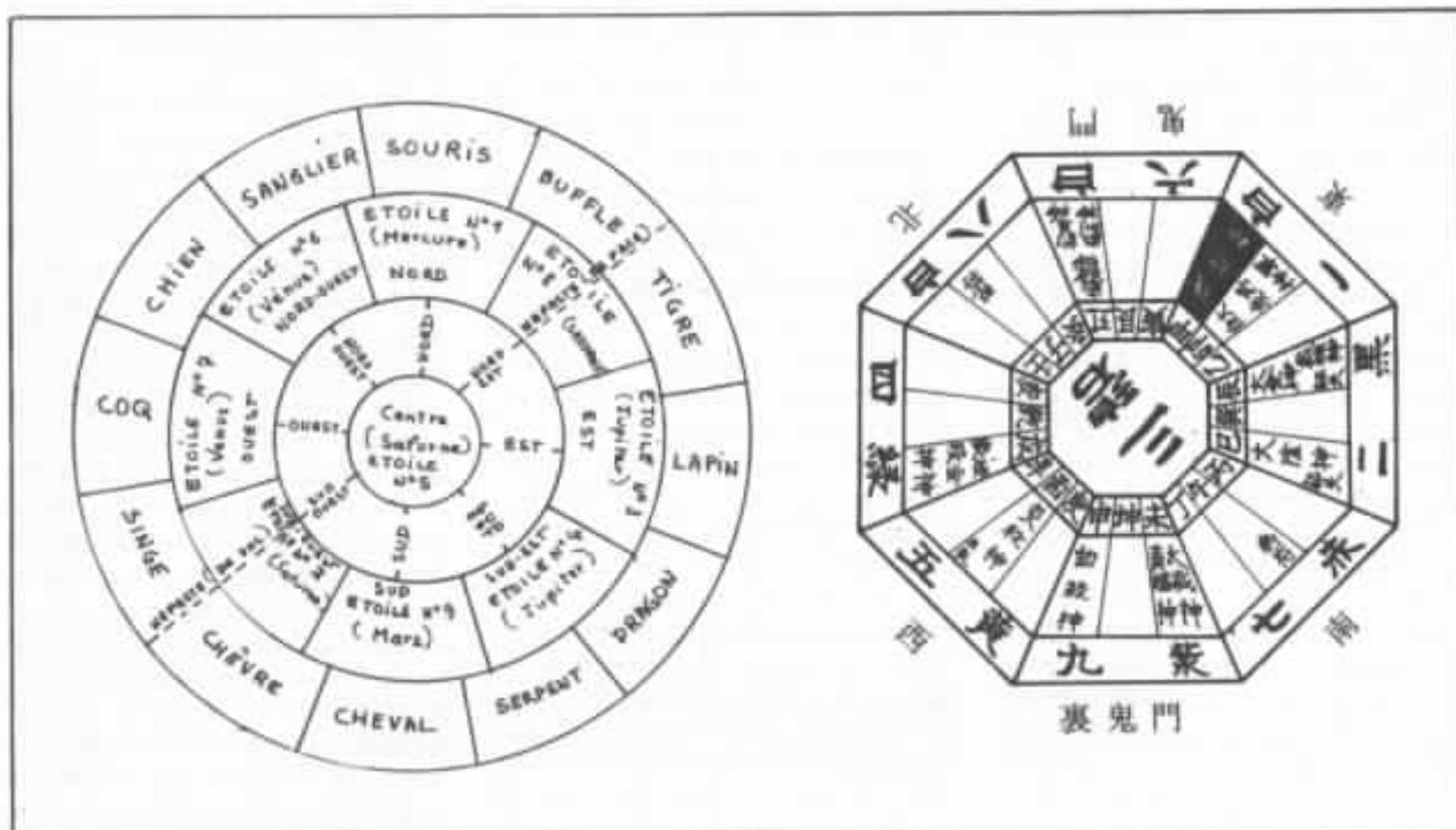


Fig. 2 : Disque d'orientation (zodiaque chinois).

BUFFLE	1901	1913	1925	1937	1949	1961	1973
TIGRE	1902	1914	1926	1938	1950	1962	1974
LAPIN	1903	1915	1927	1939	1951	1963	1975
DRAGON	1904	1916	1928	1940	1952	1964	1976
SERPENT	1905	1917	1929	1941	1953	1965	1977
CHEVAL	1906	1918	1930	1942	1954	1966	1978
CHEVRE	1907	1919	1931	1943	1955	1967	1979
SINGE	1908	1920	1932	1944	1956	1968	1980
COQ	1909	1921	1933	1945	1957	1969	1981
CHIEN	1910	1922	1934	1946	1958	1970	1982
SANGLIER	1911	1923	1935	1947	1959	1971	1983
SOURIS	1912	1924	1936	1948	1960	1972	1984

Fig. 2 bis : Détermination du signal astral chinois, d'après la date de naissance. Noter que le cycle est de soixante ans et que les années 1906, 1966 et 2026 (années du cheval de feu) sont des années néfastes (guerres, accidents, etc.) au point que de nombreux japonais ont évité d'avoir des enfants à ces dates. Noter que 1981 est l'année du Coq et que 1982 sera celle du Chien, l'année du Coq étant, paraît-il, une mauvaise année, celle apportant des risques de chômages importants... Pure coïncidence pour certains pays ?

bureau de travail, une salle d'écoute. La planète n° 8, Saturne, dans la direction Nord-Est, est une direction peu recom-

mandée pour placer l'entrée, le garage ou l'entrepôt. Elle serait, par contre, bénéfique pour la pièce d'écoute, la salle de séjour,

et surtout la chambre à coucher.

La planète n° 9, Mars, est une direction très défavorable à l'emplacement de la cuisine, de la salle de bain, ainsi que du garage, mais bon à la salle de séjour.

Quant à la chambre à coucher, sa position est indifférente mais la plus souhaitée est le Nord-Ouest ou le Nord-Est, surtout si la personne y habitant appartient à un signe astral de même direction (sanglier ou buffle). Cette direction, qui a pour symbole la pensée, est la plus importante parmi les douze directions, le Nord servant de référence.

En résumé, on peut dire qu'il n'existe pas de direction favorable, mais qu'il y a par contre des directions défavorables ou même très défavorables. Deux directions conseillées sont le Sud-Sud-Ouest et le Nord-Nord-Ouest.

L'entrée possède des directions favorables ou défavorables. Les premières étant l'Est, le Sud-Est, le Sud, le Nord-Ouest.

La seule exception à la règle est de ne pas superposer cette direction au signe astral de la personne y habitant. Pour la cuisine, les directions défavorables sont le Nord, le Nord-Nord-Est et le Nord-Nord-Ouest.

Pour la salle de bains, le Nord est très défavorable (certains japonais n'hésitent pas à déménager immédiatement dans ce cas) comme le sont le Nord-Est, le Nord-Nord-Ouest et le Sud.

Pour la cuisine, les directions déconseillées sont le Nord, le Nord-Nord-Est et le Nord-Nord-Ouest.

Sur la figure 3 on trouvera un exemple de disposition des différentes pièces particulièrement mauvaise, c'est-à-dire considérée comme telle par les japonais. La

figure 4 représente une autre disposition, considérée comme favorable.

Il existe aussi d'autres superstitions, ayant parfois un rapport avec le chiffre 4. Bien qu'une pièce de forme carrée ne soit pas néfaste, une pièce rectangulaire dont la longueur correspond à deux fois la largeur serait très néfaste. A ce propos, une agence immobilière d'un secteur de la ville de Tokyo s'était intéressée à ce sujet et avait effectué de nombreux sondages sur des magasins de cette forme (deux carrés placés côte à côte). Selon cette agence, dont le directeur était un passionné d'astrologie, on obtenait, sur une moyenne de 132 magasins de cette forme, une courbe défavorable se détachant

nettement de la moyenne des probabilités. La figure 5 montre ces courbes, dont le résultat donne à réfléchir.

A Tokyo encore, un professeur de musique chercha à savoir s'il n'existait pas un rapport avec l'orientation, dans l'appartement, de la pièce devant servir à la musique : salle d'étude, auditorium, salle d'écoute. Après une longue enquête, ses travaux se recoupèrent étrangement avec ceux cités plus haut, car les directions favorables étaient en effet le Nord, l'Est et le Sud-Ouest. Un professeur de l'Université de Tokyo, amateur de hi-fi, déclarait, lui, qu'en plus de cette disposition favorable ou défavorable de la pièce d'écoute, la position des enceintes par rapport au Nord et celle de la porte d'entrée jouaient aussi un rôle. Sur la figure 6, est indiqué un exemple de bon ou mauvais positionnement de celles-ci. Ce chercheur, professeur en acoustique, était d'autre part persuadé que les bons ou mauvais résultats obtenus ne pouvaient être simplement l'effet de déplacement de résonances parasites ou de phénomènes purement acoustiques. Il est d'ailleurs intéressant de voir combien sont ouverts les asiatiques devant de telles expériences, car, au lieu de se borner à refuser quelque chose, ils acceptent de « perdre » plusieurs mois, voire plusieurs années à effectuer de longues recherches et expériences, ceci afin de bien discerner ce qui pourrait être l'effet de hasards, de « ouï-dire », de fausses superstitions ou encore celui d'une influence... astrologique...

C'est le cas du professeur Kikuji Matsuoka, de la province de Fukuyama. Celui-ci, avec l'aide de cinq universités, entreprit, il y a de cela trois ans, une longue et profonde recherche alliant astrologie et musique. Particulièrement complète, elle mérite d'être décrite en détail ici.

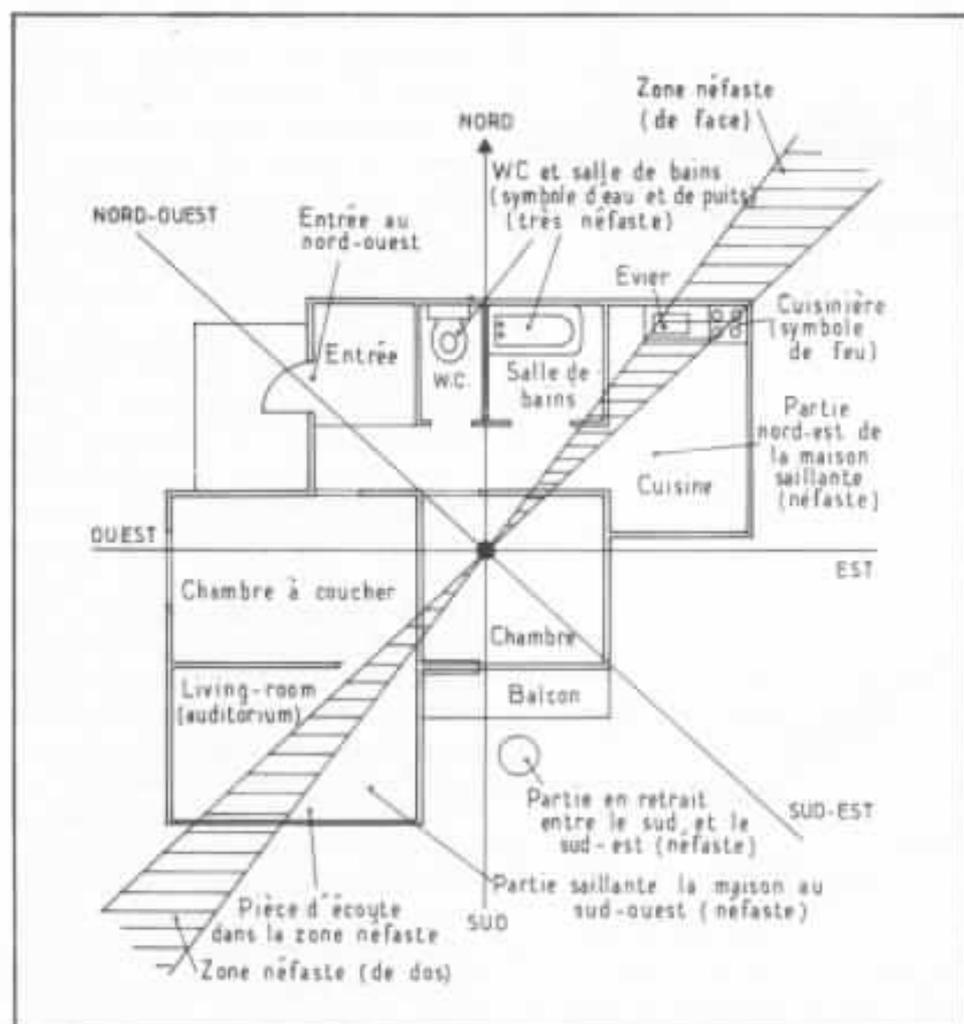


Fig. 3 : Exemple d'appartement dont la disposition et l'orientation astrologique est, selon les japonais, très néfaste. Ce genre d'appartement donne notamment beaucoup de fil à retordre aux agences immobilières (beaucoup de propositions, peu de clients intéressés).

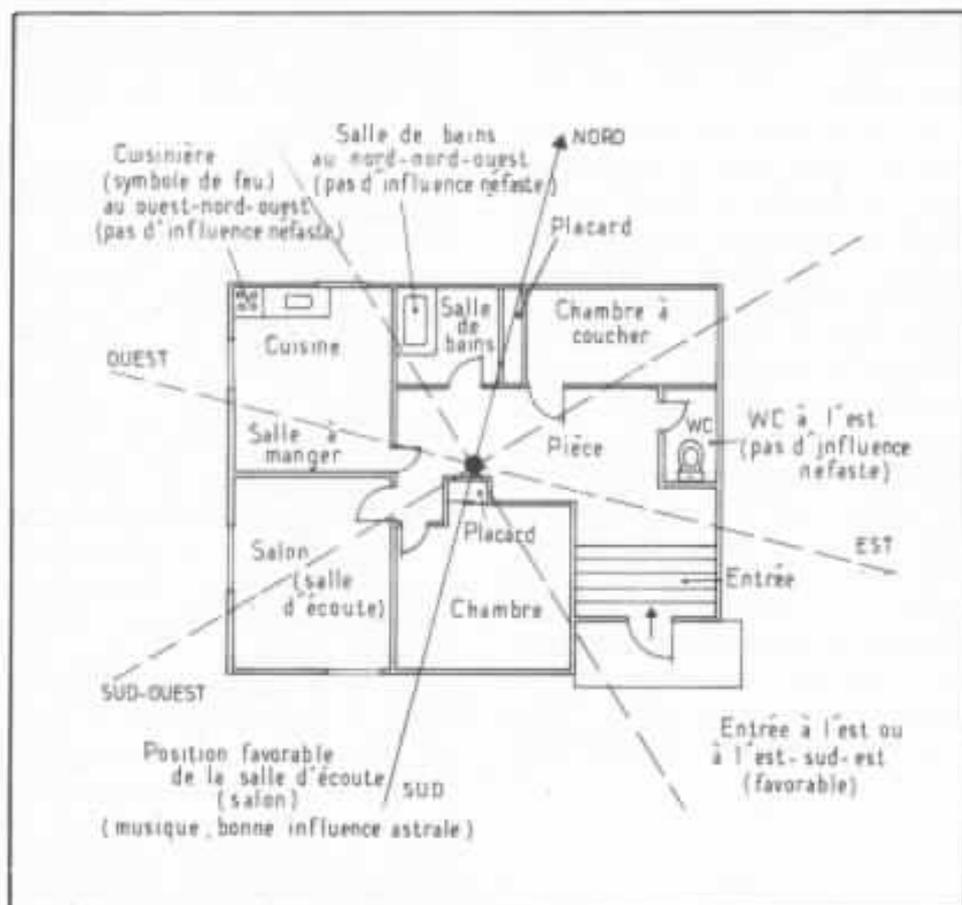


Fig. 4 : Disposition et positionnement favorables, selon les Japonais croyant aux influences astrales, d'un appartement.

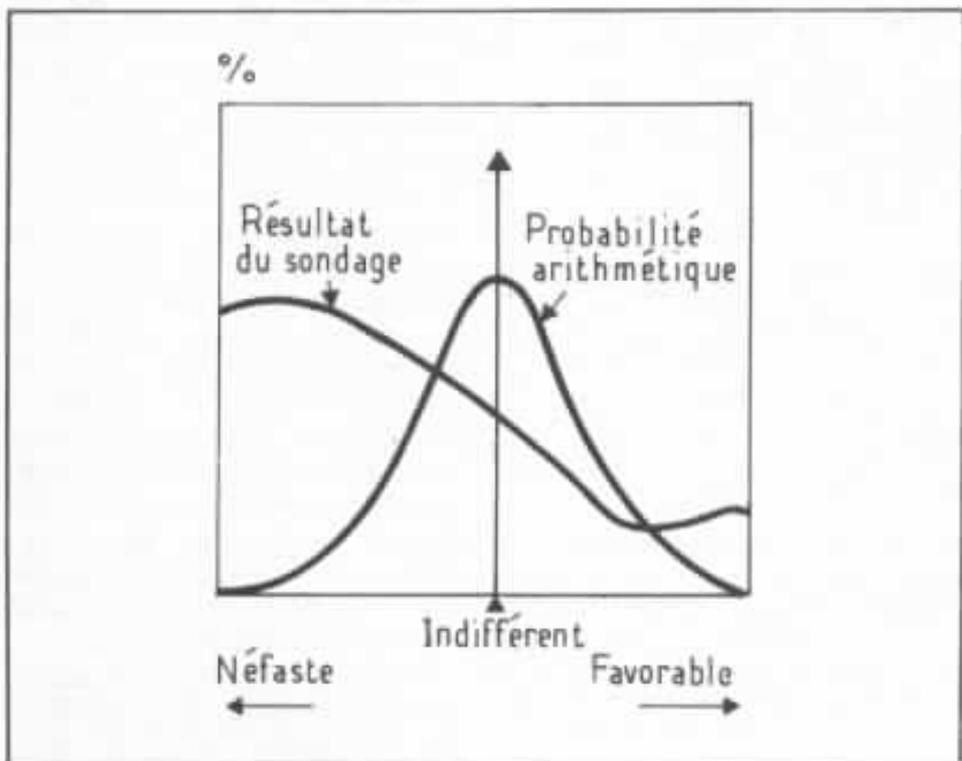


Fig. 5 : Résultat du sondage effectué par une agence immobilière auprès de magasins, boutiques de forme rectangulaire (1 longueur = 2 largeurs). Cette forme, appelée 4-2 est, selon les Japonais superstitieux la source de malheurs (accidents, faillites, vols). Curieusement, on note d'après le sondage effectué par le directeur de cette agence un déplacement de la courbe dans la zone néfaste.

Dans le domaine de l'astrologie, on connaît les questions d'affinités entre certains signes du zodiaque. Même si la volonté de chacun peut modifier quelque peu le résultat (Bachelard parlait de 31 %), on peut déterminer le caractère de chacun avec une assez bonne précision, surtout lorsque l'on connaît l'heure de la naissance et l'endroit exact de cette naissance. Matsuoka, lui, s'était intéressé à analyser les rapports existants entre les dates de naissance des compositeurs de musique et le style de musique qu'ils avaient écrite. Il avait pensé à chercher encore s'il pouvait exister un quelconque rapport entre un type de musique particulièrement apprécié par un auditeur et une éventuelle affinité astrale entre cet auditeur et le compositeur en question.

Amateur de musique, audiophile, ce chercheur s'amusa ainsi à établir une longue liste énumérant les dates de naissance de chacun de ses amis et connaissances, puis il invita ceux-ci, en prenant le soin de faire une sélection (disques) connue de lui seul.

Il procédait de même pour les personnes qu'il invitait. Pendant les écoutes comparatives de plusieurs sources de musique, chacun était invité à donner une appréciation divisée en quatre groupes : je n'aime pas, j'aime un peu, j'aime bien, j'aime beaucoup. Pendant plus de huit mois, près de deux cents personnes lui rendirent ainsi visite. Les résultats qu'il obtint étaient très intéressants, bien que situés un peu au-dessous de ce qu'il espérait. Il fallait en effet tenir compte de la culture de chacun, des influences extérieures diverses. Mais il obtenait 63 % en moyenne, ce pour les quatre groupes d'appréciation, prouvant de la sorte qu'il existait bien une « corde », un lien invisible entre l'auditeur et le compositeur, lien qui dépendait bien des signes astrologiques et de leurs influences.

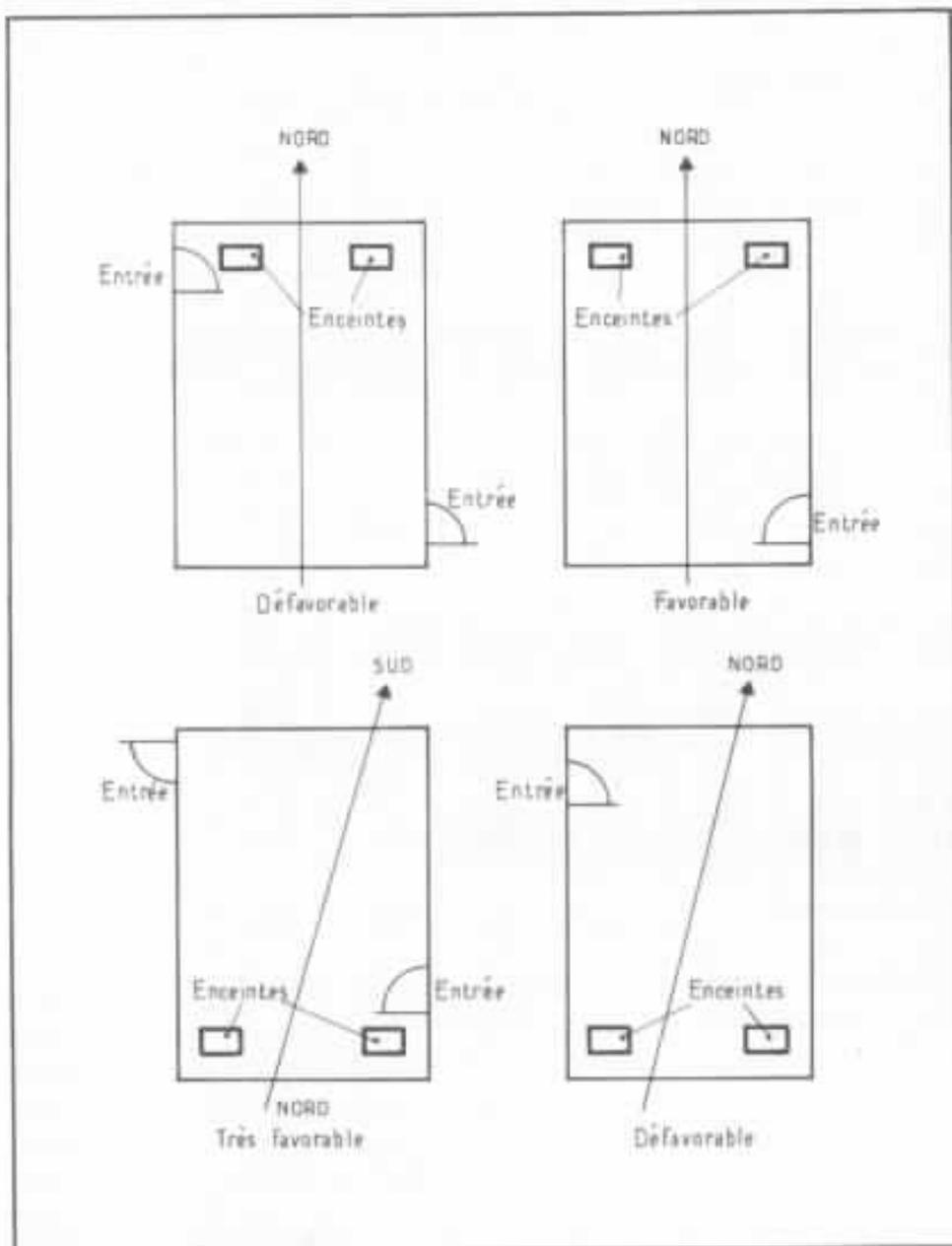


Fig. 6 : Orientation astrologique conseillée et déconseillée, pour une pièce d'écoute, établie par un professeur de l'Université de Tokyo (1977).

Mais, malgré une enquête sérieuse, faite dans un but scientifique et non commercial, il existe toujours certaines personnes regardant de tels résultats d'un œil très sceptique, pour ne pas dire moqueur. C'est alors qu'il proposa à des professeurs de cinq universités de rassembler des auditeurs bénévoles, auditeurs qui se déclareraient prêts à suivre une expérience sans pour autant savoir d'avance le but exact de celle-ci. Cette expérience consistait pour chacun, pour chaque auditeur qui était audiophile et non simplement

amateur de musique, de noter sur une feuille qui lui était remise, l'appréciation de qualité sonore suivant l'heure, le jour et le mois où il écoutait sa chaîne.

Une telle expérience peut paraître non seulement stupide, mais proche de la folie, si elle n'avait pas été organisée par les professeurs de ces cinq universités. De peur de tomber sur une succession de hasards, ou de n'obtenir que des résultats relativement flous, ils réussirent malgré tout à rassembler quelques 3 000 auditeurs (il faut le faire !) répartis

sur plus de douze départements. Bien sûr, chacun des auditeurs n'avait aucune idée quant au type de l'enquête et se bornait à noter ce qu'il ressentait. Il leur était simplement demandé de donner une appréciation honnête et de ne pas changer ses maillons pendant la durée de l'enquête, qui dura quarante cinq jours. Bien entendu, chacun n'était pas obligé d'écouter ni chaque jour, ni une fois toutes les heures, ceci aurait été trop fastidieux pour chaque « cobaye-audiophile ». Malgré l'aide d'amis, le dépouillement des enquêtes, la mise en ordre sous forme de graphes et de tableaux prirent un temps assez considérable. Il lui fallait en particulier retrouver par quel astre était dominée une heure donnée, ceci pour un type d'appréciation donné, en passant par des calculs de moyennes. Pour ces calculs, ses amis professeurs durent d'ailleurs l'aider et on lui donna même la permission d'accéder aux salles d'astronomie et à l'observatoire de l'une de ces universités. Ses amis professeurs l'aiderent encore sur la façon de composer les tableaux et graphes. Fort heureusement, tous ses efforts furent largement récompensés.

En effet, non seulement près de 70 % des résultats suivaient bien les influences astrales, mais il obtenait aussi une distinction bien précise entre les écoutes estimées « très bonnes » et celles qui étaient « mauvaises ». Sur la figure 7, le lecteur trouvera un tableau représentant chaque jour de la semaine et, pour chacun de ces jours, l'heure dominée par un astre précis, chacun de ces astres étant également accompagné du signe d'appréciation. Le tableau obtenu donne, par exemple pour le dimanche, une écoute très bonne à 14 heures, bonne à 15 heures, moyenne à 16 heures, mauvaise à 17 heures, très bonne à 18 heures, mauvaise à 19 heures.

<i>Etoile dominante</i> <i>Jour de la semaine</i>	<i>Soleil</i>	<i>Vénus</i>	<i>Mercure</i>	<i>Lune</i>	<i>Saturne</i>	<i>Jupiter</i>	<i>Mars</i>
<i>Dimanche</i> <i>(soleil)</i>	6 h 13 h 20 h	7 h 14 h 21 h	1 h 8 h 15 h 22 h	2 h 9 h 16 h 23 h	3 h 10 h 17 h 24 h	4 h 11 h 18 h	5 h 12 h 19 h
<i>Lundi</i> <i>(lune)</i>	3 h 10 h 17 h 24 h	4 h 11 h 18 h	5 h 12 h 19 h	6 h 13 h 20 h	7 h 14 h 21 h	1 h 8 h 15 h 22 h	2 h 9 h 16 h 23 h
<i>Mardi</i> <i>(mars)</i>	7 h 14 h 21 h	1 h 8 h 15 h 22 h	2 h 9 h 16 h 23 h	3 h 10 h 17 h 24 h	4 h 11 h 18 h	5 h 12 h 19 h	6 h 13 h 20 h
<i>Mercredi</i> <i>(Mercure)</i>	4 h 11 h 18 h	5 h 12 h 19 h	6 h 13 h 20 h	7 h 14 h 21 h	1 h 8 h 15 h 22 h	2 h 9 h 16 h 23 h	3 h 10 h 17 h 24 h
<i>Jeudi</i> <i>(Jupiter)</i>	1 h 8 h 15 h 22 h	2 h 9 h 16 h 23 h	3 h 10 h 17 h 24 h	4 h 11 h 18 h	5 h 12 h 19 h	6 h 13 h 20 h	7 h 14 h 21 h
<i>Vendredi</i> <i>(Vénus)</i>	5 h 12 h 19 h	6 h 13 h 20 h	7 h 14 h 21 h	1 h 8 h 15 h 22 h	2 h 9 h 16 h 23 h	3 h 10 h 17 h 24 h	4 h 11 h 18 h
<i>Samedi</i> <i>(Saturne)</i>	2 h 9 h 16 h 23 h	3 h 10 h 17 h 24 h	4 h 11 h 18 h	5 h 12 h 19 h	6 h 13 h 20 h	7 h 14 h 21 h	1 h 8 h 15 h 22 h

*Fig. 7 : Tableau établi par le professeur Kikusui Matsuoka. Voir texte. Ce professeur ne le déclare valide que pour la musique et la reproduction de celle-ci. Pour la France, il est nécessaire de retirer sept heures (horaires d'été) ou huit heures aux heures indiquées.*

res, bonne à 20 heures, très bonne à 21 heures. Un professeur, ayant participé au dépouillement, était étonné de l'exactitude des résultats alors que l'on ne connaissait ni le signe astral de chaque auditeur, ni les compositeurs entendus (avec leurs signes astraux respectifs).

Mais il existe toujours des personnes méprisant de tels sujets. Une autre université, plus ou moins « rivale » des cinq autres, mena une sorte de « contre-enquête », à la différence près

que les auditeurs savaient cette fois s'ils devaient obligatoirement entendre « très bien », « moyennement » ou « mal ». Mais elle n'avait malheureusement pu rassembler que deux cents personnes. Le résultat, comme par effet d'auto-influence de chacun sur ses propres appréciations, était inférieur. Bien « qu'anormalement » positifs, ce qu'ils durent malgré tout admettre, ces chiffres étaient situés environ 10 % plus bas que ceux établis par

Matsuoka, ce qui donnait une moyenne positive de 57 à 60 %.

Comment expliquer, autrement que par l'astrologie et ses effets, une superposition pratiquement parfaite entre des suppositions et des faits établis ? Le hasard ? Certainement non, car trop de précautions avaient été prises. Coïncidence ? Non plus.

Toujours est-il que Matsuoka continua ses recherches. Une partie de celles-ci, passionnante, fera l'objet d'un prochain article.