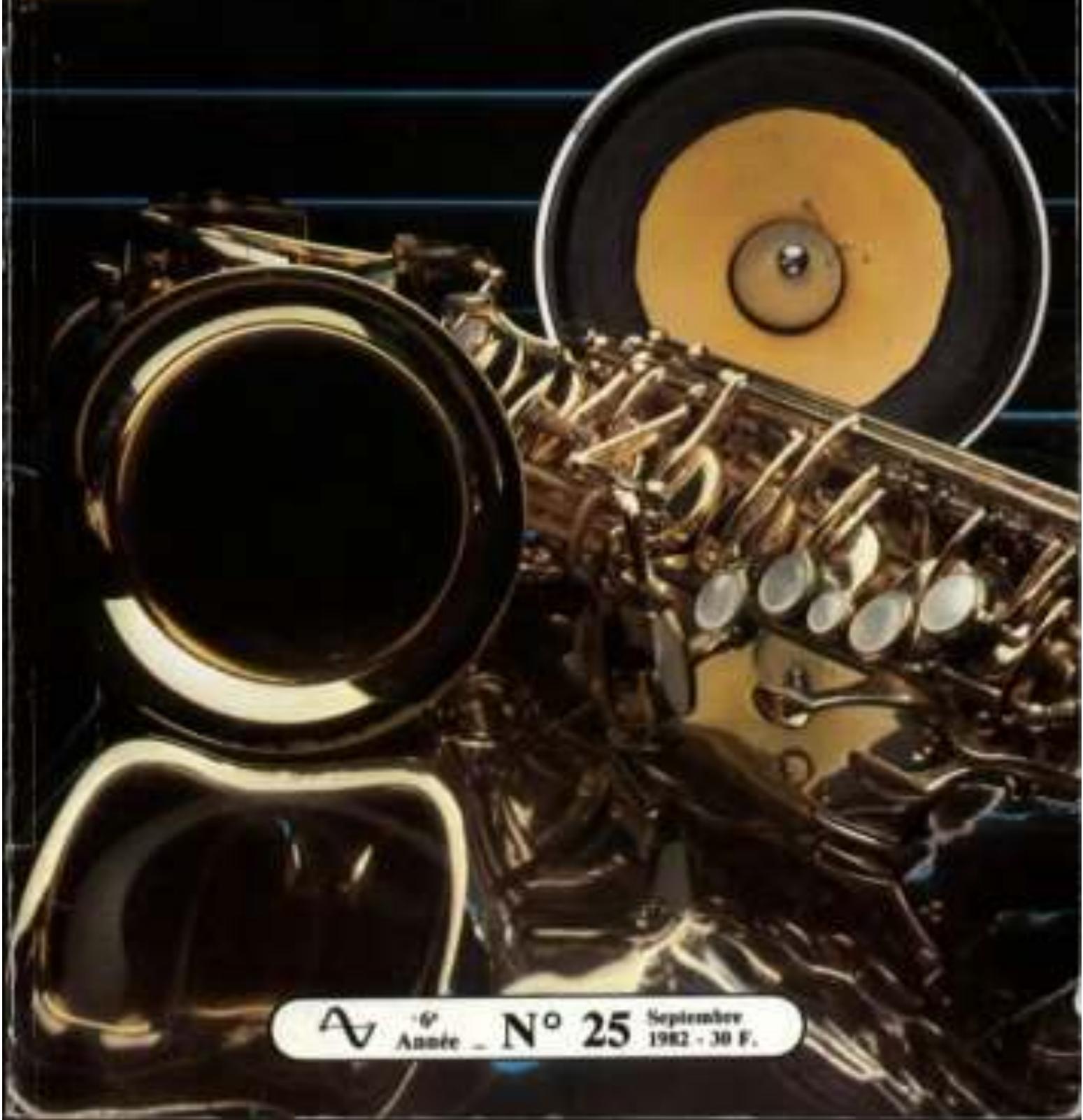


L'AUDIOPHILE



 6^e Année - N° 25 September
1982 - 30 F.

**Page non
disponible**

20 cellules à l'écoute

Jean Hiraga

Jean Hiraga a pu, lors d'un récent voyage au Japon, consacrer plusieurs journées à une écoute comparative de phonolecteurs, la plupart très récents ou devant être commercialisés très prochainement. Cet article n'ayant aucun sous-entendu commercial, il est fort possible que plusieurs modèles comportent soit des références différentes des modèles exportés, soit encore que certains phonolecteurs se voient distribués en France plusieurs mois après la parution de cet article. Les comparaisons subjectives concernent des modèles de haut de gamme ou même de très haut de gamme. Il a été toutefois exclu quelques modèles ésotériques destinés surtout à l'exportation. Que les lecteurs comprennent donc bien qu'il s'agit ici de les mettre dans le vent des dernières nouveautés, accessibles ou non en France mais dépendant étroitement des conditions dans lesquelles ces écoutes ont été effectuées.

Les critiques étant dans l'ensemble assez élogieuses, concernant des modèles de qualité et de prix parfois élevé, l'auteur prie cependant MM. les importateurs de ne pas utiliser ces résultats d'écoute à des fins commerciales.

Les tendances

Parmi les diverses tendances se reconstruisant sur les nouveaux phonolecteurs, la plus marquée est certainement la grande popularité du principe de transduction à bobine mobile, adopté par pratiquement 100 % du haut de gamme. Il faut dire aussi que la tâche est actuellement facilitée par le fait qu'il existe, depuis un

an ou deux, des machines à bobiner ultra-précises rendant la réalisation industrielle en moyenne série, possible et, d'autre part, par le fait que les industriels du diamant telles que les firmes Ogura ou Mamiki Jewel fournissent, sur commande spéciale, des équipages mobiles montés, le reste ne concernant plus que de la mécanique de précision.

Alors que certains constructeurs, comme Denon par exemple, n'hésitent pas à lancer des cellules à bobine mobile de rapport qualité/prix exceptionnel, le très haut de gamme atteint trois à quatre fois le prix d'une cellule de haut de gamme. Pour ces modèles, le but recherché est toujours le même : obtenir une résonance mécanique placée

aussi reculée que possible, non plus 20 ou 30 kHz mais 40 kHz, 60 kHz ou même plus de 100 kHz, afin d'améliorer au mieux la bande passante, la linéarité et le facteur de lisibilité. Les meilleures cellules devant lire, sous une faible pression de lecture, les accélérations les plus violentes, il faut avoir recours à des équipages mobiles non plus légers, mais hyper-légers et aussi hyper-rigides : stylets porte-pointe en diamant, en rubis, rubis en forme de tube creux, percé au laser, béryllium, bore, montages télescopiques, alliages légers, etc. Afin d'accéder à des valeurs de masse dynamique, rapportée à la pointe de lecture, trois, quatre ou cinq fois plus faible que celle du modèle réalisés il y a peine deux ans, les diamants sont eux-mêmes redécoupés au point de devenir presque invisibles à l'œil nu. Pour d'autres modèles, on veille à utiliser des châssis et corps de cellules particulièrement inertes et rigides, sur le plan acoustico-mécanique, un point à ne plus négliger vu le prix et les performances auxquelles doivent accéder ces cellules.

Sur le plan de la mesure, il n'y a pratiquement plus rien à dire au niveau de la diaphonie, de la bande passante ou de la linéarité, ceci quel que soit le prix. La pression de lecture reste dans la marge raisonnable de 1,2 à 2 g, en raison des limites imposées par la planéité des disques et la masse dynamique moyenne des bras de lecture.

Pour les cellules testées ici, il faudrait parler de la question assez délicate de la mesure précise de la courbe de réponse amplitude/fréquence.

La mesure à l'aide d'une fréquence glissante sinusoïdale sur disque test, enregistrée sur traceur sur papier, défilant à une certaine vitesse s'avère insuffisant pour permettre une mesure

précise, en particulier entre 15 et 30 kHz. D'un disque test à l'autre les différences sont importantes et la rigidité mécanique du sillon d'une part, la masse dynamique de la cellule d'autre part peuvent déplacer en fréquence et en amplitude la résonance élevée. Car il faut tenir compte de la résonance sillon/pointe lectrice, de l'effet de pince pour lequel le phonoclecteur seul en est dépendant tout autant que de la nature du disque test utilisé. Sur traceur sur papier la valeur indiquée étant RMS, la courbe obtenue perd ainsi beaucoup de sa valeur intrinsèque.

Ici, la méthode choisie a été la mesure sur bruit rose, puis la mesure de crête (et non RMS) d'un signal sinusoïdal sur analyseur de spectre 1/3 d'octave, sur position « peak hold » (crête mémoire) celle apportant les plus grandes différences entre les cellules testées.

Bien que le disque B et K utilisé possédait un défaut de résonance burin graveur/disque situé vers 17,8 kHz, il est possible de déterminer la courbe de réponse de chaque phonoclecteur, avec une bonne précision. Par contre, ni le temps ni les moyens n'ont permis d'effectuer d'autres mesure, à part le niveau de sortie et le taux de diaphonie à 1 kHz.

L'écoute s'est effectuée sur un système Onken trois voies, actif, équipé d'amplificateurs Kanéda 30 W classe A (médium-aigu) et d'un amplificateur Amcron 250 W + 250 W (grave). Le préamplificateur était de type Kanéda, version MM/MC, à deux entrées RIAA indépendantes, l'une étant réservée à l'attaque directe d'une cellule à bobine mobile. Les disques utilisés étaient variés, de marque Deutch Gramophon, Decca, Erato, TBM, JVC, Toshiba, Connoisseur Society, Sarastro, Sheffield. Quant au bras utilisé,

il s'agissait du récent SME 3012 R. Là aussi le temps a manqué pour tenter de rechercher la meilleure combinaison bras/cellule, vu que plusieurs centaines de combinaisons bras/cellule étaient possibles.

Echelle des prix

Nous ne pouvons vous communiquer le prix auquel ces cellules seront commercialisées en France, la plupart d'entre elles ne sont pas encore distribués chez nous. Toutefois, le critère du prix est important dans l'évaluation comparative des qualités des modèles testés. Nous avons pour chaque cellule indiqué une classe de prix sur la base des prix pratiqués au Japon pour donner à ce test toute sa signification.

- A. 10 000 à 15 000 yens
- B. 16 000 à 20 000 yens
- C. 21 000 à 30 000 yens
- D. 31 000 à 50 000 yens
- E. 51 000 à 70 000 yens
- F. 71 000 à 120 000 yens
- G. 121 000 à 200 000 yens

Bien naturellement les prix rencontrés en France seront supérieurs par l'incidence des taxes et des frais de distribution.

D'autre part, nous tenons à attirer l'attention du lecteur sur le fait que l'échelle des prix que nous communiquons ne sera pas forcément respectée sur le marché français.



Accuphase AC-2

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 4 Ω
Niveau de sortie : 0,18 mV
Diaphonie : 30 dB/1 kHz
Compliance : $15 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 2 g
Lever porte-pointe : saphir creux
Indice de prix : E

C'est un modèle se situant au-dessus de l'AC-1.

On note un boîtier taillé dans la masse, de 6 mm d'épaisseur. Le levier porte-pointe est un tube creux, en saphir. La courbe niveau/fréquence remonte légèrement au-dessous de 40 Hz et un peu plus fortement au-dessus de 12 kHz (+ 3 dB à 20 kHz). Courbe très plate entre 50 Hz et 10 kHz.

L'AC-2 a beaucoup de « corps ». Les sons sont fermes, le grave bien percutant. Le relevé des fréquences supérieures à 12 kHz procure un aigu détaillé, sans agressivité mais parfois légèrement métallique, qui s'équilibre cependant bien avec la nature du grave. Le médium est bien présent, jamais « creux », parfois un peu épais ou semblant manquer de petites nuances. L'ensemble reconstitue les instruments dans une taille assez grande, les « poussant en avant ». Différents transformateurs et pré-préamplificateurs modifient la personnalité de cette cellule mais un bon pré-préamplificateur semblerait apporter le maximum de finesse et de nuances, vu que, dans l'ensemble, cette cellule est légèrement « ronde ». Son utilisation semble assez universelle et elle convient aux bras rigides et assez lourds.



ADC MC-1.5

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 90 Ω
Niveau de sortie : 0,9 mV
Diaphonie : 28 dB/1 kHz
Compliance : $12 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : titane
Indice de prix : C

C'est, chez ADC, la première version à bobine mobile, l'aimant induit ayant été jusqu'ici souvent adopté chez ADC. La forme est assez effilée et l'ensemble muni d'une protection escamotable. On note, sur la courbe, un léger creux à 2,5 kHz, une légère remontée jusqu'à 8 kHz, suivie d'un creux de 1 dB à 12 kHz, puis d'une partie relativement plate jusqu'à 20 kHz. Cette courbe se retrouve sur entrée basse ou haute impédance.

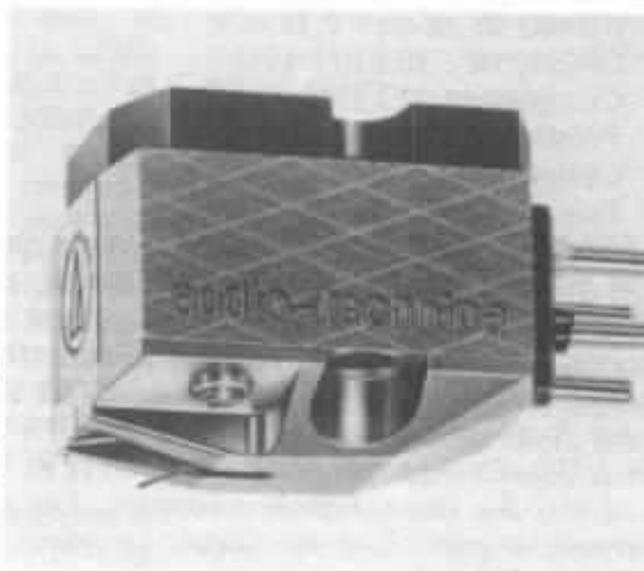
Le grave est agréable, « chaud », parfois un peu relevé et manquant de sécheresse sur les attaques d'archet de la contrebasse. Par contre, sur les prises de son très rapprochées, la MC-1.5 peut procurer de très bons résultats. Les cymbales sont vraies mais l'extrême-aigu semble parfois se détacher du reste. Léger manque de très petits détails. Si le préamplificateur possède une entrée pour cellule à aimant mobile très sensible (1,5 à 2 mV) on gagne alors en finesse dans l'aigu et en précision dans le bas-médium. Bien que l'ADC XLM/3 soit nettement supérieure sur le plan de la linéarité, la MC-1.5 procure de meilleurs résultats à l'écoute.



Audio Technica AT-33E

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 17Ω
Niveau de sortie : 0,4 mV
Diaphonie : 30 dB/1 kHz
Compliance : $10 \cdot 10^{-5}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : béryllium
Indice de prix : D

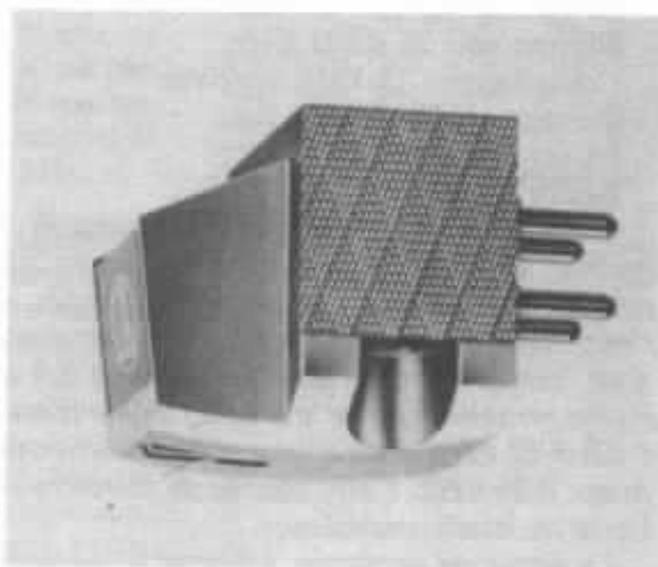
La version AT-33E est, en quelque sorte, le montage de l'AT-34E II dans le boîtier métallique doré du modèle AT-32E. Le boîtier est en fonte d'aluminium coulé, encastré sur une embase en matière synthétique, ce qui réduit entre autres les résonances parasites. La mesure dévoile une courbe remontant au-dessous de 200 Hz et au-delà de 3 kHz, d'une façon douce et régulière. Cette caractéristique se répercute à l'écoute, donnant l'impression d'un médium creusé, malgré d'excellentes qualités dans le grave et l'aigu. Grande transparence sonore, très bonne définition, grave propre et dynamique. Elle semble supérieure à l'AT-34E II sur le plan de la dynamique, des attaques, des transitions. Pertes momentanées d'équilibre sur certains sons, comme une voix de baryton, un violoncelle ou un chœur. Cependant, le choix des maillons devrait permettre de rétablir un bon équilibre et d'en tirer un très bon résultat.



Audio-Technica AT-1000

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : $2,5 \Omega$
Niveau de sortie : 0,1 mV
Diaphonie : 30 dB/1 kHz
Compliance : $35 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,4 g
Lever porte-pointe : diamant
Indice de prix : G

Le modèle le plus évolué chez ce constructeur, le plus gros producteur japonais de phonolecteurs. En prix, c'est aussi l'une des plus chères. Elle se présente sous la forme d'un boîtier métallique doré, taillé dans la masse, comportant deux faces guillochées à la façon des beaux briquets. Le stylet porte-pointe est en diamant, de longueur 4 mm et de section 0,25 mm. Contrairement à Dynavector, la pointe est ici rapportée sur la partie terminale, en biseau, du levier. Le diamant, dont le corps est de section carrée, de côté 60 mm, est enchâssé dans le levier, lequel a été préalablement percé par rayon laser. La courbe de réponse niveau/fréquence est très plate bien que légèrement descendante et comportant une petite remontée au-dessus de 15 kHz. Sur l'AT-1000, notons une suspension double très soignée, une tige de rappel et un stabilisateur vertical.



A l'écoute, résultats exceptionnels malgré le niveau de sortie relativement bas. Très dynamique, sur tout le spectre. Du grave à l'aigu, les sons ont à la fois du corps et les timbres sont vrais. Dans l'aigu le détail, la finesse, les micro-informations sont restitués avec une grande pureté bien que certains disques aient révélé un côté très légèrement métallique. L'effet de profondeur est excellent mais l'ensemble des instruments se trouve assez en avant. Le couplage AT-1000/AT-1000T (ce dernier étant le transformateur d'impédance) est moins flatteur et légèrement moins défini que dans le cas du couplage direct. Par contre, l'ensemble est très homogène et l'effet de profondeur semble plus réel. Sur un très bon disque, la dynamique est telle que l'on a l'impression d'écouter un disque « laser ».

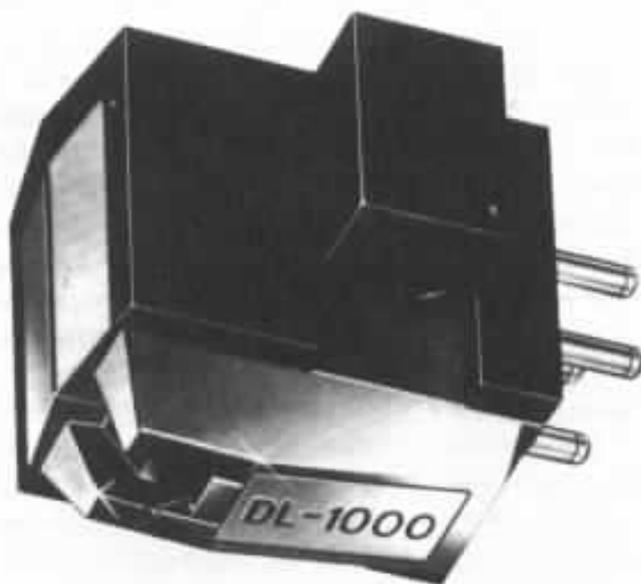
Denon DL-1000

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 33 Ω
Niveau de sortie : 0,12 mV
Diaphonie : 30 dB/1 kHz
Compliance : 20.10⁻⁶ cm/dyne
Pression de lecture : 0,8 g
Lever porte-pointe : bore amorphe
Indice de prix : F

De prix élevé, bien que moins chère que l'Audiotechnica AT-1000 au Japon, la DL-1000 est le modèle de très haut de gamme chez Denon. Sur le plan des mesures, la DL-1000 dépasse de loin tous ses concurrents japonais et étrangers. Plus de 110 kHz de bande passante, diaphonie de près de 20 dB entre 50 et 100 kHz, un taux de distorsion harmonique, entre 5 et 20 kHz, près de 20 fois inférieur.

à une cellule à bobine mobile courante. Le stylet porte-pointe, en cristal de bore amorphe, d'une rigidité mécanique quatre fois supérieure au bore courant. Ultra-léger, il permet d'obtenir une masse dynamique de seulement 0,077 mg, une valeur incroyablement basse. Sous 0,8 g de pression, il est possible de lire n'importe quelle gravure directe. Comme pour l'Audiotechnica AT-1000 la tension de sortie est relativement basse, soit 0,12 mV. A la mesure, linéarité exceptionnelle.

A l'écoute, la DL-1000 apporte bien plus qu'un faible taux de distorsion ou une large bande passante. Non seulement, l'aigu et l'extrême-aigu sont exceptionnels en définition, en naturel, en douceur, mais un ou deux rideaux en moins dans cette zone permettent de déceler de nouvelles informations, cachées jusqu'à présent, des échos, de « l'air », des bruits infiniment faibles mais bien distincts. Sur les violons, le résultat dépasse nettement les concurrents sur le plan de l'aisance à reproduire les sons les plus complexes. Le grave et le médium sont tout aussi beaux et propres, dynamiques, légers, naturels. Le disque Sheffield Lab 14 « Drum Record » passe avec une propreté et une aisance exemplaires. En comparaison, l'AT-1000 paraît plus flatteuse, un peu plus dynamique, mais inférieure sur le plan du naturel, de l'effet de profondeur (son plus « en avant ») et de la pureté de l'aigu. Mais il y a aussi, à ce niveau de qualité, l'influence du bras, du porte-cellule et de la table de lecture. Par rapport à la DL-1000 et à l'AT-1000, la Supex SDX-1100R (SDX-2200R à l'export) est moins définie, en particulier dans le bas, malgré une très nette amélioration par rapport à la SDX-1000. Cependant, on pourrait définir la DL-1000 comme la plus neutre, la plus naturelle, l'AT-1000 comme la plus spectaculaire (car très dynamique) et la SDX-1100R comme la plus « élégante », comme un compromis des deux précédentes, avec un arrière-goût de SDX-1000 (les pièces polaires et l'aimant étant très similaires). Mais, attention aux premières impressions, la plus neutre n'étant pas toujours la plus appréciée.



Denon DL-55

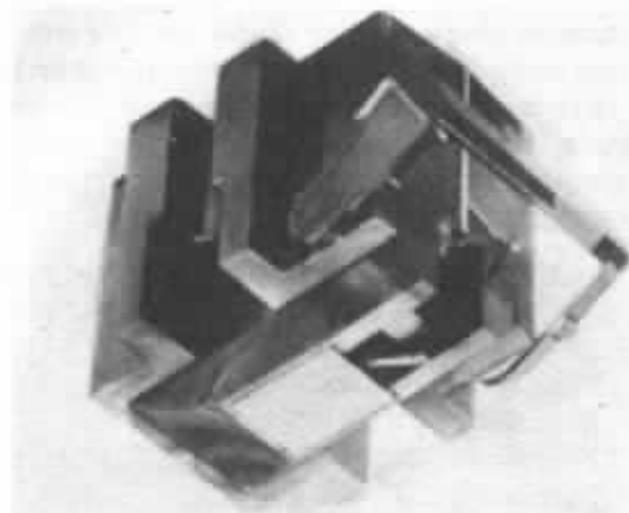
Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 40 Ω
Niveau de sortie : 0,3 mV
Diaphonie : 25 dB/1 kHz
Compliance : $10 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,9 g
Lever porte-pointe : duralimin
Indice de prix : A

La DL-55 est, en quelque sorte, une DL-301 de prix inférieur, mais néanmoins de haute qualité. Le corps de la cellule est le même que celui de la DL-207 ou de la DL-301, mis à part les couleurs : marron marbré pour la DL-207 (stylet porte-pointe en bore), blanc et noir pour la DL-301 et enfin bleu marbré pour la DL-55. C'est, chez Denon, le plus bas de gamme, dans les versions à bobine mobile.

Par rapport à la DL-301, les différences notées sont le lever porte-pointe, la suspension, étudiée pour réduire la compliance verticale (meilleure tenue sur les disques voilés).

Légère remontée au-delà de 15 kHz, due au diamant de profil elliptique. Dans le bas aussi, remontée de 1,5 dB environ à 25 Hz, le reste de la courbe étant bien linéaire.

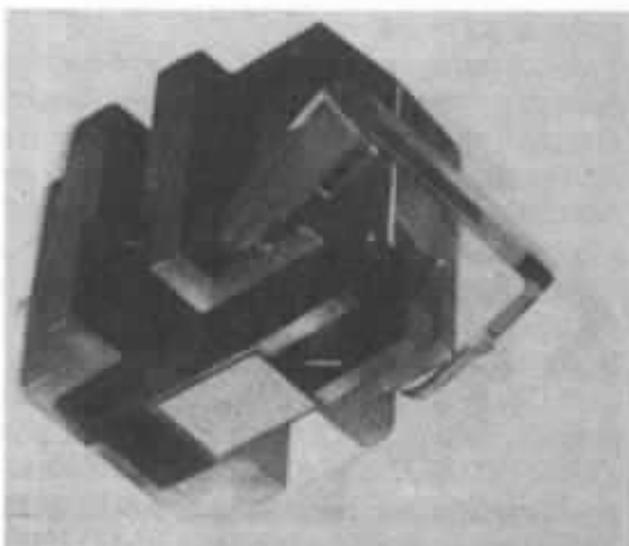
Le grave et le bas-médium sont excellents, le son est « plein » et riche en harmoniques. Peu de traînage dans le bas mais il convient d'utiliser un porte-cellule rigide et lourd genre FR 10 ou Audiotechnica (12 g). On est effectivement en-dessous de la DL-207 en termes de définition, de délié, de nuances. Par rapport à la DL-103, il y a comme quelque chose de plus plat, de plus confus mais c'est tout de même très bien, surtout étant donné le prix. Dans cette gamme de prix, comment recommander autre chose ? Attention aux réglages (angle d'attaque vertical) et au porte-cellule.



Denon DL-207

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 40 Ω
Niveau de sortie : 0,2 mV
Diaphonie : 28 dB/1 kHz
Compliance : $13 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,4 g
Lever porte-pointe : bore amorphe
Indice de prix : D

Parmi les séries Denon 300, la DL 305 au corps de couleur blanche est le modèle se plaçant en prix juste après la DL 1000. Viennent ensuite les DL-303 et DL-301, au corps de cellule blanc et noir. La DL-207 est, en quelque sorte, un équipage mobile de DL-305 monté sur un châssis de DL-301. Le corps est, cette fois, de couleur marron marbré et la pointe lectrice est protégée par un accessoire escamotable. Le stylet porte-pointe est en bore amorphe, d'une fabrication très délicate selon un procédé Denon (dépôt de vapeur chimique + recuisson dans un moule). Toutefois la suspension est



différente car c'est celle de la DL 301. L'avantage est un prix de vente au moins 40 % inférieur à celui de la DL-305.

La réponse niveau/fréquence est très plate, mais on note une légère remontée à partir de 4 kHz (environ + 2 dB à 20 kHz).

Le médium/aigu rappelle la DL-301. L'équilibre tonal est, par rapport à la DL-103, plutôt vers le médium-aigu. Le grave reste, malgré tout, bien présent et cet équilibre provoque, par moments, soit un son feutré et soyeux, soit un son sec, tenu et dynamique en raison du caractère du médium-aigu. Comparativement la DL-301 est plus énergique dans le bas-médium. Elle devrait convenir à tout genre de musique car n'a pu être prise en faute sur du classique, du jazz, de la voix ou de la percussion. C'est un très bon compromis, car on arrive à tirer les avantages des 305 et 301 avec, en plus, beaucoup de qualités musicales.

Fidelity Research PMC-3

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 8,6 Ω
Niveau de sortie : 0,17 mV
Diaphonie : 27 dB/1 kHz
Compliance : $8 \cdot 10^{-9}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : alliage léger + duralumin
Indice de prix : D

Une cellule dérivée de la fameuse PMC-1, mais améliorée. Le corps est, cette fois, de couleur marron-rouge métallique et les bobines mobiles sont réalisées à partir de fil émaillé de section relativement importante, soit 40 mm. La pointe lectrice est de type « Refine Contact », une sorte de « Line Contact » en plus large et moins haut. La mesure dévoile une réponse très plate sauf une remontée en pente très douce entre 4 kHz et 10 kHz (+ 1,2 dB) suivie d'une accentuation plus prononcée (+ 2,5 dB) à 20 kHz. Cette courbe se retrouve d'ailleurs sur plusieurs modèles de cette marque.

L'écoute apporte une amélioration nette par rapport à la FR-7 (moins de coloration). Médium excellent, bien défini, l'ensemble procurant un son bien « assis » et stable.

En attaquant le préampli via le transformateur F-1, on note peu de différences, ce qui veut dire aussi bien qu'un bon pré-préamplificateur peut faire l'affaire tout comme cela peut signifier qu'il existe quelques transformateurs qui sont capables d'apporter le minimum de coloration. Cependant, la PMC-3 est d'un niveau de qualité tel qu'elle mérite la recherche d'un bon mariage cellule/pré-préampli (ou transformateur)/préampli car, dans certains cas, le transformateur est supérieur au pré-préampli (clarté, définition générale). Félicitations pour le porte-cellule RS-10, massif, pas très esthétique mais améliorant la qualité du grave de nombreuses cellules (de compliance basse ou moyenne). Quant à la PMC-1, de couleur rouge métallique, la mesure montre une remontée importante de niveau à partir de 4 kHz (cas de plusieurs cellules de cette marque) soit près de + 4 dB à 20 kHz. A l'écoute, la PMC-1 procure un déséquilibre vers le haut du spectre, une impression de courbe de réponse niveau/fréquence « montante », bien que cette cellule possède en contre-partie plusieurs qualités. Pour la PMC-1, une bonne adaptation avec les autres maillons semble essentielle, et son prix (indice C) est relativement bas.



Glanz GMC-55E

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 3 Ω
Niveau de sortie : 0,1 mV
Diaphonie : 30 dB/1 kHz
Compliance : $12 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : saphir
Indice de prix : D



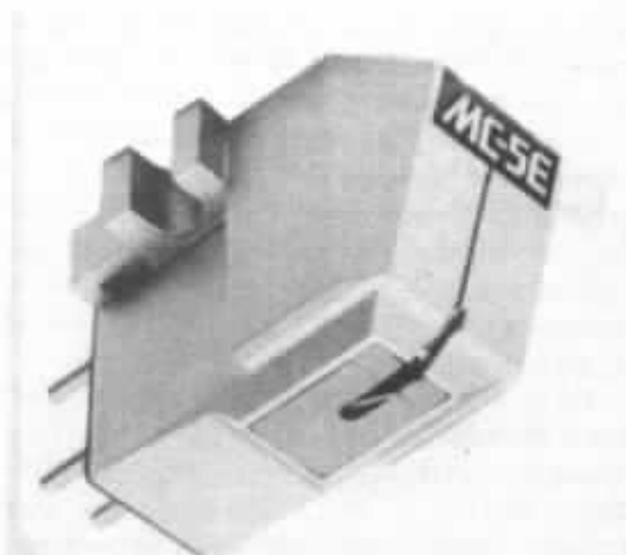
Une amélioration du modèle GMC-55, cette cellule est de type cellule/porte-cellule intégré, la cellule et le porte-cellule faisant un tout. L'ensemble est relativement lourd, soit 19 g. Le stylet porte-pointe est en saphir, de section 0,4 mm. La pointe lectrice est de type « Line Contact ». La structure magnétique particulière oblige le stylet porte-pointe à lire le disque sous un angle d'attaque anormalement prononcé, l'angle de lecture vertical étant toutefois corrigé par un positionnement adéquat du diamant. La mesure révèle une nette remontée en-deçà de 125 Hz et au-delà de 10 kHz.

A l'écoute et comme on s'y attendait, la recherche du meilleur angle d'attaque vertical est difficile à trouver. Le grave est large et un peu épais, l'extrême-aigu relevé. L'ensemble s'équilibre assez bien. Les instruments ont du « corps » et l'effet de salle est bien reproduit. Par rapport à l'AT-1000, on est assis une dizaine de rangs plus loin en arrière, c'est-à-dire avec une effet de profondeur plus prononcé. Un gros avantage technique de cette cellule est un axe de pivotement du stylet porte-pointe sur bille, donc plus précis que le principe à tige de rappel.

JVC MC-5E

Principe : bobine mobile
(couplage sur stylet porte-pointe)
Impédance de sortie : 30 Ω
Niveau de sortie : 0,2 mV
Diaphonie : 25 dB/1 kHz
Compliance : $8 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,6 g
Lever porte-pointe : béryllium
Indice de prix : C

Toujours à bobine mobile, la JVC utilise cependant un principe de transducteur différent, les bobines mobiles étant fixées à mi-chemin entre la pointe lectrice et l'axe de pivotement du stylet porte-pointe. A la mesure, réponse niveau/fréquence particulièrement linéaire, à part une infime remontée au-delà de 14 kHz.



Sur comparaison MC-1 - MC-5, la MC-1 était plus douce, peut-être moins dynamique aussi, à la fois fine et ronde. La MC-5, malgré une réponse très plate possède une coloration assez prononcée de l'aigu, un son « tout vers le haut », beaucoup plus gênant que celui que procure la FR PMC-1. Les sons faibles « sortent mal ». L'effet de salle, les échos passent mal ou presque pas. Pour le reste, le son est plat, sans être avantageusement en avant. Sur ces divers points, la version JVC MC-10E est nettement supérieure (indice de prix E) peut être plus difficile à bien adapter mais certainement fabuleuse sur le plan de la rapidité des attaques, de la transparence sonore. Du côté pouvoir de définition, la MC-10E pourrait pratiquement passer en tête, même si légèrement inférieure sur d'autres critères.

Ortofon MC-10 MK II

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 3 Ω
Niveau de sortie : 0,09 mV
Diaphonie : 25 dB/1 kHz
Compliance : $11 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : duralumin
Indice de prix : C

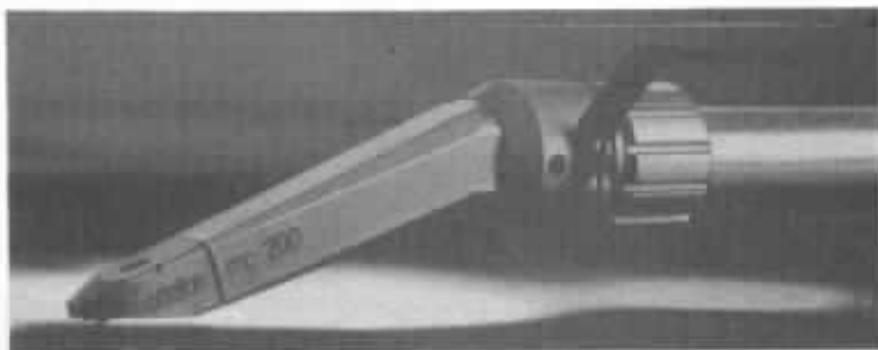


Sur ce modèle, Ortofon reste fidèle à sa technologie de transduction et aux bobines mobiles à faible impédance. A part la classique tige de rappel maintenant le levier porte-pointe, Ortofon utilise ici un triple amortissement, composé d'un disque semi-dur, d'une bague de platine et d'une suspension viscoélastique. La courbe niveau/fréquence remonte au-dessous de 3 kHz (+ 2 dB à 20 Hz) et également au-dessus de cette fréquence charnière, soit + 2 dB à 21 kHz.

Le grave, le bas-médium sonnent dans le style « Ortofon » et la qualité de l'aigu est bonne, sans plus. Le transformateur semble ici préférable au pré-préamplificateur. Dans l'ensemble, l'équilibre est relativement bon et la définition suffisante. Bien que l'indice de prix soit bas (C), on peut dire qu'à ce prix la concurrence japonaise est très forte, surtout sur le plan technologique (stylets porte-pointe en béryllium, en bore, etc.).

Ortofon MC-200

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 3 Ω
Niveau de sortie : 0,09 mV
Diaphonie : 25 dB/1 kHz
Compliance : $13 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : bore
Indice de prix : E



Chez Ortofon, on a vu naître les nouvelles séries à bobine mobile MC-10 à MC-30. Le porte-cellule est incorporé et l'ensemble rappelle la série VMS Concorde, lesquelles pesaient 6,5 g. Parfois difficiles à utiliser, on a noté ensuite l'apparition de la série STD, pesant 15 g. La MC-200 dérive de la STD et pèse cette fois 16,5 g. La MC-200 utilise un circuit magnétique circulaire de très petite taille ainsi qu'une suspension « sélective », proche de la MC-30. La réponse niveau/fréquence est typique à Ortofon avec une légère remontée de part et d'autre de 2,5 kHz. Au-dessus de 12 kHz, la remontée est plus rapide (environ + 2,5 dB à 20 kHz).

Le son est doux, « soyeux », « coulant », bien et très agréable. Cependant, cette cellule peut passer de très douce à très dynamique ce qui surprend dès les premières écoutes. Noter que la remontée de niveau au-dessus de 12 kHz ne gêne aucunement. Les cordes de la voix, la harpe sont reproduites avec beaucoup de naturel. Hésitations ici entre pré-préampli et transformateur. Sur le pré-préampli, le son est plus défini, plus transparent. En passant par le transformateur le son devient plus profond, plus mélodieux, plus « chantant », quoique moins défini. Par contre, il y a plus d'espace. En conséquence, le choix des différents maillons est à sélectionner avec prudence, mais il doit être possible d'en tirer de très bons résultats, ce d'autant plus que son prix, assez élevé correspond au haut de gamme.

Yamaha MC-9

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 30 Ω
Niveau de sortie : 0,3 mV
Diaphonie : 28 dB/1 kHz
Compliance : $11 \cdot 10^{-4}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : duralumin, forme effilée
Indice de prix : B

Mis à part la MC-1 S et la MC-1 X, toutes les cellules Yamaha à bobines mobiles utilisent le principe de la matrice. Les quatre bobines sont montées sur une croix et les liaisons inter-bobinages sont telles que l'on obtient $1/2 (D + G) + 1/2 (D - G)$ d'un côté, soit D, et $1/2 (G + D) + 1/2 (G - D)$ soit G, un principe qui est toutefois différent de celui utilisé par Decca (positionnement des bobinages). La croix ne possède pas des branches de même largeur, soit 0,7 mm (sens vertical) et 0,6 mm (sens horizontal). Le nombre de tours des bobinages n'est également pas symétrique, soit 59 tours (sens vertical) et 64 tours (sens horizontal). Ces dissymétries apportent cependant la reconstitution parfaite des canaux, avec une diaphonie dépassant 28 dB à 1 kHz. La courbe niveau/fréquence creuse très légèrement (bande 2 kHz - 8 kHz), mais l'allure générale est linéaire.

L'équilibre sonore ne correspond pas tout à fait à ce qu'en laissait présager la mesure. L'aigu est assez relevé, l'extrême-aigu aussi. Le bas-médium est en avant, présent et dynamique. Léger manque de petites nuances (piano, Debussy), mais quantité d'informations perçues assez importante. Effet de profondeur moyen mais, par contre, en largeur, le son sort facilement des enceintes. Rapport qualité/prix excellent (indice de prix B).

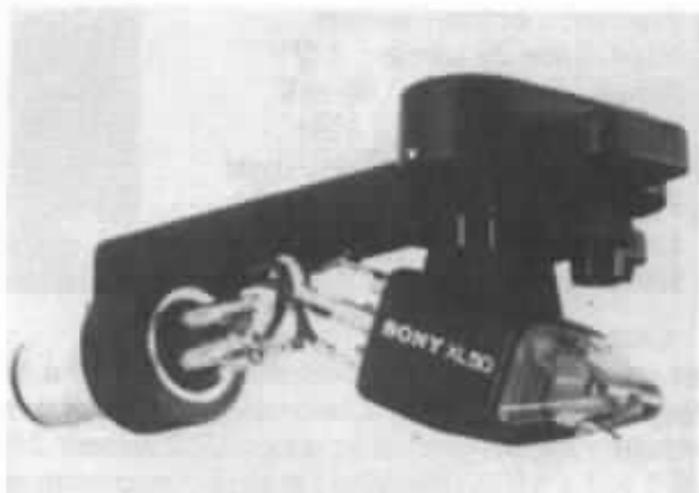


Sony XL-50

Principe : aimant mobile
Impédance de sortie : 470 Ω
Niveau de sortie : 2 mV
Diaphonie : 28 dB/1 kHz
Compliance : $20 \cdot 10^{-4}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,5 g
Lever porte-pointe : bore
Indice de prix : C

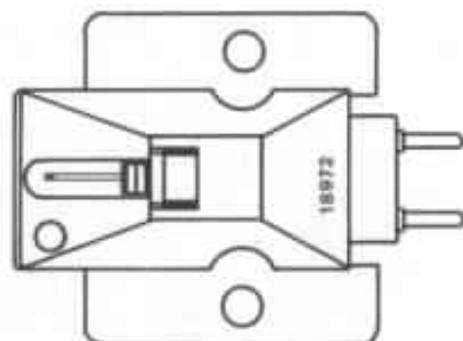
Malgré un prix relativement bas, la XL-50 Sony est équipée d'un levier porte-pointe en bore, d'un circuit magnétique original et très étudié, de forme triangulaire. Ce circuit est en permalloy amorphe, de rendement très élevé et de faibles pertes. C'est, avec la Shure V-15 V l'une des rares à être de principe à aimant mobile.

A l'écoute, la XL-50 est plus linéaire que la version XL-70. Malgré son prix les qualités sont très nombreuses. Son très fouillé, beaucoup de définition. Sur l'orgue, son très large et impressionnant, « sortant des haut-parleurs ». On distingue nettement le positionnement en profondeur des différents plans sonores. L'écho est reproduit avec beaucoup de vérité et sans pertes ou « oublis ». L'écoute fait tout à fait penser à une cellule à bobine mobile. Cependant, malgré une dynamique étonnante, il faudrait la placer, au niveau de l'exactitude des timbres notamment, un peu au-dessous de la Shure V-15 V. Même malgré son prix assez bas, cette cellule devrait plutôt convenir à des maillons de haut niveau, à des haut-parleurs très « rapides », sinon on pourrait défavoriser ou sous-estimer la XL-50.



Sony XL-55 II

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 30 Ω
Niveau de sortie : 0,25 mV
Diaphonie : 30 dB/1 kHz
Compliance : $20 \cdot 10^{-4}$ cm/dyne
Lever porte-pointe : bore
Indice de prix : D

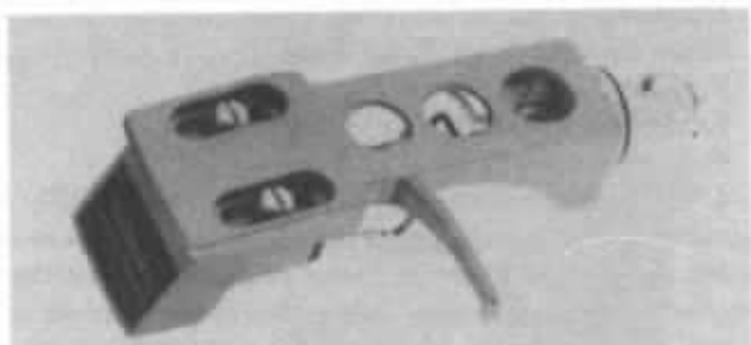


Cette cellule est la dernière de la série XL-55, la première étant la XL-55, lancée en même temps qu'une table de lecture de haute qualité. La seconde version proposée par la suite fut la XL-55 PRO, combinant cellule/porte-cellule et rappelant un peu l'EMT TSD-15. La XL-55 II est une version sans porte-cellule incorporé. Le corps de la cellule est en PVC moulé, couleur rouge, monté sur un socle en aluminium moulé et anodisé noir. Le principe de transduction est proche de l'ancienne Ortofon, bien que les entrefers soient beaucoup plus rapprochés, plaçant les bobines mobiles à l'intérieur de la pièce polaire, percée d'un trou un peu plus grand que d'habitude.

A l'écoute, la version II ne ressemble pas du tout à la XL-55, laquelle était plutôt ronde et douce. Ici, large bande passante, bon équilibre général. Le grave et le bas-médium sont précis, bien définis. Le médium et l'aigu contiennent beaucoup d'informations, de petits détails. Elle rappelle l'AT-33 E mais en mieux « assis », en mieux équilibré. En comparaison, la Yamaha MC-3 est un peu moins dynamique. Le son est large, profond. Vu son prix, c'est une très bonne affaire.

Technics EPC 305MC MK II

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 25 Ω
Niveau de sortie : 0,18 mV
Diaphonie : 25 dB/1 kHz
Compliance : $12 \cdot 10^{-4}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,3 g
Lever porte-pointe : bore
Indice de prix : D



Chez Technics, la première version 305 fut l'une des premières à utiliser un stylet porte-pointe en bore pur. La 305 MC MK II représente donc une version améliorée dans cette série à bobines mobiles.

Ici, les bobines mobiles sont plates et circulaires, placées en V, bien qu'il ne s'agisse pas du principe propre à Audiotecnica. La suspension, triple, décentrée, permet de réduire la compliance dans le sens vertical, donc les effets gênants dus aux disques voilés. Noter que la pièce polaire frontale est double, vu que les bobines mobiles sont séparées et non bobinées sur une croix ou une plaque carrée.

Entre 20 Hz et 10 kHz, la courbe niveau/fréquence est plate mais très légèrement descendante (— 1,2 dB). Au-dessus de 10 kHz, la réponse est pratiquement linéaire.

L'aigu surprend dès les premières écoutes, car léger, très fin, dénué de toute distorsion. Léger manque dans le médium-aigu que l'on peut attribuer à la courbe de réponse. Un peu froid dans l'ensemble, mais d'une propreté exemplaire. La 305 MC MK II est transparente, « rapide ». Pas de défauts gênants sauf, peut-être, une nature un peu « sèche », un certain manque de chaleur ou de « corps » quelque part (bas-médium ?). Sur un bon transformateur, les résultats sont meilleurs, même si l'on perd un peu en transparence. Sur certains disques, le son « sort un peu moins des enceintes » qu'avec certaines cellules. Mais, si l'on écoute un chœur d'enfants ou du piano, la solution du bon pré-préampli est quand même préférable.

Yamaha MC-3



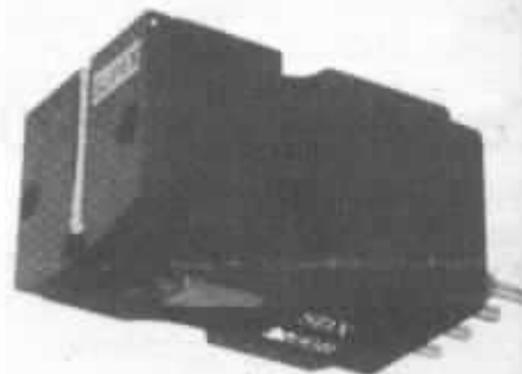
Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 30 Ω
Niveau de sortie : 0,2 mV
Diaphonie : 28 dB/1 kHz
Compliance : $17 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,2 g
Lever porte-pointe : béryllium traité
Indice de prix : D

Présentation identique à la MC-9, mais corps bleu foncé transparent. Même principe de matrice que celui de la MC-9. Renfort de la suspension dans le sens vertical. Masse dynamique rapportée à la pointe lectrice de seulement 0,14 mg.

La courbe de réponse niveau/fréquence rappelle la MC-9 mais en plus linéaire.

Large bande passante subjective, beaucoup de détails sonores, sans pour autant atteindre le très haut de gamme. En dynamique, c'est très bien mais il y a mieux chez les concurrents. Manque d'extrême grave. Assez bonne en profondeur mais léger manque de largeur stéréophonique, soit l'opposé de la MC-9. Malgré tout, les échos d'église sur orgue passent très bien, chose à laquelle on ne s'attendait pas. Parfois légèrement brillante, bien que ce soit une brillance peu gênante et même agréable sur certains instruments, la flûte par exemple.

Supex SDX 1100 R



Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 1,5 Ω
Niveau de sortie : 0,2 mV
Diaphonie : 27 dB/1 kHz
Compliance : $9 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne
Pression de lecture : 1,7 g
Lever porte-pointe : rubis artificiel
Indice de prix : E

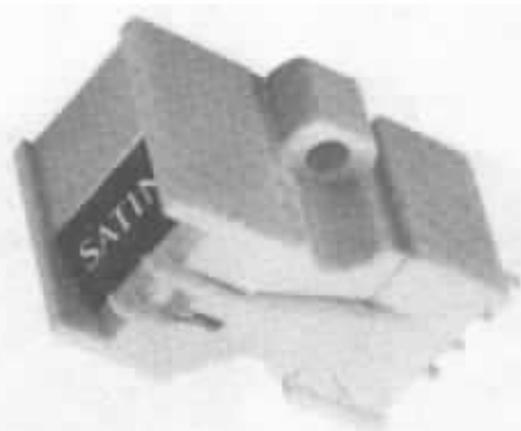
C'est une amélioration de la série SDX 1000, la version R correspondant à un stylet porte-pointe en rubis, la version D en diamant et bientôt la version B en bore. Le circuit magnétique et l'aimant en forme de disque sont très proches de ceux de la SDX 1000. Le lever porte-pointe est percé au laser, ce qui permet d'y loger avec précision la pointe lectrice.

A la mesure courbe assez plate, légère remontée au-dessus de 12 kHz ainsi qu'un léger creux entre 1,5 kHz et 2 kHz (anti-résonance). A l'écoute et suivant les combinaisons transfo/pré-ampli et préamplificateurs, l'aigu peut paraître un peu brillant et il convient de rechercher tout d'abord, les maillons apportant le meilleur équilibre.

Sur la SDX 1100 R la bande passante subjective est très large et le sous-grave passe sans aucune difficulté. Dans l'ensemble, la SDX 1100 R allie douceur, brillance, clarté, précision. Beaucoup d'informations sonores perçues, même les plus difficiles à « tirer » du sillon. On distingue par ailleurs avec facilité les sons directs, les sons réfléchis, les échos lointains, le pré-écho de gravure ou de bande. La mesure révèle une légère remontée au-dessous de 25 Hz, ce qui pourrait expliquer pourquoi cette cellule paraît descendre si bas en fréquence. En la comparant à l'AT 1000, la SDX 1100 R est un peu moins dynamique (bien que très dynamique par rapport à bien des cellules de haut de gamme). L'AT 1000 semble plus rapide sur les attaques, un peu moins relevée dans l'extrême-aigu, mais parfois un peu plus dure ou un peu plus métallique. Sur l'AT-1000, beaucoup moins de profondeur. La Denon DL-1000 est plus neutre, moins « élégante » mais encore plus « fouillée ». Sur certains points, la JVC MC-L10 semble dépasser les autres, en particulier pour son côté « spectaculaire », la vitesse des attaques.

Satin M 21 P

Principe : bobine mobile
Impédance de sortie : 12 Ω
Niveau de sortie : 0,6 mV
Diaphonie : 35 dB/1 kHz
Compliance : 15.10⁻⁶ cm/dyne
Pression de lecture : 0,9 g
Lever porte-pointe : béryllium
Indice de prix : F



Satin fabrique depuis fort longtemps à Kyoto des phonolecteurs à bobines mobiles de technologie particulière et unique. Il ne s'agit pas de la technologie Ortofon mais d'un système à « pentographe » sur lequel sont fixées deux bobines elliptiques plates glissant dans un entrefer rempli d'huile. Le levier porte-pointe, reposant sur une sorte de fourchette est amovible contrairement aux autres cellules à bobines mobiles.

A la mesure, la M-21P, la dernière d'une longue série d'apparence toujours très proche, est particulièrement linéaire. Au-dessus de 15 kHz, l'angle d'attaque vertical joue d'une façon sensible sur le niveau. Pour beaucoup de cellules de cette marque, des cales sont d'ailleurs fournies, afin de permettre un réglage d'angle de lecture vertical.

La MP-21 P procure un son d'une transparence exemplaire et se place parmi les meilleures cellules sur le plan de la quantité d'informations perçues. C'est, par contre, une cellule qui demande à être ajustée soigneusement et qui peut changer brutalement de son en raison d'une modification minime. Le grave est très dynamique et « percutant » presque en « béton » tant le taux de traînage semble faible. La profondeur et les échos sont reproduits avec un naturel remarquable et vraiment étonnant (car se rencontrant rarement). Sur ce dernier point, seule la Denon DL 1000 pourrait rivaliser. Par contre, les timbres semblent beaucoup plus naturels sur la DL-1000. Parmi toutes les cellules testées, c'est peut-être la plus « capricieuse », celle dont on ne peut tirer le maximum qu'après bien des essais et tâtonnements.

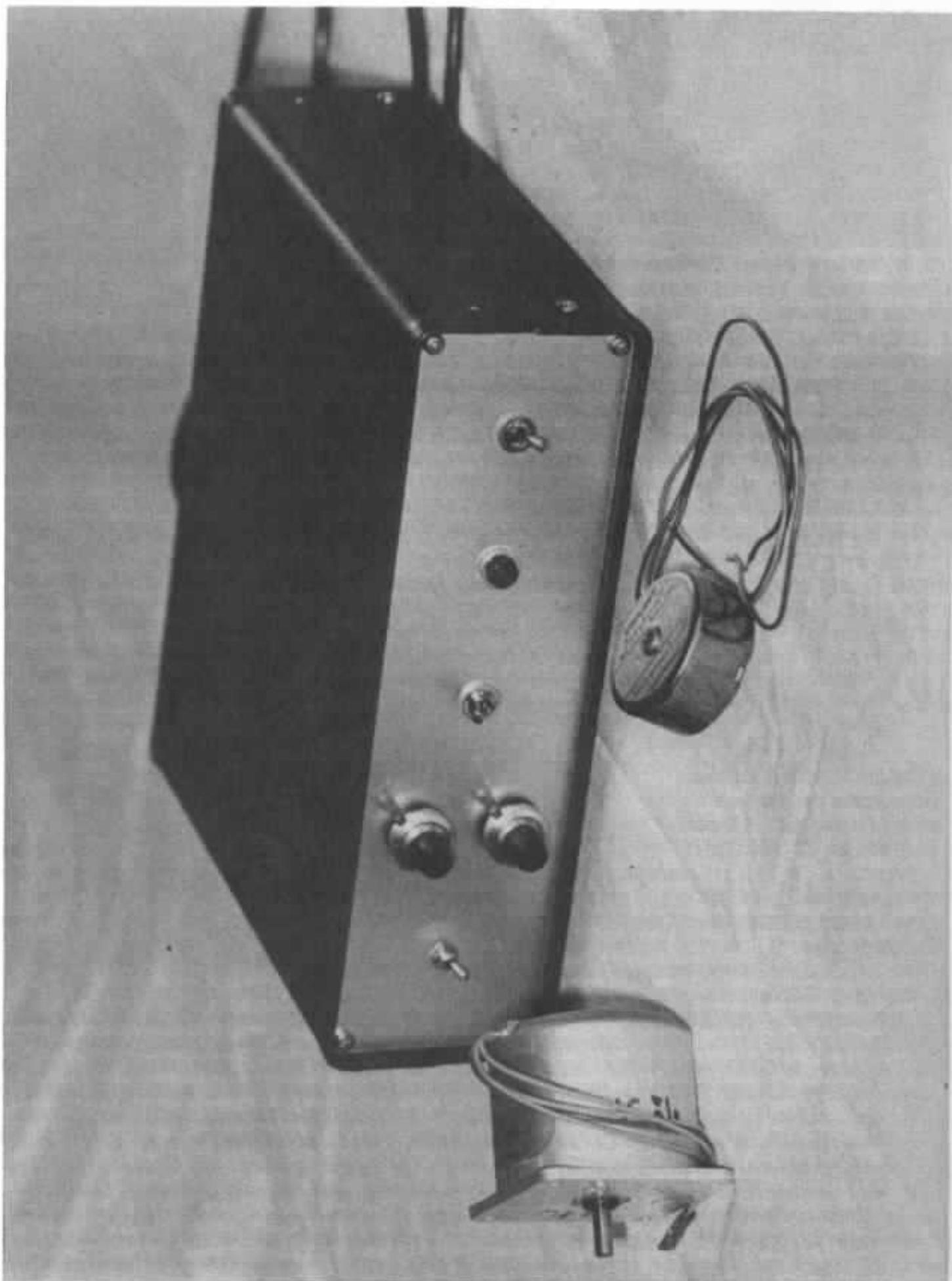
Shure V-15 V

Principe : aimant mobile
Impédance de charge : 47 k Ω
Niveau de sortie : 3,2 mV
Diaphonie : 25 dB/1 kHz
Compliance : # 25.10⁻⁶ cm/dyne
Pression de lecture : 1 g
Lever porte-pointe : béryllium
Indice de prix : E



Cette cellule a été décrite en détail dans le n° 24 de l'Audiophile. C'est une nette amélioration de la 15 IV, en particulier grâce à l'adoption d'un stylet porte-pointe en béryllium de très faible épaisseur (12 μ m) ce qui reporte la résonance élevée à 33 kHz, vu que le levier porte-pointe, ultrarigide, ne pèse que 0,096 mg. Notons aussi l'emploi d'un diamant d'un polissage très soigné.

Les premières écoutes font immédiatement penser à une cellule à bobine mobile de haut de gamme tant la dynamique est grande, tant les attaques sont rapides. Le médium-aigu est remarquable, l'extrême-aigu fin et délié. Le bas est très propre, tenu au point que l'ensemble peut avoir tendance par moments à se déséquilibrer vers le haut. Par rapport aux cellules à bobines mobiles de très haut de gamme, on est malgré tout un peu en-dessous, que ce soit à propos de la dynamique, des attaques dans le grave, de la richesse des harmoniques ou de la reproduction des échos de faible niveau. Mais la V-15 V dépasse malgré tout de nombreuses cellules à bobines mobiles sauf quatre ou cinq exceptions. Le porte-cellule est à sélectionner soigneusement et un ensemble bras/porte-cellule trop léger tend à déséquilibrer la V-15 V vers le haut.



Une commande électronique deux vitesses pour moteurs synchrones de platines

Guy Marec

A la suite de la publication de l'article « un essai d'isolement de la table de lecture » dans l'Audiophile n° 20, beaucoup de lecteurs ont manifesté de l'intérêt pour le boîtier de commande électronique utilisé sur cette table de lecture. Nous en donnons ici une étude détaillée et l'adaptation à deux platines : la « platine Verdier » qui fait partie des réalisations de l'Audiophile et la « platine Lurné » qui a fait l'objet de publications dans cette revue.

Il pourrait a priori paraître superflu ou inutilement compliqué de faire appel à l'électronique pour entraîner une table de lecture. Cette apparente complication est pourtant pleinement justifiée lorsque la platine doit être utilisée aux deux vitesses habituelles 33,33 et 45 tr/mn. Certains constructeurs n'ont pas hésité à le faire pour leurs modèles haut de gamme, ce procédé a donc déjà fait ses preuves. Il présente deux avantages principaux :

- il évite de manipuler la courroie que ce soit à la main ou par l'intermédiaire d'un système mécanique.

- il évite un ajustage fastidieux du diamètre des poulies et permet un réglage fin de la vitesse de rotation du plateau.

Nous nous limiterons, dans cette étude, aux moteurs synchrones et aux deux vitesses principales 33,33 et 45 tr/mn. L'adaptation à la vitesse 78 tr/mn pose des problèmes qui seront évoqués plus loin et n'a pu être envisagée dans le cadre de cette étude. Cette étude concerne plus particulièrement les moteurs des « platines Lurné et Verdier » dans leur version 24 volts. Mais les principes présentés pourront être étendu à tous autres moteurs synchrones.

1. Utilisation des moteurs synchrones :

Ces moteurs sont utilisés depuis longtemps pour l'entraînement, pour deux raisons principales : la première, c'est qu'ils

ont la réputation d'être moins bruyant que leur homologue asynchrones ou continu, la deuxième c'est que leur vitesse étant proportionnelle à la fréquence du courant d'excitation, la stabilité de leur rotation dépendra pratiquement uniquement de la stabilité de cette fréquence. En fait, ceci n'est rigoureusement exact qu'à vide. Si le moteur est chargé, sa vitesse peut « glisser » et être légèrement inférieure à la vitesse théorique.

On conçoit facilement, dans ces conditions qu'il suffit de faire varier la fréquence du courant d'excitation pour avoir un moteur à vitesse variable. C'est un principe très largement utilisé. Il y a malheureusement des limitations très importantes à

cette possibilité. D'une part, le changement de fréquence entraîne un changement d'impédance du moteur d'où un changement du courant d'excitation qui se traduit à tension nominale constante par une diminution du couple si le courant diminue et par une augmentation de l'échauffement si le courant augmente. D'autre part, le bruit d'un moteur est très lié à sa vitesse de rotation. L'expérience prouve que le bruit peut augmenter aussi bien pour une diminution que pour une augmentation de vitesse, c'est une affaire de cas d'espèce, il n'y a pas de règle générale. Nous avons consulté les constructeurs de moteurs sur ces problèmes dans le but d'optimiser les conditions de fonctionnement : ils n'ont généralement pas l'expérience de ce type d'utilisation et sont incapables d'apporter des informations précises. Force était donc de se faire une expérience en faisant des essais.

2. Principe du circuit

(se référer à la fig. 1)

Le circuit de commande doit avoir deux fonctions :

- générer les deux fréquences correspondant aux deux vitesses choisies ;

- fournir un niveau de tension suffisant pour exciter le moteur, c'est-à-dire sa tension nominale (24 veff dans votre cas).

Nous avons scindé le circuit en deux parties : un oscillateur suivi d'un petit amplificateur de puissance. Il était possible de concevoir un amplificateur de puissance monté en oscillateur. Mais la séparation des deux fonctions est plus pratique : elle permet d'utiliser un amplificateur intégré pour l'oscillateur (circuit A₁) sans avoir à se poser le problème de la stabilité due à l'augmentation de gain indispensable apportée par l'amplificateur de puissance A₂.

L'oscillateur choisi est du type à « Pont de Wien ». Un tel oscil-

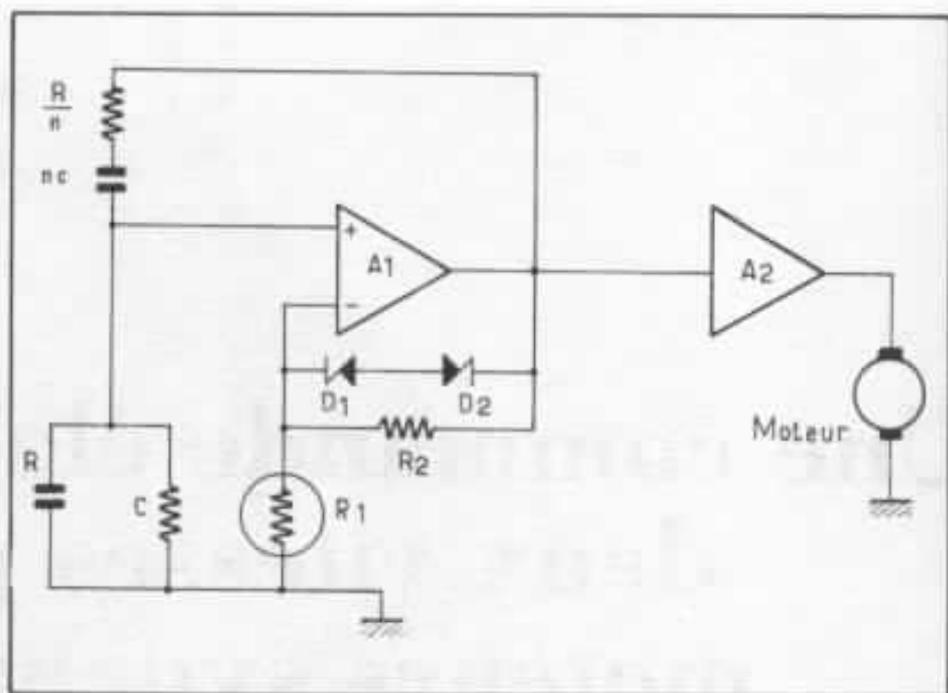


Fig. 1 : Principe du circuit de commande.

lateur bâti sur un amplificateur différentiel comporte une boucle de contre-réaction (R₁ et R₂) qui ajuste le gain à la valeur désirée et une boucle de réaction sélective (R₁, $\frac{R}{n}$, C, nc) qui fixe la

fréquence de l'oscillateur.

Avec les notations choisies :

- la fréquence de l'oscillateur est

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

- le gain de l'amplificateur est lié au rapport des résistances par la relation :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{nG - (n+2)}{2G + (n+2)}$$

G est le module du gain du circuit intégré en boucle ouverte et n un coefficient arbitraire. Nous aurons choisi n = 1 et en considérant que G est extrêmement grand.

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{2}$$

Le seul problème délicat est la stabilisation en amplitude de l'oscillateur. L'un des éléments R₁ ou R₂ doit être non linéaire, c'est-à-dire varier avec le niveau de tension qui lui est appliqué.

On utilise généralement pour cela une lampe à filament de tungstène (bien vide !) ou une thermistance. Nous avons retenu la première solution et R₁ sera donc constitué par une petite lampe.

On obtient ainsi un oscillateur à très faible distorsion, généralement utilisé dans les générateurs basse fréquence de qualité.

Cette qualité a malheureusement une contrepartie, c'est que moins le signal comporte d'harmoniques, plus son amplitude est longue à se stabiliser. Ceci est très gênant dans l'utilisation qui nous intéresse. Il est donc nécessaire d'utiliser un artifice qui consiste à augmenter le taux d'harmonique dès que le signal dépasse un certain seuil au moyen d'un double écrêtage par diodes zener (D₁ et D₂ sur le schéma). Le temps de stabilisation est alors considérablement réduit.

La stabilité de la fréquence de l'oscillateur sera uniquement fonction de la stabilité des éléments R et C. Il faudra choisir des résistances à couche métallique et des condensateurs de bonne qualité, polycarbonate

par exemple. L'idéal est que les pentes des dérives thermiques de R et C soient de signe opposé, de façon à obtenir une compensation partielle des dérives.

L'amplificateur de puissance sera constitué d'éléments discrets, il est difficile de trouver des « booster » qui puissent travailler sous ± 40 volts.

3. Equations caractéristiques du système d'entraînement

Si D est le diamètre de la poulie solidaire du plateau, d le diamètre de la poulie du moteur et e l'épaisseur de la courroie, le rapport de démultiplication est :

$$n = \frac{D + e}{d + e}$$

Si Ω est la vitesse du moteur et f la fréquence du courant d'excitation le coefficient de vitesse du moteur est :

$$K = \frac{\Omega}{f}$$

Si ω est la vitesse de la platine :

$$\omega = \frac{\Omega}{n}$$

Nous en tirons :

$$n = \frac{K f}{\omega}$$

qui avec

$$n = \frac{D + e}{d + e}$$

permet de déterminer tous les éléments nécessaires. En effet, K est imposé par le moteur choisi, ω est imposé (33,33 ou 45 tr/mn) D est imposé par la platine et e par la courroie. Reste à déterminer les deux fréquences d'excitation et d'en déduire le diamètre de la poulie du moteur.

4. Caractéristiques des moteurs. Choix des fréquences d'excitation :

4.1. Le moteur de la « platine Verdier »

C'est aussi le moteur employé sur le quatrième prototype de la platine Lurné (Audiophile n° 20). C'est un moteur Polymotor (RTC) de la série SR 27 dont les caractéristiques sont données

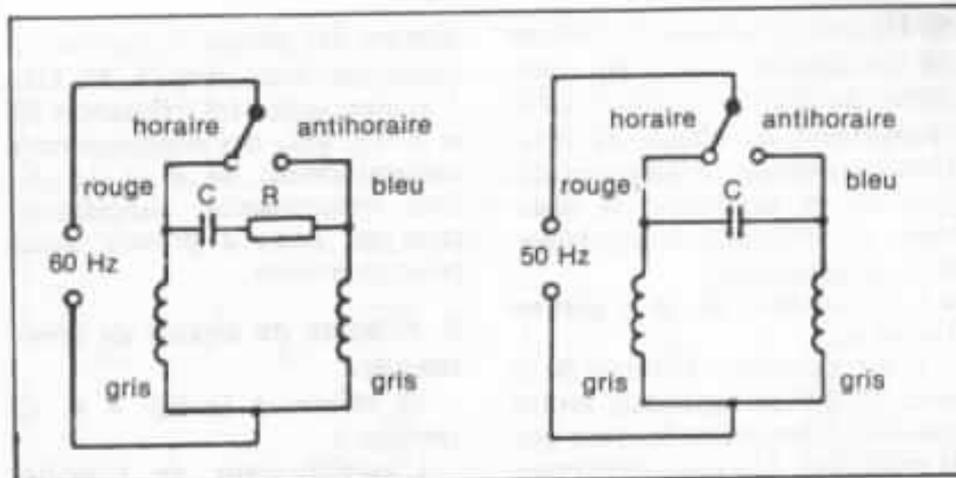


Fig. 2 : Branchement du moteur Polymotor (RTC).

dans le tableau 1. Il peut être utilisé en 50 et en 60 Hz. Les branchements préconisés par le constructeur sont donnés fig. 2. Des essais effectués avec ce moteur ont montré que le bruit à 60 Hz est supérieur à celui à 50 Hz et qu'au-dessous de 50 Hz, le bruit a tendance à nouveau à augmen-

ter considérablement. Le mieux est donc de l'utiliser à une fréquence légèrement supérieure à 60 Hz à 45 tr/mn et à une fréquence légèrement inférieure à 50 Hz en 33 tr/mn. J'ai donc utilisé 65 Hz et 48 Hz avec les circuits déphaseurs préconisés par le constructeur pour 60 Hz et

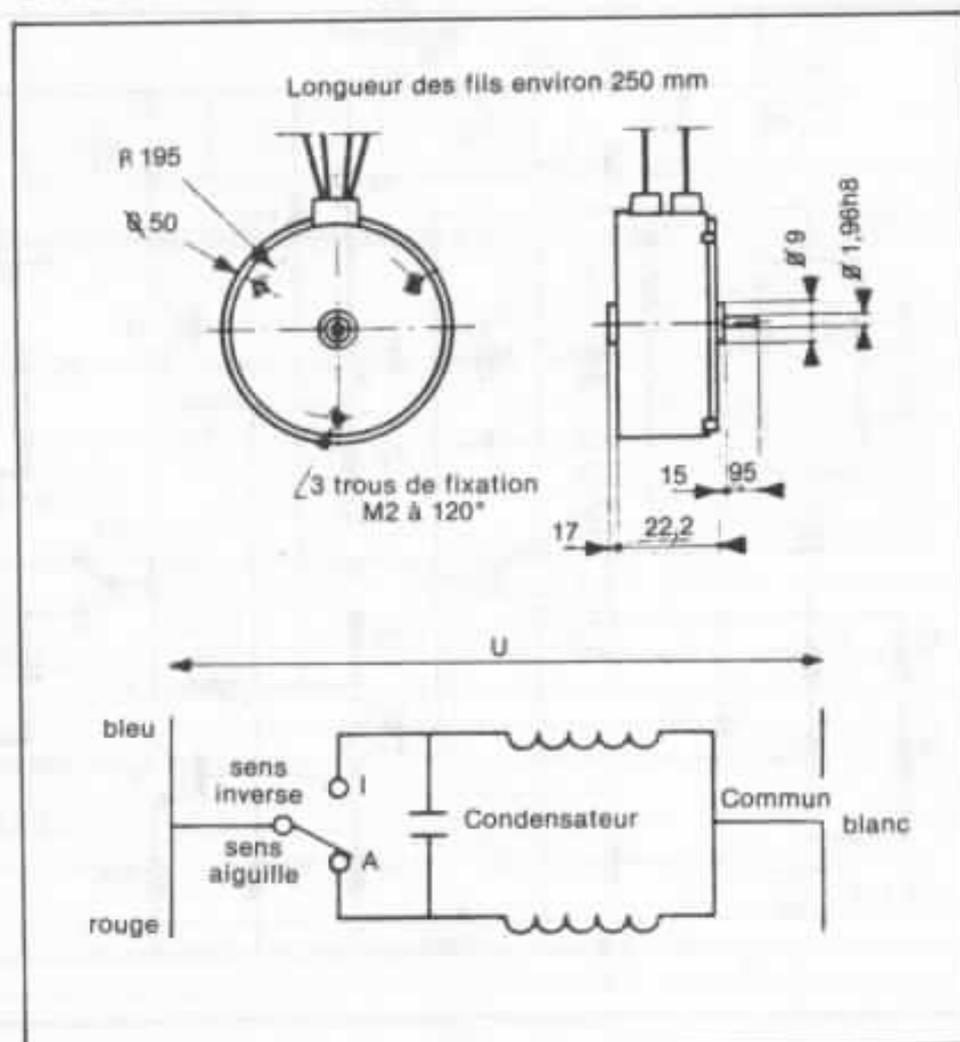


Fig. 3 : Branchement du moteur Crouzet.

50 Hz respectivement. Le boîtier de commandes doit donc comporter un dispositif, couplé sur le changement de vitesse de rotation, permettant de mettre en circuit ou de supprimer la résistance en série avec le condensateur de déphasage.

4.2. Le moteur de la « platine Lurné » :

C'est un moteur Crouzet de la série 82 470.0, beaucoup moins puissant donc moins bruyant que le précédent. Les caractéristiques sont précisées dans le tableau 2 et son branchement fig. 3. Le constructeur consulté sur son utilisation à fréquence variable n'a pu donner aucune indication précise sinon qu'il vaut mieux l'utiliser à fréquence inférieure à 50 Hz à condition d'adapter les circuits de déphasage. Des essais ont montré qu'en respectant la qua-

drature des phases, le moteur se comporte bien jusqu'à 30 Hz. J'ai donc utilisé les fréquences 50 et 37 Hz avec des condensateurs respectivement de 8 et 12 μ F. Une commutation supplémentaire est donc à prévoir aussi pour ce moteur.

5. Schéma du circuit de commande.

Se référer à la fig. 4 et au tableau 3.

L'amplificateur de l'oscillateur proprement dit est un amplificateur opérationnel intégré à entrée J.Fet. L'amplificateur de puissance de sortie est constitué de quatre transistors complémentaires montés en contre-réaction.

Le circuit d'alimentation a été volontairement réalisé très simplement de façon à pouvoir utili-

ser tout transformateur d'essai à secondaire ajustable dont le prix est généralement assez bas. Le redressement est donc un double mono-alternance, ou doubleur avec point milieu à la masse. Une stabilisation par diodes zener a été prévue pour alimenter l'oscillateur. L'ajustage fin de la fréquence de l'oscillateur est fait sur les résistances du pont.

6. Réalisation :

Se référer à la fig. 5 et aux photos.

L'oscillateur et l'amplificateur sont réalisés sur circuit imprimé, le redressement et le filtrage sont réalisés hors du circuit. L'implantation du circuit prévoit la possibilité, au gré de l'utilisateur, d'ajuster les fréquences sur l'une ou l'autre des branches du pont ou sur les deux. L'ajustage

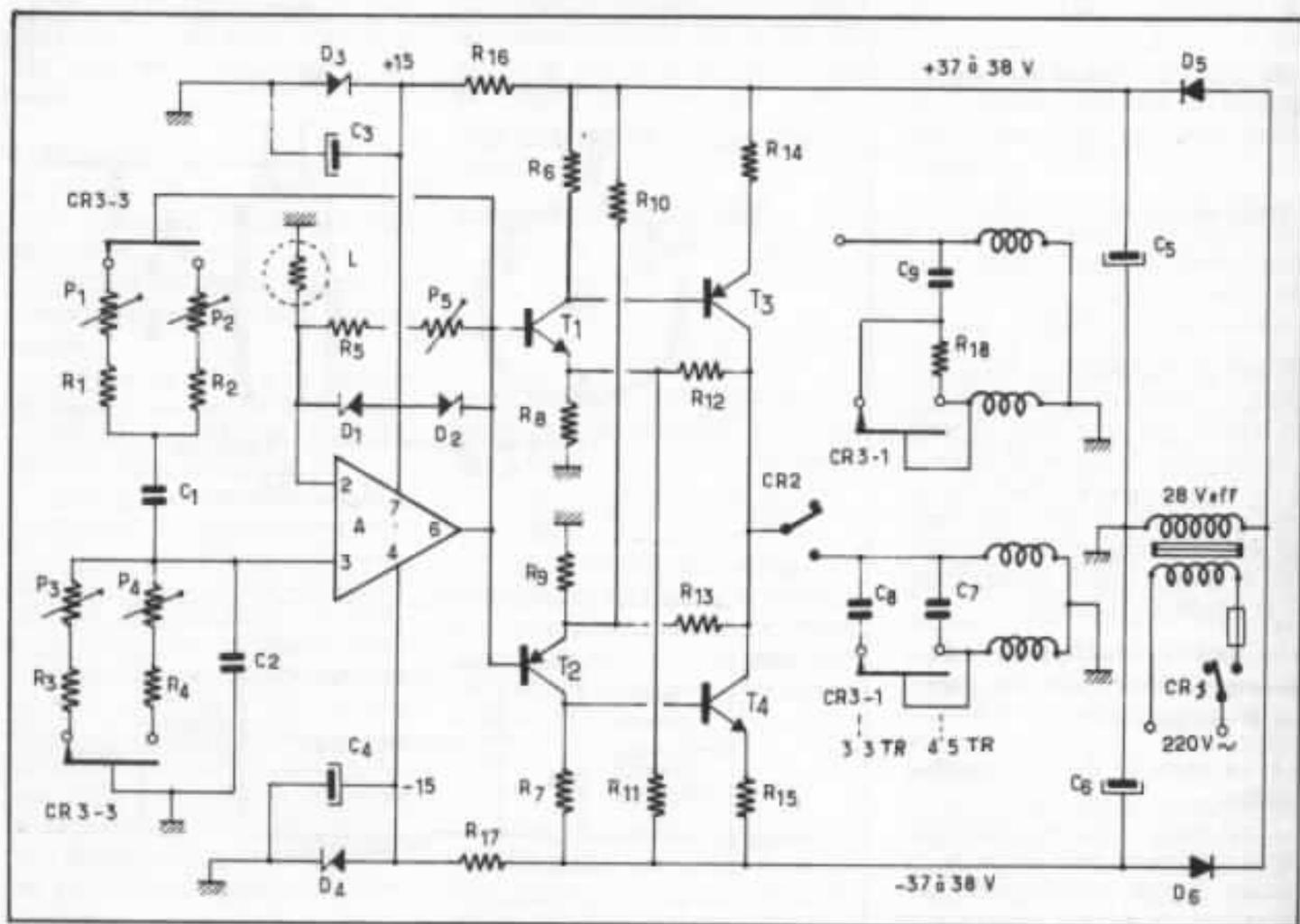


Fig. 4 : Schéma du circuit de commande. Le schéma de branchement des moteurs correspond à la position haute du commutateur CR2 au moteur Polymotor (RTC) et au moteur Crouzet en position basse.

Tableau 1 :		Moteur SR 27...			
Axe lisse, diamètre 6 mm	111	311	411	511	
Axe lisse, diamètre 3 mm	101	301	401	501	
Tension nominale	220	110	48	24	(V)
Tolérance de tension		- 15 à + 10			(%)
Fréquence		50			(Hz)
Vitesse		250			(t/mn)
Courant	30	55	125	250	(mA)
Puissance d'entrée		6			(W)
Couple de démarrage		60			(mN.m)
Couple dynamique		70			(mN.m)
Tolérance de couple		0,4			(%)
Échauffement propre du moteur		55			(°C)
Gamme de température ambiante de fonctionnement		- 20 à + 70			(°C)
de stockage		- 40 à + 100			(°C)
Isolément (norme CEE 10)		Classe 2			
Tension d'isolement		2500			(V)
Paliers		A billes (face avant) Autolubrifiants (face arrière)			
Force radiale maximale		50			(N)
Force axiale maximale		20			(N)
Boîtier		Aluminium			
Poids		530			(g)
Capacité de déphasage	0,22	0,82	4,7	18	(μF)
Tension nominale	330	250	160	100	(V)

Tableau 1 : Caractéristiques techniques constructeur des moteurs synchrones Polymotor (RTC) utilisés sur la platine Verdier.

Tableau 2 : Caractéristiques techniques constructeur du moteur synchrone Crouzet utilisé sur la platine Lurné.

Tableau 2 :

Tension		Condensateur	
V	Hz	μF	V
12	50	39 ± 5%	35
24	50	91 ± 5%	75
48	50	22 ± 5%	150
115	50	039 ± 5%	300
127	50	033 ± 5%	350
220	50	012 ± 5%	600
240	50	0091 ± 5%	700

	82 470 0
● Vitesse - tr/min	600
● Puissance absorbée - W	38
● Puissance apparente - VA	38
● Cos φ (facteur de puissance)	1
● Couple d'accrochage - cm.N	0,4
● Couple de décrochage - cm.N	1
● Échauffement - °C	55
● Ambiante - °C	- 5 + 60
● Inertie maximum pouvant être accrochée - g.cm ²	17
● Temps de montée en vitesse - s	30/100
● Nombre de démarrage à vide - 10 ⁵	illimité
● Résistance isolement - MΩ	10 ⁷
● Tension disruptive - V - 50Hz	4000
● Masse - g	170

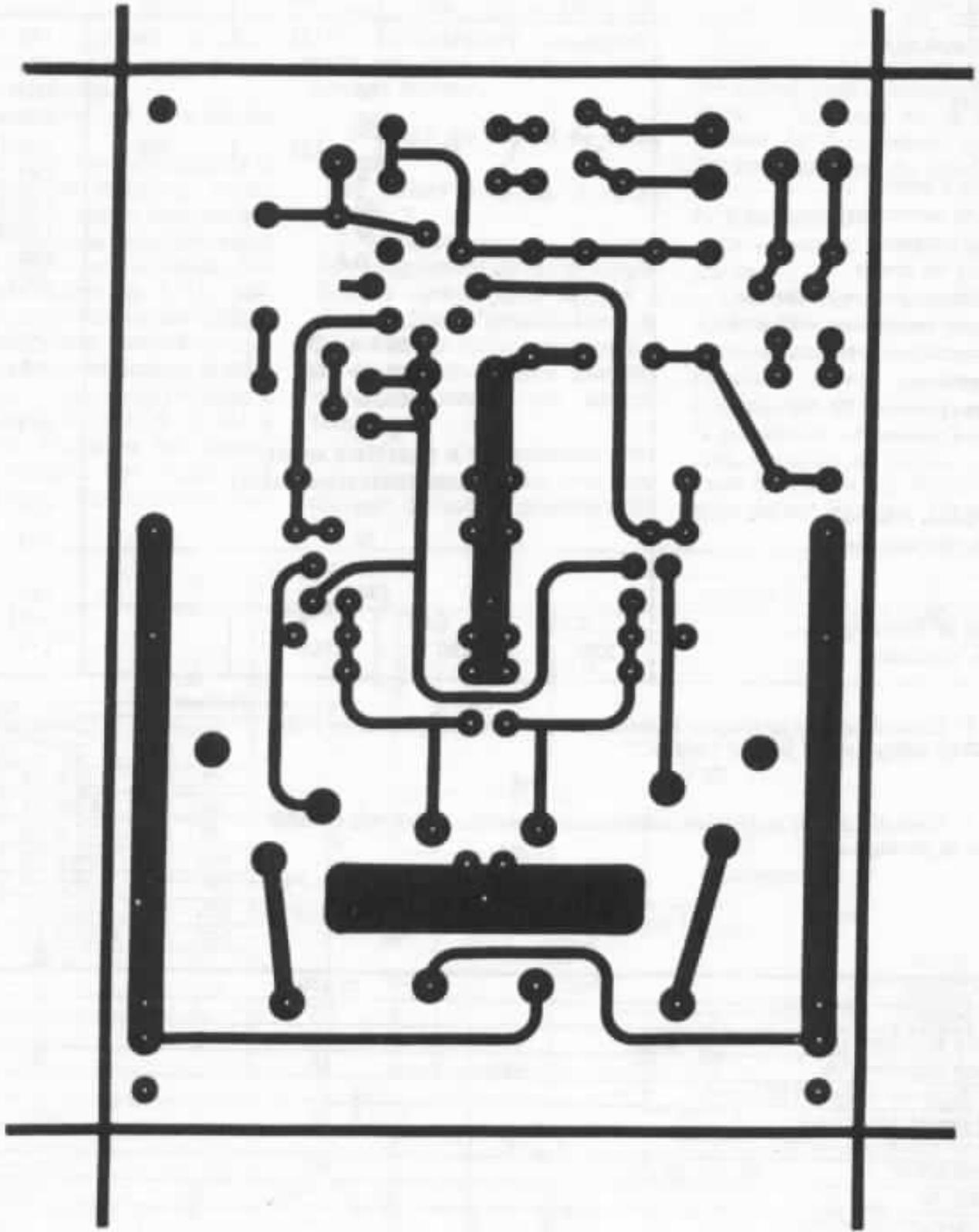
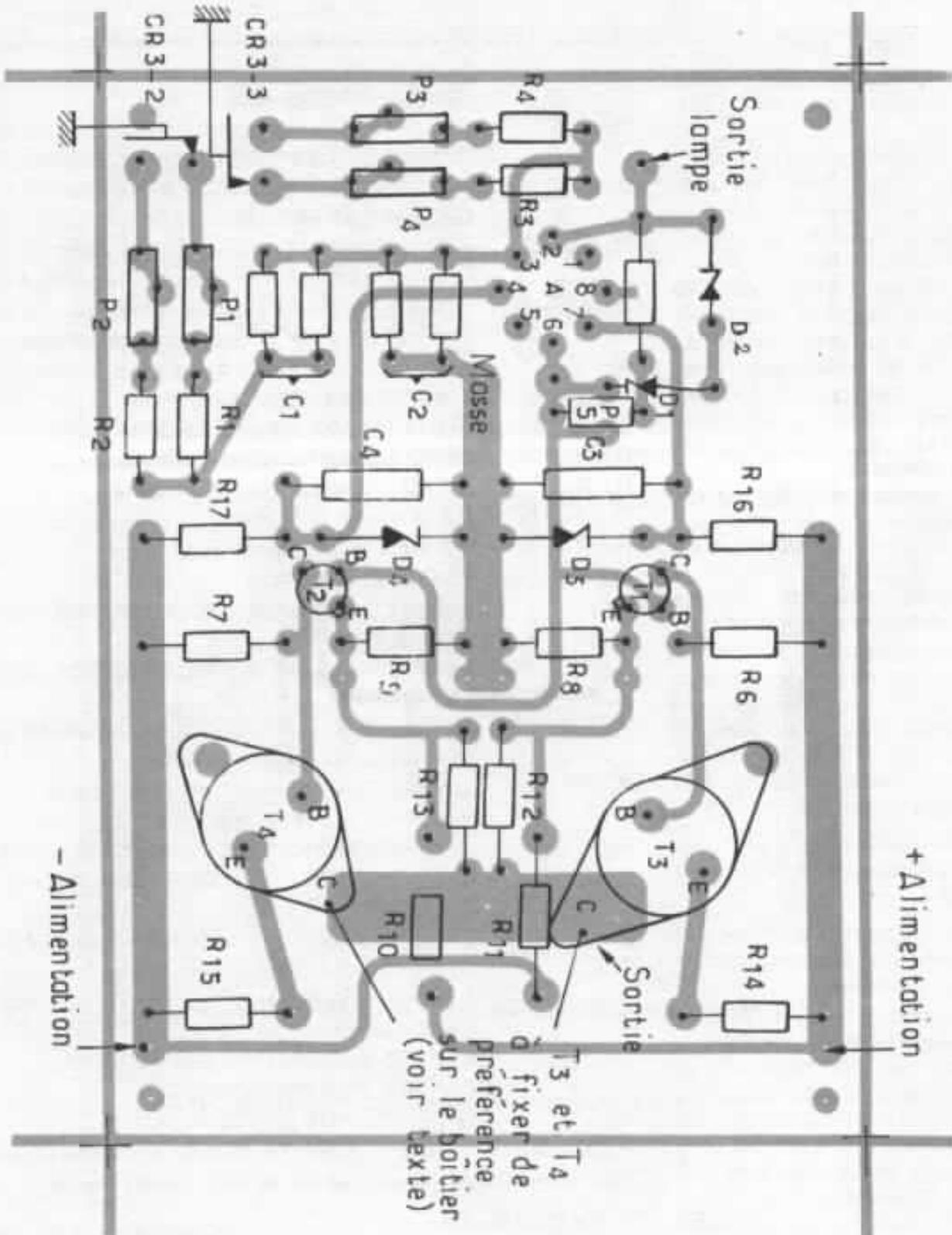


Fig. 5 : Circuit imprimé et implantation des éléments. La lampe rétrici



La matrice doit être montée entre la masse et le point de connexion indiqué.

peut se faire par deux trimmers placés sur la carte (1 par vitesse) ou ce qui est beaucoup plus pratique mais beaucoup plus onéreux, par deux potentiomètres multitours actionnés par des boutons compte-tours et placés en face avant du boîtier de commande, c'est la solution retenue pour les deux prototypes réalisés.

Les transistors T_3 et T_4 dégagent quelques calories qui peuvent être préjudiciables à la stabilité de la fréquence si le montage est placé dans un boîtier fermé. Il vaut mieux, dans ce cas, placer ces deux transistors directement sur la face arrière du châssis en les isolant électriquement. Ce montage utilisé sur les deux prototypes a, de plus, l'avantage de supprimer les petits radiateurs.

Les commandes du circuit sont simples :

— un interrupteur secteur CR1 met le circuit sous tension et n'est donc manœuvré qu'une fois en début de séance d'écoute.

— un interrupteur CR2 permet de connecter ou non le moteur à la sortie de l'amplificateur, ce qui permet d'arrêter la table de lecture sans arrêter l'électronique donc sans perturber son équilibre thermique.

— un inverseur CR3, à 3 circuits à 2 positions permet de changer de vitesse.

Il est recommandé de prévoir un voyant lumineux indiquant la mise sous tension.

La boucle de contre-réaction de l'amplificateur-oscillateur comporte un potentiomètre P_5 qui permet d'ajuster la tension de sortie du circuit. A la mise en fonctionnement du circuit, vérifier que la lampe joue bien son rôle de stabilisateur. La tension de sortie doit être parfaitement sinusoïdale et ne pas présenter d'écrêtage. Si c'était le cas, changer la lampe : certaines lampes dont le vide est imparfait peuvent ne pas donner satisfaction.

Tableau 3

A	: LF 355 ou équivalent (amplificateur OP à entrée J. Fet)
T_1	: BC 211A ou équivalent
T_2	: BC 313A ou équivalent
T_3	: BDX 20 ou équivalent sur petit radiateur
T_4	: 2 N-3442 ou équivalent sur petit radiateur
D_1, D_2	: BZX 55 C 6
D_5, D_6	: Silicium 1 A 200 volts inverse
R_1 (33T)	: RTC 7,15 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm Crouzet 9,09 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm
R_2 (45T)	: RTC 5,36 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm Crouzet 6,81 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm
R_3 (33T)	: RTC 6,49 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm Crouzet 8,66 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm
R_4 (45T)	: RTC 4,87 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm Crouzet 6,19 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm
R_5	: 2,37 k Ω 1 % couche métallique 50 ppm
R_6, R_7	: 1 k Ω 1/2 watt couche carbone
R_8, R_9	: 270 Ω 1/2 watt couche carbone
R_{10}, R_{11}	: 12 k Ω 1/2 watt couche carbone
R_{12}, R_{13}	: 1,2 k Ω 1/2 watt couche carbone
R_{14}, R_{15}	: 2,2 Ω 3 watt bobinée
R_{16}, R_{17}	: 2,2 k Ω 3 watt bobinée
R_{18}	: 15 Ω 7 watt bobinée
P_1	: trimmer prévu sur le circuit mais non utilisé dans ces essais.
P_2	: trimmer prévu sur le circuit mais non utilisé dans ces essais.
P_3	: trimmer 1 k Ω sur circuit ou potentiomètre bobiné multitours sur la face avant.
P_4	: trimmer 1 k Ω ou potentiomètre bobiné multitours sur la face avant.
P_5	: trimmer 500 Ω 50 ppm TRW 910-20 ou équivalent
L	: lampe E10 1050 130 volts 3 watts origine Jahm ou équivalent
C_1, C_2	: 0,47 μ F 63 volts polycarbonaté appairés si possible
C_3, C_4	: 10 μ F 40 V tantale
C_5, C_6	: 3 300 μ F 40/48 volts Felsic CO 38
C_7	: 8 μ F 100 volts non polarisé
C_8	: 4 μ F 100 volts non polarisé
C_9	: 18 μ F 100 volts non polarisé

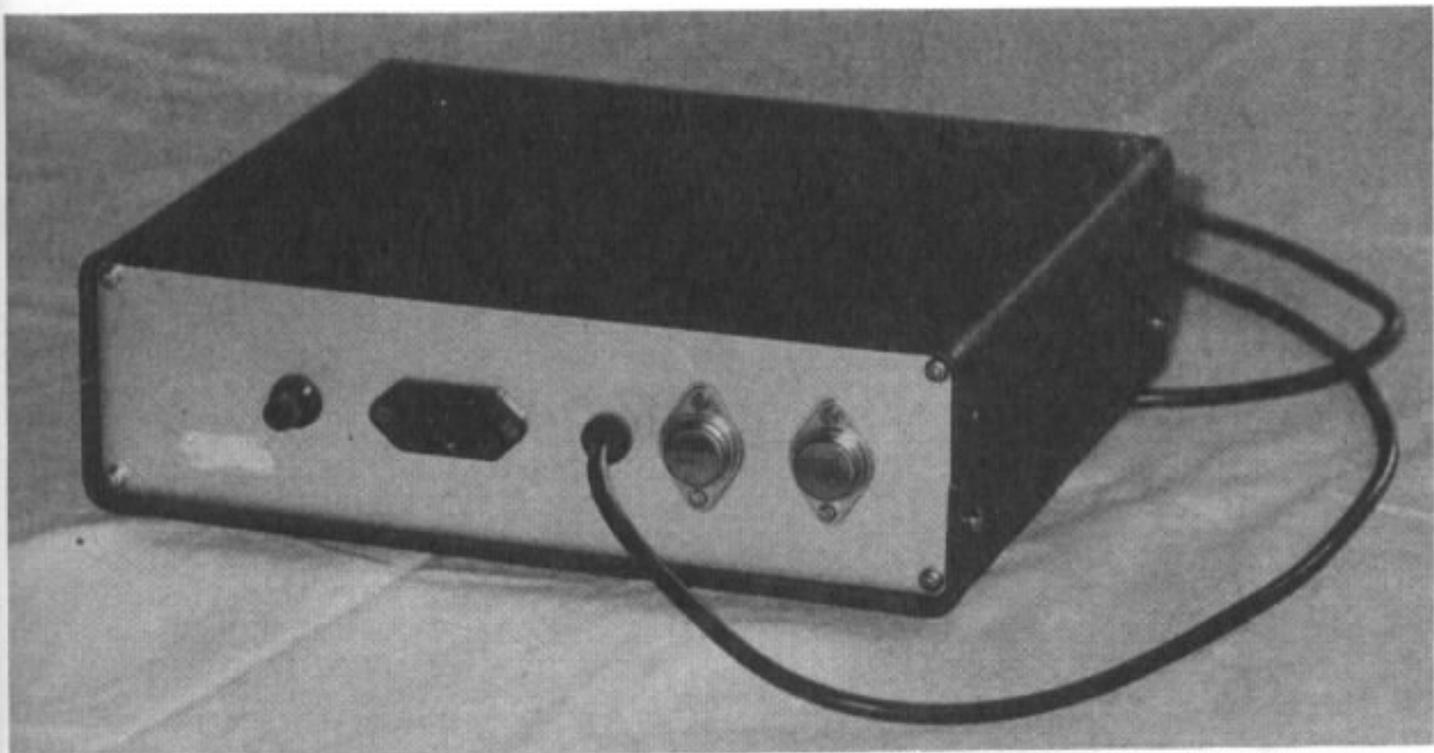
Transformateur Cecla 2311 25 VA 28 volts efficaces ou équivalent.

Tableau 3 : Composants utilisés sur les deux circuits réalisés.

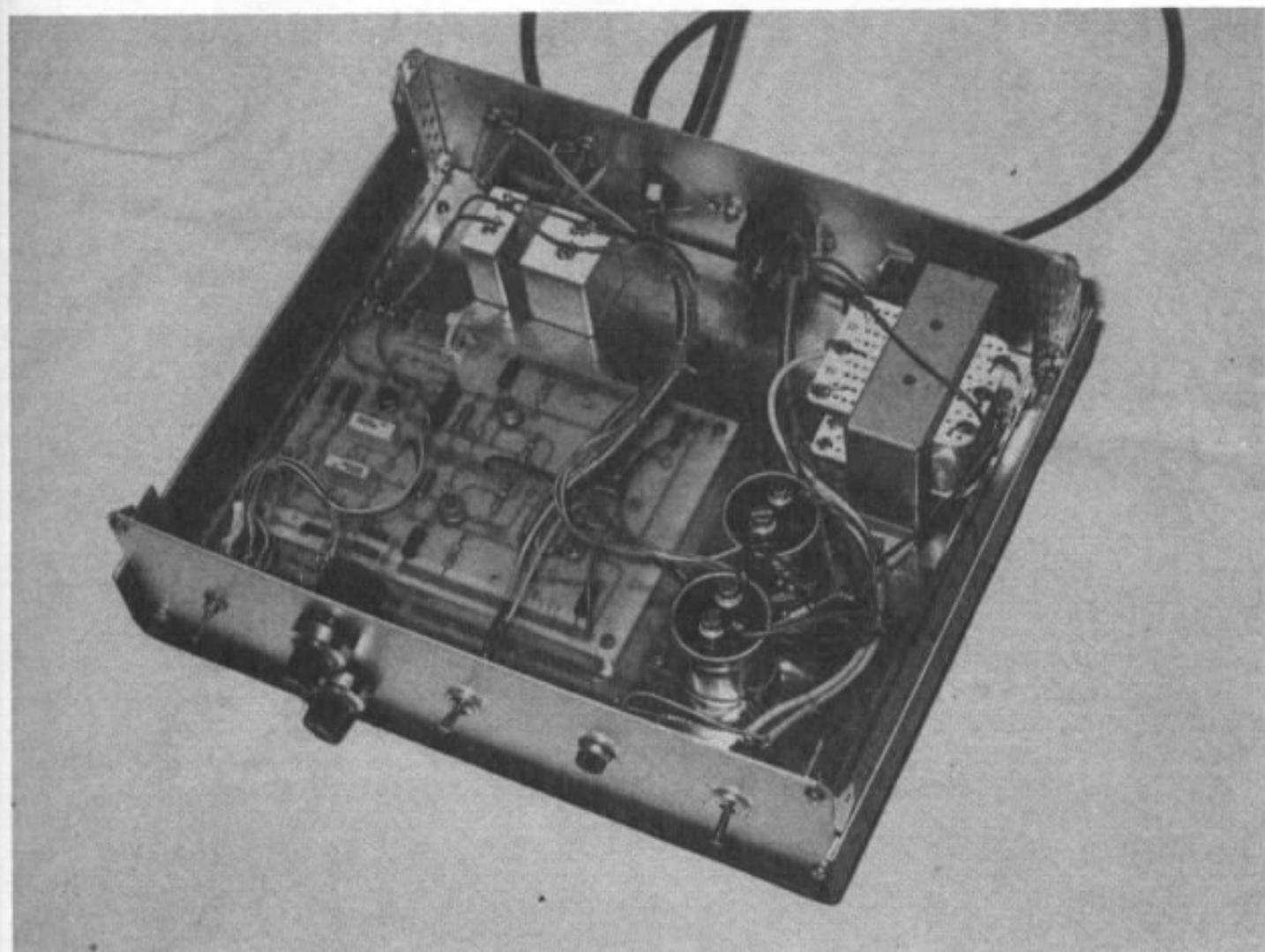
7. En conclusion

Un circuit simple, facile à réaliser dont le fonctionnement est sûr : il devrait satisfaire les plus exigeants audiophiles. Il est même possible de le rendre pas trop

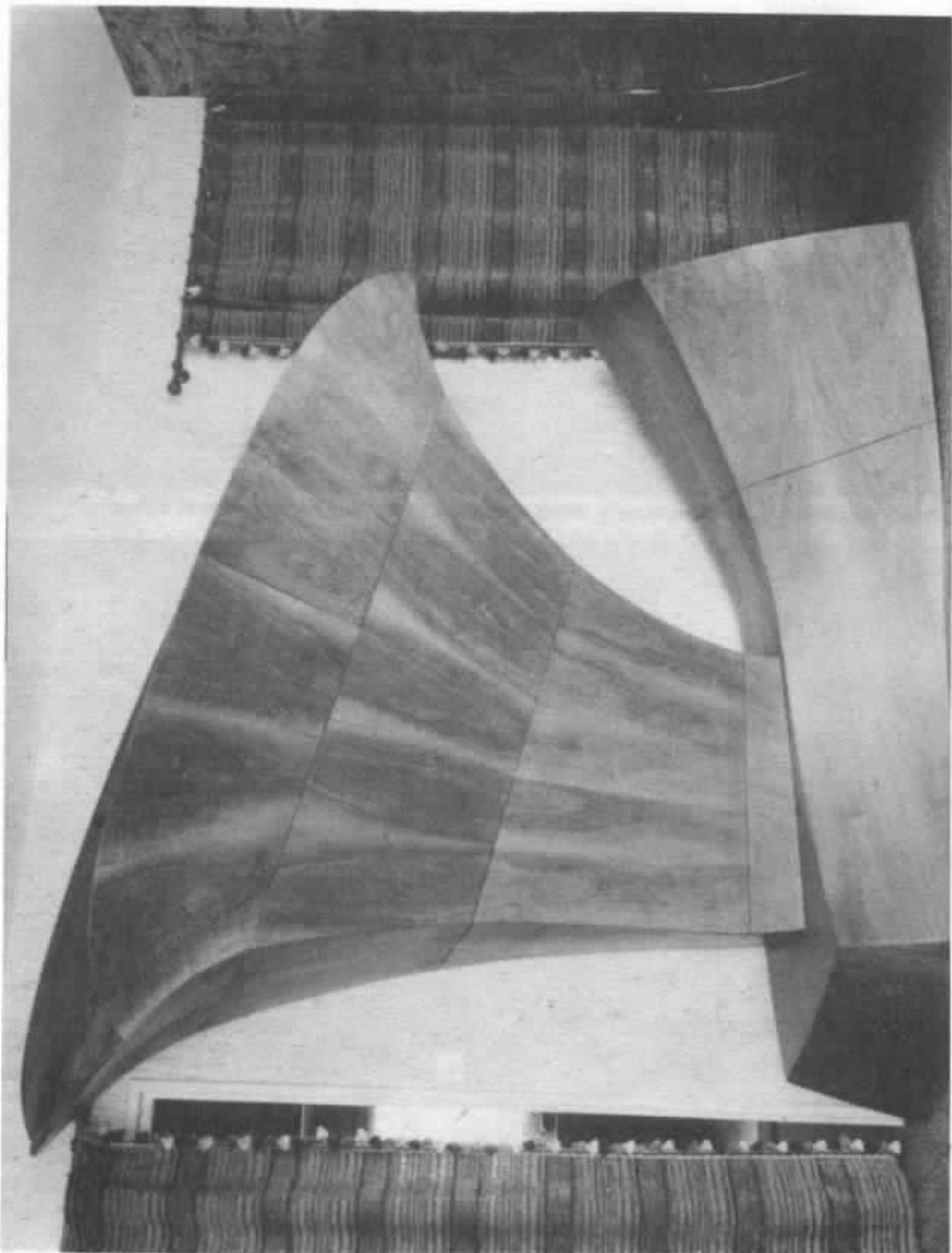
inesthétique ! Les composants sont peu onéreux, à part bien sûr les deux potentiomètres multitours et leurs boutons compte-tours dont l'utilisation est facultative.



Montage des transistors de puissance sur le châssis pour limiter l'échauffement de l'oscillateur à l'intérieur.



Implantation des éléments dans le coffret. Remarquer la lampe de stabilisation à l'arrière gauche du circuit.



Pavillon d'extrême-grave.

A la recherche de l'extrême-grave perdu

Hiệp Cong-Thé

Quelle a été la raison qui nous a poussé à réaliser un nouveau pavillon « grave », alors que l'ancien décrit dans le n°11 n'a pas démerité ? A vrai dire, aucune ! Tout au plus existait-il le vague prétexte d'une prochaine redistribution de l'espace du séjour, prétexte que nous avons saisi au vol afin de donner libre cours à notre imagination plastique. Et aussi, profiter de l'occasion pour apporter quelques améliorations qui, il faut le dire, nous paraissent sur le moment plus satisfaisantes pour l'esprit que nécessaires pour l'oreille. La surprise a donc été d'autant plus agréable lors des premières écoutes du nouveau pavillon.

1 - Conception générale

Pour qu'il y ait plus d'unité, le pavillon sera constituée de deux volumes (ph. n° 1). Accessoirement, cela permet de supprimer le coude situé à la gorge de l'ancien pavillon. Il doit en résulter une courbe de réponse plus régulière et un rendement supérieur. Le volume horizontal se compose de l'élément de base et de l'enceinte close. Quatre autres éléments forment le volume vertical.

Une étude soignée du couplage de la bouche du pavillon avec le local a montré que la reproduction de la fréquence de 45 Hz à

pleine puissance est possible avec une hauteur de plafond minimale de 2,50 m. En conséquence, la fréquence de coupure f_c est fixée à 40 Hz afin que la partie réelle de l'impédance acoustique à la gorge du pavillon soit suffisamment élevée à 45 Hz. Du choix de f_c découle la longueur minimale du pavillon, en deça de laquelle la courbe de réponse serait par trop irrégulière. Nos propres expériences nous a amené à prendre pour longueur du pavillon à peu près les $4/10$ de la longueur d'onde λ_c de la fréquence de coupure. De plus, grâce au couplage de la

bouche du pavillon avec le local, la longueur effective de ce dernier dépasse aisément $\lambda_c/2$.

Si la surface de bouche est déjà connue, on en déduit la surface de gorge S_g . Il y a de forte chance pour que S_g soit supérieure à la valeur optimale du rendement maximal. Mais cela n'a que peu d'importance puisque la variation du rendement en fonction de S_g est très lente, de l'ordre du décibel avec le doublement de S_g . Or, nous savons que, pour un usage domestique, le problème de rendement ne se pose pas avec de tels pavillons même en tenant compte de la

Côtes non corrigées du pavillon

x	Largeur ou profondeur	hauteur ou longueur	x	l ou p	h ou l
0	12,7 cm	19,7 cm	82,5	24,9	33,4
3	13,26		85	25,9	
6	13,85		87,5	26,9	
9	14,47		90	27,9	
12	15,12		92,5	28,9	
15	15,08		95	30	
18	16,5		97,5	31,1	
21	17,25		100	32,3	
24	18,02		102,5	33,5	
27	18,83		105	34,7	
30	19,67		107,5	36	
33	20,55		110	37,4	33,4
35	21,16		voir tableau 2 pour le coude		
37	21,79		142,5	37,4	53,6
39	22,54		145	37,8	55,3
41	23,1		147,5	38,4	56,2
43	23,78		150	39,00	57,4
44	24,14		152,5	39,60	58,00
45	24,49	19,7	155	40,5	59,4
47,5		20,8	165	44	63,3
50		21,6	175	48	67,2
52,5		22,4	185	52	72
55		23,2	195	55	78,5
57,5		24,1	205	58	86
60		24,9	215	61	95
62,5		25,85	225	64,5	104
65		26,8	235	68	114
67,5		27,8	245	72	124,5
70		28,85	255	76	138,5
72,5		29,9	265	80	152
75		31	275	84	165,5
77,5		32,2	285	89	181
80	24,49	33,4	305	98	220
			315	103	242

déjà mythique dynamique numérique (ouf ! quel rime ! et merci aux académiciens qui ont dédaigné le vocable combien plus poétique « digital »).

Le pavillon aura donc pour longueur équivalente 3,15 m. Sa forme et sa position dans le séjour feront en sorte que le haut-parleur sera placé très près des auditeurs. Il faut donc empêcher le rayonnement arrière du haut-parleur d'interférer avec le rayonnement du pavillon. Autrement, le résultat serait catastrophique. Une enceinte close y

pourra. Mais pour éviter que la longueur du volume horizontal ne soit excessive, l'enceinte close doit recouvrir une partie de la gorge du pavillon. Certes, la construction en sera plus compliquée, mais la lutte contre les vibrations nous aurait amené de toutes façons à prévoir des entretoises de raidissement pour l'enceinte close.

Nous appliquons la formule :

$$S = S_g e^{mx}$$
 pour déterminer la section S du pavillon en un point de l'axe distant de x mètres de la gorge de

surface S_g (Tableaux 1 et 2). Lorsque l'axe du pavillon n'est pas droit, on prend pour x la longueur du chemin moyen, c'est-à-dire celle de l'axe médian. Dans le cas limite où le pavillon pivote autour d'un point, x est égal à la moitié de la longueur extérieure du coude.

Reste à déterminer un profil réellement exponentiel en tenant compte de la propriété pour une section d'être orthogonale au gradient du champ de pression, problème que l'ordinateur auquel nous avons eu accès n'a

Coordonnées des points du coude de longueur équivalente 32,5 cm

y	z
0	33,4
6	34,35
12	34,25
18	32,3
24	31,4
30	28,54
34	26,2
38	23,2
42	19
46	13,86
48	11
50	7,5
52	3,28
53,6	0

Pour x tel que :
 $142,5 \leq x \leq 155$,
 la paroi intérieure est
 plane et de pente 4.
 La courbure de la paroi
 frontale est symétrique à
 celle qui lui est opposée.

su résoudre. Force est de pallier l'insuffisance de la machine par le raisonnement du bricoleur. L'obtention des dimensions des sections (longueurs \times largeurs) reste ardue, évidemment, au moins avons-nous pu les déterminer et rassembler dans la figure 1 selon les conditions suivantes :

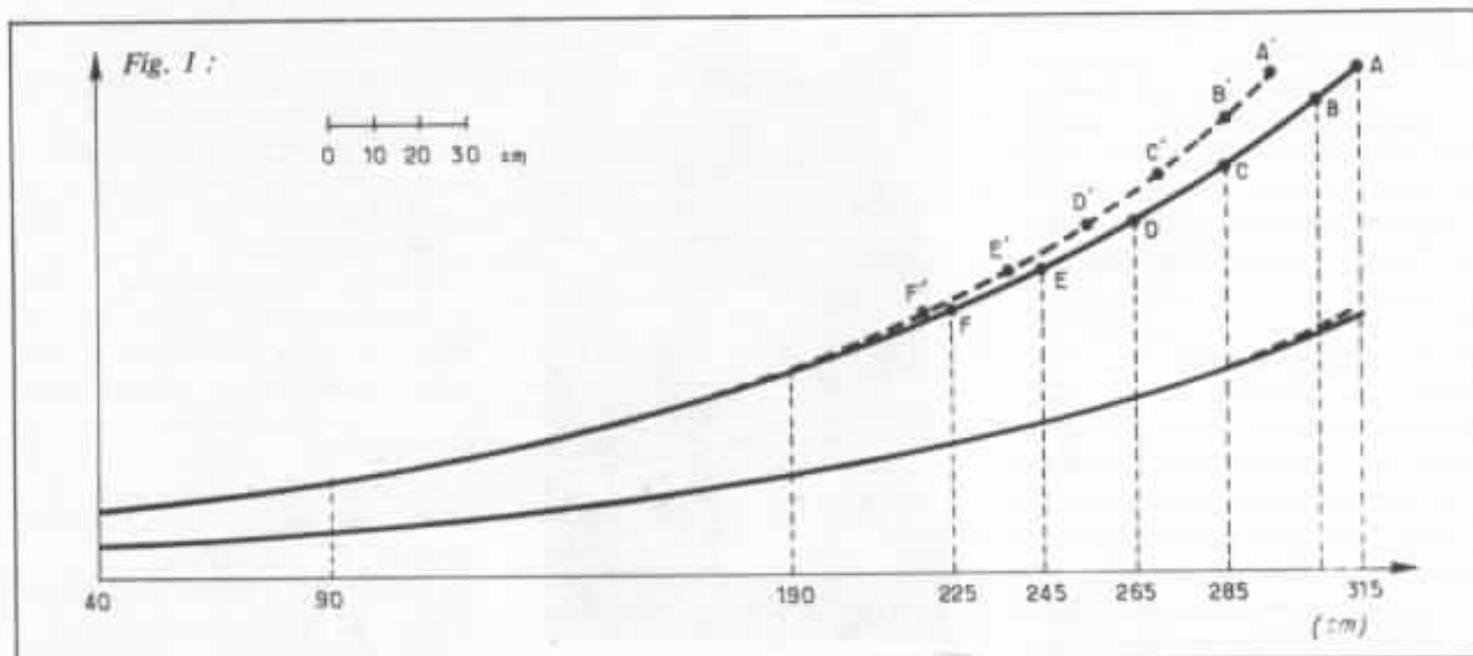
1° La longueur de la section est double de celle de la largeur ce qui est le cas vers la bouche du pavillon où l'erreur n'est plus négligeable.

2° La constante $m = \frac{4\pi f_c}{v}$ est calculée avec $f_c = 40$ Hz et $v = 344$ m/s.

Nous avons repris le schéma de la gorge du pavillon médium avec ses cloisons internes qui sont destinées à uniformiser la pression de l'air sur la membrane du haut-parleur et permettre à l'onde sonore de se propager en phase. Une gorge aux dimensions petites par rapport au diamètre de la membrane se comporte comme un véritable goulet de phase, lissant le moindre front d'onde.

Deux cloisons de 4 cm d'épaisseur environ suffisent pour obtenir une gorge apparente de surface équivalente à la surface utile de la membrane d'un 33 cm Audax. Le moteur de ce dernier est celui du 38 cm ; la réponse impulsionnelle ne peut donc que s'améliorer, d'autant plus que la surface de gorge est relativement élevée.

On remarquera (photo 2) que les deux cloisons internes ne présentent aucun plan de symétrie. Cela est dû d'une part à la planéité d'une grande partie des deux parois latérales. D'autre part, l'expansion exponentielle pour $f_c = 40$ Hz est si lente que la minceur des cloisons les aurait transformé en deux véritables anches avec les inconvénients



Profils exponentiels : en gras, avec des sections planes ; en pointillés, avec des sections courbes. La courbe supérieure correspond à la longueur et la courbe inférieure à la largeur des sections.



La gorge du pavillon en cours d'assemblage. L'épaisseur du panneau d'assemblage fait aussi partie du pavillon.

que l'on sait. Il fallait donc les raccourcir et compenser ces raccourcissements par l'ajout des deux bajoues sur les parois latérales.

L'autre dissymétrie qui se traduit par une sorte de talon, ne résulte point de quelque considération acoustique savante. Ce n'est que l'effet de l'interférence de la politique dans le domaine acoustique !

Nous nous expliquons :

Pour que la gorge possède une solidité à toute épreuve (zone à pression maximale), les quatre épaisses pièces de contre plaqué que nous allons façonner pour en faire les deux cloisons et les deux parois latérales doivent être parfaitement parallélépipédiques rectangles, ayant la même hauteur de 19,7 cm. Ce travail fut confié à un menuisier pour être exécuté à la scie murale. Ce menuisier est une vieille connaissance dont nous avons pu apprécier le savoir-faire méticuleux.

C'était donc avec une totale confiance que ces pièces ont été réceptionnées et travaillées. Mais au moment de l'assemblage, stupéur ! Il manquait bel et bien 2 cm en hauteur. A moins de

tout recommencer, il ne restait qu'à rallonger chaque pièce de 2 cm, ce qui nous a pris une demi-journée. Voilà pour l'origine des talons. Quant à la cause de cette erreur abasourdissante, elle provenait de ce que le découpage à la scie murale eut lieu un lundi 11 mai qui, comme chacun sait, fut le lendemain d'un certain 10 mai 1981 où les coudes se levaient beaucoup plus souvent que n'articulaient les poignets, dans maints ateliers !

Pour la réalisation de ces quatre pièces, on commence par dessiner leurs sections à l'aide d'un vernier et d'un crayon finement taillé, sur du papier Bristol quadrillé. En se servant de ces sections comme « patrons », on dégrossit d'abord les pièces de bois au rabot électrique, puis à la ponceuse à bande. On veillera à ce que les sections soient constantes, ce qui a lieu lorsque les lignes de niveau laissées par le contreplaqué sont perpendiculaires à deux des côtés. Leurs formes exactes s'obtiennent finalement à la ponceuse vibrante.

Pour un assemblage impeccable, il est préférable de bien disposer les pièces (photo 3). L'achèvement de l'enceinte close



Ce qui se dispose bien s'assemble bien.

contenant la gorge aura lieu après la construction de l'élément de base. A ce moment, le panneau supportant la gorge sera fixé sur l'élément de base par l'intermédiaire de quatre boulons et des quatre écrous à



Intérieur de l'enceinte close. Le tasseau sur la paroi latérale servira à fixer une entretoise. Celle-ci sera poncée à la ponceuse à bande en même temps que les tranches des bords des parois.

oreilles. De cette façon, la continuité des surfaces courbes entre les deux éléments s'obtiendra plus aisément (photo 4).

2 - Problème de vibration

Ouvrons une parenthèse pour considérer le problème de la vibration des parois. Il est admis comme allant de soi que la transduction se fait par la face avant de la membrane du haut-parleur. Or, imaginons que nous puissions supprimer ce rayonnement direct, en le canalisant à travers le trou d'un mur infini absolument inerte, par exemple. Il est clair que nous entendrions encore les sons produits par le haut-parleur, mais à travers l'enceinte acoustique cette fois. C'est une partie de ce qu'on appelle la coloration ; il y a encore ce qui revient à la membrane, au local d'écoute, etc... L'énergie ainsi rayonnée vient renforcer le trainage du grave et l'empâtement du bas médium.

Ce rayonnement parasite est extrêmement difficile à réduire. Nous nous souvenons d'avoir essayé d'immobiliser par la force des bras le panneau arrière d'une enceinte de type bass-reflex dont le haut-parleur, un 30 cm, reproduisait le 50 Hz à un niveau moyen. Le panneau sautillait tel un beau diable, et lorsque, à force d'arc-boutements avec les genoux et d'agrippements avec les bras sur la face avant, il a été possible de plaquer le panneau sur l'enceinte, c'était pour voir les coins du panneau battre leurs ailes. Mais des ailes en contreplaqué de 19 mm, la chose est assurément peu commune.

On comprend alors la raison des doubles parois de l'enceinte close massives (grâce à une épaisseur moyenne de 3 cm de sable) et rigides (grâce aux multiples entretoises reliant la gorge à l'enceinte close) (photo 5). A titre d'exemple, le panneau amovible de cette dernière pèse à lui

seul 26 kg. Si ces caractéristiques paraissent néanmoins insuffisantes aux yeux de perfectionnistes, étant données les dimensions du panneau, qu'ils veuillent bien se rappeler que le rendement du pavillon lui permet de produire un niveau sonore donné avec moins du centième de la quantité d'énergie électrique nécessaire à une enceinte ordinaire d'un bon rendement. La pression acoustique développée dans l'enceinte close est donc dix fois moindre et par conséquent, ses parois sont d'autant moins sollicitées. Encore un des bons côtés des pavillons !

Vers la bouche du pavillon, où les panneaux sont de grandes dimensions, la lutte contre les vibrations ne se pose pas dans les mêmes termes, heureusement, puisque la pression acoustique y est négligeable. Ici, le problème consiste simplement à empêcher les vibrations de se propager. Le sable est encore tout indiqué car,

par sa masse, il s'oppose aux vibrations. De plus, son pouvoir d'absorption des vibrations est plus élevé que celui des matériaux de masse équivalente mais rigides. Si les H.L.M. sont sonores, ce n'est certes pas faute de béton !

Toutes les parois extérieures de l'élément de base sont sablées, naturellement, mais également les parois intérieures.

Sinon, les vibrations qui y prennent naissance sont rayonnées par le pavillon lui-même.

L'élément de base est constitué de quatre tronçons coudés. Pour faciliter la construction des trois premiers tronçons, l'expansion exponentielle dans chacun d'eux se fait uniquement suivant une seule dimension (figure 2, 3). Les longueurs de ces tronçons sont telles que les sections ne s'éloignent pas trop de la forme carrée, idéale pour minimiser les erreurs d'approximation. Les fréquences des ondes stationnaires qu'engendrent les surfaces parallèles sont nettement supérieures à 210 Hz qui est la fréquence de coupure du filtre. Aucun inconvénient de ce côté, donc.

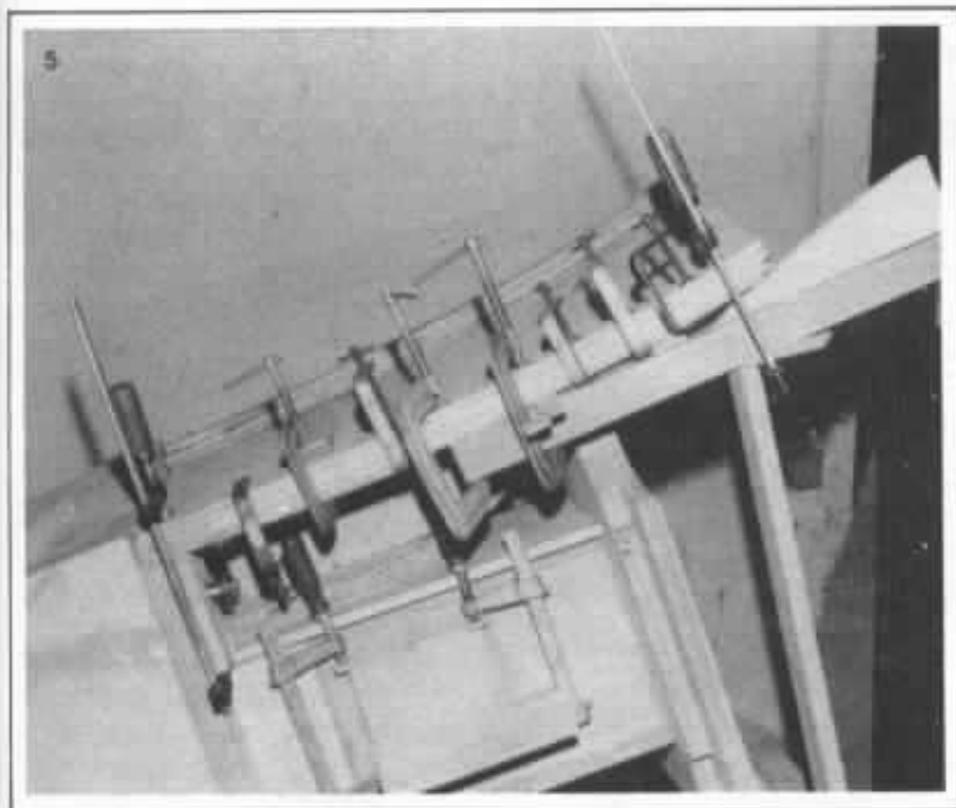
La forme de chaque paroi plane est tracée directement sur du contreplaqué de 19 mm d'épaisseur. Les parois courbes (contreplaqué de 4 mm d'épaisseur) seront collées sur la tranche des bords des parois planes.

On peut obtenir la forme d'une paroi plane de la façon suivante (figure 5).

- Adopter une courbure pour l'axe médian.

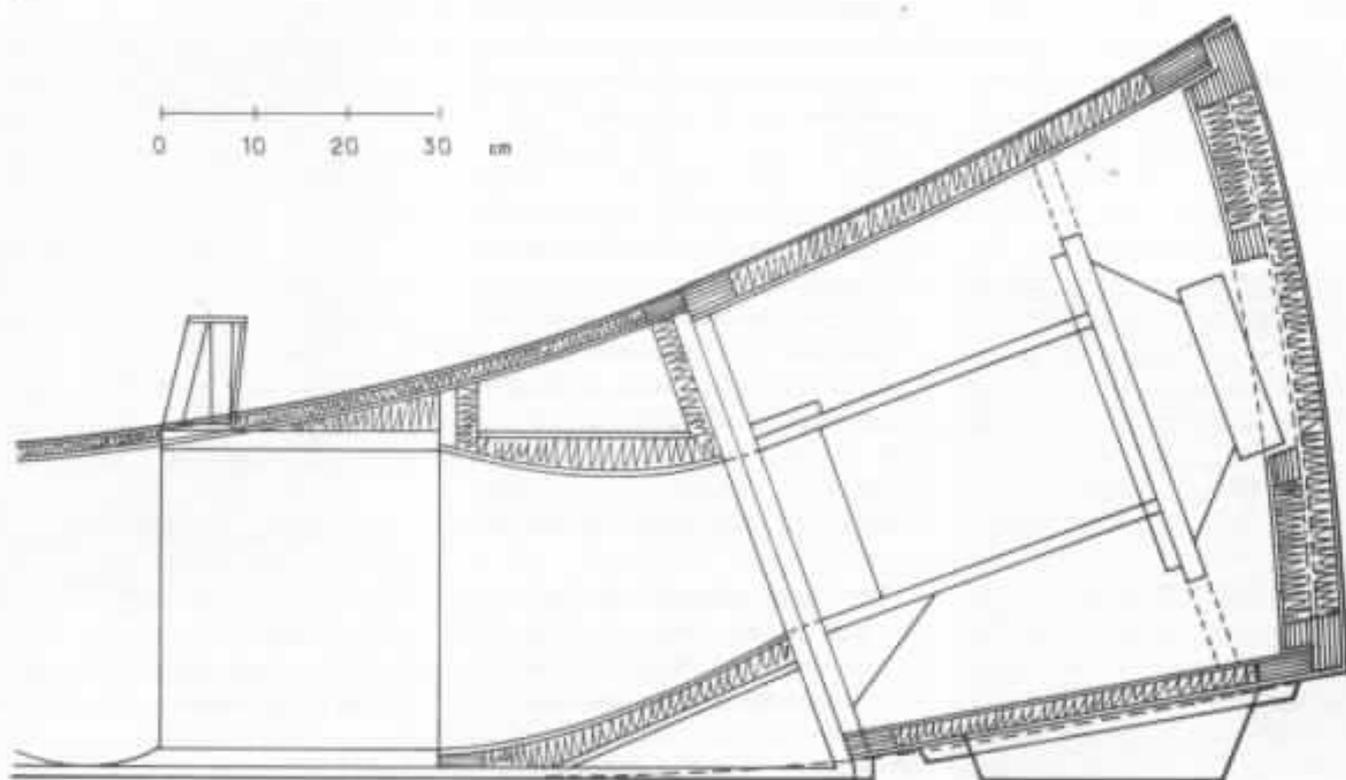
- Tracer des droites orthogonales à cet axe tous les 5 cm pour les deux premiers tronçons (tous les 10 cm pour les éléments du volume vertical). Pour le coude proprement dit, on utilise les valeurs données dans le tableau 2 pour tracer sa courbure.

- Déterminer sur ces droites les points correspondants aux deux parois opposées.



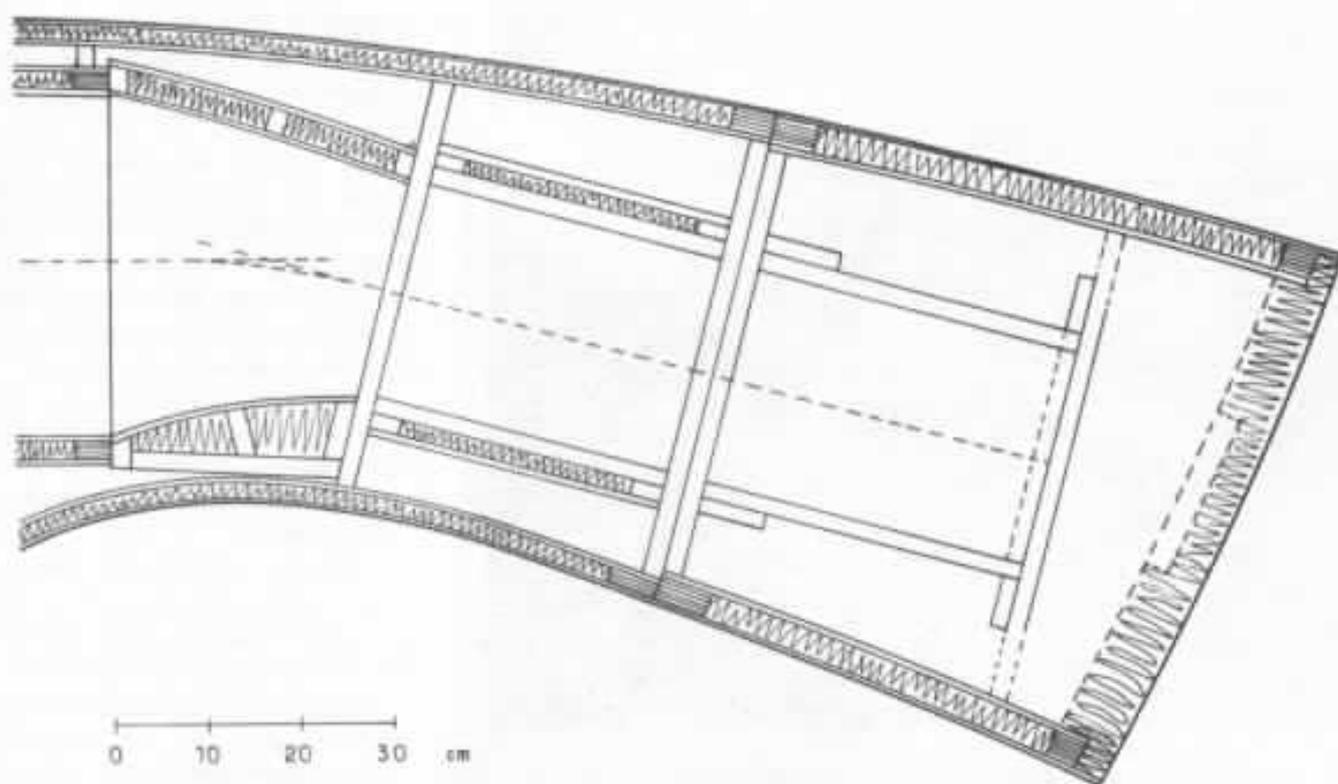
Intérieur de l'enceinte close. Remarquer les renforts du panneau supportant le haut-parleur : la fixation du haut-parleur sera d'autant plus solide. Le panneau arrière de l'enceinte close sera « formée » directement sur l'ouverture avant la mise en place des parois extérieures, à l'aide de serre-joint qui prennent appui sur les tasseaux de sablage.

Fig. 2 :



Coupe verticale de la partie arrière du volume horizontal. On peut caler le panneau amovible sur le moteur du haut parleur pour réduire encore les vibrations.

Fig. 3 :



Coupe horizontale partielle du volume horizontal. Prévoir un système d'alignement automatique des deux parties du pavillon, entre l'enceinte close et l'élément de base. Un bourrelet mousse assure l'étanchéité complète de leur assemblage.

- Relier ces points par des courbes continues.

Remarques

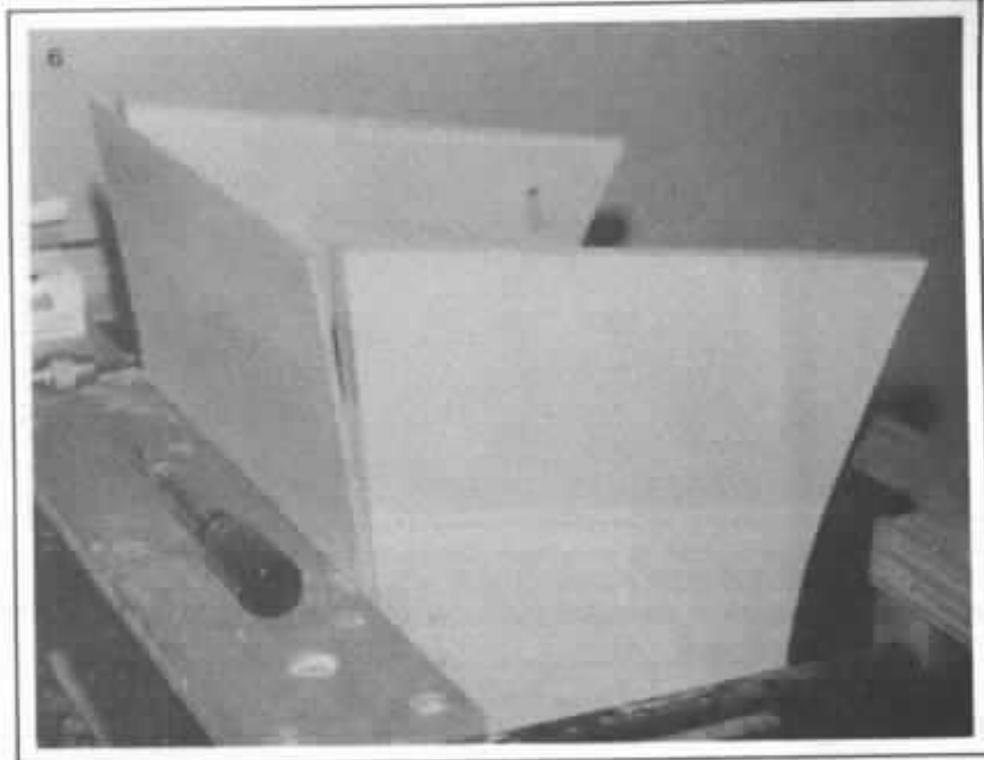
a) Après le coude, à partir du quatrième tronçon, d'une longueur de 12,5 cm, l'expansion exponentielle se fait dans les deux dimensions de la section ; d'où la nécessité de donner aux panneaux du coude une forme évasée vers le haut. La paroi qui suit la charnière du coude se réduit intentionnellement à une surface plane convenablement inclinée (19 mm d'épaisseur) doublée extérieurement par une autre pièce de même épaisseur (figure 2 et photos 6 et 7). Elles constituent le renfort indispensable là où s'exerce une grande partie du poids du volume vertical. D'autres renforts se trouvent à l'intérieur de l'élément de base. On en voit une partie sur la photo 9.

b) La forme du volume vertical tient compte de la présence des cloisons internes (12 mm d'épaisseur) et de la correction « orthogonale ». Cette dernière s'effectue localement : le point homologue A' à un point donné A s'obtient comme si toutes les droites perpendiculaires à l'axe médian étaient parallèles à celle qui passe par le point A. La transformation se fait d'après la figure 1.

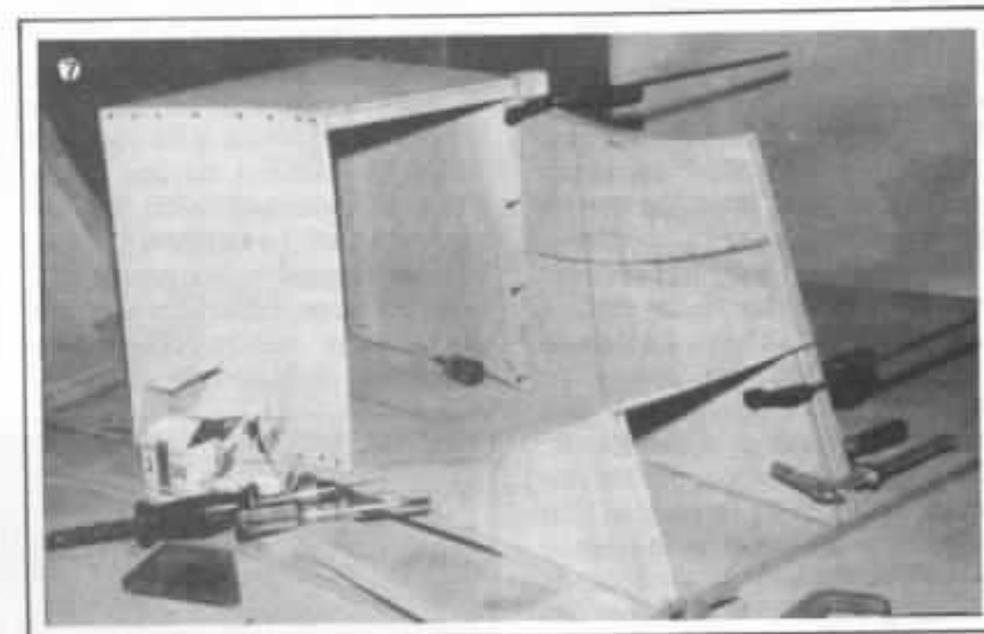
c) La figure 5 représente le profil moyen avant corrections. Il sera contracté d'un côté et dilaté de l'autre pour correspondre à l'inclinaison du pavillon.

d) Dans le but d'affiner la silhouette de ce dernier, la largeur de la paroi frontale est diminuée. En compensation, on augmente celle de la paroi murale.

e) Pour que les éléments s'emboîtent parfaitement, chacun d'eux est construit sur celui qui l'a précédé et restent bien calés grâce aux rebords constitués par le dépassement des parois extérieures (6 mm environ).



Assemblage séparé du tronçon de l'élément de base. L'espacement des vis de collage est d'environ 5 cm.

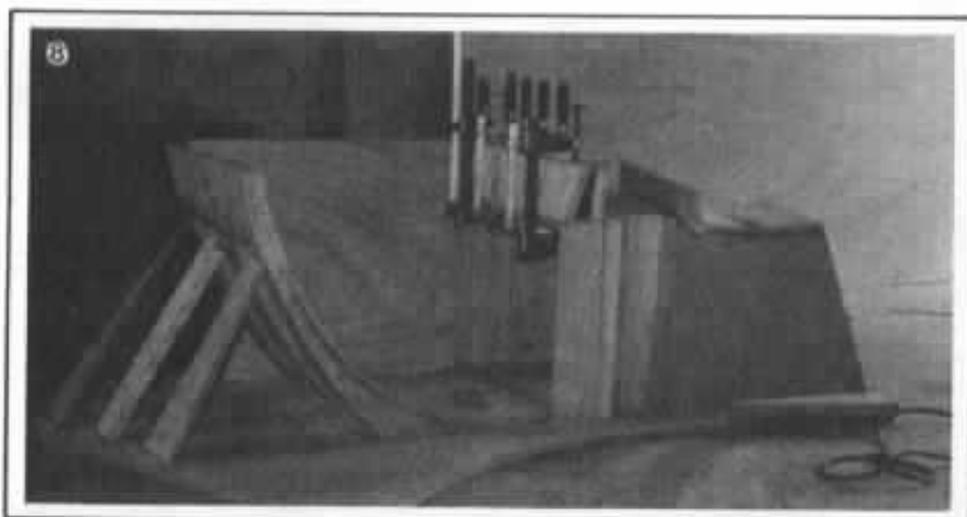


Assemblage de l'élément de base. La paroi inférieure du premier tronçon sera sablée isolément et définitivement. On voit la fixation du premier tasseau de renfort vertical sur lequel va s'appuyer un tasseau horizontal qu'on verra sur la photo 8.

f) prévoir un orifice de remplissage par paroi double (1,5 cm x 8 cm environ) et un emplacement pour le bourrelet en mousse d'étanchéité.

Toutes les surfaces du pavillon sont des surfaces réglées, c'est-à-dire engendrées par une droite.

Leur réalisation est donc possible en contreplaqué pourvue que celui-ci puisse épouser la courbure. Nous nous sommes servi du 4 mm pour les tronçons de l'élément de base et les deux parois latérales des deux derniers éléments du volume vertical.



Détails sur le coude dont la courbure, déformée par la tension du contreplaqué a été rattrapée grâce à deux tasseaux minces supplémentaires. Il serait préférable que la paroi extérieure du coude soit plane pour en faciliter la construction (pente égale à 4).

Pour toutes les autres surfaces, on peut utiliser du 5 mm.

La construction du volume vertical s'appuie essentiellement sur les cloisons internes (photo 10) qui déterminent la courbure des différentes parois. Nous allons détailler la construction du premier élément vertical (photo 11). La même construction est valable pour les autres éléments verticaux.

Commencer par tracer avec précision la forme de la cloison interne sur du 12 mm. La découper en laissant une marge de 2 mm environ, marge qui sera grignotée lors des ajustements. Dans les chutes, découper les tasseaux de 4 cm de large que l'on collera sur les bords de la cloison (afin de doubler la surface de collage), du côté où ne figure pas la forme de celle-ci. Travailler les tranches des bords de la cloison à la ponceuse à bande de façon que leurs surfaces soient suffisamment régulières pour permettre un collage correct. Vérifier qu'elles donnent des courbures exactes des parois en appliquant ces dernières (découpées auparavant) à l'aide de serre-joint.

Les meilleurs résultats de ponçage ont été obtenus lorsque la ponceuse est déplacée par le corps tout entier. Cela suppose

que la tranche est maintenue soit en position verticale, soit en position horizontale.

Les parois sont collées sur les tranches de la cloison, celle-ci étant maintenue dans sa position inclinée définitive sur l'élément de base (photos 11 et 12). On achève de « former » les parois à l'aide de tasseaux minces (5 ou 6 mm d'épaisseur) collés les uns sur les autres. Les photos 5, 11 et 12 expliquent clairement la manière de procéder. Le nombre de tasseaux minces dépend de l'épaisseur de la couche de sable.



L'ensemble des renforts internes de l'élément de base.

Remarques : 1°) les têtes des boulons vissées sur la face intérieure du panneau d'assemblage, par l'intermédiaire d'une couronne soudée. 2°) La bande abrasive de la ponceuse est bien dégagée pour permettre le ponçage en creux. 3°) Le rabot électrique possède un accessoire lui permettant de raboter en biais.

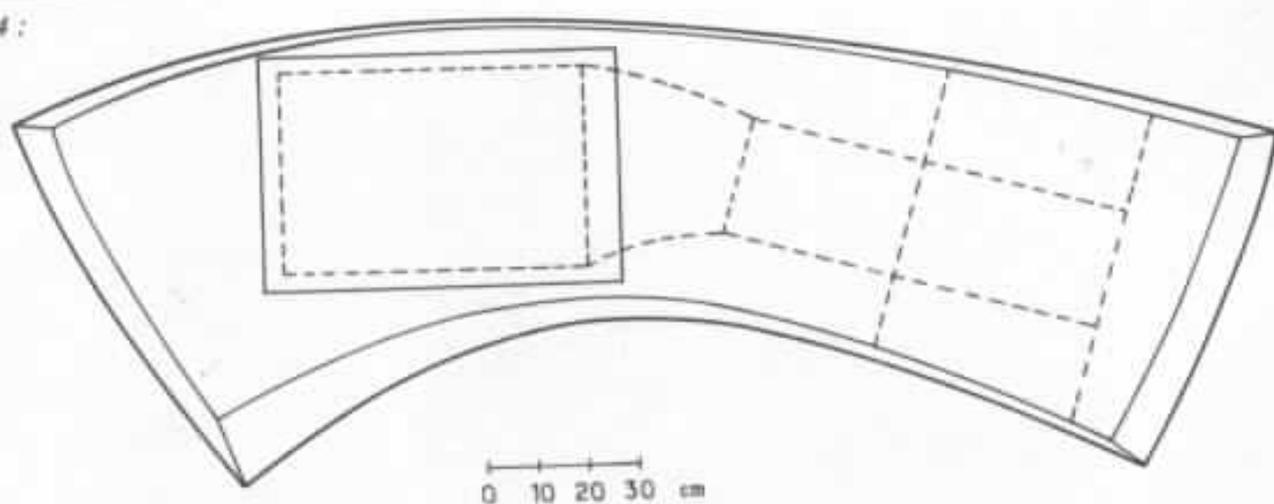
Penser néanmoins au poids que prendront les éléments les plus volumineux. Pour une épaisseur de sable de 2 cm, trois hommes ont été nécessaires pour les manipuler en toute sécurité.

Travailler de nouveau à la ponceuse à bande les tranches des nouveaux bords formés avec les tasseaux minces, vérifier que les tranches fassent partie de la même surface réglée à l'aide d'une règle que l'on déplace de façon convenable le long des deux bords.

Découper les deux panneaux qui vont former les deux dernières parois intérieures de l'élément vertical. La forme de ces deux panneaux s'obtiennent en appliquant des feuilles de contreplaqué sur l'élément en cours de construction à l'aide de serre-joint. Avant de coller ces deux panneaux, se servir de leur forme pour découper à l'avance les tasseaux minces en vue des doubles parois. Celles-ci seront collées dans le même ordre que pour les parois intérieures.

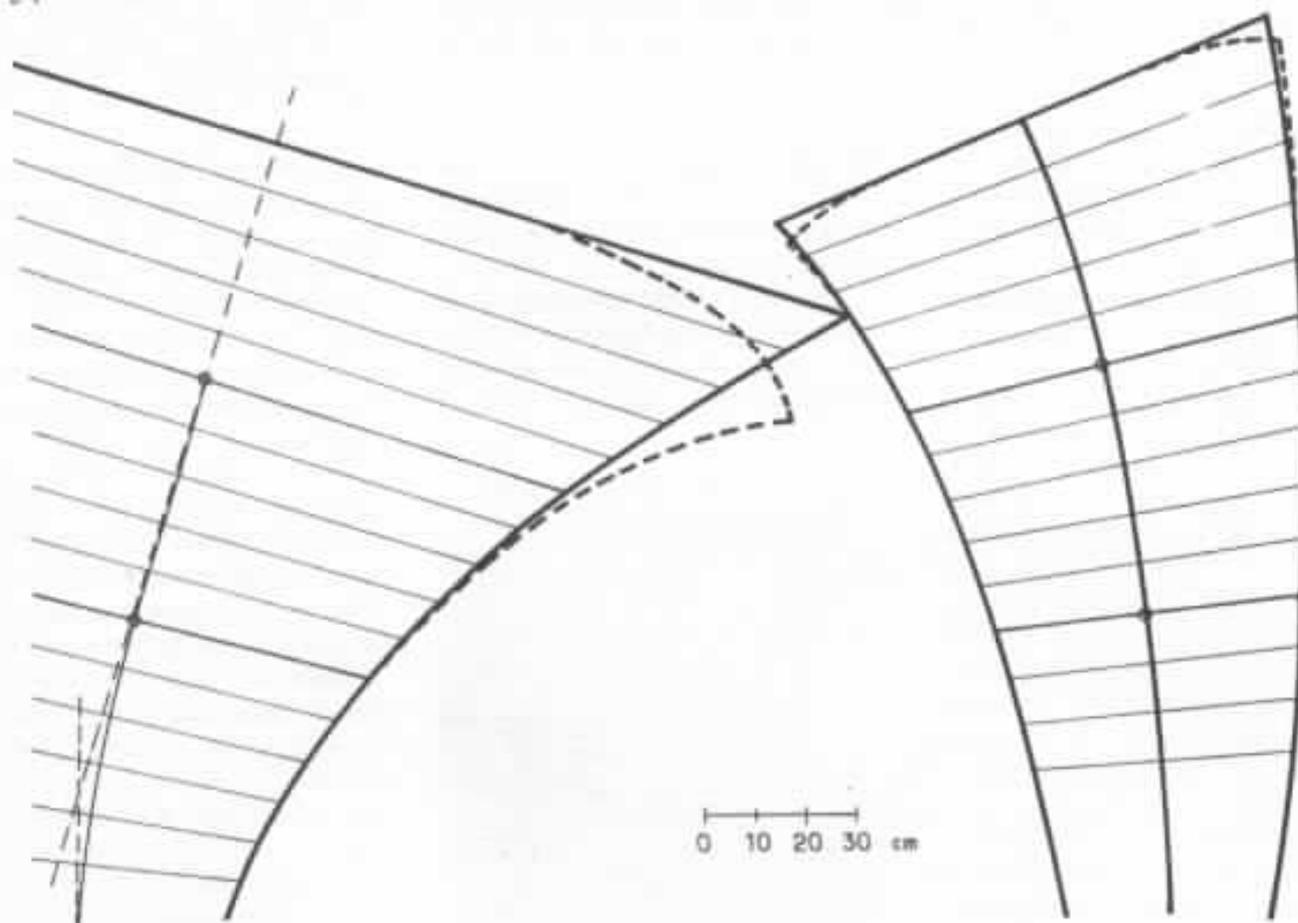
En principe, les bords inférieurs et supérieurs sont rectilignes ; on peut donc se servir de tasseaux découpés dans du contreplaqué de 19 mm ou 25 mm (3 cm de large). Pour gagner du temps, les faire débiter à la scie

Fig. 4 :



Profils du volume horizontal qui résultent des contraintes physiques du séjour.

Fig. 5 :



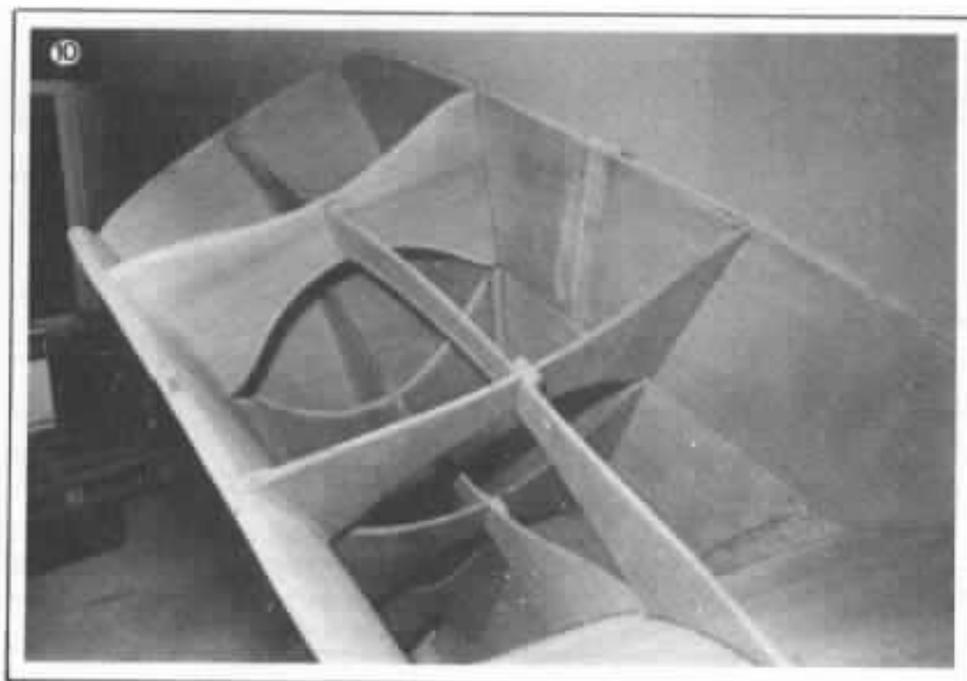
Profils du volume vertical.

murale pour plusieurs dizaines de mètres linéaires en une fois. Lors du collage, veiller à ce que ces bords demeurent rectilignes (photo 13) et modifier s'il le faut

les points de serrage afin que les dimensions soient respectées.

Une grande précision des superficies des sections peut ainsi

être atteinte. Par exemple, la section finale de l'élément de base ne dépasse que de 3 cm² sa valeur théorique de 2 407 cm². Ajouter de nouveaux tasseaux à



Les cloisons internes sont aussi fines que possible. Elles renforcent d'une part la structure du pavillon, et déterminent d'autre part les courbures des parois.

l'emplacement des bords des cloisons pour renforcer les parois. Penser à y ménager des passages pour l'écoulement du sable.

Pour rendre gauches les deux surfaces aux extrémités du volume horizontal, raboter légèrement leurs bords. En prévision de tels rabotages, l'épaisseur des parois en ces endroits a été doublée ou même triplée grâce à des largeurs convenables de tasseaux minces.

Si le sablage des éléments verticaux ne pose aucun problème, il n'en va pas de même pour l'élément de base, du fait que tous ses orifices de remplissage, excepté un, ont été ramenés sur la face plane d'assemblage avec l'enceinte close, afin de les rendre invisibles. Il y a lieu de faciliter le plus possible l'écoulement du sable : nous n'avions pas prévu que l'élément de base allait être de plus en plus difficile à manipuler au fur et à mesure que s'accumulait le sable dans les doubles parois. Il fallait redresser l'élément presque à la verticale pour verser le sable par bolée, attendre que ce dernier s'écoule, frapper avec le plat de

la main pour en accélérer l'écoulement, baisser de nouveau l'élément pour permettre au sable de pénétrer dans les recoins, puis recommencer...

Les orifices de remplissage de l'enceinte close étant au-dessous du niveau du sable, on peut les obstruer après sablage avec de



Construction du 1^{er} élément vertical. Le tasseau mince sur la cloison interne permet de bien évaluer la courbure. Le tasseau qu'on voit en haut, au 1^{er} plan, donne l'écartement exact entre les deux parois.

l'adhésif d'emballage. Recouvrir le tout avec des bourrelets en mousse. Ceux-ci seront comprimés à l'assemblage des éléments et préviendront toute fuite de sable.

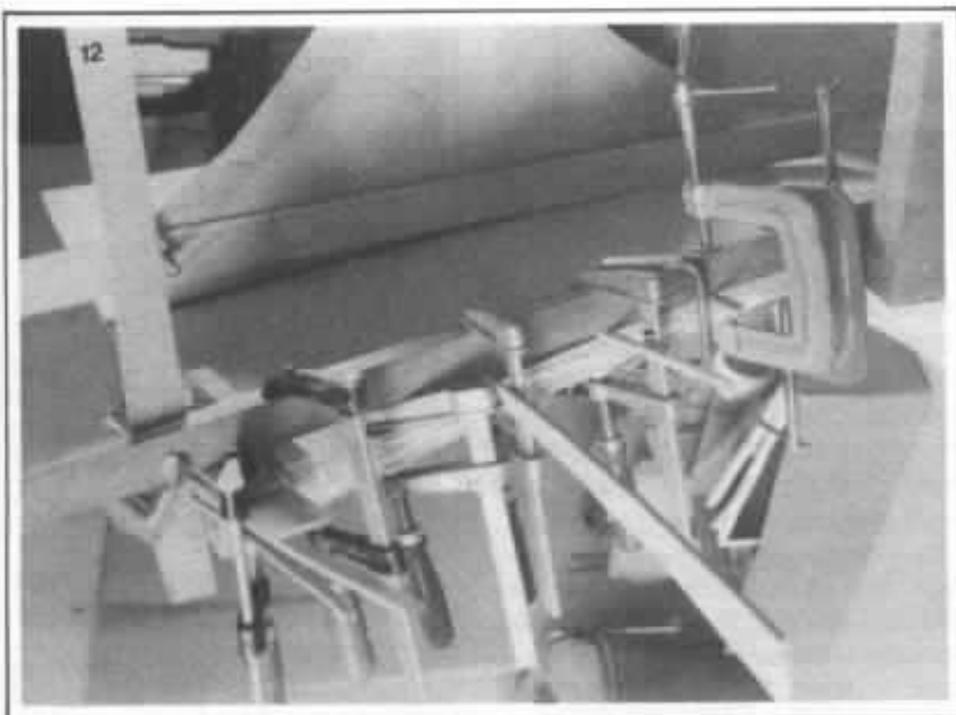
Finition

La construction achevée, la finition prend toute son importance. Notre choix s'est porté sur le noyer bien que cette essence soit assez difficile à travailler dès lors que les feuilles de placage comportent des parties ronçées. Celles-ci sont d'ailleurs très recherchées pour leur beauté. L'acajou, le teck ou le frêne seraient plus indiqués pour les débutants. Vue la quantité nécessaire au placage, il serait doublement avantageux de s'approvisionner chez le grossiste, à la fois pour le choix et pour le prix.

On s'y procure également de la colle de placage qui n'est autre que celle dont on se sert pour le formica. Choisir de préférence une colle fluide car le bois de placage et le contreplaqué sont beaucoup plus absorbants que les panneaux de particules et le formica.

On commence par préparer avec un très grand soin les surfaces à encoller. La moindre irrégularité de surface se verrait de nouveaux à travers le bois de placage. Reboucher avec de la pâte à bois les trous laissés par les têtes de vis ou de clous, au besoin en les enfonçant proprement. Ne pas oublier les éclats dus aux sciages. (photo 14). Poncer le pavillon entièrement assemblé afin que les raccords entre éléments soient parfaits. Dépoussiérer. Préparer un plan de placage en répartissant les feuilles de bois de placage aux différentes parois, en tenant compte du dessin des veines de bois, des effets de symétrie ou de répétition pour chaque surface à plaquer.

En principe, les surface visuellement les moins importantes



Construction du 1^{er} élément vertical. Les tranches des bords sont prêtes à recevoir les deux autres parois.

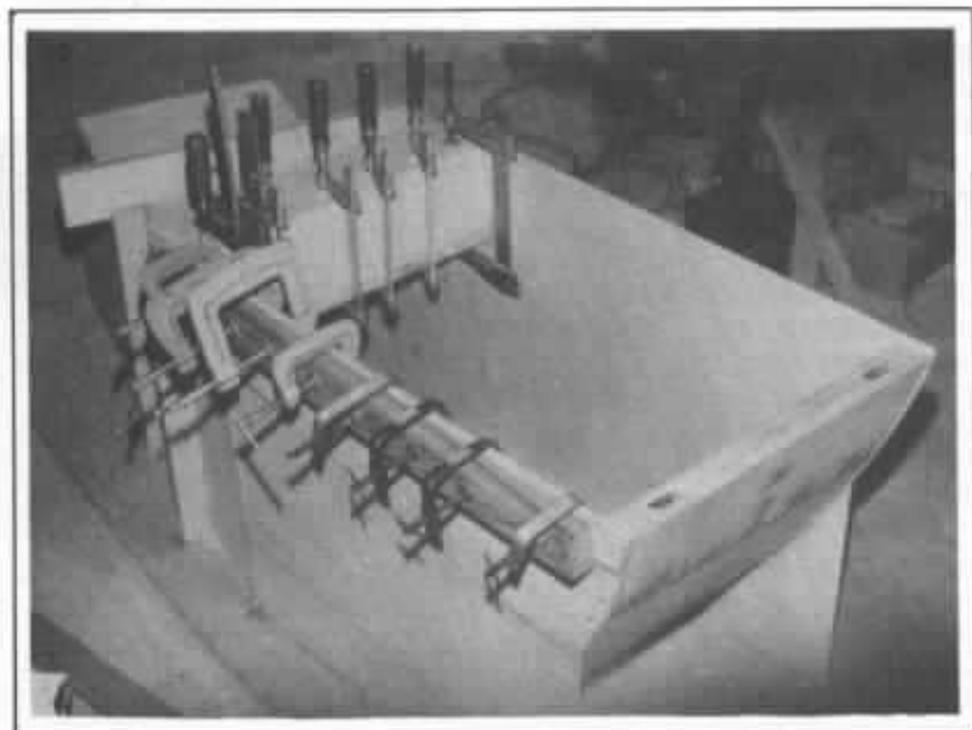
sont plaquées en premier. On terminera par les surfaces les plus exposées à la vue ; ce sont généralement celles qu'on voit de haut. Mais une direction privilégiée de la lumière ou un emplacement particulier peuvent en décider autrement. De cette façon, les raccords aux arêtes sont moins visibles.

On commence par découper les différentes pièces de bois de placage dont l'assemblage donne un panneau ayant la même forme que la surface à plaquer avec des marges de l'ordre du centimètre. Les raccords de ces pièces, si possible suivant le fil du bois pour être peu visible, s'effectuent à l'aide d'une petite scie de placage et d'une règle plate de tapissier. Les deux bords des deux pièces à être raccordées ensemble sont coupés successivement. Ne pas oublier de retourner la deuxième pièce avant de la couper : les angles de coupe sont alors supplémentaires et le raccord sera plus serré ! Assembler provisoirement à l'aide de l'adhésif transparent qui doit couvrir tout le long du raccord pour empêcher la colle de tra-

verser. On suivra les indications du fabricant de la colle pour procéder à l'encollage tout en prolongeant au maximum le temps de séchage. Il faut en effet donner au bois de placage le temps de retrouver en partie son volume initial après avoir gonflé à l'encollage. Après une mise en

contact précoce, il est fréquent de voir un raccord impeccable se transformer en une raie d'autant plus large que la couche de colle a été abondante. Se garder aussi du défaut opposé : le manque de colle donne lieu à des cloques...

Lorsque le temps de séchage est fini, placer des baguettes de bois sur la surface encollée, régulièrement espacées. Si elles sont en nombre suffisant et orientées perpendiculairement au fil du bois de placage (photo 15), les deux surfaces encollées restent écartées l'une de l'autre et il est permis d'ajuster le positionnement du panneau de bois de placage. Lorsque tout est en ordre, relever la première baguette proche d'un bord, tout en maintenant le bois de placage en place. Par une légère pression, mettre les deux surfaces près des deux bords en contact, d'abord par le milieu de chacune des pièces qui composent le panneau. Ne pas s'inquiéter si, à l'endroit des raccords, le bois de placage se redresse un peu (entre 2 et 3 mm de hauteur) par manque de place (photo 16). Ce serait parfait. Sinon, il faudrait provoquer ce redressement en comprimant



Le tasseau en bois massif empêche la paroi de se déformer pendant le collage.



14
Rebouchage des trous laissés par les vis et les clous avant ponçage. Remarquer la modification apportée à l'extrémité de l'élément de base (comparer avec la photo 11).

légèrement les deux bords du panneau. On retire ensuite une à une les autres baguettes tout en appliquant progressivement le bois de placage sur la surface. Retirer les rubans adhésifs, maroufler énergiquement en commençant par les raccords : les deux bords des raccords se compriment et rendent ces derniers invisibles. On possède en plus une marge de sécurité contre la contraction du bois de placage.

Le marouflage doit être total pour éviter la formation de cloques. Pour bien s'en rendre compte, promener légèrement les doigts sur la surface. La moindre cloque se sent alors immédiatement, mieux qu'avec la vue en lumière rasante, car le toucher est un sens extrêmement sensible. Il faudrait être bon voyant pour l'ignorer !

Enlever au « cutter » le bois qui dépasse. Attention aux éclats lorsque le fil du bois est perpendiculaire au bord. De même, faire attention lorsque le fil du bois est parallèle au bord, car, cette fois, la lame peut avancer facilement, et si on a pris le mau-

vais sens, elle va inévitablement mordre le bord. Il suffirait alors de changer le sens de coupe. Ce sens n'a en général, aucune relation avec les veines apparentes. Terminer cette opération au papier abasif. Si la deuxième face d'une arête n'a pas été placée, éviter d'arrondir cette dernière.

Après placage complet, passons au ponçage. Donner à la ponçeuse vibrante des mouvements larges, sans appuyer et sans insister. Le premier passage aux « gros grain » pour supprimer les irrégularités dues à la couche de colle ou les traces de sciage survenues lors du « déroulage » de la feuille de placage.

Deux autres ponçages aux grains moyens, puis fins donnent le poli voulu. Nous avons utilisé les papiers abasifs n° 80, 120 et 240 car le noyer est assez dur. Aux endroits roncés, il a même fallu descendre aux n° 60, 100 et 220.

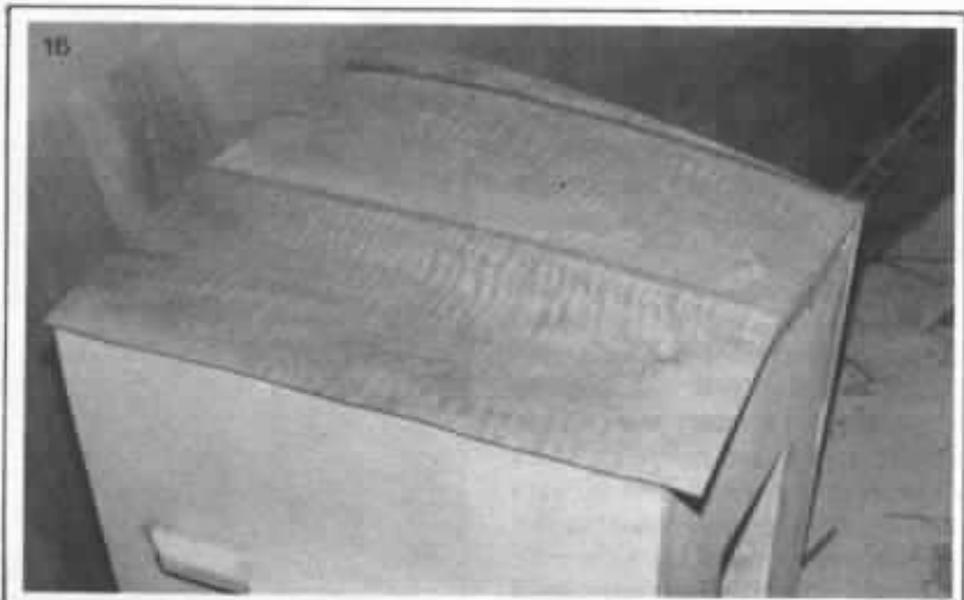
Chaque feuille peut abraser utilement environ 0,4 m². Se méfier du papier abrasif usé qui incite à insister, d'où perte de planéité. En outre, il laisse souvent des traces hélicoïdales très difficiles à supprimer. Vérifier fréquemment au toucher l'uniformité du ponçage.



15
Placage d'une paroi entière du volume horizontal. Grâce à des rondelles insérées entre l'élément de base et l'enceinte close, la lame du cutter peut glisser entre les deux pour couper le bois de placage.

L'obtention des surfaces glacées requiert quelques ponçages supplémentaires, aux grains de plus en plus fins, par exemple 280 et 400, puis en lustrage à la fourrure de mouton.

En passant un chiffon très légèrement huilé à l'huile de lin, après avoir dépoussiéré, on peut observer si, malgré tout, quelques endroits n'ont pas été suffisamment poncés et doivent l'être de nouveau. Après rectifications



16
Placage. Remarquer le redressement du bois de placage aux voisinages des raccords.

éventuelles, on peut huiler pour de bon. Mais point trop n'en faut. (Nous nous sommes servis en tout de 200 g d'huile.)

A ce stade, on peut passer l'intérieur du pavillon ainsi que les tranches des bords des éléments au brou de noix naturel. Les risques de bavures sur le bois de placage sont réduits du fait que le noyer est maintenant saturé d'huile de lin. Et lorsqu'elles se produisent, ces bavures s'enlèvent plus facilement.

Retour sur les pavillons « médium »

Le pavillon « grave » terminé, nous pouvons enfin nous pencher de nouveau sur les pavillons « médium » (son magazine n° 118 et 120) (photo 17). Rappelons rapidement leurs résultats obtenus avec le 17 cm Audax HD17HR37 :

- un rendement supérieur à 10 %, donnant une sensibilité de 110 dB/W/m dans un cône de 100° environ.

- la dispersion spatiale est absolument régulière : le diagramme directif est pratiquement un arc de cercle malgré la présence des cloisons internes.

- pour un niveau de 110 dB, le taux de distorsion harmoniques est inférieur à 0,5 % et à 1,5 % lorsque le niveau atteint 125 dB.

- ces valeurs ont été obtenues en chambre sourde au CNET à Lannion, par des techniciens du lieu. La courbe de réponse est pratiquement une ligne droite de 200 à 1 000 Hz, pour décroître ensuite régulièrement avec une pente de -6 dB. Nous avons conclu alors qu'avec un haut-parleur aux caractéristiques plus favorables, on devrait obtenir une bande passante plus étendue. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons remplacé le 17 cm par le 12 cm de la même marque (HD 12P 25 FSM SQ). A cause de la petitesse de sa membrane, il a été nécessaire de l'adapter à la

gorge du pavillon par l'intermédiaire d'un tronc de cône rudimentaire, percé dans du contreplaqué (19 mm).

L'élargissement de la bande passante est immédiatement audible, ainsi qu'une chute de rendement d'environ 6 dB au potentiomètre du filtre actif. Ces premières impressions ont été confirmées par la relevée de la courbe de réponse dans une manipulation de travaux pratiques en licence d'Audio visuel à l'UER des sciences de Brest. La



Pavillon médium surmonté de tweeters.

bande passante s'étend de 200 Hz à plus de 10 kHz. La linéarité est remarquable, avec un accident significatif situé entre 4 000 Hz et 6 000 Hz, prenant l'allure d'une alternance sinusoïdale complète avec d'abord une bosse et ensuite un creux, d'amplitudes égales à 5 dB. Est-ce dû à l'immense salle de T.P. ? Aux ondes stationnaires engendrées par les surfaces parallèles du pavillon ? Aux résonances de la cavité de gorge ? Le temps nous manquait pour tirer la chose au clair. Qu'importe ! L'essentiel, pour l'instant était la possibilité de constituer un système trampli-

fié : pavillon d'extrême-grave central, pavillons « médium » et des tweeters classiques pour l'aigu. Une solution qu'une bande passante réduite des pavillons médium avaient interdite.

Tous ces résultats favorables plaident pour une réalisation très prochaine de nouveaux pavillons « médium », destinés à charger des haut-parleurs de 12 à 14 cm de diamètre. Ce sera une extrapolation des pavillons actuels, pour ce qui concerne la conception acoustique, avec une distance entre surfaces parallèles de 5 à 6 cm, deux cloisons internes, un angle d'ouverture de 80° seulement et un sablage encore plus important.

L'ultime maillon

Nous allons décrire rapidement notre « séjour-d'écoute » qui est indubitablement l'ultime maillon de la chaîne.

Les deux pièces de superficies inégales qui composent le séjour totalisent 30 m² environ. La plus petite est un bureau meublé d'une bibliothèque dont les rayonnages couvrent deux murs adjacents, les pavillons se trouvent dans la plus grande des deux pièces. L'un des pavillons « médium » occupe la moitié du passage entre les deux pièces, le deuxième s'adosse à un mur. Le mur qui fait face à ces deux pavillons est revêtu de deux couches de liège. Leurs épaisseurs totalisent 7 mm et suffisent pour amortir efficacement les réflexions primaires. Tous les autres murs sont recouverts simplement d'un tissu mural. Evidemment, une moquette en laine occupe le plancher. Pour contribuer à une réverbération correcte, un meuble discothèque est disposé le long du mur de la façade qui s'ouvre sur un jardin par trois porte-fenêtres (photo 17). Les volumes qui composent ce meuble animent le séjour par des niveaux et des décrochements variés, tout en dégageant



Zone d'écoute.

complètement la porte-fenêtre qu'ils encadrent :

Le soleil peut donc inonder de lumière le séjour et le regard est libre de se poser sur le jardin.

Toute la partie électronique est logée dans le meuble de façon que toutes les manipulations se trouvent à portée de la main.

Le plateau sur lequel prend place le tourne-disque est prévu pour être sablé (4 cm d'épaisseur) (photo 18). Il peut être découplé de son socle par une épaisseur de moquette. Une deuxième épaisseur de moquette peut isoler le plateau sablé de son couvercle. Des clous sont fixés sous ce dernier de façon que leurs pointes plongées dans le sable, puissent amortir les vibrations résiduelles. Mais en fin de compte, tous ces dispositifs s'avèrent superflus pour le moment. Apparemment, la solidité des structures et la masse des disques qui s'exerce par l'intermédiaire de la colonne centrale neutralisent suffisamment les vibrations pour permettre la lecture correcte des disques à la puissance sonore maximale et ce, malgré l'affaissement d'un des trois ressorts de suspension de la contre platine. Il est probable que le remplacement des tweeters

actuels par des tweeters ioniques (103 dB/W/m) rendrait de tels dispositifs indispensables.

La configuration du séjour, son ameublement, y compris le pavillon grave, expliquent peut-être que les résonances de salle ne sont pas décelables à l'oreille.

Dernières dispositions : les deux portes de communication (2 x 90 cm) ont été remplacées par des tentures pour favoriser l'épanouissement des ondes de l'extrême-grave dans tout l'appartement (240 m²).

Réglages et écoutes analytiques

Pour conserver un point de repère, nous avons commencé par équiper le pavillon grave avec le 38 cm de l'ancien pavillon. D'après les premières écoutes, il semble que le rendement a baissé. Mais il n'en a rien été en réalité, et si le nouveau pavillon paraît moins sensible c'est parce qu'il a beaucoup moins de coloration. Même le bas médium s'est dégraissé tandis que le grave fait penser à un pied de vigne centenaire.

Vient ensuite la comparaison entre le 38 cm et le nouveau 33 cm. Disons qu'avec ce dernier, tout le bas du spectre paraît

plus naturel. La cause est donc entendue.

Reste maintenant le choix des tweeters. Au départ, six paires de tweeters étaient en lice. A l'arrivée, restaient les Siare TWZ et les Audax HD13D34H. Chacun d'eux est monté sur son propre support sablé, aux bords arrondis.

Il faut relater ici un phénomène qui nous a bien étonné lors des essais comparatifs de tweeters.

En passant d'une paire de tweeters à l'autre, la qualité des aigus changeait, ce qui est dans l'ordre des choses, évidemment. Mais nous ne nous attendions guère à ce que ce changement affecte aussi le reste du spectre sonore : le soyeux des Siare se retrouve dans le médium et la finesse des Audax semble lever un voile devant les pavillons. Ce n'est que logique, au fond, puisque un son est défini par sa fréquence fondamentale et par ses harmoniques qui appartiennent à l'aigu et à l'extrême aigu. Mais comprendre est une chose ! Et la transformation apparente du médium garde toujours un aspect déconcertant.

Il conviendrait donc, dans le choix des haut-parleurs, d'accorder la priorité aux tweeters et de leur affecter les meilleurs amplis possibles.

L'utilisation de ces tweeters laisse un regret par ailleurs prévisible : pour profiter pleinement de leur qualité, il n'est pas conseillé d'approcher des niveaux donnant le réalisme sonore : le tassement de l'aigu étant perceptible lorsque le bouton « volume » du préampli est au 2/3 de sa course. La puissance sonore ainsi développée aurait été convenable, vue la sensibilité de ces tweeters (92,5 et 96 dB), n'était, hélas ! les 2/3 de course, également, du potentiomètre « aigu » du filtre actif.

Pour effectuer les nombreux réglages que nécessitent les changements de haut-parleurs ou de

maillons électroniques, nous nous sommes servi initialement du casque AT-H8 comme référence. Mais très vite, son usage s'est avéré inutile lors des ultimes réglages puisque la réverbération du local d'écoute y est absente (et pour cause !). De plus, la perception des aigus n'est en aucune façon naturelle : en parvenant directement aux tympans, ils ont occulté l'intervention des pavillons des oreilles dont l'influence sur la perception sonore n'est pas négligeable. Pour s'en rendre compte, il suffit de déformer ces pavillons soit en les aplatissant, soit en les écartant de la tête avec un doigt ! C'est donc à l'oreille nue que se font les réglages, ce qui ne va pas sans quelques inconvénients et le moindre n'est pas l'effet Fletcher-munson qui nous a joué quelques uns de ses tours : après avoir écouté pendant quelque temps à un niveau sonore élevé, si on diminue la puissance sonore à un niveau « domestique » repéré à l'avance sur le préampli, on a l'impression que les sons graves et aigus ont disparu. Conséquence : il est préférable d'effectuer les réglages avec un niveau sonore suffisant.

Pour éviter de perdre des heures à régler sans succès l'équilibre tonal du système transducteur, il serait utile de vérifier auparavant qu'il possède une symétrie acoustique convenable : une séquence de percussion écoutée en monophonie doit donner l'impression de provenir du centre, indépendamment de la fréquence des sons. Si ce n'est pas le cas, la cause peut être soit un mauvais appariement d'une paire de haut-parleurs ; soit une dissymétrie acoustique du local d'écoute, ce qu'on peut vérifier en déplaçant la tête. On observe alors le déplacement de certains sons dans le registre médium (ne pas confondre avec le phénomène d'interférence qui fait varier l'intensité des sons purs). Le remède à ce mal consiste à

modifier séparément ou conjointement l'orientation et l'emplacement des transducteurs ou l'emplacement de la position d'écoute.

En fin de compte, ce sont les voix humaines qui nous ont aidé à obtenir l'équilibre tonal le plus satisfaisant pour nos propres oreilles.

En tout cas, c'est grâce aux voix masculines qu'une légère bosse dans le bas médium a été mise en évidence. La cause en est une coupure franche dans la courbe de réponse des pavillons médium vers 200 Hz. En accentuant la pente du passe-bas de la voie grave du filtre (de -12 dB par octave à -18 dB par octave), tout en gardant la pente du passe-haut à -12 dB, la bosse est éliminée presque complètement. Pour mieux faire, il eût fallu une pente de -24 dB, mais cela aurait nécessité une nouvelle carte pour le filtre. A ce propos, un oscilloscope est bien utile pour obtenir des points de recouvrement du filtrage correct.

Actuellement, nous utilisons les matériels suivants :

- cellule Shure V15-IV, bras Audiocraft AC-400C, platine Thorens 125 dont le socle a été



Meuble discothèque contenant toute l'électronique. Tout est à portée de la main.

modifié pour recevoir le bras long AC.

- préampli Mission, filtre maison.

- pour ce qui est des amplis : Bryston III B pour l'aigu, Hiraga pour le médium et une seule voie du Technics 9070 pour le grave central. Il a fallu réduire les bruits mécaniques dus aux transformateurs d'alimentation des trois amplificateurs par divers moyens. Le pontage de l'ampli Technics en mono donnerait 180 W, au prix d'un bruit de fond accru, prix que nous avons jugé excessif. Il sera d'ailleurs remplacé bientôt : l'amélioration du grave est déjà significative avec un Bryston II B prêté par une connaissance.

A part l'ampli Technics, tous les autres maillons ont été choisis après comparaisons, hélas ! non exhaustives. En particulier, le bras AC a été longement comparé au bras SME 3009 II par l'intermédiaire de la même cellule Audio Technica 20SLA. Le violon est plus naturel avec l'A.C. Pourtant ce n'est pas faute d'avoir donné toutes ses chances au bras SME : un réglage précis a amené le centre de gravité sur le centre de rotation, ce qui fait que lorsque la force d'appui est nulle, l'équilibre est indifférent et le bras garde la position qu'on lui a donné, même lorsque le plan du plateau n'est pas horizontal.

Avec de l'habitude et de la chance, ce réglage est une affaire d'une demi-heure.

De même, le choix de la cellule Shure mérite d'être conté.

A l'origine, c'était classiquement Shure, SME, Thorens. Vint la cellule 205LA. Quelque temps après, le bras SME fut écarté au profit du bras A.C. ainsi que le préampli Technics 9060 au profit du préampli Mission. Et puis un jour, nous avons remis la cellule Shure, « pour voir ». Bien nous a pris, car contre toute attente, elle semble avoir été transfigurée dans l'aigu



Pavillons dans le décor.

comme dans le grave, au point que l'aigu de l'Audio Technica paraisse « dénudé ». Il semble donc que la Shure soit une cellule qui ne se livre pas facilement.

En abordant les résultats auditifs, la disposition excentrée du grand pavillon soulève le problème de la directivité des sons. « L'image sonore n'est-elle pas distordue ? instable ? ». Nous savons tous que les sons très graves ne peuvent être localisés : ils sont non directifs. Le problème est de savoir jusqu'à quelles fréquences ? Apparemment, il faut croire que cette limite est supérieure à 200 Hz, puisque notre fréquence de coupure bas est d'environ 210 Hz à -6 dB, et que l'image sonore des instruments tels que contrebasse est parfaitement stable et précise. Plus d'une fois, il nous a fallu débrancher la voie grave centrale pour convaincre des auditeurs que tout ne provient pas uniquement des deux pavillons médium et des tweeters. Et c'est vrai qu'après la coupure, on sent seu-

lement disparaître cette pression acoustique diffuse qui servait d'assise à la scène sonore.

En réalité, il y a bien dans certains cas précis un léger flottement de quelques sons du haut-grave vers la droite c'est-à-dire vers le grand pavillon. Après des écoutes attentives, nous nous sommes aperçu que le phénomène se produit pour des sons de percussion « mous » tels que ceux produits par une grosse caisse brésilienne. Mais il s'agit moins de directivité que de la perception des harmoniques à travers l'enceinte close du pavillon.

Encore faut-il souligner la ténuité de ce phénomène. Apparemment, seul un commerce très suivi avec cette chaîne permet de le déceler : jusqu'à présent, nous sommes la seule personne à l'avoir remarqué.

Comment « sonne » cette chaîne ? Pour éviter les adjectifs qualificatifs superlatifs qui n'ont guère de signification alors que la distance est encore appréciable

entre la musique vivante et la musique enregistrée, nous nous permettons seulement de relever celui qui revient le plus souvent aux lèvres des gens qui l'ont écoutée. C'est le mot « clarté ».

Et s'il fallait une appréciation personnelle, nous dirions qu'elle n'a pas le « son pavillon » et qu'elle est capable d'une grande spatialisation, pour autant que la prise de son s'y prête. Ce n'est pas si fréquent. A l'aube de l'ère digitale, un disque de jazz où la batterie ne remplit pas à elle seule tout le fond du séjour constitue un événement ! La situation est moins mauvaise en musique classique où, chez D.G.G. par exemple, les derniers enregistrements numériques montrent qu'à force de mixages judicieux, l'image sonore devient très plausible, à défaut d'être cohérente : les ingénieurs du son ont dû égarer en cours de mixages la réverbération sonore. Mais patience ! en grandissant, nous aurons sûrement droit à autres choses qu'à la bouillie !

Pavillon Iwata en tranches

Jacques Ledauphin

La réalisation de pavillons de haute qualité suscite un intérêt croissant de la part des amateurs. Tous les moyens sont mis en œuvre pour tenter de parvenir à des solutions aussi parfaites que possible. Le profil Iwata très performant, n'est malheureusement pas aisé à réaliser. Une solution réalisable par l'amateur, moyennant un outillage minimum, beaucoup de soin et... de temps, est donné dans cet article.

Introduction

La réalisation de pavillons Iwata en staff n'est pas sans poser de grandes difficultés. M. Guigne, dans son article de l'Audiophile n° 21, ne l'a d'ailleurs pas caché ! Le travail du plâtre par un non-spécialiste a de quoi faire perdre son sang froid au plus impassible.

Encouragé par les résultats d'écoute obtenus avec des pavillons de ma fabrication, mais rebuté par les problèmes de réalisation, le long temps de séchage du plâtre, les déformations au séchage, ainsi que par les difficultés de finition interne et

d'amortissement extérieur, je décidais de me lancer dans une fabrication en bois « massif ».

Une telle fabrication n'est pas plus facile ou plus rapide que la version staff, mais pour quelqu'un familiarisé avec le travail du bois, le résultat, au prix d'un travail patient et soigneux, est pratiquement garanti.

Je réalisais un premier prototype en utilisant du contreplaqué ordinaire d'épaisseur 10 à 5 mm, et à la lumière des problèmes rencontrés (en particulier la mauvaise adhérence des collages entre les plis), j'entrepris la fabrication de la version « défi-

nitive » (les audiophiles apprécieront les guillemets) à partir de contreplaqué de hêtre épaisseur 25 mm (genre Nantex 25).

La construction commence par la réalisation des parties inférieure et supérieure qui sont constituées de six « tranches » de contreplaqué superposées pour approcher le profil du pavillon en formant des gradins circulaires. Ces « marches d'escalier » sont ensuite poncées pour obtenir le profil définitif. Les joues latérales sont alors bâties sur ces deux parties en utilisant le fait que les côtés sont développables.

Les cotes précises du pavillon

Iwata ont été données par Jean Hiraga dans son ouvrage « Les Haut-Parleurs ». Qu'il en soit remercié !

Principes de réalisation des parties inférieure et supérieure

1. La découpe frontale

La surface de ces parties est de révolution à partir d'un axe situé à 100 mm de la plaque de fixation du moteur. Le profil frontal des tranches est donc circulaire. Les rayons de découpe frontale des gradins circulaires sont déterminés graphiquement.

On établit avec le maximum de précision une coupe longitudinale à l'échelle 1, sur laquelle on trace les différentes tranches, en fonction de l'épaisseur *exacte* du contreplaqué utilisé. Puis on des-

sine pour chaque épaisseur, des gradins de profondeur 20, 15, 10 et 5 mm. On prévoit une surépaisseur de finition d'environ 0,5 mm sur le profil. L'intersection de ce nouveau profil avec les différents gradins fournit les différents rayons de découpe et d'usinage. Voir figure : coupe longitudinale.

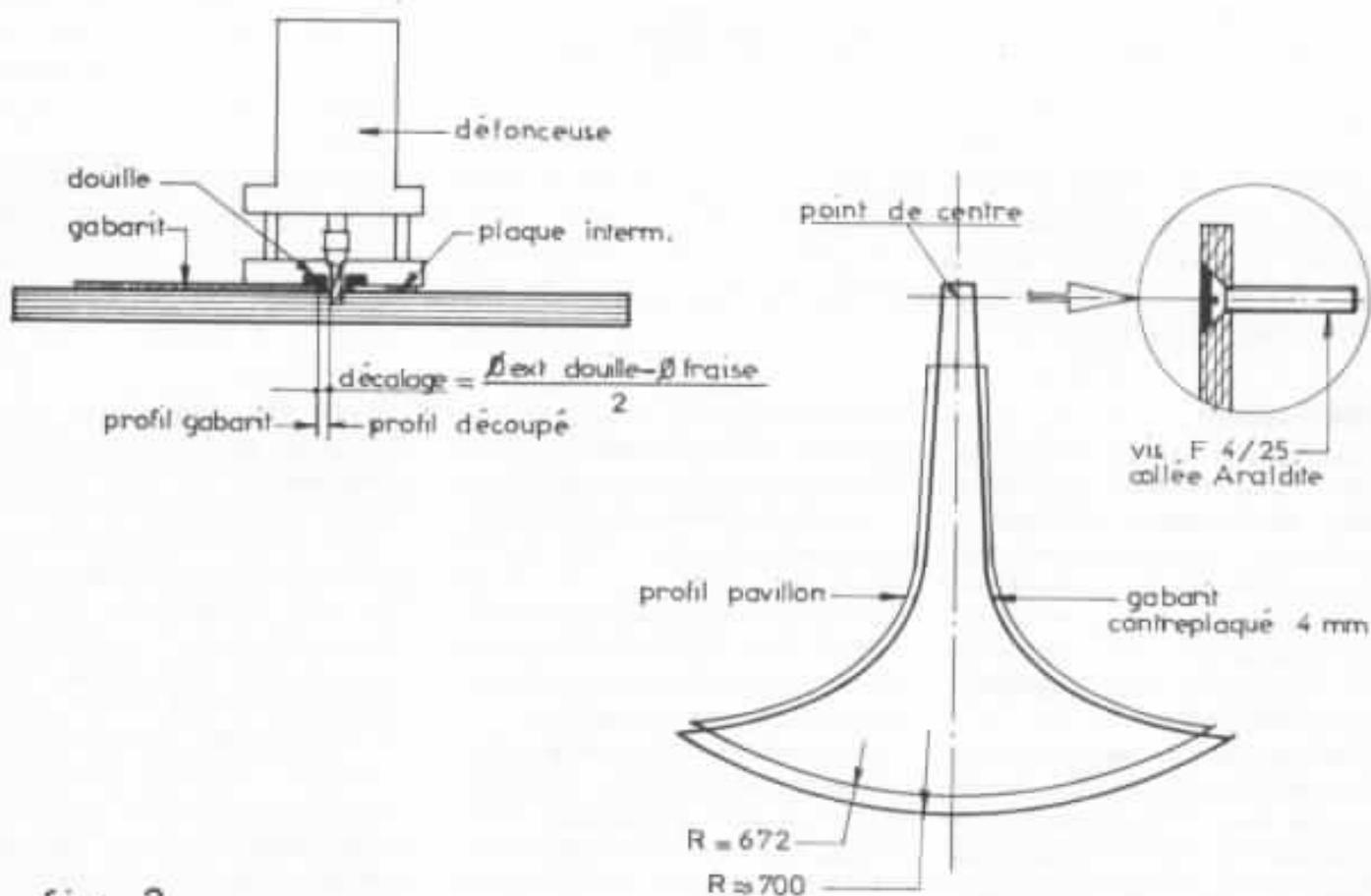
La découpe frontale et l'usinage des gradins se fait à l'aide d'une « défonceuse » portable et d'un montage d'usinage, décrit par la suite et permettant d'effectuer un fraisage circulaire.

2. La découpe latérale

Pour obtenir des tranches parfaitement superposables et au bon profil, on utilise toujours une défonceuse. Celle-ci est équipée d'une douille de guidage,

permettant le détournage du profil à partir d'un gabarit maintenu sur la feuille de contreplaqué. Voir figure 2.

Il convient d'utiliser une fraise à rainurer à deux tranchants rapportés en carbure de tungstène de longueur suffisante (minimum 25 mm) et donc d'un diamètre pas trop réduit — environ 12 mm — pour une rigidité correcte de la fraise. Une fraise en acier rapide permettrait peut-être d'usiner sur une longueur de 10 m le contreplaqué Nantex avant d'être complètement brûlée ! La défonceuse ne permettant, en rainurage, que d'effectuer des passes de 2 à 3 mm de profondeur, la longueur d'usinage à effectuer pour un pavillon est de l'ordre de 250 m, ce qu'on arrive péniblement à faire sans affûtage avec une fraise carbure.



- fig. 2 -

Le film de la réalisation

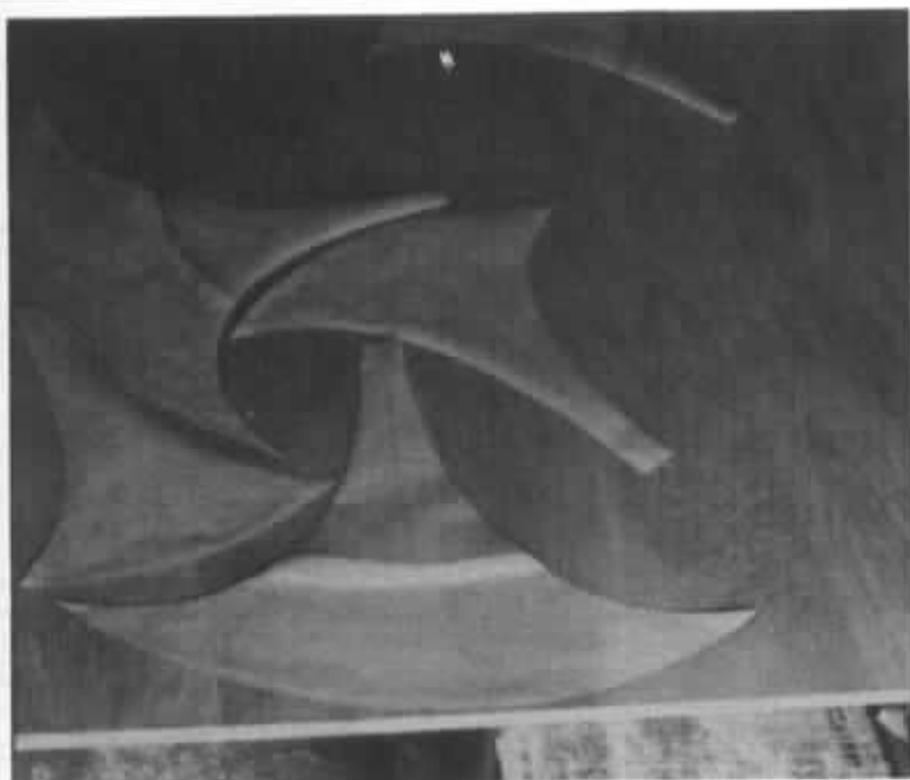


Photo 1 : Des gabarits de papier, découpés au profil des différentes sections (rajouter le diamètre de la fraise) permettent d'étudier une disposition de découpage qui limite les chutes au strict minimum.

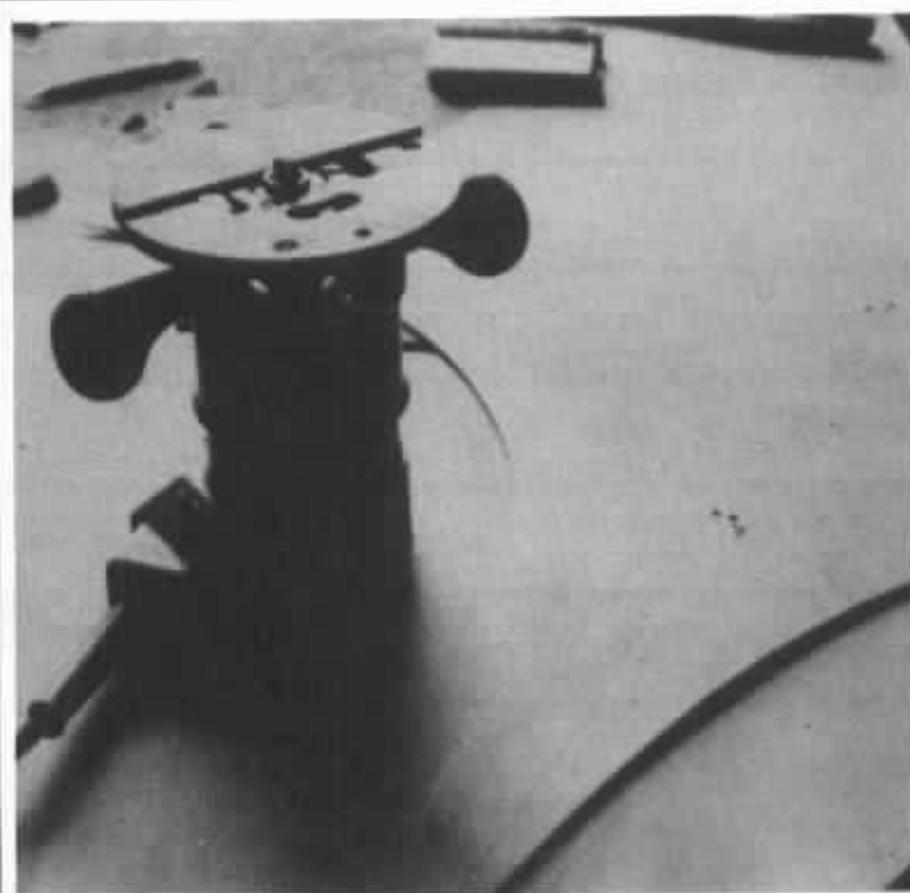
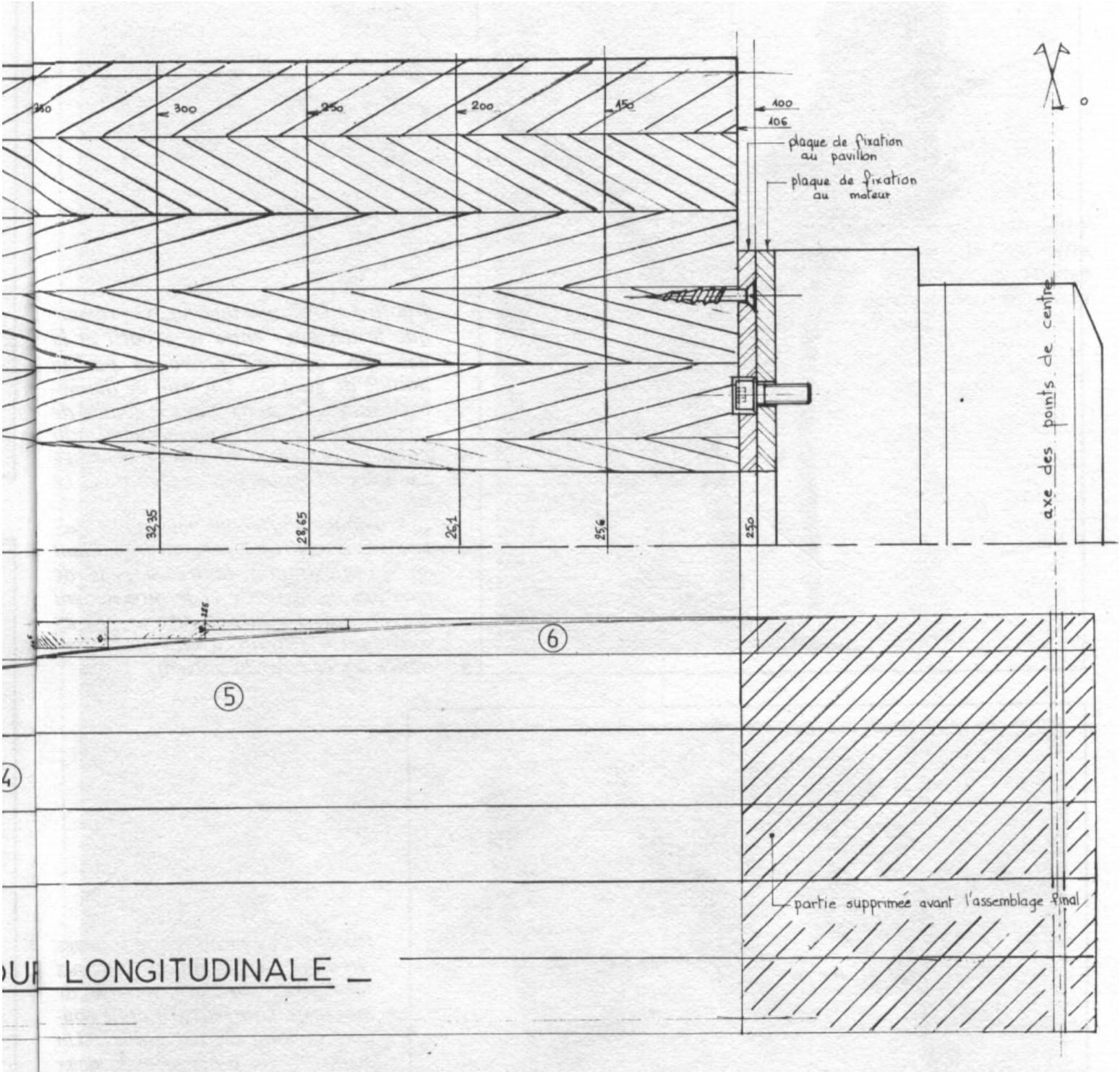


Photo 2 : Vue de la défonceuse équipée de la douille de guidage et de la plaquette intermédiaire rattrapant l'épaisseur du gabarit. Celui-ci est maintenu en position par des petites pointes sans tête.

1

2



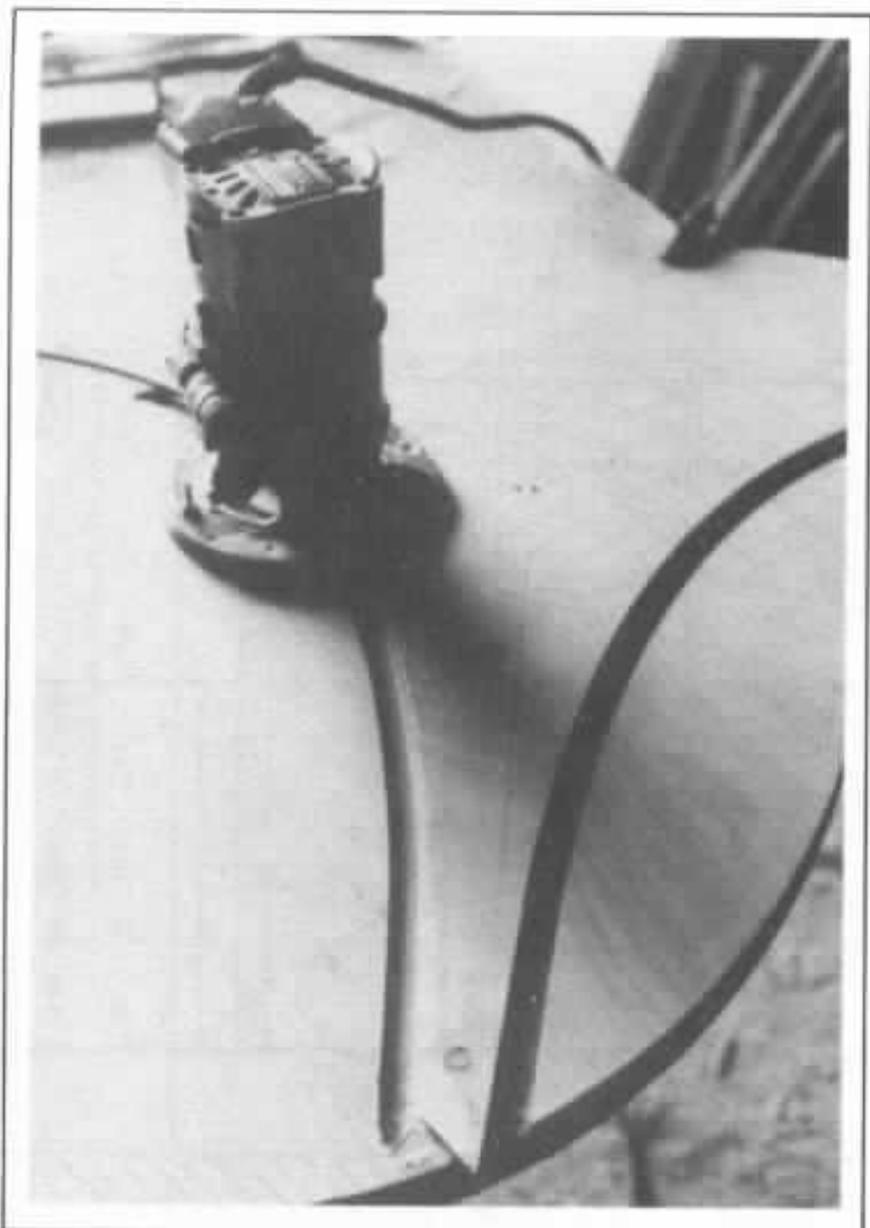


Photo 3 : Découpe latérale. On remarque le décalage entre le gabarit et la découpe, décalage provoqué par la douille de guidage. Un trou de diamètre 4 mm a été percé dans le feuille de contreplaqué, à l'emplacement du point de centre. Un téton de centrage solidaire du gabarit s'engage dans ce perçage.

L'usinage s'effectue par passes successives d'environ 3 mm, en travaillant en « opposition » (entre le sens de rotation de la fraise et le mouvement d'avance de l'outil) et surtout pas en « avalant » (l'outil ayant alors tendance à s'écarter du gabarit).

3

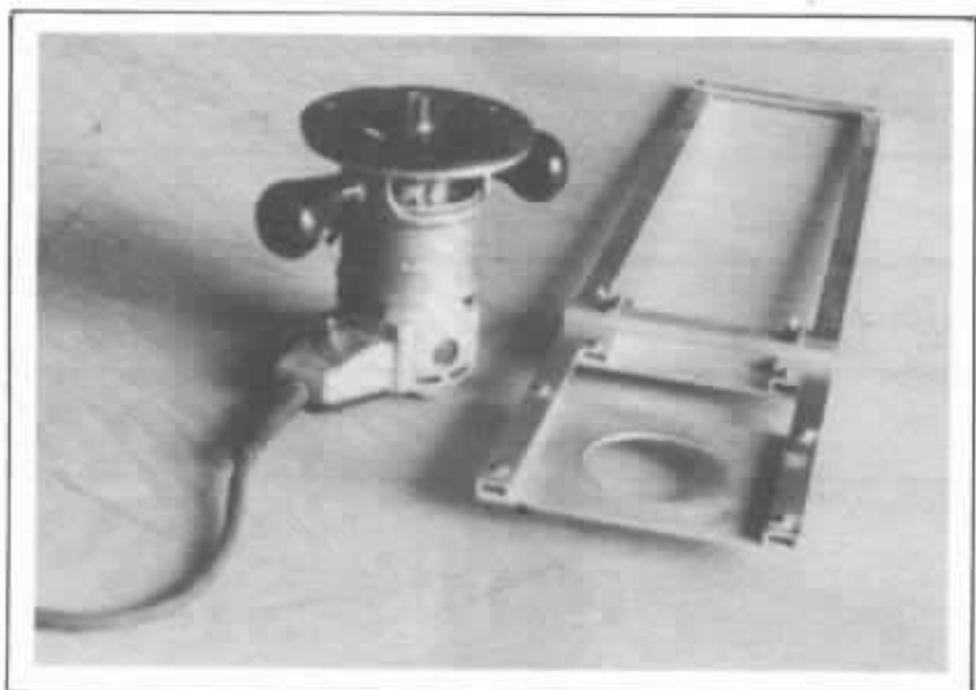


Photo 4 : Le montage de fraisage circulaire. Deux guides latéraux sont fixés sur une embase de montage. Une partie mobile coulisse le long de ces guides. Un dispositif de blocage avec deux écrous papillon permet de régler le rayon d'usinage. Un axe de diamètre 4 mm est situé sous la partie mobile (il n'est donc pas vu sur la photo).

4

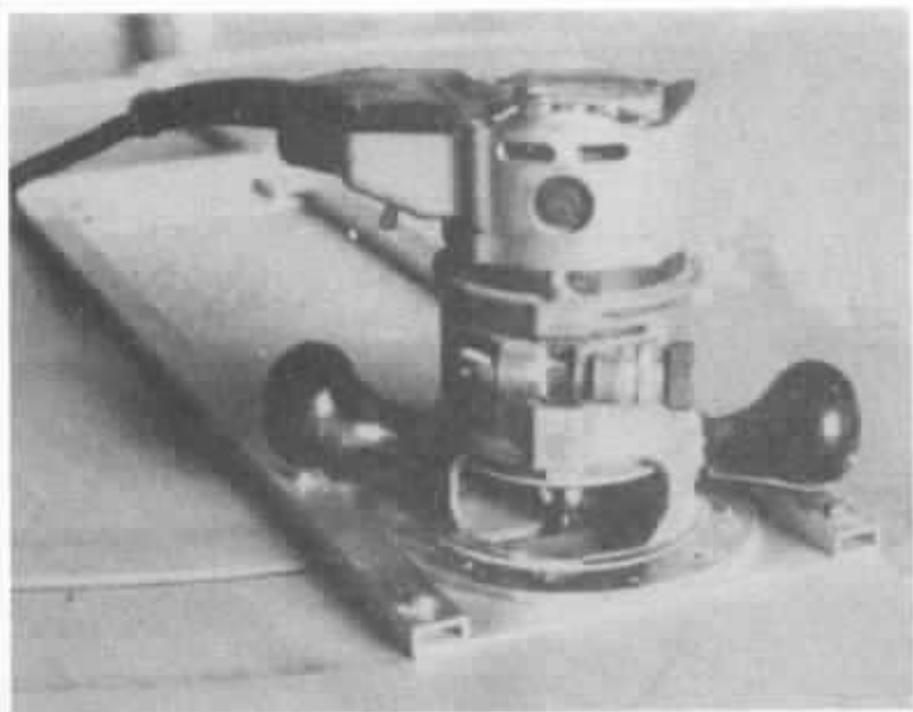


Photo 5 : Découpe circulaire frontale. L'axe de diamètre 4 mm du montage est engagé dans le perçage correspondant au point de centre.

5

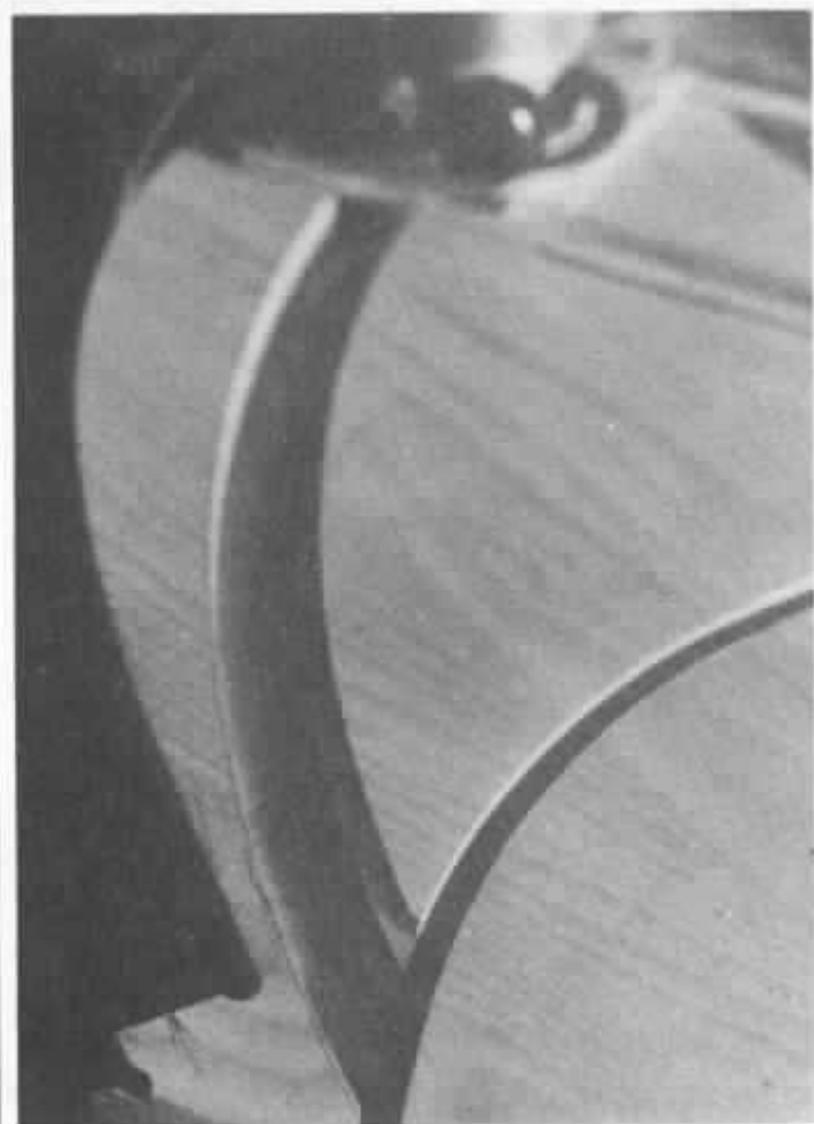


Photo 6 : Usinage des gradins circulaires.

Les différents rayons ont été préalablement tracés. On effectue un rainurage par passes successives (profondeurs 20, 15 et 5 mm) du plus grand rayon au plus petit (pour ne pas faire disparaître le traçage).

6

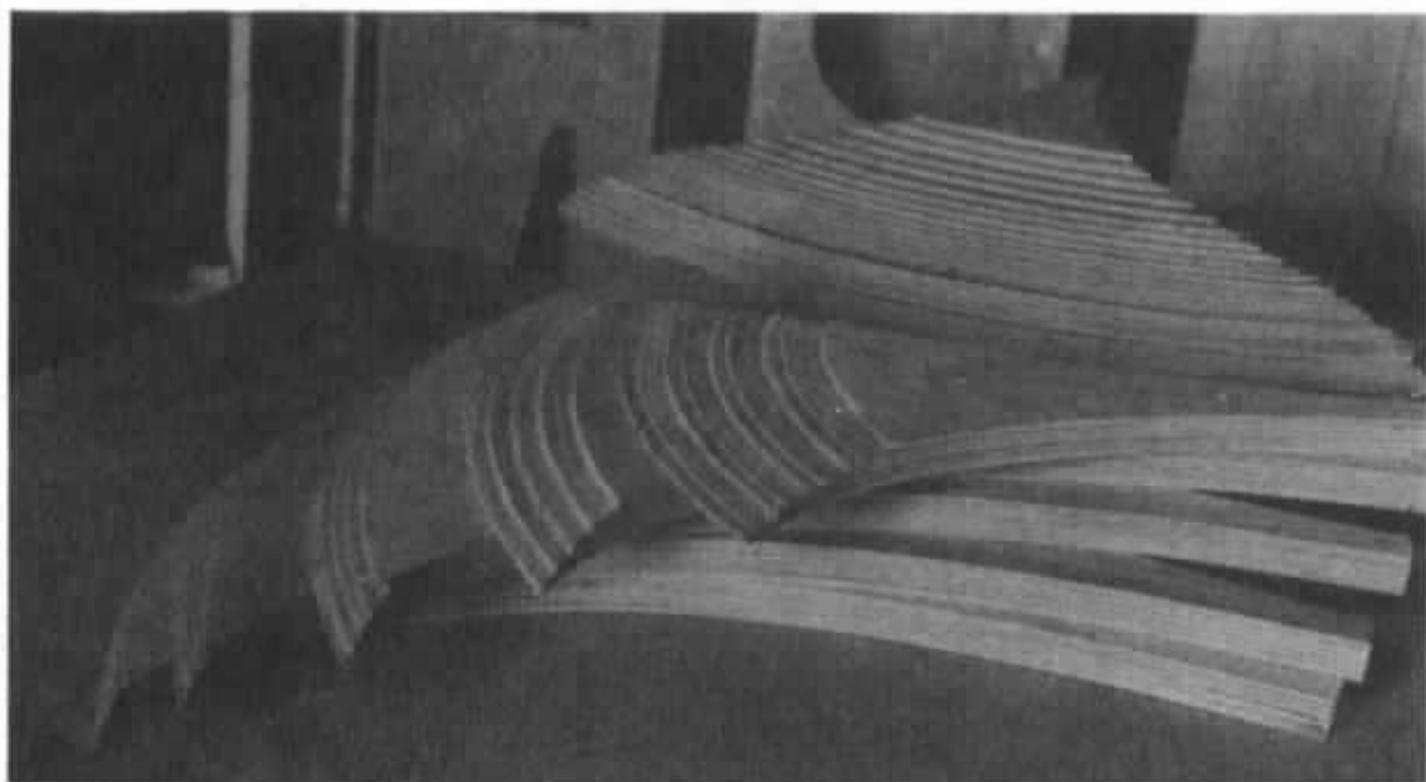


Photo 7 : Les différentes sections après usinage. En arrière-plan une partie du pavillon déjà assemblée.



Photo 8 : Assemblage des « tranches d'Iwata ». Collage + vissage + mise sous presse.

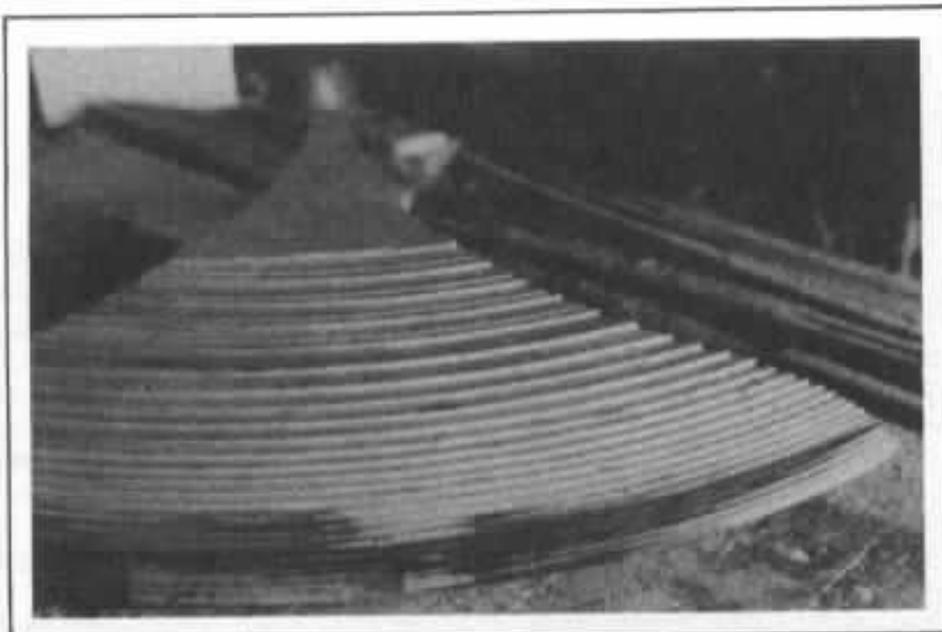


Photo 9 : Gros plan d'un demi-pavillon après assemblage. Les deux trous qui sont visibles correspondent à la fraisure des têtes de vis d'assemblage. La dernière tranche (d'épaisseur environ 12 mm, obtenue par dédoubleage d'une épaisseur de Nantex 25) n'est pas encore collée. Elle viendra recouvrir ces fraisages. Il en est de même entre les différentes sections.

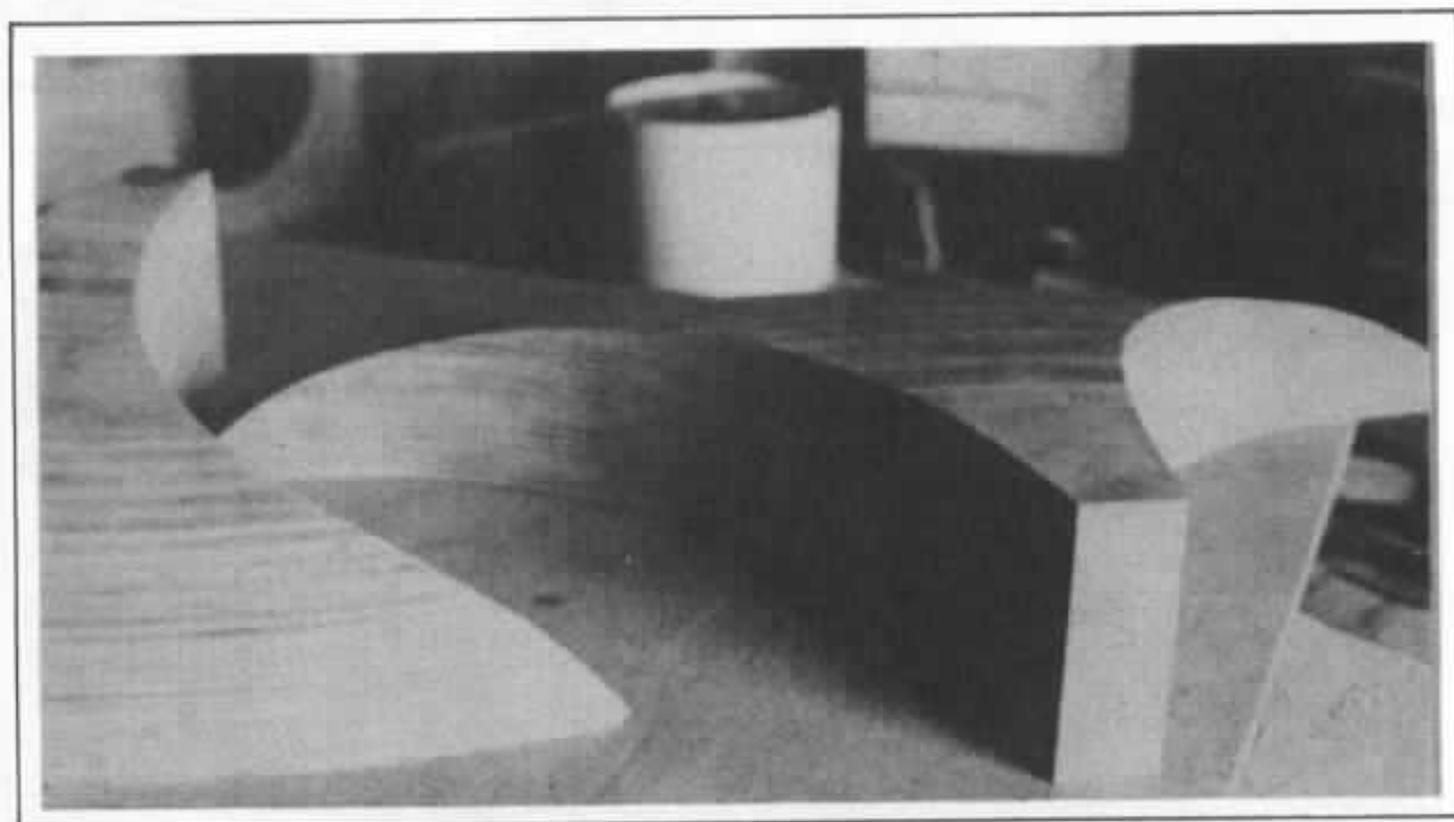


Photo 10 : Quelques heures plus tard... les gradins circulaires ont été ponçés, d'abord avec un disque de ponçage monté sur une perceuse portative, puis manuellement avec des abrasifs de plus en plus fins et une cale à poncer. Contrairement à ce que l'on pourrait penser ce n'est pas la phase la plus difficile de la réalisation, l'usinage circulaire puis les plis du contreplaqué aidant à savoir où l'on en est. On vérifie le profil à l'aide d'un gabarit correspondant à la coupe longitudinale.

Les petits rebouchages (inévitables) sont effectués au « Sintobois », les mastics cellulosiques genre « pâte à bois » n'ayant pas des qualités mécaniques et d'adhérence suffisantes.

A ce stade de la fabrication, on recherche la meilleure finition possible. C'est beaucoup plus facile qu'une fois l'assemblage final réalisé.

L'application d'une ou deux couches d'enduit cellulósique du type utilisé pour les modèles réduits permet de fixer les petites fibres de bois rebelles au ponçage fin.

On élimine par sciage avec une égoïne à denture fine le talon vers la gorge du pavillon (partie comportant les points de centre).

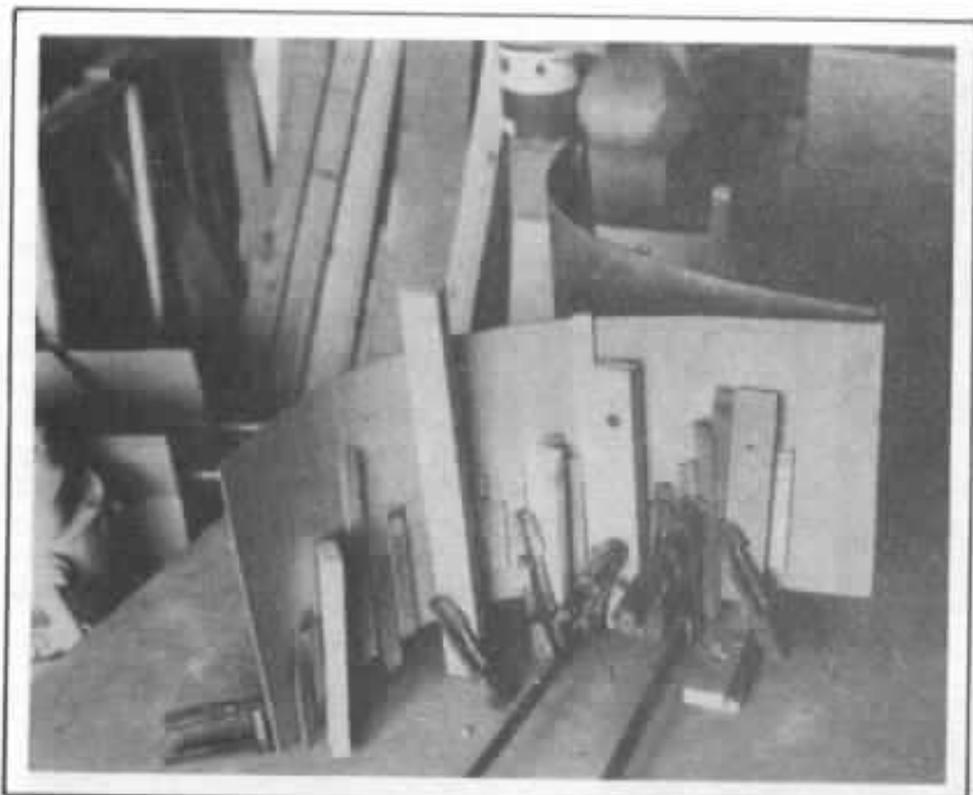


Photo 11 : Assemblage des côtés.

C'est peut-être la phase la plus délicate. Utiliser un contreplaqué d'épaisseur 3 mm, une épaisseur supérieure étant beaucoup plus difficile à cintrer. Effectuer la préparation préalable de l'une des faces de la bande de contreplaqué. Cette face rebouchée et finement poncée sera placée vers l'intérieur du pavillon.

L'emploi de serre-joint n'est pas facile, les surfaces d'appui n'étant pas parallèles. On peut maintenir le cintrage en clouant des petites baguettes de bois avec des pointe à têtes d'homme.

11



Photo 12 : Collage de la deuxième partie.

La bande latérale de contreplaqué 3 mm ayant été découpée à la hauteur exacte du pavillon le positionnement est assez facile.

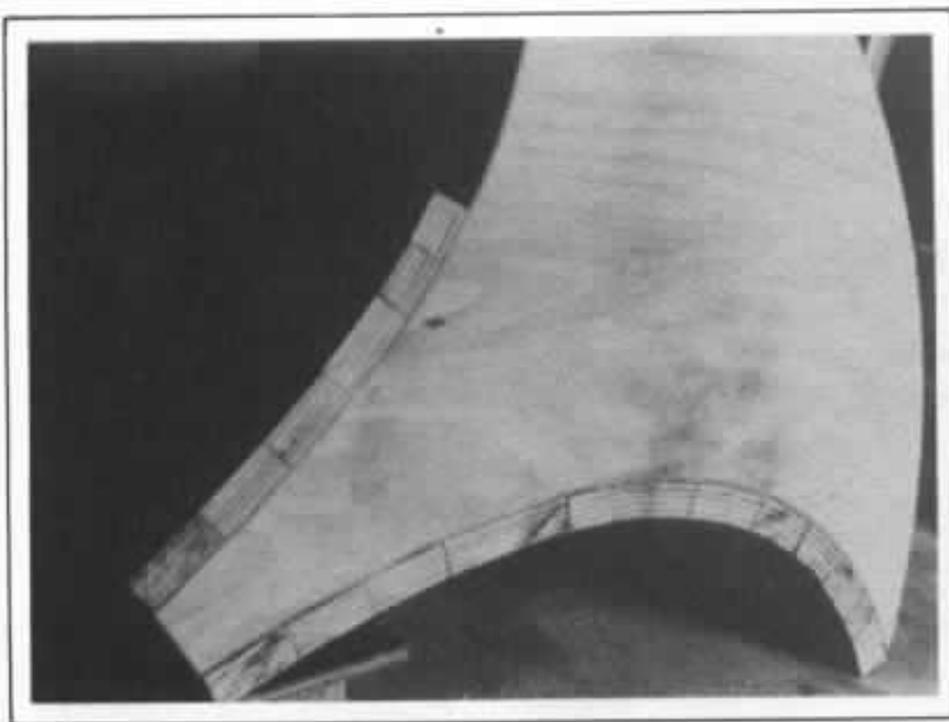


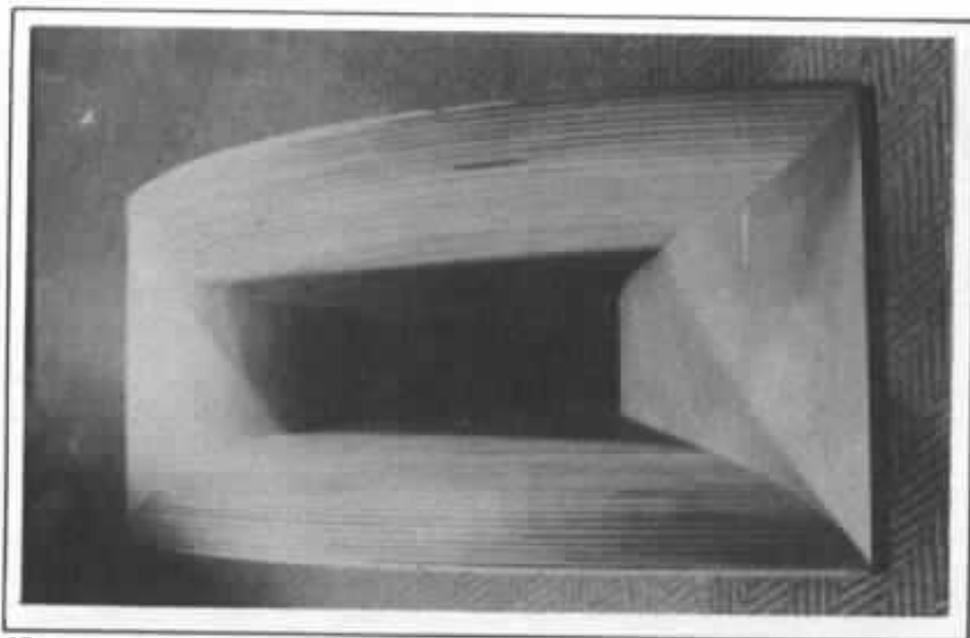
Photo 13 : Après séchage et enlèvement des baguettes et des pointes utilisées pour maintenir le collage, on bâtit un latté sur les côtés du pavillon.

Les lames sont découpées dans le contreplaqué de hêtre, avec des largeurs variables en fonction du rayon de courbure. Les chants sont ajustés au rabot électrique. Assemblage vissé-collé.

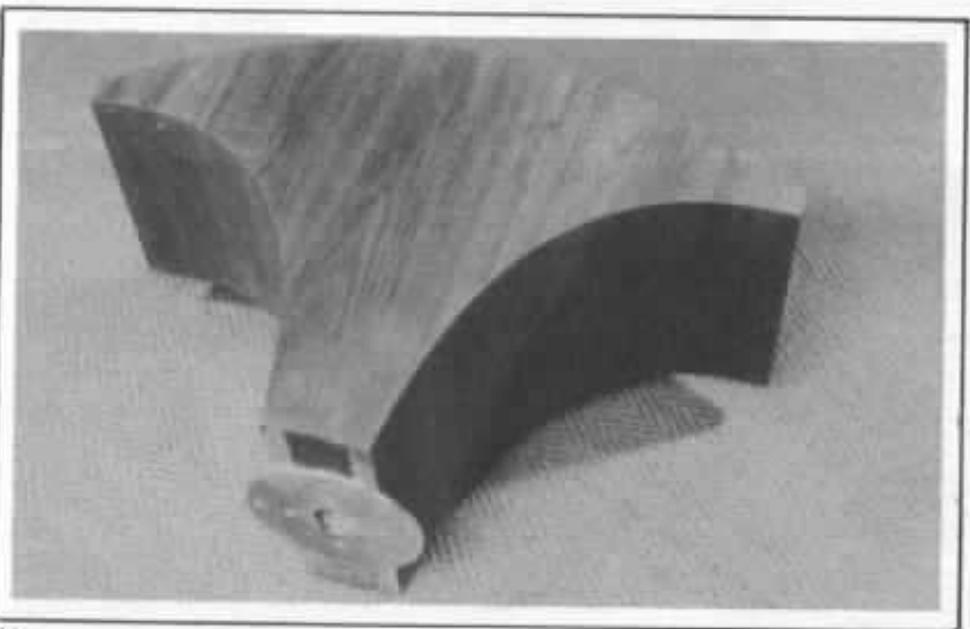
13



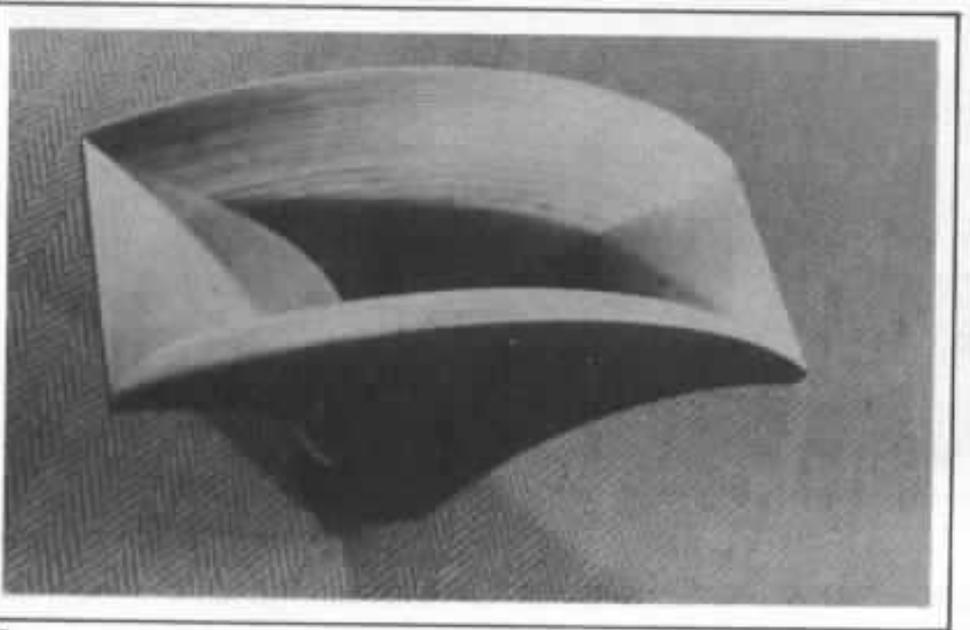
Photo 14 : On distingue les têtes de vis. C'est du solide ! Masticage et ponçage général. On termine le latté en collant une nouvelle bande de contreplaqué de 3 mm.



15



16

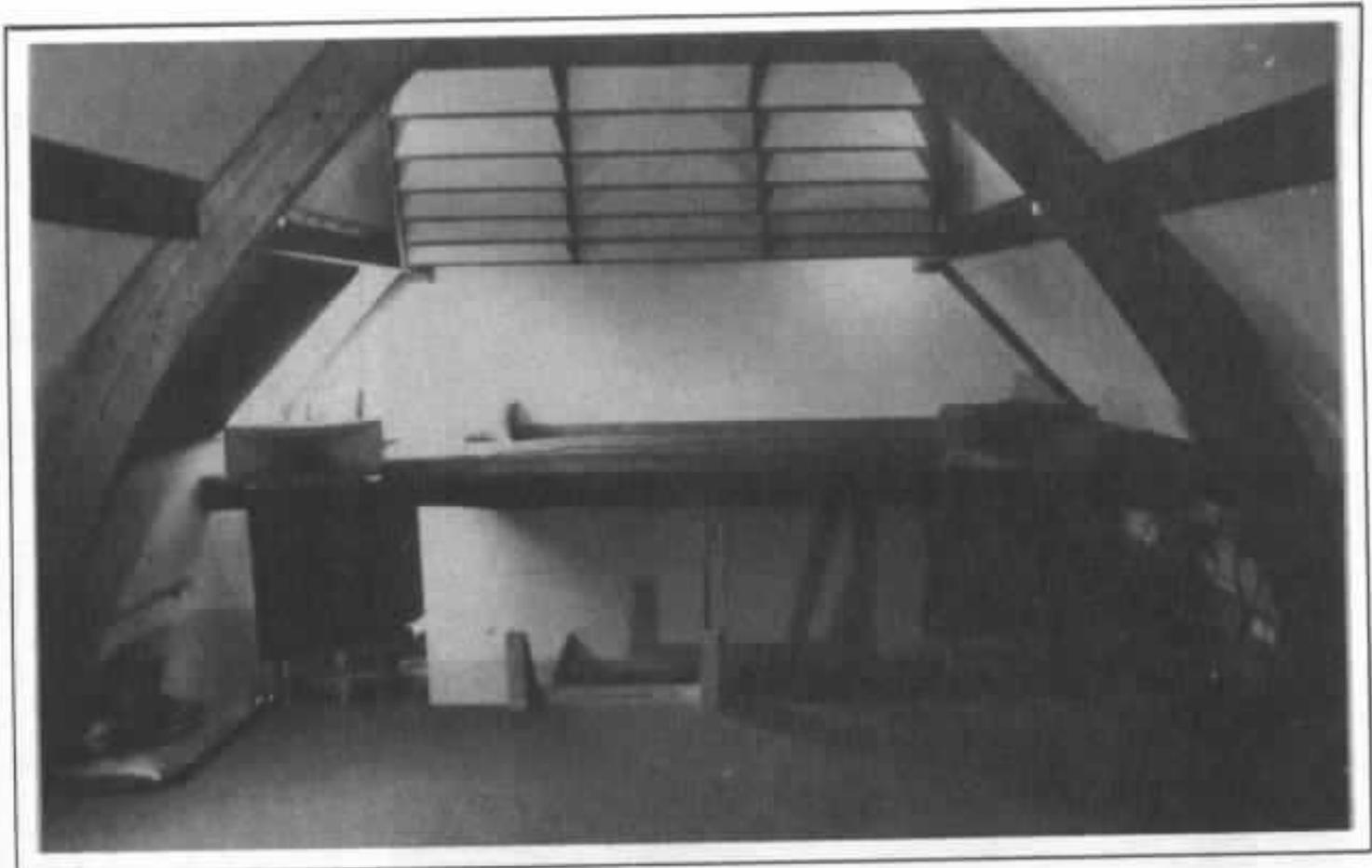


17

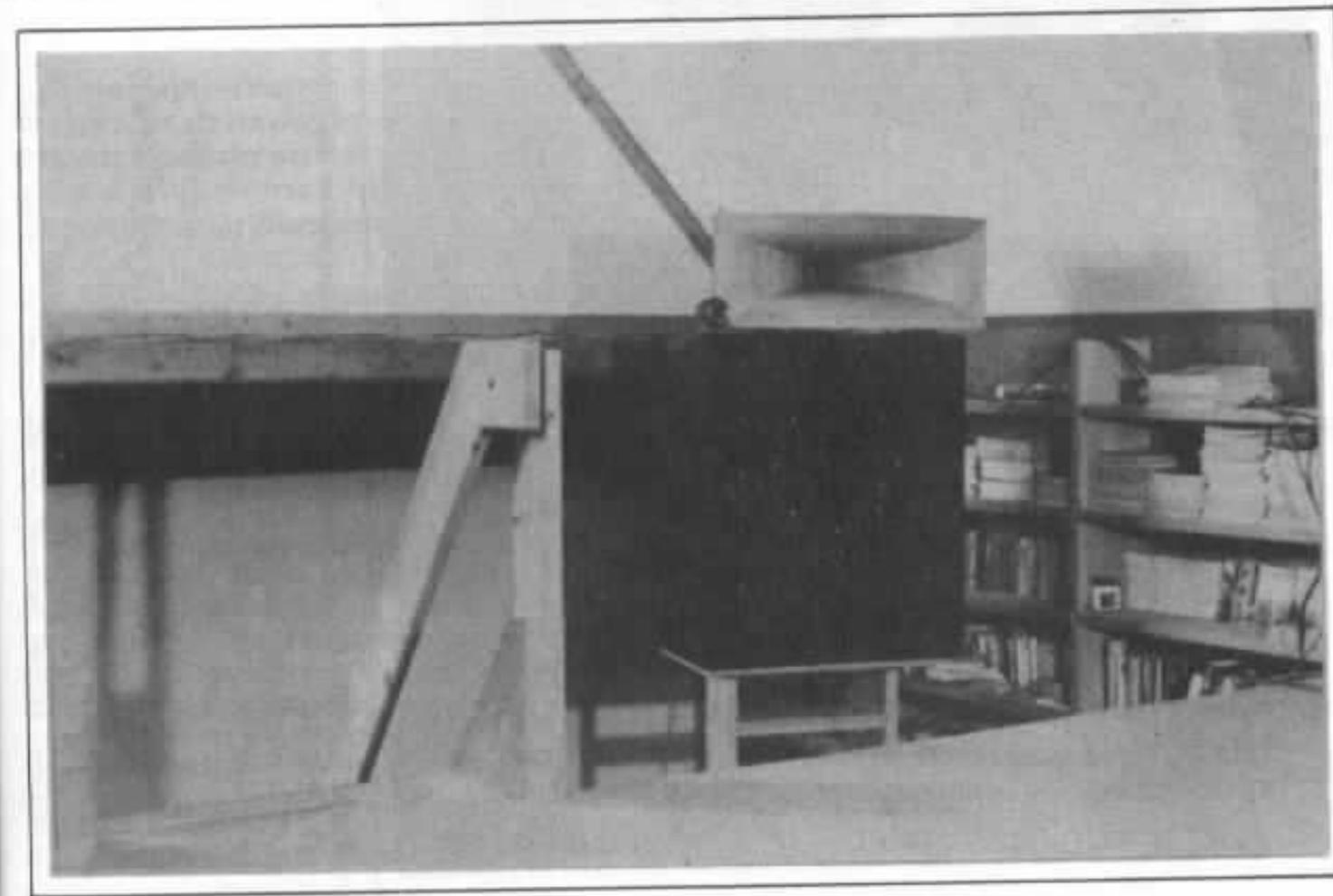
Photos 15, 16, 17 : Ouf ! (de soulagement).

Environ 70 heures de travail plus tard que la photo 1...

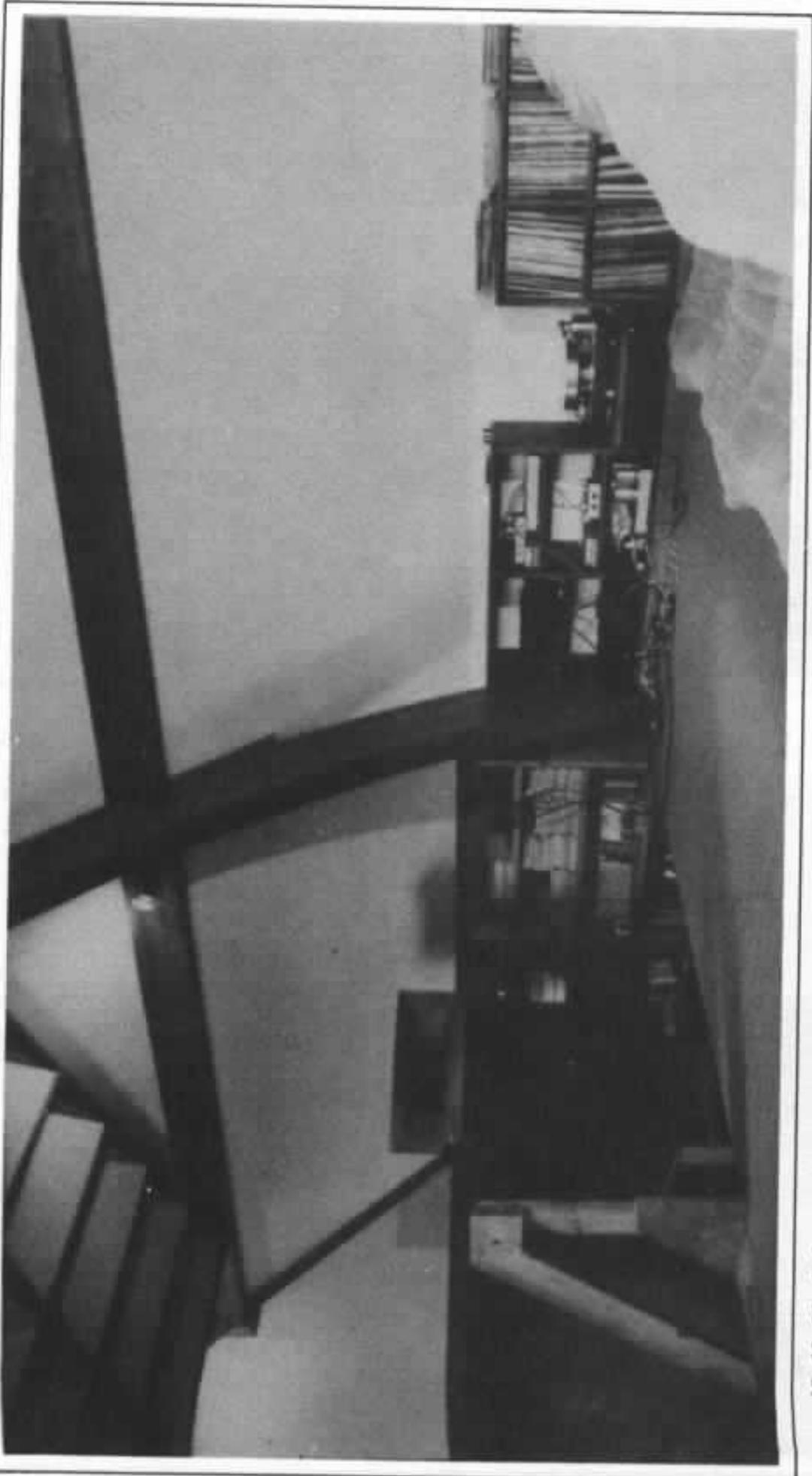
L'extérieur du pavillon a été replaquée en bois de teck. Un disque usiné en duraluminium de 6 mm est fixé (vis à bois + collage à l'Araldite) sur la gorge du pavillon. Un deuxième disque fixé au moteur permet le montage de celui-ci. Deux pions de centrage facilitent le positionnement.



18



19



Photos 18, 19, 20 : Rehouf ! (puisque'il a fallu construire un deuxième pavillon !)

Il n'y a plus qu'à s'asseoir et écouter.

La chaîne (toujours home made) comprend :

- platine Verdier, bras Delaleu
- prépré Hiraga, cellule Denon DL 103
- préampli Kanéda (circuit RIAA seul, alim. $2 \times 150\ 000\ \text{mF}$)
- filtre deux voies Kanéda (500 Hz)
- deux amplis Hiraga
- filtres passifs 12 dB/oct., type Larsen (7 kHz)
- caissons Onken (montés sur des pieds de 1,5 m de haut).

moteurs Fostex D 582, tweeters Fostex T 925.

L'écoute est l'watesque ! Par rapport au pavillon plâtre, et en fonction des moteurs utilisés, la bande passante des pavillons semble élargie vers le bas et vers le haut, et quelques colorations semblent supprimées.

Il n'a pas été fait, pour le moment, d'essais sur des revêtements internes du pavillon. Cela ne présente d'ailleurs peut-être pas la même nécessité qu'avec les pavillons staff.

Poids d'un pavillon : env. 35 kg.

Surface de contreplaqué 25 mm utilisée : env. $3,3\ \text{m}^2/\text{pavillon}$.

Filtre électronique « triphonique » de type Kanéda

Jean-Claude Gaertner

La multi-amplification suscite un très vif intérêt auprès de nos lecteurs. Bien souvent, il nous a été reproché de ne décrire que des systèmes « monstrueux ». Dans cet article, nous nous adressons aux amateurs qui ont soit un local de petites dimensions, soit un budget réduit en leur proposant une alternative « triphonique » pour la reproduction de l'extrême-grave avec les très grandes qualités d'un filtre actif dans la section médium de type Kanéda.

Malgré ce que les publicités tentent souvent de laisser croire, il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de reproduire des impulsions d'extrême-grave à des niveaux sonores importants, d'une grande qualité, dans de faibles volumes.

Aussi, une solution envisageable et en vigueur depuis quelques années, consiste à adjoindre un caisson spécialisé dans l'extrême-grave afin d'étendre vers le bas la bande de fréquence reproduite.

Les fréquences graves ne sont pas directement localisables par l'oreille car leur rayonnement, du fait des grandes longueurs d'ondes mises en jeu, est presque parfaitement omnidirectionnel.

La localisation dans l'espace d'une note grave d'une contre-basse par exemple se fait par la perception de ces harmoniques élevées.

Cette particularité permet donc d'utiliser un caisson d'extrême-grave unique, dans la mesure où l'on prend soin de choisir pour ce caisson une fréquence de coupure assez basse et une pente d'atténuation forte.

L'expérience montre qu'il faut la choisir inférieure à 120-140 Hz, afin que le positionnement du caisson par rapport aux enceintes chargées du reste du spectre ne soit pas critique.

Il existe un certain nombre de solutions techniquement envisa-

geables pour raccorder un caisson à une paire d'enceintes. En voici quelques exemples :

- Utilisation d'un HP à double bobine (ex. : 31 cm Siare et certains HP focal).

La double bobine mobile permet d'appliquer les informations gauche et droite sur un seul HP et faire ainsi la somme des deux canaux. Cette solution intéressante et simple à mettre en œuvre pose néanmoins quelques problèmes. En effet, il n'est pas aisé,

— d'une part de maîtriser les interactions des deux bobines mobiles qui peuvent ainsi réinjecter des forces contre-

électromotrices aux bornes de l'ampli et perturber son fonctionnement,

— d'autre part, compte tenu de la fréquence de coupure basse imposée, le coût d'un filtre passif de bonne qualité utilisant des selfs à air devient vite prohibitif.

• Utilisation d'une enceinte à filtre acoustique (ex. : enceinte du type à charge symétrique, voir article de MM. Augris et Santens p. 47 de l'Audiophile n° 23). Cette solution est séduisante car elle n'impose comme électronique qu'un sommateur et un ampli mono supplémentaire. Néanmoins, cela ne reste utilisable que pour des systèmes utilisant des enceintes acoustiques pouvant déjà reproduire du grave sans distorsions, car celles-ci ne sont pas du tout filtrées.

• La solution qui nous paraît être la plus élégante est « active », c'est-à-dire qu'elle consiste à utiliser un filtre actif permettant de faire travailler chaque élément de façon optimale. Un filtre passe-haut permettra, avec des enceintes classiques de ne plus avoir à reproduire l'extrême-grave. Elles pourront être de faibles dimensions et se rapprocher ainsi d'une source ponctuelle.

Le schéma

On arrive ainsi au filtre que nous vous proposons de réaliser, le synoptique en est donné en figure 1.

On y distingue :

— un filtre passe-haut pour les canaux gauche et droit afin de soulager les enceintes dans l'extrême-grave

— un additionneur et un filtre passe-bas pour le caisson de grave.

Pratiquement, nous avons choisi une fréquence de coupure de 100 Hz et une pente d'atténuation de 18 DB par octave, le type de filtre utilisé est un Butterworth de 3^e ordre.

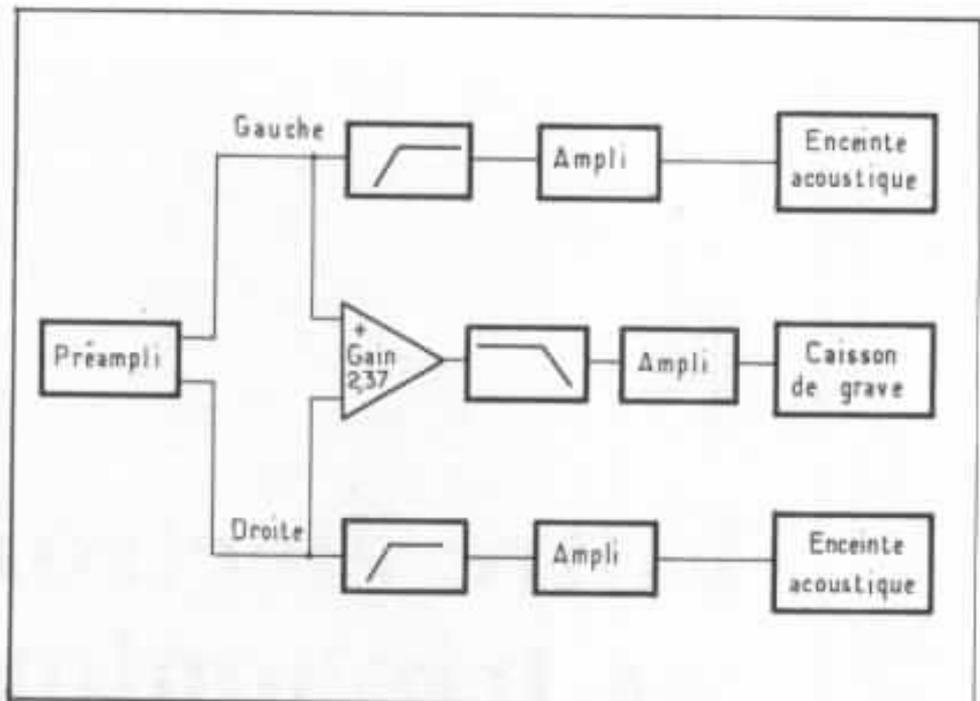


Fig. 1 : Synoptique du filtre triphonique.

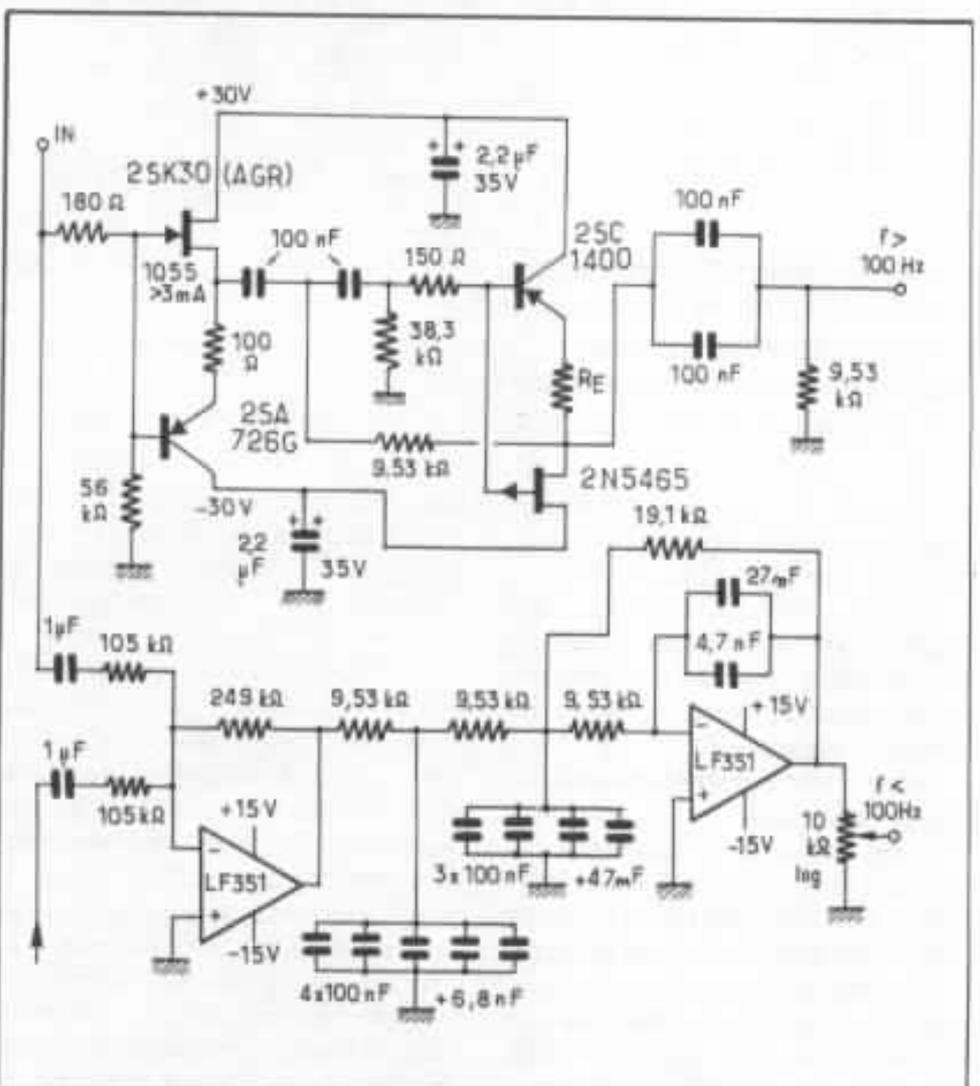


Fig. 2 : Schéma théorique du filtre. Une seule voie médium-aiguë est représentée.

Schéma d'implantation du filtre triphonique Kaneda

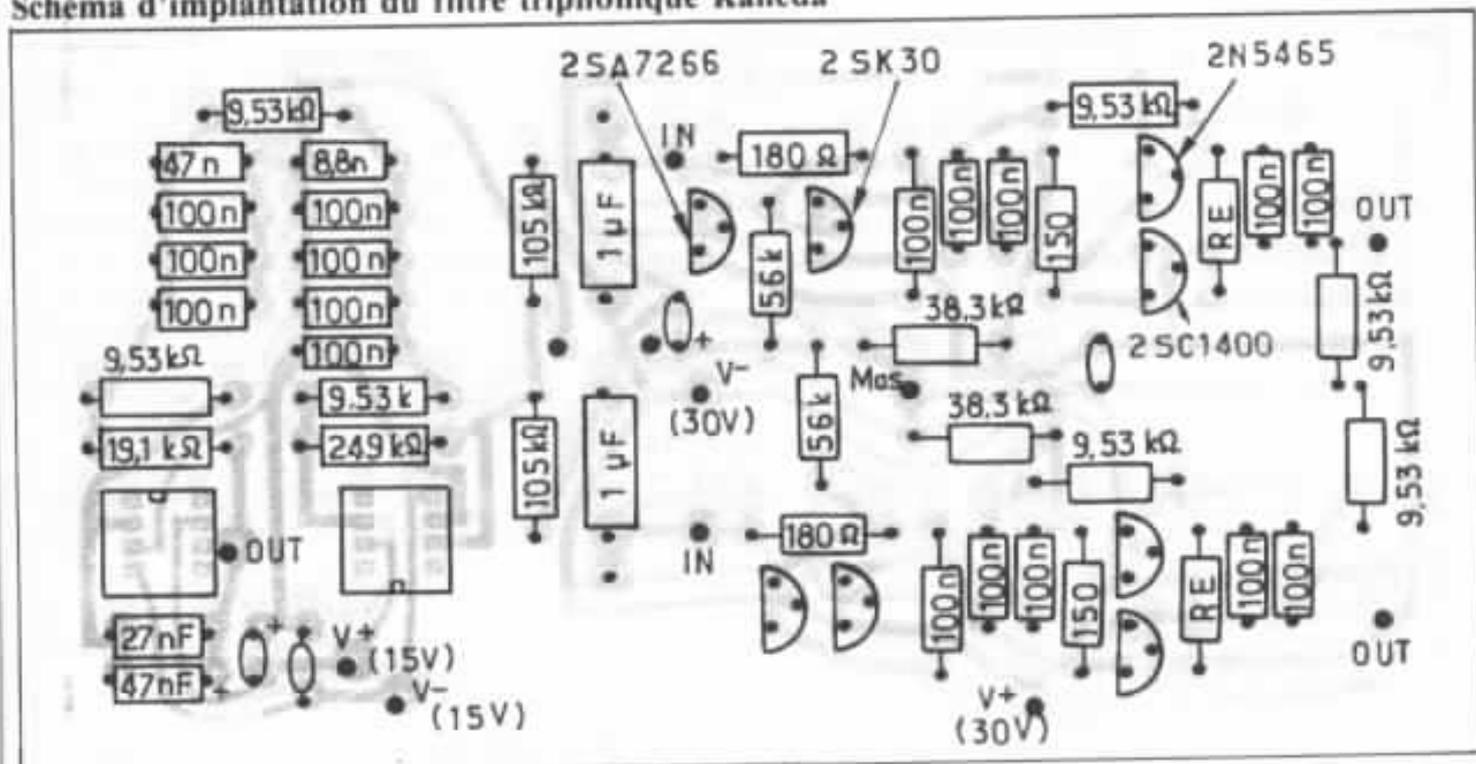


Fig. 4 : Implantation des composants.

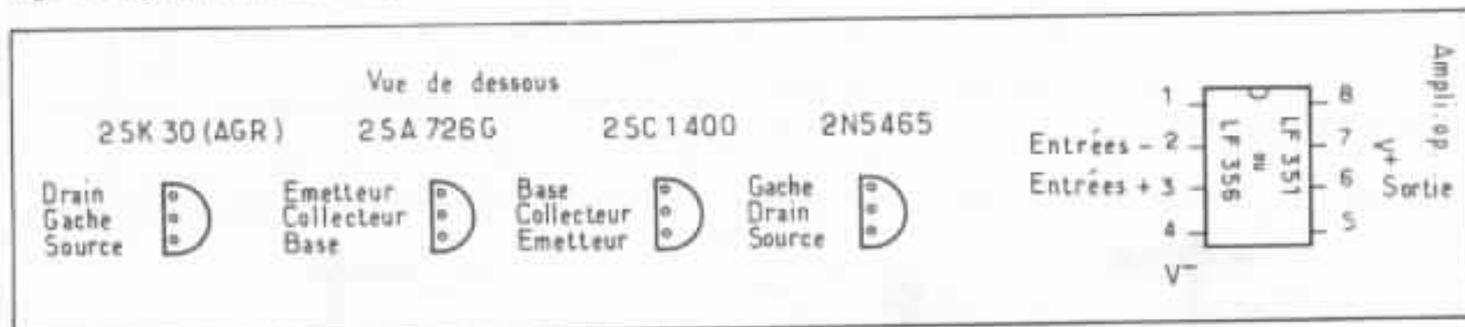


Fig. 5 : Brochages des semiconducteurs.

Le schéma théorique est représenté en figure 2, où un seul canal est représenté pour le filtre passe-haut.

Le maximum d'information étant fourni par les enceintes normales, il nous a paru intéressant d'utiliser une structure Kaneda connue pour ses grandes qualités subjectives dans cette partie du filtre.

L'additionneur et le filtre passe-bas utilisent des amplificateurs opérationnels de bonne qualité et parfaitement adaptés à cette section.

Nous avons prévu un gain en tension de 2,37 et un potentiomètre de 10 kohms en sortie, afin de pouvoir ajuster le niveau d'extrême-grave en fonction de

la sensibilité de l'ampli utilisé, de la différence de rendement entre les HP, et du placement du caisson dans la pièce.

Circuit imprimé et implantation

Le circuit imprimé est représenté en figure 3, il regroupe l'ensemble du filtre et ne sera donc réalisé qu'en un seul exemplaire. Il est très facile à réaliser. On prendra soin d'utiliser des pistes les plus larges possibles. Il ne faudra pas oublier de câbler l'unique strap situé entre les deux condensateurs de 1μ , et utiliser des câbles de forte section (ex. : 1 mm^2 genre Lify) pour véhiculer les tensions + et - 30 V, + et - 15 V, ainsi que

pour le câblage des masses.

Toutes les masses (fiches Cinch entrées/sorties, point milieu secondaire transfo, potentiomètre 10 kohms et circuit imprimé du filtre) seront reliées au point de masse unique situé sur le circuit imprimé d'alimentation.

L'implantation des composants se fera conformément à la figure 4.

On trouvera en figure 5 le brochage des semi-conducteurs et la liste des composants nécessaires pour un filtre complet en figure 6.

Il est à noter qu'il faudra choisir pour Re la valeur correspondant à l'IDSS du 2N5465 utilisé conformément au tableau paru

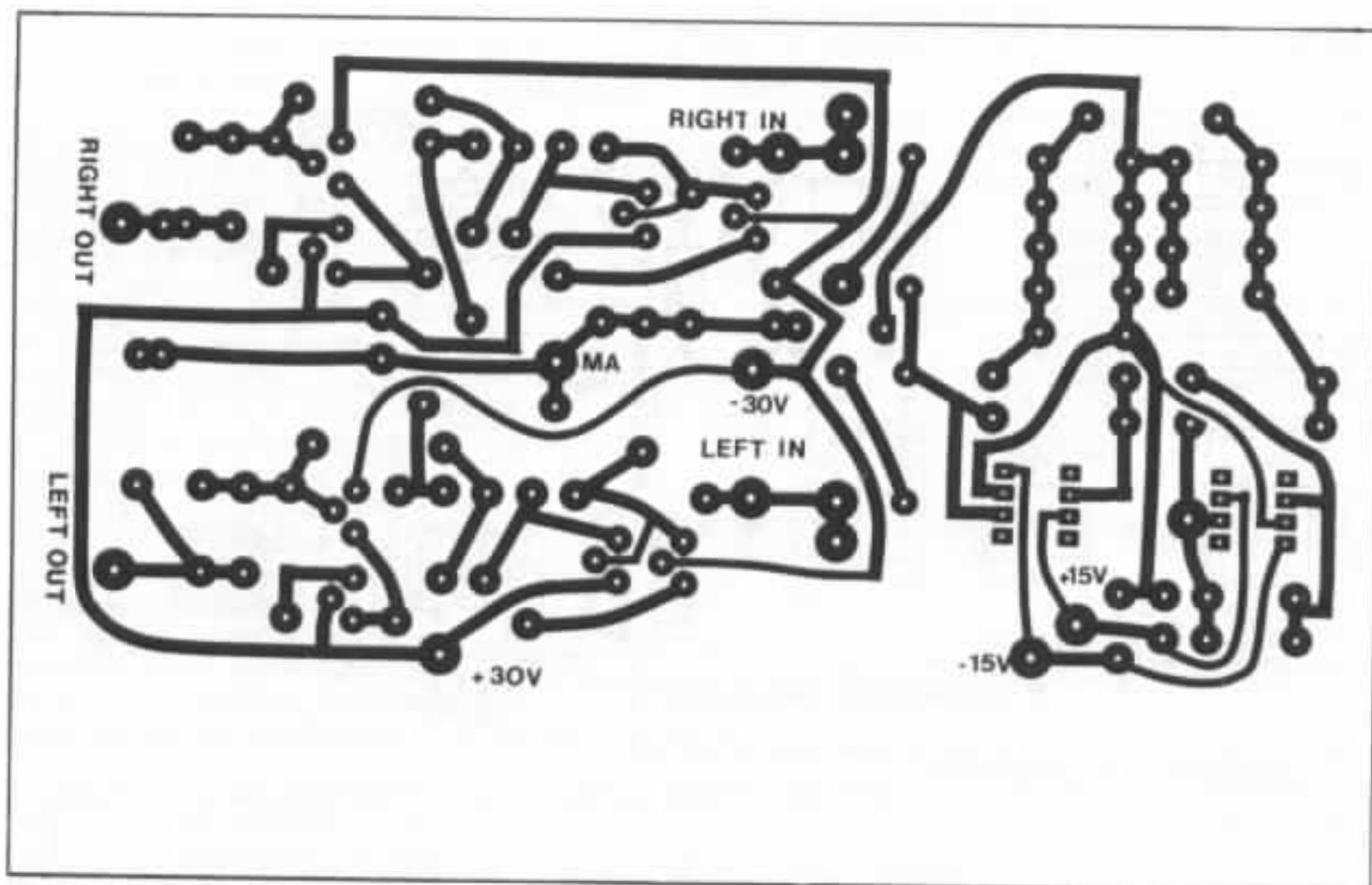


Fig. 3 : Circuit imprimé.

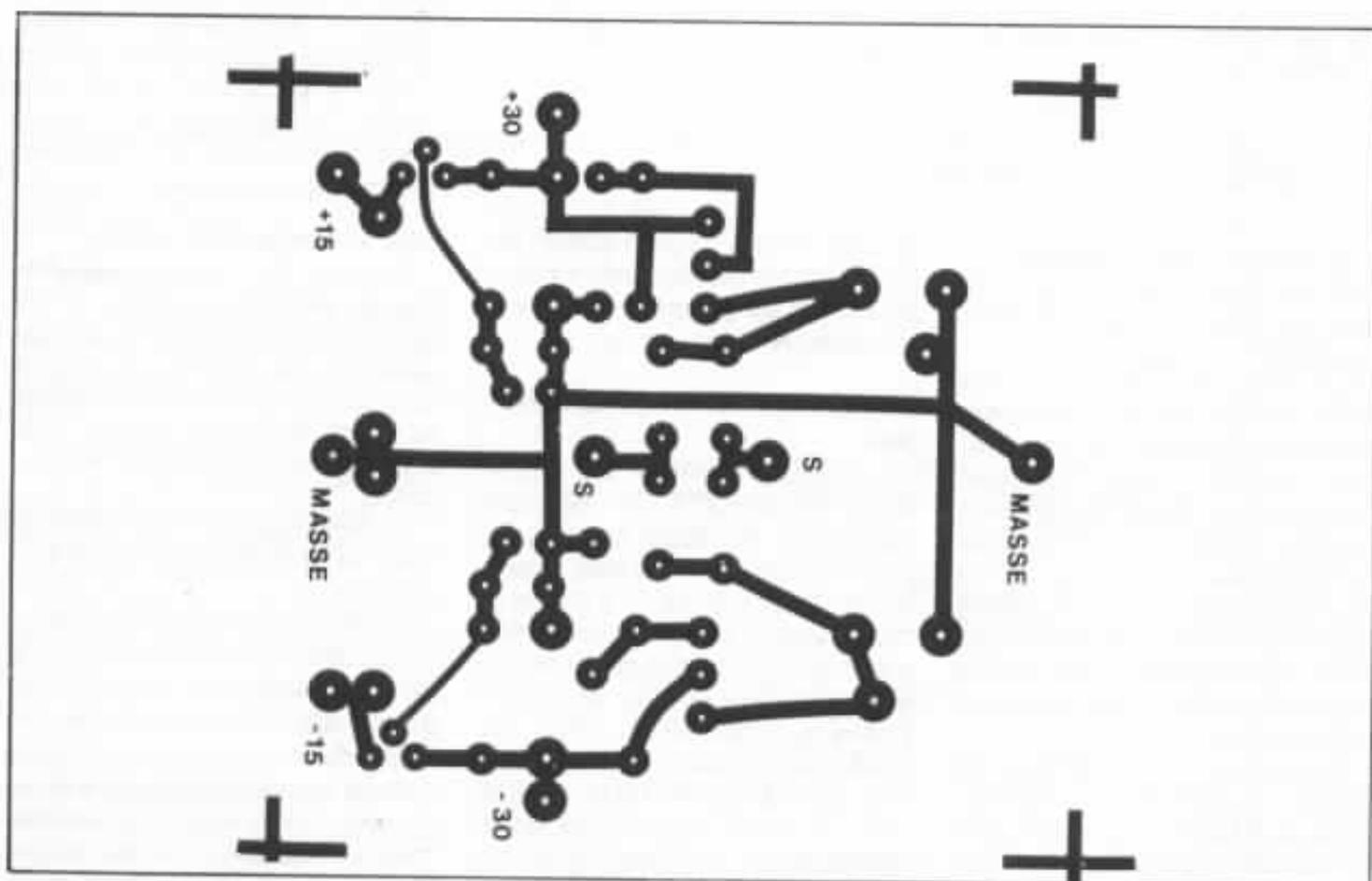


Fig. 8 : Circuit imprimé de l'alimentation.

Liste des composants

• Condensateurs

Tantale goutte : 2,2 MF/35 V × 4

— Mylar type WIMA ou ITT PMT 100 V ou SIEMENS plastique

4,7 nF × 1/6,8 nF × 1/27 nF × 1/47 nF × 1/100 nF × 15/1 μF × 2

• Résistances 1/4 ou 1/2 W 1 % tantale ou métal

R_E × 2 (SIEMENS conformément au tableau p. 31 fig. 3 Audiophile n° 24)

100 Ω × 2/150 Ω × 2/180 Ω × 2/9,53 kΩ × 7/19,1 kΩ × 1/38,3 kΩ × 2/105 kΩ × 2/249 kΩ × 1

• Semiconducteurs

2 SK 30 AGR × 2 (IDSS > 3 mA)

2 N 5465 × 2 (IDSS > 8,5 mA)

2 SA 726 G × 2

2 SC 1400 × 2

• Ampli op : LF 351 AN × 2 ou LF 356 × 2

• Potentiomètre 2 × 10 kΩ L06 Allen Bradley ou Sfernice.

Fig. 6 : Liste des composants.

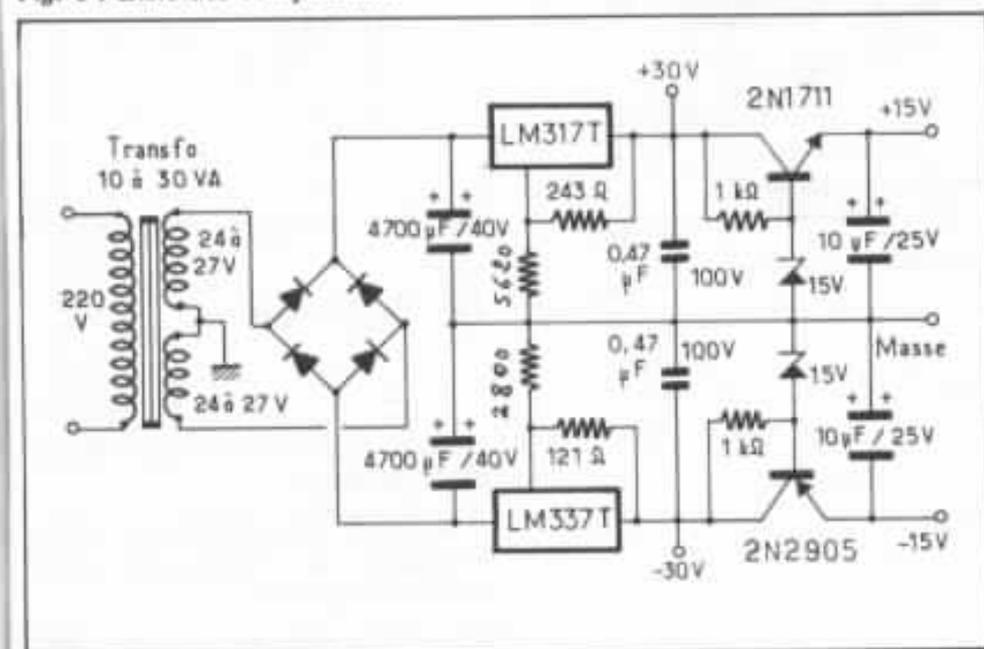


Fig. 7 : Schéma théorique de l'alimentation.

p. 31 figure 3 dans l'Audiophile n° 23.

L'alimentation

Si la réalisation d'un filtre complet Kaneda 3 voies comme celui paru dans le n° 24 pose des problèmes d'alimentation, l'utilisation d'une simple section passe haut, en revanche, n'a aucune tendance à osciller.

Aussi, avons-nous prévu une alimentation simplifiée dont le schéma théorique est représenté en figure 7.

Elle se compose de deux régulateurs de chez National : LM

317 et LM 337 qui présentent de bonnes performances (au niveau du bruit et impédance de sortie) pour les tensions + et - 30 V, et de simples transistors et diodes zener pour les tensions + et - 15 V nécessaires aux amplificateurs opérationnels.

Le circuit opérationnel de l'alimentation est représenté en figure 8.

Il est extrêmement simple et l'implantation des composants est donné en figure 9.

Le brochage des transistors 2 N 1711 et 2 N 2905, ainsi que celui des régulateurs est donné en

figure 10. La liste des composants nécessaires est donnée en figure 11.

Un exemple de réalisation est donné en figure 12. Il sera intéressant d'utiliser une mince feuille de cuivre pour isoler le transfo du reste du circuit.

Conclusion

Cette réalisation de coût modeste est néanmoins de très haute qualité et pourra améliorer de façon notable votre système d'écoute qui pourrait être le suivant :

— Préampli Sunsey Minimum ou Minimum « Le Tube » bientôt disponible

— 1 ampli Hiraga 20 W, alimentant une paire de « Little Big Enceinte » de M. Congard (description dans L'Audiophile n° 23).

— 1 ampli mono 50 W Mos Fet tel celui décrit par MM. Combettes et Faugeras (Audiophile n° 24).

— 1 caisson de grave, calculé par exemple suivant la procédure décrite p. 68, Audiophile n° 23.

Le tout constituant un système d'écoute performant à un coût abordable, et vous permettra ainsi de reproduire l'extrême-grave tout en conservant les très

Schéma d'implantation de l'alimentation du filtre triphonique

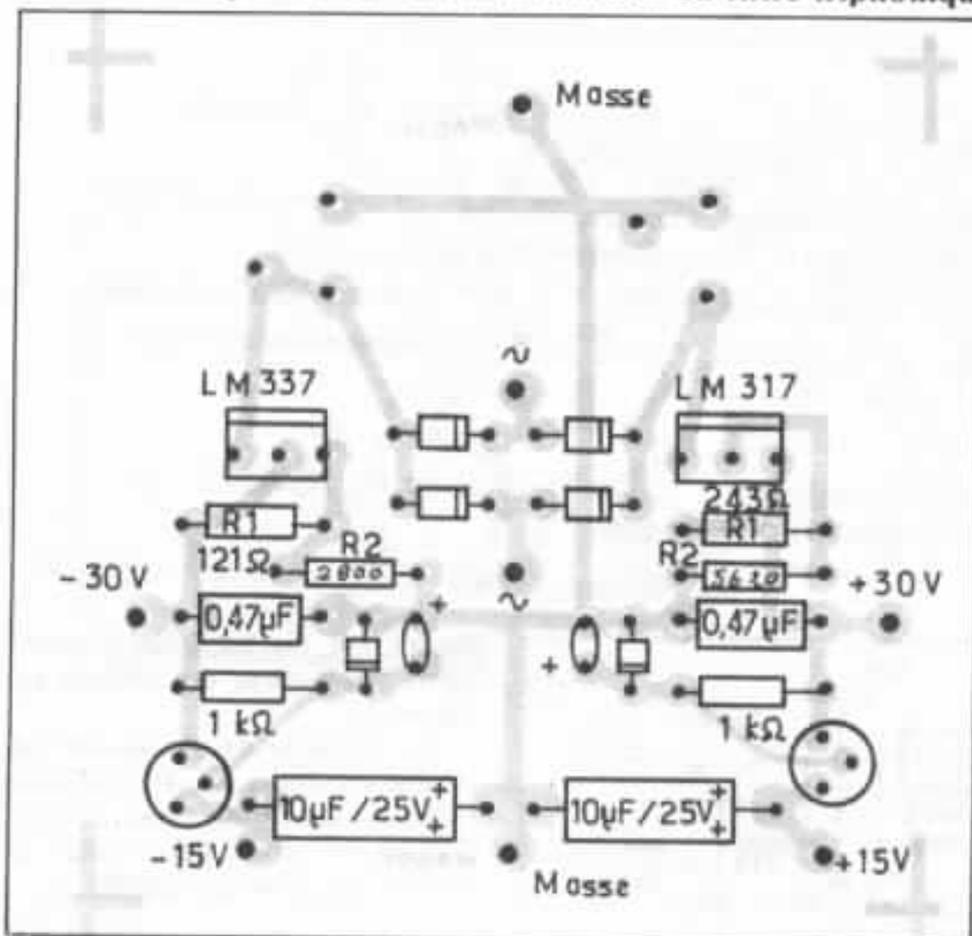


Fig. 9 : Implantation.

Liste des composants

• Condensateurs électrochimiques

CEF TB 4 700 μ F/40 V \times 2

• Mylar 0,47 μ F/100 V \times 2

• Condensateurs tantale

Goutte 1 μ F/25 V \times 2

CTS 13 10 μ F/25 V \times 2

• Résistances

1/4 ou 1/2 W 1 % 121 Ω \times 1 2800 Ω \times 1

243 Ω \times 1 5620 Ω \times 1

1/4 ou 1/2 W 5 % 1 k Ω \times 2

• Semiconducteurs

Diodes Zener 400 mW 15 V \times 2

Diodes de redressement type rapide BYV 95 \times 4

• Régulateurs Intégrés LM 317 T \times 1 LM 337 T \times 1

• Divers 1 transfo sec. 2 \times 25 a 2 \times 27 V, 10 VA
ou plus ; 1 fusible 100 mA

Fig. 11 : Liste des composants de l'alimentation.

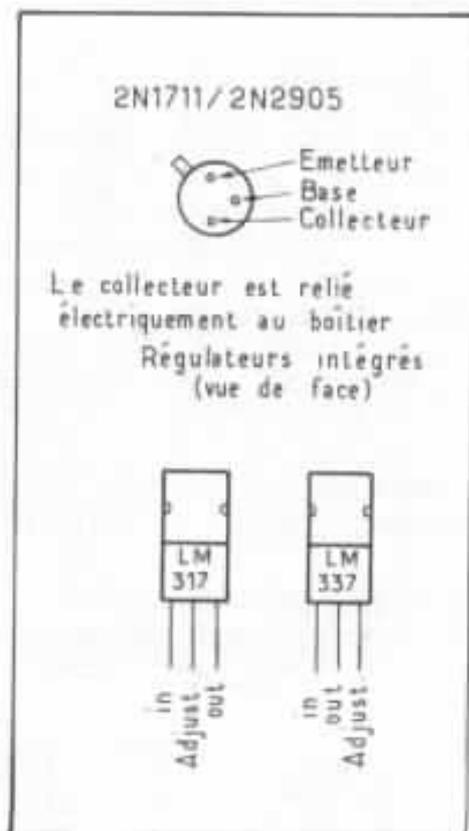


Fig. 10 : Brochage.

bonnes qualités d'écoute de ces mini-enceintes.

Ci-joint en appendice deux exemples de réalisation d'un caisson de grave :

— Haut-parleur Audax HD 33 S 66

Volume interne du coffret : 67 litres.

Diamètre interne de l'évent : rectangulaire 30 \times 8 cm

Longueur de l'évent : 22 cm

Fréquence de coupure à -3 dB 51,8 Hz

n choisi : 8

Rendement : 96 dB/1 W

— Haut-parleur Focal 10 C 01
Volume interne du coffret : 62,6 litres

Deux événements de diamètre 80 mm et de longueur de 62 mm

Fréquence de coupure à -3 dB : 57,6 Hz

n choisi : 8

Rendement : 96 dB/1 W

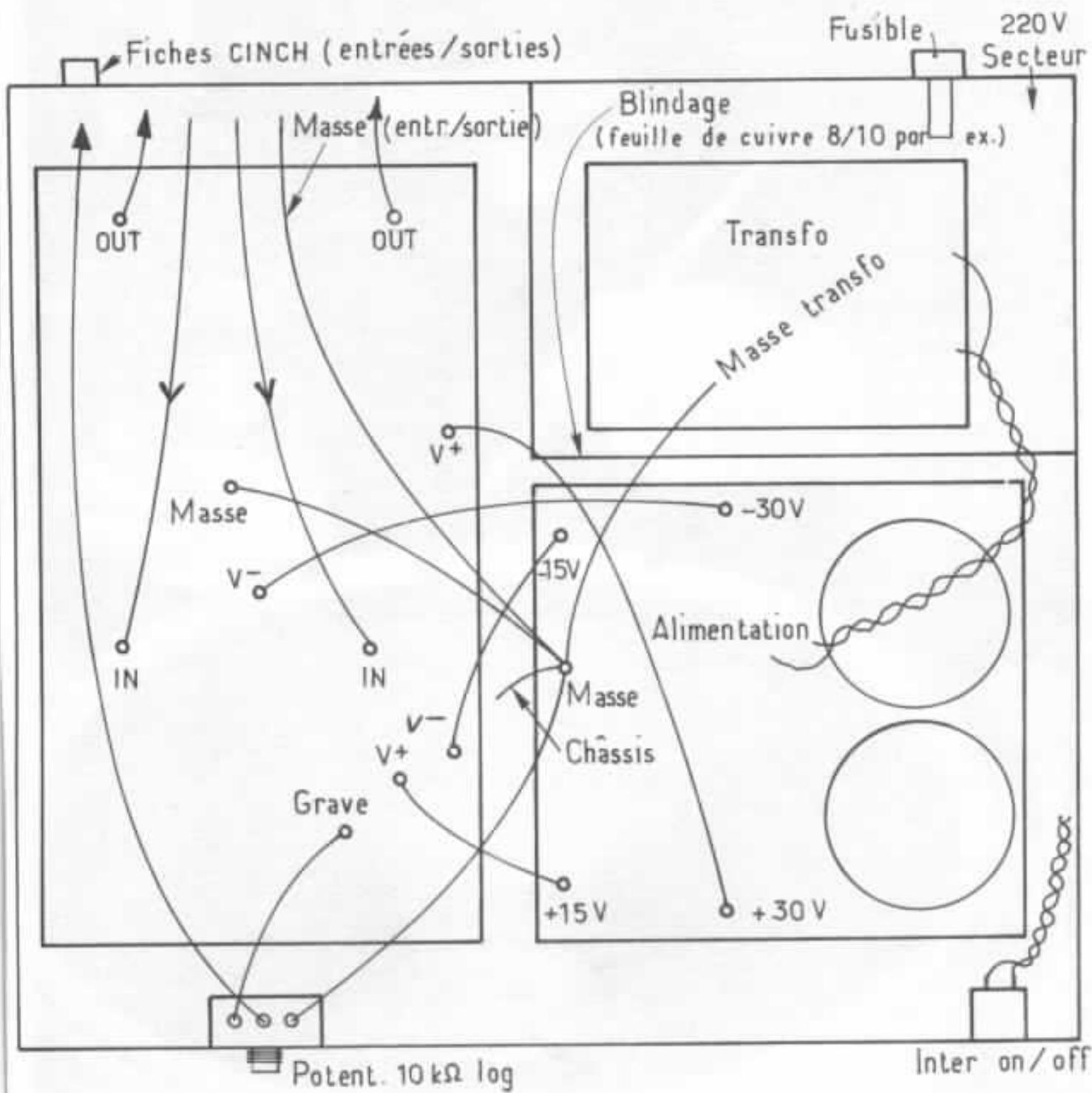


Fig. 12 : Exemple d'implantation du filtre triphonique.



La petite Onken

Jean Hiraga

Dans le n° 2 de l'Audiophile, nous avons décrit une enceinte qui connut, et qui connaît encore au Japon un énorme succès : l'enceinte Onken, dérivée du principe Jensen, mais recalculée et optimisée. Malgré son volume imposant, elle a obtenu en France un gros succès puisque, d'après nos sondages, près de mille audiophiles l'auraient réalisée. Les lecteurs vont prendre connaissance, cette fois, d'une autre enceinte, toujours de type Onken, mais de volume plus réduit et équipée d'un haut-parleur Altec de référence 414-8B. Sans sacrifier la qualité subjective, on obtient un résultat remarquablement proche de la première version Onken, dans un encombrement beaucoup plus acceptable.

Eijiro Koizumi, de la firme Onken faisait un jour une comparaison entre des spaghettis servis dans plusieurs restaurants et les maillons hifi. D'abord, il y a la matière première, les prix de celle-ci, la facilité ou la difficulté de se la procurer, le choix à faire. Ensuite, il y a les différentes façons de faire la farine et surtout de travailler la pâte, de « tréfiler » celle-ci pour en faire des spaghettis. D'un côté, on peut voir le gaspillage d'une bonne matière première par un traitement sur machines industrielles. D'un autre, il y aura l'artisan qui ne saura pas contrôler parfaitement la matière pre-

mière ou encore, qui ne sera pas assez habile de ses mains pour assurer une production homogène. A l'opposé, il y aura le « puriste », qui fera de son mieux, sans penser au rendement, au prix de revient ou au temps passé pour pétrir la pâte de ses mains. Mais, pour le client, les prix trop variés vont le faire hésiter, lui apporter quelques désillusions et quelques déceptions jusqu'au jour où il trouvera, dans une petite ruelle, un petit restaurant devant lequel on fait la queue tous les jours et où il est possible de déguster les « meilleurs spaghettis du monde ». Enfin, un restaurant

où l'on pourra trouver des pâtes dont la consistance, le goût et bien d'autres choses inexprimables feront de chaque nouveau venu un client fidèle.

Entre deux systèmes de même prix, il peut exister les mêmes différences, l'important étant le degré de satisfaction du client. Lors de réunions d'audiophiles, on trouve parmi eux les heureux, les malchanceux, ces derniers étant souvent en plus grand nombre. Cependant, le degré de satisfaction ou d'insatisfaction pour une chaîne dépend aussi beaucoup de *soi-même*, chose dont on ne se rend pas toujours compte. Sans compter

l'influence des uns sur les autres, de sorte que ces propos pourraient rester incompréhensibles aux yeux (ou aux oreilles) d'une tierce personne. « L'effet de la croyance ». L'important étant d'être satisfait des spaghettis du petit restaurant ou du maillon X. Oui, mais penser que le blé de base ou les résistances sont presque les mêmes dans tous les cas veut visiblement dire que l'on n'a rien compris. C'est celui qui achèterait la première guitare venue, la première enceinte acoustique venue, parce qu'elle est faite en bois, comme les autres. Eijiro Koizumi, un jour, faisait échanger cinq fois de suite sa cellule Denon DL 103 afin de retrouver les mêmes timbres, les mêmes nuances, la même ambiance. Coût : 1 600 F. Ridicule, aurait dit l'un. A ce prix, on aurait pu acheter une autre cellule aurait dit un autre. Mais, à l'opposé, on pourrait dire que la joie de retrouver ce que l'on croyait perdu dépasse la question matérielle du prix, que ce soit pour 5 F ou 100 000 F.

Que ce soit à partir de facteurs de succès connus ou inconnus, ou encore à partir des deux, le fait est qu'un « best seller » sait attirer et plaire à un nombre très important de personnes. L'un se sentira « tout petit » et tout ému devant la beauté d'un tableau, la chaleur de la voix d'une chanteuse ou le naturel d'une enceinte. L'autre, celui qui doute, s'arrachera les cheveux pour tenter de savoir, à l'aide d'un ordinateur, si les milliers de proportions de la Vénus de Milo sont vraiment « les plus parfaites ».

Pour une enceinte acoustique, on peut parler d'art, chose que l'on ressent sans pouvoir bien expliquer : l'art de savoir combiner des milliers de paramètres techniques afin d'en faire quelque chose d'aussi « vrai » que possible sur le plan subjectif. Quelque chose qui peut reproduire non seulement deux

signaux sinusoïdaux bien en phase mais aussi le timbre inimitable d'un Buffet-Crampon ou de la voix rauque du chanteur japonais Mori Shinichi. Il est assez incroyable de constater qu'en 1982, certaines enceintes, parfaitement élaborées sur le plan technique, mises au point à l'aide des ordinateurs les plus modernes puissent n'apporter que de pauvres résultats subjectifs, reproduire des timbres de voix faussés au point qu'elles seraient infiniment plus fidèles si elles étaient restituées sur un écouteur téléphonique. Comment expliquer qu'une enceinte élaborée d'une façon très modeste, il y a 25 ans, par G.A. Briggs puisse sonner incontestablement plus « vrai ». Imaginons inversement ce dont aurait été capable ce dernier s'il avait pu disposer de nos dernières innovations techniques et de nos puissants ordinateurs ! Pour Eijiro Koizumi, une bonne enceinte acoustique représente un gros travail, surtout au niveau de l'optimisation subjective. Il ne serait pas question de retomber aussi sur le maillon dit « subjectif » pour lequel 15 % de distorsion à 60 Hz, une linéarité à ± 12 dB près ou un pleurage de 0,35 % peuvent en faire malgré tout « le meilleur du monde ». Un maillon peut être remarquable à la mesure comme à l'écoute et Koizumi a su le prouver de nombreuses fois.

Le 414-8B

Le succès d'un frère aîné, le 416-8B, peut empêcher le cadet de connaître le même succès, surtout si l'on pense que pour un prix de détail supérieur, le 414-8B possède un diamètre de 30 cm au lieu de 38 cm. Pourtant, mis à part la surface active, ces haut-parleurs sont très proches, comme on peut le constater sur le tableau de la figure 1.

La figure 2a montre la courbe d'impédance à l'air libre. Pour un 414-8B neuf, on note une instabilité de mesures de la fréquence de résonance grave. Après un fonctionnement de plusieurs jours sur un programme de musique, précédé d'un passage au générateur (29 Hz, 1 W, 3 à 4 h), la mesure devient plus précise. On constate, lors de la mesure, qu'il suffit de poser le haut-parleur sur le plancher, cône vers le haut, pour constater l'effet de sol se répercuter sur la courbe d'impédance. Cette mesure doit être précise. Il ne suffit pas de connaître des caractéristiques données par le constructeur. Il peut en résulter une erreur de 20 à 30 % dans le calcul de l'enceinte. Alors qu'Altec publie une courbe d'impédance très homogène entre 100 Hz et 1 kHz (fig. 2b) la figure 2 dévoile deux petites résonances, l'une à 180 Hz, l'autre vers 420 Hz, due principalement à la suspension périphérique. Dans une chambre

Caractéristiques	416-8B	414-8B
Diamètre	38 cm	30 cm
Impédance	8 Ω	8 Ω
Puissance admissible	75 W	50 W
Sensibilité	102 dB/W/m	98 dB/W/m
Bande passante	20 - 1 600 Hz	30 - 4 000 Hz
Fréquence de résonance	25 Hz	30 Hz
Diamètre bobine mobile	7,62 cm	7,60 cm
Q ₀	0,24	0,25
Diamètre de fixation	35,9 cm	28,3 cm
Poids	7,9 kg	6,8 kg

Fig 1. Caractéristiques des haut-parleurs Altec 416-8B et 414-8B.

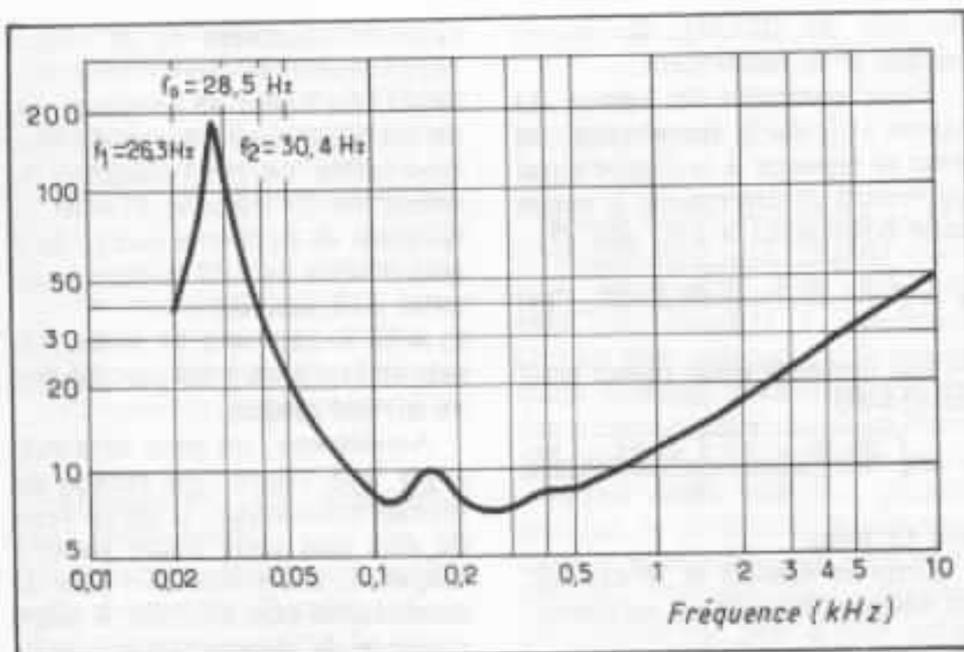


Fig 2 a. Courbe d'impédance à l'air libre du haut-parleur 414-8C. Les petits accidents à 180 Hz et 400 Hz proviennent certainement de la suspension périphérique.

sourde, ces deux résonances vont avoir une répercussion sur la courbe niveau/fréquence, sous forme de petites irrégularités. Dans une pièce d'écoute normale, ces défauts passeront inaperçus. La dispersion de f_0 se situe entre 28 et 32 Hz. Sur les deux 414-8B utilisés, l'un résonait à 28,5 Hz, l'autre à 31 Hz.

Le coefficient de surtension mécanique Q_0 est obtenu à partir de U_{00} , tension mesurée à la fréquence de résonance, dont la 2 permettra de rechercher au voltmètre, sur la courbe d'impédance, deux points correspondant aux fréquences f_1 et f_2 . Connaissant d'une part la valeur de R_m , résistance en continu, d'autre part celle de Z_{00} , impédance à la résonance, à l'air libre, soit respectivement 6,4 Ω et 175 Ω , la valeur de Q_0 est de :

$$Q_0 = \frac{R_0}{R_m} \times \frac{f_0}{f_2 - f_1} \dots (1)$$

soit, en prenant les valeurs trouvées sur la figure 2 :

$$Q_0 = \frac{6,4}{175} \times \frac{28,5}{30,4 - 26,3} = 0,254$$

La valeur Δf ($f_2 - f_1$), de 4,1 Hz, montre qu'il s'agit d'un haut-parleur suramorti.

Ensuite, la valeur de la masse mobile équivalente M_m , calculée selon la méthode de la figure 3 et de la formule (2) sera de :

$$M_0 = m \frac{f_m^2}{f_0^2 - f_m^2} \text{ (g)} \dots (2)$$

Alors que pour un HP de 38 cm les valeurs de m étaient comprises entre 30 et 50 g, on utilisera pour ce haut-parleur de 30 cm des valeurs de m comprises entre 10 et 40 g, ce qui donnera quatre valeurs à M_0 :

$$M_0 = 10 \frac{25^2}{28,5^2 - 25,2^2} = 33,4 \text{ g}$$

$$M_0 = 20 \frac{22,8^2}{28,5^2 - 22,8^2} = 35,6 \text{ g}$$

$$M_0 = 30 \frac{21,2^2}{28,5^2 - 21^2} = 35,6 \text{ g}$$

$$M_0 = 40 \frac{19,6^2}{28,5^2 - 19,6^2} = 35,9 \text{ g}$$

Les masses de 20 et 30 g donnant la même valeur, M_0 sera, pour ce 414-8B, de 35,6 g.

Le circuit magnétique étant proche de celui du 416-8B et M_0 étant près de la moitié inférieur au M_0 du 416-8B, le Q_0 est faible

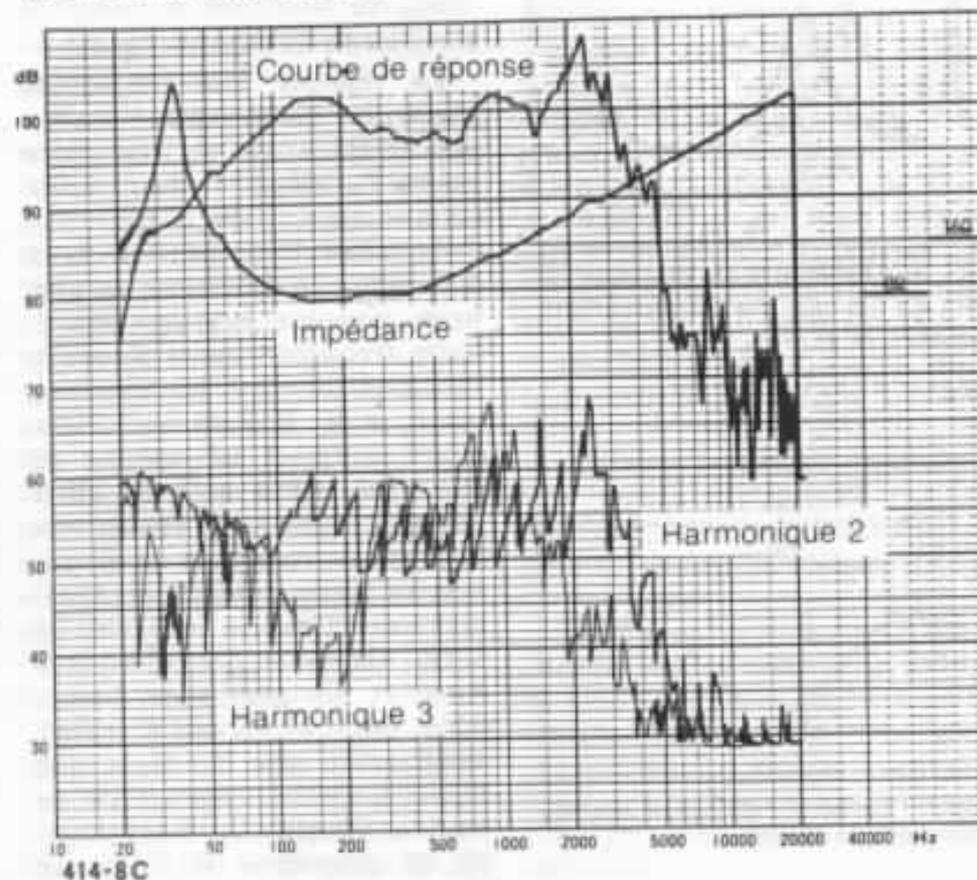


Fig 2 b. Caractéristiques niveau/fréquence, impédance, distorsion par H_v et H_w . Noter que la version 414-8B est légèrement supérieure sur le plan de la linéarité entre 300 et 800 Hz. On note le rendement moyen élevé de 98 dB/W/m.

et l'amortissement élevé. Cependant M_0 ne correspond pas au poids de l'équipage mobile. Il faut tenir compte de la charge acoustique, de la compliance équivalente, lesquelles dépendent de la surface active de la membrane. On constate d'une part que les spiders des séries 414 et 416 sont les mêmes et que les suspensions périphériques sont de même type, réalisées dans les mêmes matériaux.

Les valeurs de Q_0 et de M_0 étant plus basses que sur les séries 416, il faut s'attendre à une courbe de réponse niveau/fréquence chutant plus rapidement aux fréquences graves. On voit ici les contradictions exist-

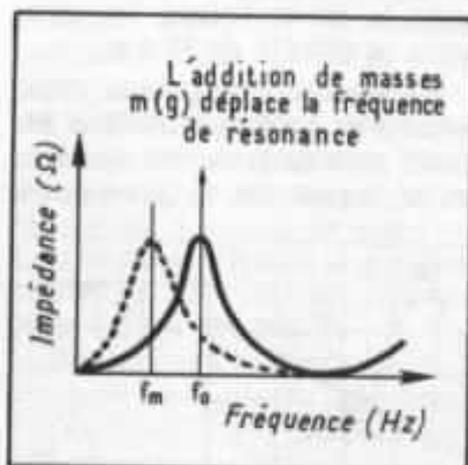


Fig. 3 : Recherche de la valeur de M_0 , à l'aide des masses m , comprises entre 10 et 40 g.

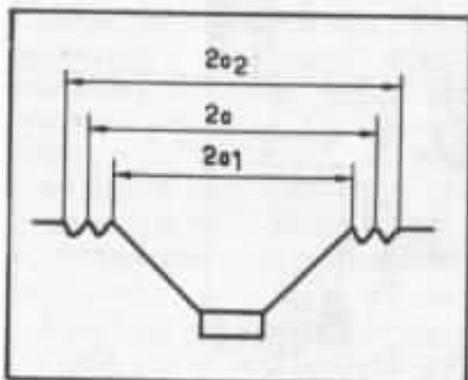


Fig. 4 : Recherche du rayon actif du haut-parleur 414-8B.

tant pour les paramètres de réponse transitoire, de fréquence de résonance grave, d'étendue de la réponse niveau/fréquence au-

dessus de 100 Hz, de masse mobile et de rendement.

Pour connaître la valeur du rayon utile de la membrane, on peut se reporter à la figure 4 qui permettra de déterminer le rayon actif équivalent « a », soit (3) :

$$a = \sqrt{\frac{a_1^2 + a_1 \times a_2 + a_2^2}{3}} \dots (3)$$

ce qui donnera pour rayon actif du 414-8B :

$$a = \sqrt{\frac{27,2^2 + 27,2 \times 23 + 23^2}{3}}$$

soit 13,3 cm.

Entre le 416-8B et le 414-8B, on note les différences suivantes.

Pour le 416-8B le f_0 est de 24,8 Hz, le Q_0 de 0,28, la masse équivalente de 61 g, le rayon actif de 16,3 cm. Pour le 414-8B, le f_0 est de 28,5 Hz, le Q_0 de 0,254, la masse équivalente de 35,6 g et le rayon actif de 13,3 cm.

Limites de la réponse grave

La réponse aux fréquences graves est normalement limitée par la fréquence de résonance grave f_0 . Mais il faut tenir compte aussi, dans chaque cas, de la valeur de Q_0 qui, avec f_0 va déterminer la fréquence la plus basse pouvant être reproduite. Cette fréquence limite s'appelle f_r . La valeur de f_r se détermine par $f_0 \times K$. K étant un facteur relatif à Q_0 et au volume de l'enceinte. Ainsi qu'à un autre paramètre de qualité concernant la pente de remontée de distorsion au dessous de 100 Hz (souvent très accentuée, sauf pour les 515B, 416-8A-B-C et 414-8-B-C Altec et quelques rares exceptions. Selon ce facteur K , déterminé selon une formule que Eijiro Kofuzumi s'excuse de ne pouvoir dévoiler ici, il est possible de déterminer la fréquence limite f_r ainsi que le volume optimum, sans délaisser les facteurs de réponse transitoire et de trainage. On constate par ailleurs qu'un Q_0 trop bas fait remonter

systématiquement f_r et réduit rapidement la sensibilité en-deçà. Mis à part un couplage par un pavillon, une charge de type bass-reflex ne peut modifier la valeur de f_r . Pour le 414-8B, le Q_0 étant de 0,254, la valeur de K sera proche de 1,57 la valeur calculée de f_r sera de :

$f_0 \times K = 28,5 \times 1,57 = 44,7$ Hz soit 45 Hz, à -3 dB par rapport au niveau moyen.

Au-dessous, on peut déjà pressager une chute très rapide du niveau acoustique. Il serait faux de dire que cette chute passera inaperçue à l'oreille. A l'aide de membranes plus lourdes, il serait possible de descendre la valeur de f_r mais ce serait au détriment de la qualité sonore. Concernant la fréquence f_r , elle se situe, pour un montage en enceinte de type bass-reflex à peu près à l'endroit de l'anti-résonance sur la courbe d'impédance caractéristique, composée de deux résonances d'amplitude assez proche ou similaire. L'enceinte est de type Onken, inspirée de la version Jensen « bass-Ultraflex », bien que cette dernière ne soit pas calculée de la même façon.

Par rapport à l'enceinte Jensen, l'enceinte de type Onken est caractérisée par une réponse niveau/fréquence très linéaire, un très faible taux de distorsion jusqu'à la fréquence de coupure grave et une réponse transitoire exceptionnelle. Par rapport à l'enceinte bass-reflex courante ou même à l'enceinte de type Jensen, l'amélioration subjective est flagrante. C'est, en plus, une enceinte s'adaptant fort bien aux haut-parleurs à pavillon, une combinaison des meilleures enceintes graves procurant dans 98 % des cas, avec ces derniers un son beaucoup moins « rapide », beaucoup plus « lent à démarrer » et plus « mou ».

L'enceinte décrite ici est donc de type Onken, baptisée, pour cette version « petite Onken » « I.P. Ultra-bass », I.P. voulant

dire « Impédance Porte » ou « Event d'impédance ».

Ces enceintes Onken sont spécialement et exclusivement adaptées aux haut-parleurs dont le Q_0 est très bas. Il ne serait donc pas question d'y adapter le premier 38 cm venu. La combinaison choisie permet d'accéder à un très haut niveau de qualité, à condition toutefois de respecter les indications données par Kofuzumi.

Optimisation de l'enceinte I.P. Ultra-bass

L'enceinte décrite est étudiée pour permettre d'accéder à un haut niveau de qualité de reproduction des fréquences graves, jusqu'à 45 Hz, à -3 dB, avec un rendement dépassant 95 dB/W/m. Il s'agit d'une grande performance par rapport à l'enceinte Onken de 337 litres, équipée du 416-8A et de fréquence de coupure f_r de 35 Hz car, ici, on verra que l'on obtient avec seulement 1 dB de perte en rendement, malgré l'utilisation d'un haut-parleur de 30 cm, un f_r de 45 Hz et un volume d'enceinte compris entre 160 et 200 litres.

Dans un volume plus grand, on obtiendrait une courbe de réponse « descendante » et une résonance basse gênante, ou encore une perte de rendement générale dans le grave. Sans parler des résultats subjectifs qui seraient obligatoirement inférieurs. Sur ce plan, Kofuzumi parle encore du paramètre K, la clé, le point principal à partir duquel l'enceinte est conçue en vue d'un résultat qualitatif optimum. On obtient le volume V_0 à l'aide de la formule :

$$V_0 = \frac{3.55 \times 10^5 \times a^4}{M_0 f_0^2} \times \left(\frac{1}{K}\right)^2 \quad (4)$$

qui donne, pour une optimisation à 45 Hz, -3 dB, un volume V_0 de :

$$V_0 = \frac{3.55 \times 10^5 \times 13,3^4}{35,6 \times 28,5^2} \times \left(\frac{1}{1,57}\right)^2$$

soit $1,55 \times 10^2$ (cm³)
= 155 litres.

Il faut donc un volume de 155 litres qui doit être réparti dans trois dimensions. Ce volume, petit par rapport à l'enceinte Onken bien connue est le minimum pouvant permettre d'accéder à cette qualité. Il serait donc ridicule de rechercher une autre solution visant une plus grande étendue de la courbe de réponse dans le grave dans un plus petit volume, vu que c'est impossible. Même au prix d'une perte d'efficacité, le gain de quelques Hertz dans le bas se traduirait par une perte énorme de qualité dans le reste de la réponse grave. L'essentiel n'est pas d'obtenir une courbe de réponse niveau/fréquence ultra-plate, jusqu'à 16 Hz mais plutôt d'obtenir le *maximum de qualités* dans la bande de fréquence la plus large possible.

Il est certain qu'avec une enceinte close de volume trois fois inférieur et un haut-parleur grave 30 cm, à membrane très lourde (120 à 140 g), il est possible de descendre sans difficulté jusqu'à des fréquences aussi basses que 40 Hz. Mais il est évident que la qualité du grave sera très nettement inférieure et la perte de rendement supérieure à 10 dB. Cette solution exigerait par ailleurs des amplificateurs très puissants (plus de 200 W) ainsi que des haut-parleurs dont les bobines mobiles seraient capables de supporter des dissipations thermiques très élevées. Une solution finalement plus onéreuse et aux buts limités. En fait, il faudrait pouvoir adapter l'enceinte et le haut-parleur à la pièce d'écoute et disposer d'un haut-parleur dont il serait possible de préajuster chaque paramètre. Il faut aussi penser qu'un haut-parleur « trop bon » ne fait pas toujours l'affaire dans une

utilisation domestique en raison d'une utilisation trop délicate.

Si l'on a affaire à un bon haut-parleur de grave, suramorti, au Q_0 très bas, il y aura de fortes chances pour qu'il procure un son léger, dynamique, plein de vitalité et d'énergie et, peut-être, peu coloré si l'on choisit un bon modèle. Alors qu'autrefois, les amplificateurs étaient de trop faible puissance pour contrôler les haut-parleurs, la tendance actuelle consiste à « assister » un haut-parleur de qualité médiocre (mais parfois répondant très bas dans le grave, car à membrane relativement lourde) par un amplificateur de puissance énorme et de résistance interne très basse, la hi-fi n'étant pour ce cas, malheureusement très courant, qu'une question d'étendue de la bande passante et de facteur d'amortissement. Trop de preuves montrent que ces « révolutions » ont tout simplement fait stagner le progrès vers les plus hauts sommets de la reproduction à haute fidélité. Car, si un progrès technologique est toujours possible, il ne serait pas question de changer des lois acoustiques et de faire « rentrer » du 20 Hz, à 130 dB de niveau acoustique, dans une enceinte de 50 litres, à l'aide d'un haut-parleur de 16 cm. L'insuccès commercial de pratiquement tous les caissons graves et « subwoofers » est justement une perte importante de qualité par rapport au reste (même si ce reste est de qualité déjà moyenne ou médiocre).

C'est pourquoi il faut comprendre qu'un volume de 155 l, la moitié de celui de l'enceinte Onken représente un très bon compromis. Le volume V_0 est de 155 l, additionné de 37 l (évents, HP, etc) soit un V_0 total de 192 litres.

La surface des événements a été choisie assez proche de celle de la surface active de la membrane. Pour la profondeur de l'évent, le calcul n'étant pas le même que

pour une enceinte bass-reflex et devant être suivi d'une optimisation ($\pm 5\%$ de part et d'autre de la valeur calculée) on obtient un évent de profondeur 32 cm. En réalité, la profondeur sera ajustée à 36,5 cm. Bien que Koizumi ne donne pas sa formule de calcul, il attribue cette différence aux légères erreurs de mesure, comme le calcul du diamètre actif réel (dans la bande de fréquences concernée) du haut-parleur, la valeur calculée n'étant qu'une bonne approche.

Réglages

L'enceinte se présente comme sur la figure 5. Le bois utilisé est d'épaisseur 25 mm (genre Nan-tex). On notera des rapports de dimensions différents à ceux de l'enceinte Onken. A part un réglage éventuel de la profondeur de l'évent les dimensions ne peuvent être retouchées, ni (et surtout) le positionnement du haut-parleur sur la face avant. C'est, comme pour l'enceinte Onken un point à respecter et à ne pas chercher à modifier. Songeons, par exemple, que pour l'enceinte Onken quelques 120 positionnements ont été essayés pour aboutir six mois plus tard au positionnement optimal, un long travail fait en collaboration avec l'équipe du service de recherche de la radiodiffusion japonaise et d'un professeur d'acoustique de l'université de Tokyo, lequel avait réalisé, en collaboration avec Eiji Koizumi, l'enceinte Onken bien connue. On comprend donc que quelques formules ne puissent être dévoilées au lecteur. Mais le principal est de pouvoir réaliser une enceinte de haute qualité.

Dans l'enceinte « IP Ultra-bass », comme dans l'enceinte Onken, on note une caractéristique d'impédance, après optimisation, légèrement différente de celle obtenue sur une enceinte bass-reflex bien accordée. En effet, on remarque que les deux

résonances n'ont pas exactement la même amplitude, une chose dont il n'y a donc pas lieu de s'inquiéter. La résonance f_1 est de plus grande amplitude que f_2 , l'effet de la charge acoustique sur f_1 étant beaucoup moins prononcé que sur une enceinte bass-reflex.

après optimisation. La figure 7 montre la courbe de réponse obtenue en local semi-réverbérant, où il ne faut pas tenir compte du léger accident à 200 Hz (ondes stationnaires de la pièce).

D'autres essais de profondeur

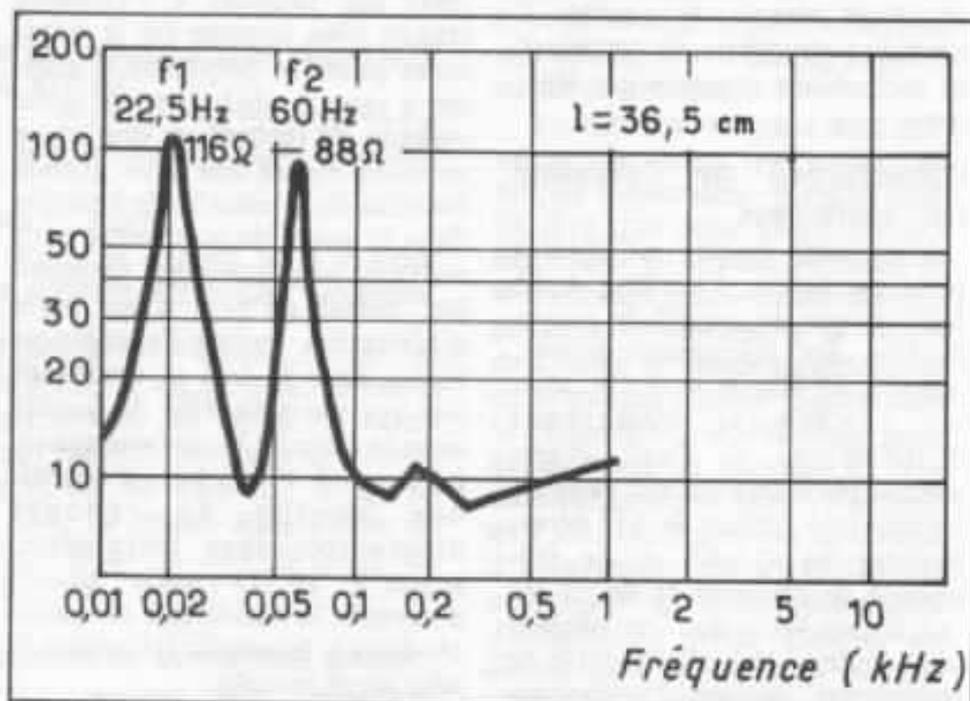


Fig. 6. Caractéristique d'impédance, après optimisation de la profondeur de l'évent à 36,5 cm.

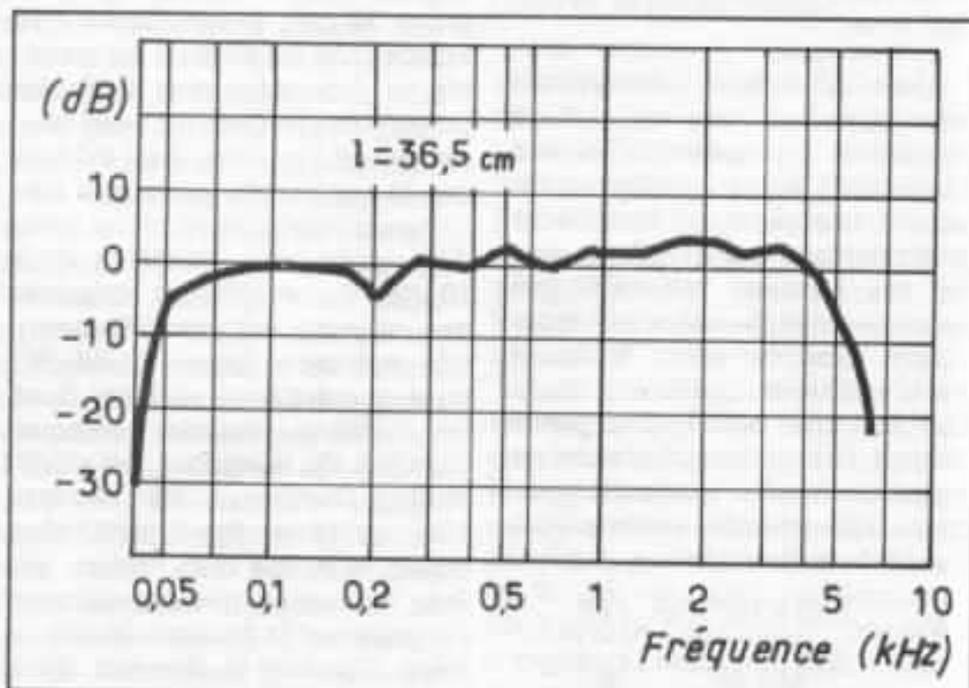


Fig. 7. Courbe de réponse niveau/fréquence obtenue pour un évent de profondeur 36,5 cm.

La figure 6 montre la caractéristique d'impédance obtenue

d'évent ont été tentées, dont une pour 37,5 cm (au lieu de

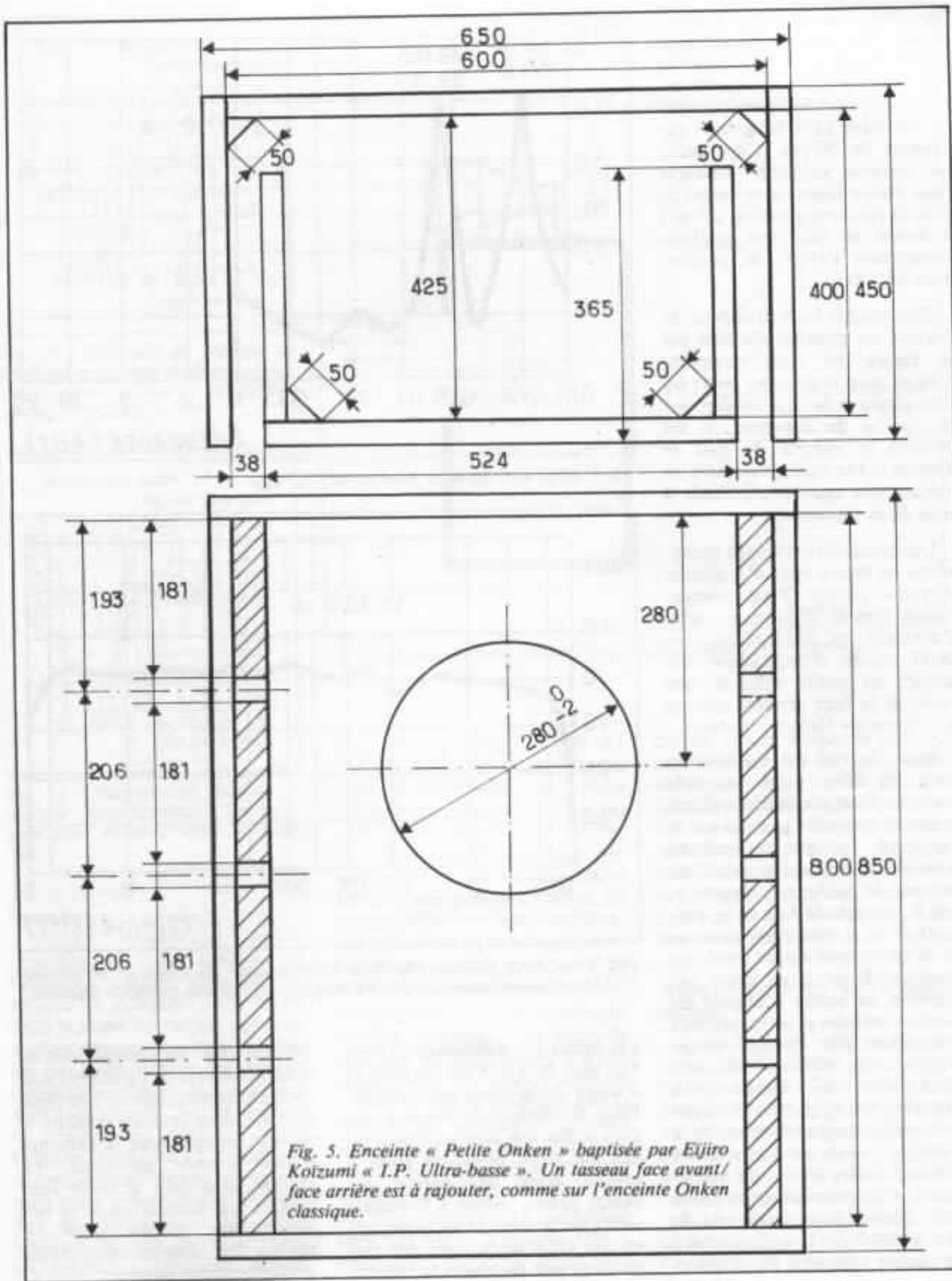


Fig. 5. Encéinte « Petite Onken » baptisée par Eljiro Koizumi « I.P. Ultra-basse ». Un tasseau face avant/face arrière est à rajouter, comme sur l'enceinte Onken classique.

36,5 cm). La courbe d'impédance varie légèrement, comme sur la figure 8 et la courbe de réponse niveau/fréquence, représentée sur la figure 9, montre un léger gain en niveau au-dessous de 60 Hz. Cependant, un résultat subjectif inférieur (son moins léger, plus étouffé), dans la pièce en question (25 m³) a donné en tant que meilleur compromis l'évent de profondeur 36,5 cm.

Concernant la profondeur de l'évent, on peut représenter sur la figure 10 trois exemples d'évent trop long, trop court ou bien ajusté et la répercussion sur la courbe de réponse. Si on modifie le volume de part et d'autre d'une valeur optimale on obtient une courbe semblable à celle de la figure 11.

Les parois internes sont recouvertes de feutre mou d'épaisseur moyenne 15 mm. Trop d'amortissant interne aura pour effet d'arrondir les deux résonances de la courbe d'impédance. Un tasseau est utilisé entre la face avant et la face arrière, comme sur l'enceinte Onken classique.

Dans le cas de l'utilisation d'un pavillon pour la voie médium, il est conseillé de placer le pavillon comme indiqué sur la figure 12. La ligne verticale en pointillé correspond au positionnement de « l'image sonore », soit à peu près le 1/3 de la profondeur de la membrane grave et 25 % de la profondeur totale du pavillon. Il ne serait donc pas question de tenter d'aligner les bobines mobiles et cette méthode préconisée par Onken trouve d'ailleurs un très bon recouvrement avec les mesures. A l'écoute, le réglage fin de positionnement peut se faire sur de la musique : notes de piano lentes et assez basses avec sons soutenus. Un mauvais calage en phase fera creuser une partie de la bande 400-700 Hz ou apportera un timbre anormal. Par rapport

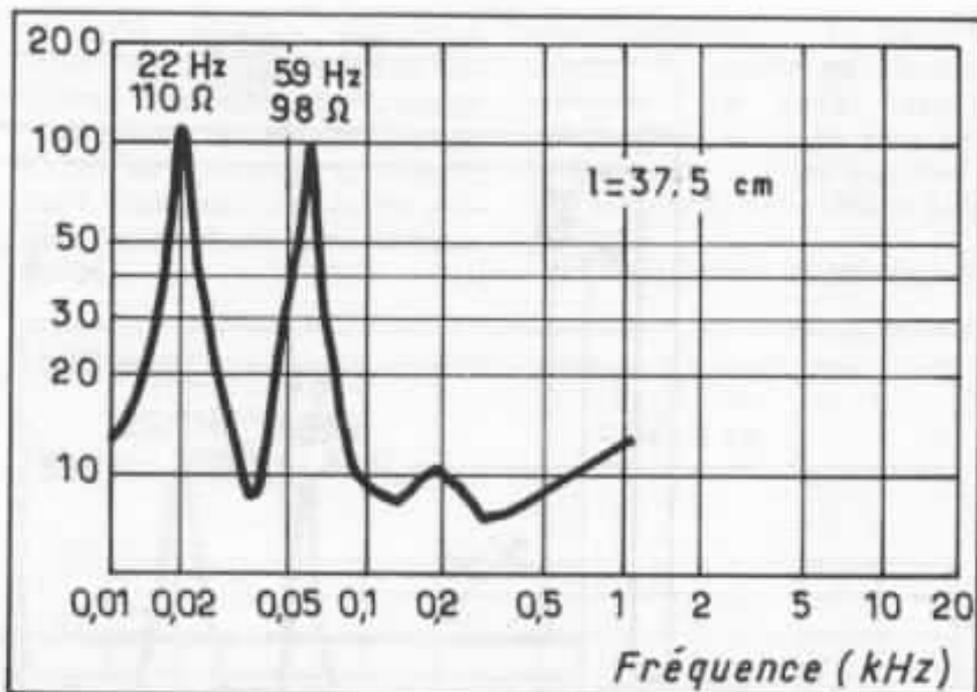


Fig 8. Essai avec évent de profondeur 37,5 cm.

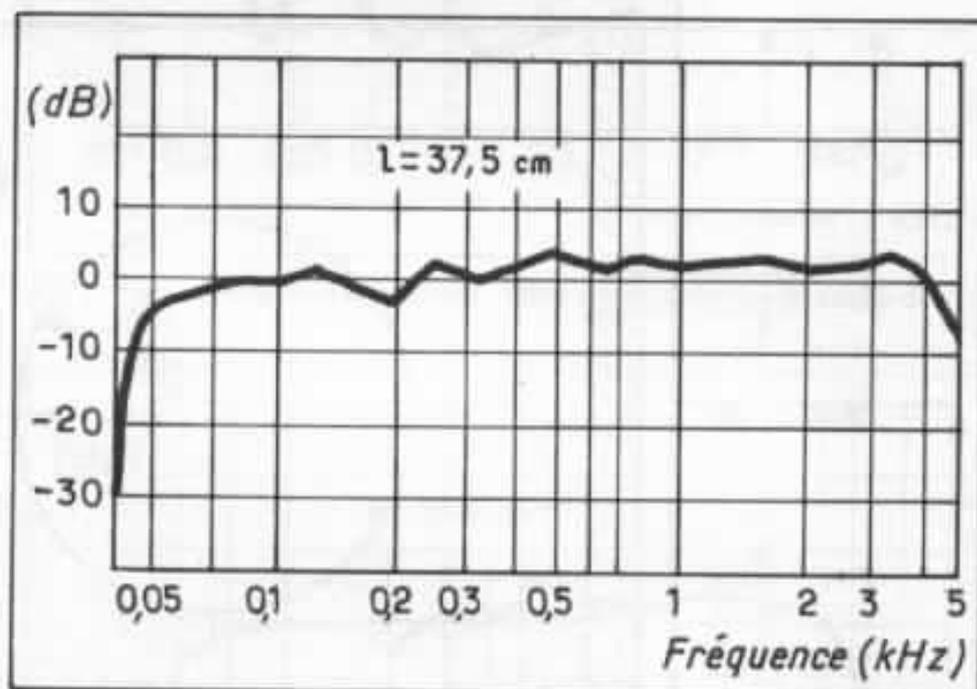


Fig 9 : Courbe niveau/fréquence obtenue pour un évent de profondeur 37,5 cm. Cette solution n'a pas été retenue, malgré une meilleure linéarité.

à la figure 12, le décalage ne peut être que de 2 à 3 cm de part et d'autre de la ligne en pointillé. Pour le réglage du tweeter, on peut se fier à la figure 12 mais un test sur bruit blanc ou rose, à niveau assez bas permet un calage précis, même à l'oreille : effets de bosses ou de trous, ou encore effet de masque des fréquences très élevées si le tweeter

est mal calé. Le réglage joue au millimètre près et l'auditeur doit obligatoirement être et à sa position d'écoute normale pendant le réglage, ce qui exige la présence d'une seconde personne. Le réglage bien fait, le bruit rose devient très homogène et ce test peut servir ensuite pour un réglage des niveaux réciproques grave/médium/tweeter.

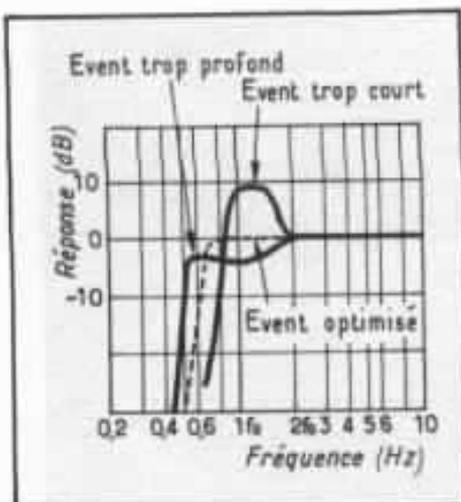


Fig. 10 : Exemples de réglages de profondeur d'évent et allures caractéristiques des réponses niveau/fréquence.

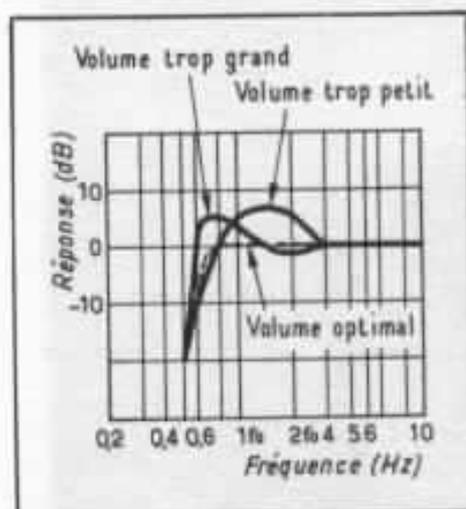


Fig. 11 : Exemples de courbes de réponse caractéristiques obtenues pour trois volumes, dont un optimal.

Ecoute

Dans l'ensemble, cette enceinte est du niveau de l'enceinte Onken équipée du 38 cm. La coupure plus rapide dans le grave ne ressent pas trop et c'est même un avantage dans les pièces de petites dimensions (positionnement et réglages moins critiques). Sur la guitare ce serait même mieux que sur l'Onken courante. L'orgue (St Saens) descend un peu moins bas mais reste perceptible et propre. Sur le violoncelle, très bons résultats et peu de différences par rapport à l'enceinte Onken.

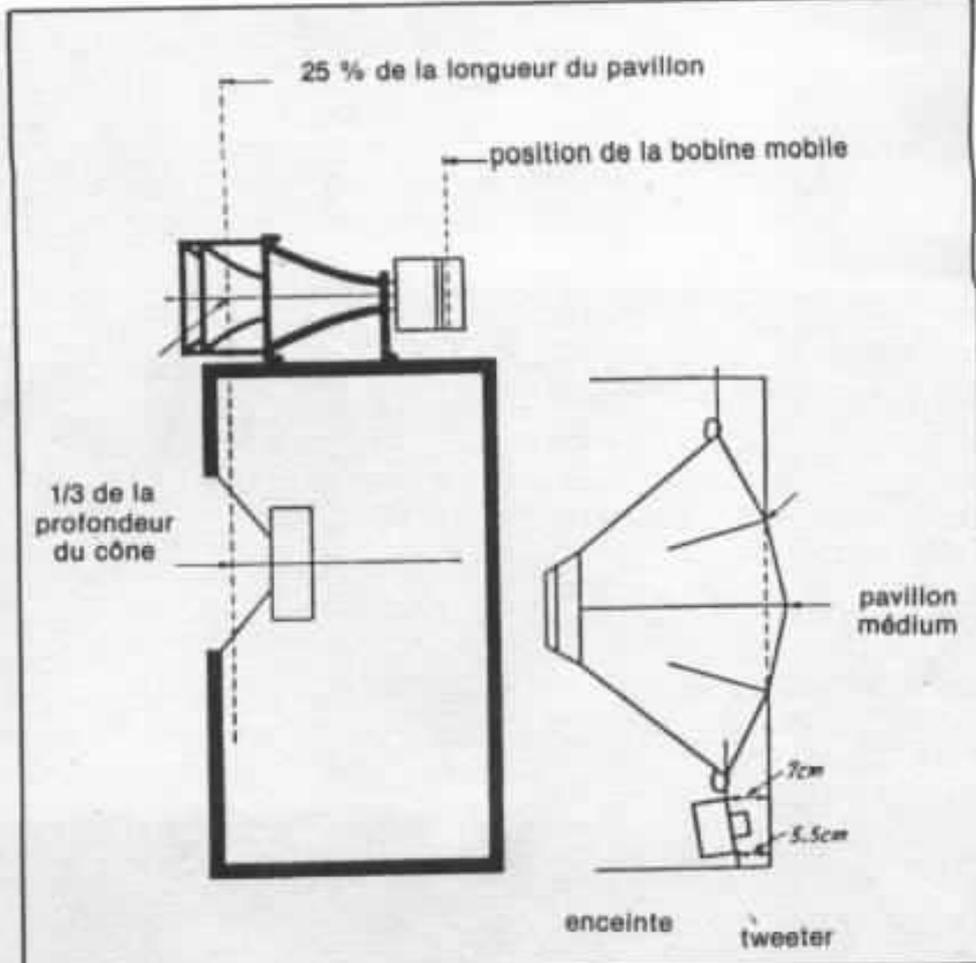


Fig 12. Positionnement optimal du pavillon médium sur l'enceinte.

Sur le disque TBM-63 « Orpheus » la contrebasse passe parfaitement, de même que celle du concerto de Dittersdorf. Par moment, le 30 cm, plus léger, paraît avantage par rapport au 38 cm. Grande transparence, très peu de traînage. Le caisson offre un bon équilibre, sans remontée dans le haut grave ou encore quelque part entre 60 et 100 Hz (un cas assez courant).

Contrairement aux quelques craintes de certains, la perte de quelques Hz dans le bas n'a pas déséquilibré le « petit caisson Onken ». Sur le plan musical le 414-8B se comporte souvent mieux que le 416-8A dès qu'il s'agit des fréquences supérieures à 150 ou 200 Hz.

Cette enceinte a été réalisée en 1976 par Eijiro Koizumi. Elle a également obtenu un grand suc-

cès au Japon malgré le prix du haut-parleur 414-8B, plus élevé que celui du 416-8B. D'autre part, les modèles Altec ont évolué depuis et certaines anciennes références n'existent peut-être plus. Il s'agissait ici de décrire, sans aucune modification, l'enceinte Onken conçue au Japon en 1976.

Adaptation à un autre haut-parleur

Cette étude est en cours et concerne l'adaptation du haut-parleur français Focal conçu par Jacques Mahul, le modèle 25 cm de haut rendement 10-C01. On pourrait aboutir à un volume inférieur et obtenir malgré tout une fréquence de coupure grave relativement basse (55 à 60 Hz) le tout avec un rendement de l'ordre de 94 à 95 dB.

**Page non
disponible**

On en parle

Chez **Sony**, sortie de l'enregistrement à vidéo-cassette Beta-max F1, que l'on peut connecter au PCM-F1, un processeur PCM audio. L'ensemble permet d'obtenir, en codage 16 bits, un rapport signal/bruit de 90 dB une bande passante de 10 à 20 000 Hz et un taux de distorsion de 0,005 %. 8 kg seulement pour les deux appareils réunis.

JVC a lancé avec succès son phonolecteur MC-L10. Les bobines mobiles, imprimées, sont collées sur le stylet porté pointe en beryllium, à 1 mm de la pointe lectrice, d'où l'appellation « Couplage direct ». Sur le plan de la définition sonore, c'est sans aucun doute l'une des trois ou quatre meilleures cellules actuelles.

Maxell présente deux accessoires pour disques, le AE-341 « Super cleaner », à moteur, circuit intégré et auto-stop, muni d'une brosse tournant à 2 500 tours/mn. L'autre accessoire, le SC-345, lui aussi à transformateur, circuit intégré et à moteur permet de supprimer les charges électrostatiques des disques sans l'aide d'aucun produit ou liquide. Ces deux accessoires tournent « tout seul » sur le disque et s'arrêtent automatiquement.

Harman Kardon, produit américain monté au Japon commercialise un préamplificateur conçu par Matti Ojala, réalisé à partir de modules du style Mark Levinson. Ce préamplificateur, de référence XXP complète

l'amplificateur XX. L'égaliseur RIAA est de type actif/passif.

Chez **Stax**, bien connu pour ses casques électrostatiques, lancé d'un amplificateur pour casque à couplage direct, sans transformateurs de sortie, grâce à l'emploi de transistors FET et bipolaires de type « haute tension ». La référence est SRM1/MKII et il convient à tous les casques Stax.

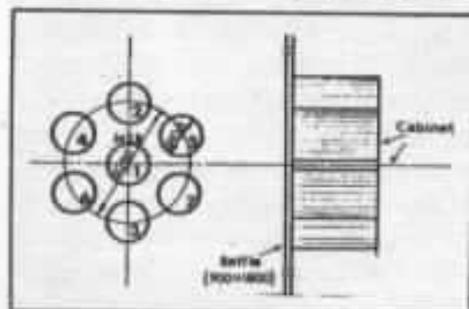
Fostex, dont on a beaucoup parlé à propos des tweeters à chambre de compression T-925 et FT-90H, vient de proposer une version économique du FT-90H, le FT-50H, similaire en tous points au FT-90H, mis à part l'aimant et le circuit magnétique. La fréquence de coupure est de 4 kHz minimum, ce qui est

plus pratique, la tenue en puissance de 50 W, grâce à une bobine mobile spéciale et le prix de vente (5 500 Yens, soit moins de 150 F, au Japon) en font un produit de rapport qualité/prix exceptionnel.

Pioneer propose une troisième version de son célèbre tweeter à ruban, le PTR-7 III, à ruban ultra-léger, mais rigide, en béryllium, un tweeter linéaire jusqu'à 120 kHz, de puissance admissible 100 W.

JVC a mis au point une enceinte quatre voies, équipée d'un tweeter à ruban et d'un haut-parleur grave de 32 cm, dont la membrane est réalisée en céramique fine (32 μ m d'épaisseur), recouverte d'une fine feuille d'aluminium. La référence : Zéro-1000. Dans les compacts à table de lecture verticale et à bras radial **Mitsubishi** (Diatone) propose le « Set up Compo X-11 », un combiné préampli/ampli/tuner/cassette, très élégant et relativement performant malgré le prix, au Japon de 119 000 Yens soit un peu plus de 3 000 F. Le lecteur à vidéodisque **Pioneer** (audio + vidéo couleur), de référence LD-1000, lancé en septembre 1971 se trouve à présent chez pratiquement tous les revendeurs japonais et son prix de détail courant est de l'ordre de 5 000 F.

Chez **Yamaha**, lancée du dernier « Porta-Sound », synthétiseur de poche à 44 touches, avec auto-rythme, 9 jeux, circuit auto-bass, mise en mémoire automatique, reproduction à partir de la mémoire (sans bande magnétique) et position



Haut-parleur digital Sony à 7 cellules.

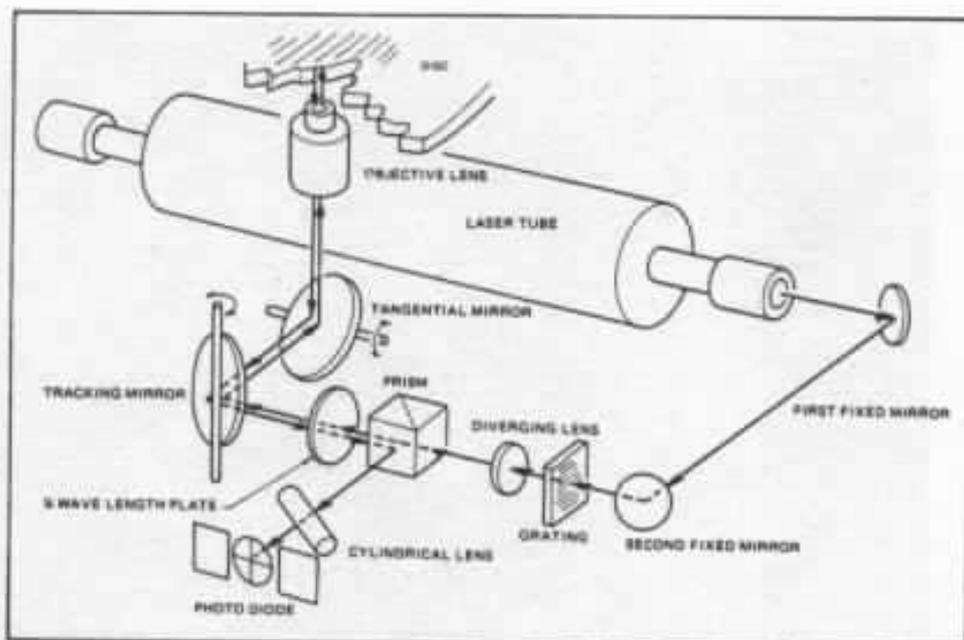


Schéma de principe de fonctionnement du « laser disc » Pioneer.

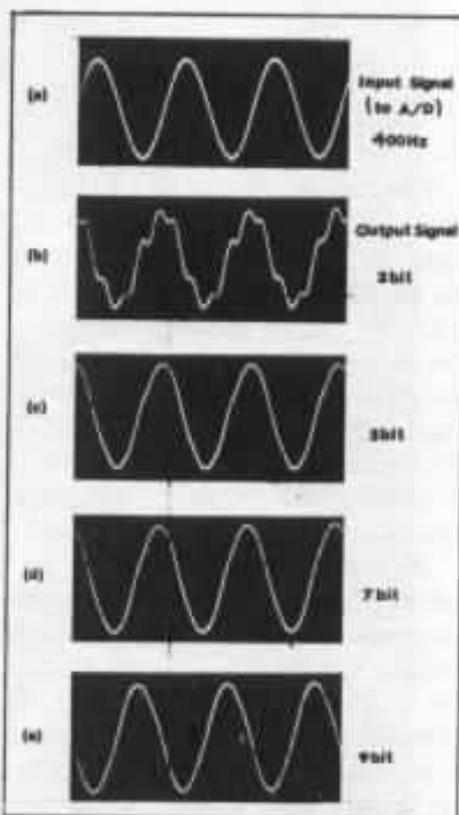
« étude » grâce à des touches s'illuminant les unes après les autres pour mieux guider les doigts. Le tout dans à peine 2 kg.

Sony. Un lecteur de cassette a tuner intégré, micro-processeur et muni d'un stylo relié à l'appareil par un fil. Le secret du stylo : la mise en mémoire des fonctions, des opérations par lecture de « Bar code », le codage à barres que l'on voit parfois sur les produits alimentaires ou autres. Malgré des circuits très compliqués et bourrés de LSI, le prix au Japon est abordable : 128 000 Yens, ou (3 400 F).

Chez **Technics**, lancée d'un fantastique appareil de mesure audio, un générateur/distorsiomètre, stéréo à double aiguille, muni d'un microprocesseur mettant en mémoire jusqu'à 100 types de mesure, que l'on peut coupler à un compteur « GO/NG » ou « OK/HS », pour des productions de série. Les performances atteignent largement celles des meilleurs appareils américains du genre Sound Technology et le prix exceptionnellement bas : 520 000 yens ou 11 500 F.

Sony. Dans leurs laboratoires, un haut-parleur à l'étude qui

sera, peut-être, la solution de l'avenir : le haut-parleur digital. Composé de 7 cellules, fonctionnant dans la bande passante 50 - 5 000 Hz, il fonctionne déjà, en tant que prototype, bien sûr. Les résultats sont très intéressants, même pour un codage à 8 ou 12 bits. A suivre.

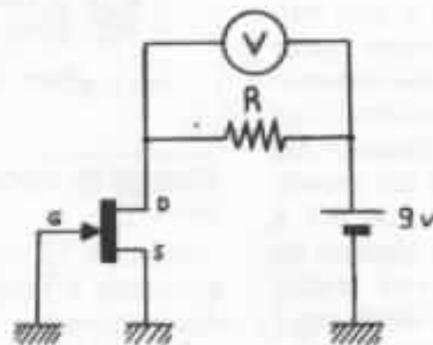
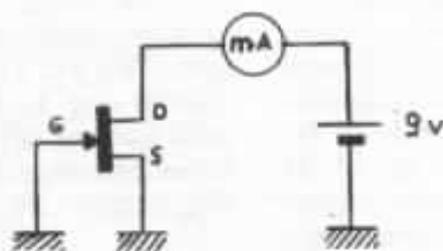


Qualité de restitution du haut-parleur digital Sony en fonction du nombre de bits utilisés.

Filtre Kanéda

Mesure de l' I_{DSS}

Il est important de connaître la valeur précise de l' I_{DSS} des transistors 2N 5465 pour parfaitement ajuster la résistance d'émetteur R_E . Le courant I_{DSS} dans un Mos Fet est le courant de drain lorsque que V_{GS} est nulle (tension gate-source). La mesure d' I_{DSS} est donc très aisée. La tension appliquée entre le drain et la source doit, cependant, être proche de celle à laquelle le transistor fonctionnera dans le circuit auquel il est destiné (tension supérieure à la tension de pincement). Dans le cas du filtre actif Kanéda, on choisira 9 V obtenus très simplement à partir de piles. La mesure s'effectue selon le schéma. Si vous ne disposez pas d'un milliampèremètre suffisamment précis, vous pouvez utiliser une résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$ en série entre le drain et l'alimentation. La tension V mesurée à ces bornes vous donnera la valeur d' $I_{DSS} = V/R$.

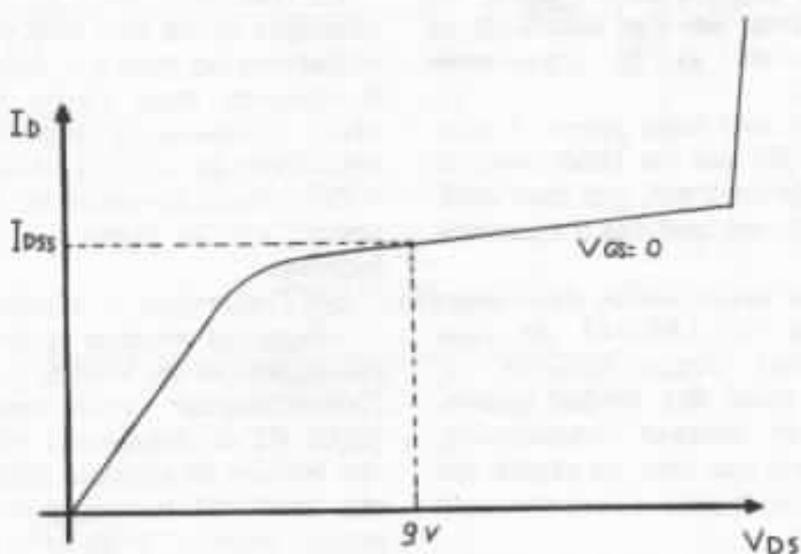


Préamplificateur Kanéda

Beaucoup de lecteurs nous téléphonent ou nous écrivent pour avoir le circuit imprimé de la version définitive publiée dans le n° 23. Nous tenons à préciser que, dans le cas d'une réalisation d'amateurs, nous conseillons d'utiliser la version de base du circuit imprimé. En effet, l'implantation de la version finie a été conçue en fonction du boîtier et des diverses commandes et n'est pas du tout appliquée à un câblage « standard » dans un coffret conventionnel.

Le brochage des paires d'entrée RIAA, 2SK 243-2, est le même que celui d'une paire de 2SK 30 AGR. Le drain et la source étant réversibles, elles peuvent être branchés dans un sens ou dans l'autre.

Les transistors de la seconde paire différentielle de référence 2SA 640 ne sont plus disponibles



Principe de mesure de l' I_{DSS} d'un Mos Fet.

même après de longues recherches au Japon. Heureusement, nous avons trouvé leurs remplaçants, il s'agit des 2SA 750 identiques sur tous les paramètres à l'exception du bruit où les 2SA 750 sont encore sensiblement supérieurs. Le prix est identique.

L'ampli Mosfet 2 x 50 W

Les modifications qui vont suivre n'altèrent en rien les caractéristiques dynamiques de l'amplificateur, mais n'ont pour but qu'une amélioration de la stabilité en continu.

I) Problèmes d'alimentations :

Si votre amplificateur est alimenté à partir d'une tension redressée et filtrée, celle-ci est tributaire des variations de la tension secteur, dont les variations peuvent être de l'ordre de 10 %.

En vous reportant au n° 24 (page 23, fig 15), on peut s'apercevoir que si les tensions d'alimentations varient, le courant de drain de T1 va bouger dans les mêmes proportions puisque

$$I_o = \frac{-V + V_{source}}{2 R_4}$$

Tous les étages sont polarisés à partir de ce courant, il s'en suivra donc un décalage pour l'ensemble de l'amplificateur. Ceci peut avoir des conséquences pour les V-Mos de puissance car leur pente ($\Delta I_o / \Delta V_{gs}$) est grande et pour une variation de 0,1 à 0,2 v sur leur gate, le courant de repos peut doubler, voir tripler ce qui a pour effet d'augmenter la puissance dissipée au repos.

De plus, pour des courants inférieurs à deux ampères, le coefficient de température est positif (n° 24, page 18, fig 3), donc pour un V_{gs} constant, I_d augmente si le transistor chauffe.

Tout ceci nous amène à remplacer R_4 par un générateur de courant de 2 mA qui sera indépendant des tensions d'alimentations.

Nous avons utilisé dans notre schéma un LM334Z de chez National Semiconductor. Il existe aussi des diodes générateurs de courant (crystalonics, siliconix) qui sont en réalité des Fets dont la gate et la source sont réunies.

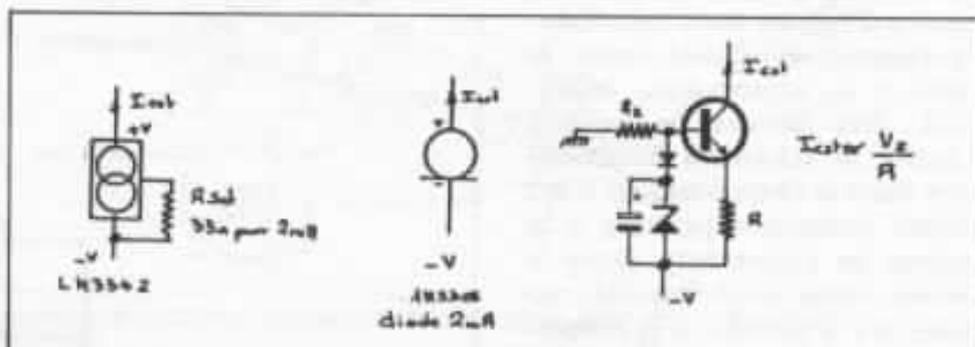
II) Stabilisation du point de repos

Afin de maintenir un courant de repos constant dans le V Mos, la tension V_{gs} doit être constante et voire même diminuer légèrement afin de compenser l'augmentation du courant due à l'échauffement au repos (puissance au repos de 10 W à 12 W par transistors).

Nous avons réduit la puissance dissipée dans T2, T3, T4 et T9 afin de limiter les dérives des courants collecteurs en température. T2 T3 et T3 T9 devront être montés sur le même radiateur pour obtenir des variations similaires en température (résistance thermique du radiateur de

courant $I = \frac{V}{R}$ et ceci sur les deux voies.

- Mettre l'alimentation en fonctionnement et tourner P'2 jusqu'à obtenir un courant de repos de 350 à 400 mA. Laisser l'ensemble sous tension environ 15 minutes.



Exemple de réalisation d'une source de courant à partir d'un transistor.

l'ordre de 15 à 20 °C/W). Faire attention à l'isolation électrique des boîtiers.

Les résistances de polarisations R12 et P2 (n° 24, page 23, fig 15) sont remplacées par l'ensemble R'12, P'2 et T10.

Ce transistor PNP en boîtier plastique devra être fixé sur les radiateurs des Mos-Fet de sortie. Il assurera ainsi l'effet désiré décrit ci-dessus, c'est-à-dire la régulation du courant de repos.

On pourra le connecter directement sur les pistes du circuit imprimé.

III) Opérations de réglage

- Dans un premier temps, ne pas connecter les V-Mos. Mettre l'amplificateur sous tension, régler P1 de manière à obtenir une tension de sortie la plus proche de 0 volt par rapport à la masse, régler P'2 de telle sorte que la tension V_{gs} soit de 3,7 volts à 3,8 volts.

- Couper l'alimentation, attendre que les capacités soient déchargées. Connecter les V-Mos.

- Insérer un ampèremètre en série avec un drain, ou mieux une résistance de 0,5 à 1, aux bornes de laquelle vous aurez une tension qui sera l'image du

- Revenir sur le réglage P1 pour affiner le zéro de sortie et de P'2 pour obtenir un courant de repos de 250 à 300 mA.

- Maintenant votre amplificateur est prêt à fonctionner.

IV) Précautions

A la différence des transistors bipolaires, ces V Mos sont sensibles aux décharges d'électricité statique. Lorsqu'ils sont retirés de leur support en mousse conductrice, ils deviennent vulnérables dans certaines conditions. Vous pouvez court-circuiter la gate et la source par une pince crocodile ou tout autre matière conductrice.

Si vous mesurez la tension V_{gs} en fonctionnement, par prudence faite la mesure sur la résistance de gate en amont de celle-ci.

J'espère que toutes ces explications vous aideront à réaliser votre amplificateur à Mos Fet dans les meilleures conditions.

Si vous avez des questions, n'hésitez pas, l'Audiophile vous mettra en relation avec les concepteurs.

Gravure de disques

Le procédé DMM Telefunken

Le disque analogique n'est pas encore mort. Mieux, la perspective du disque numérique le fait évoluer. La preuve, Telefunken propose dès à présent des disques gravés selon le principe baptisé DMM. Pour mieux en voir les avantages, rappelons tout d'abord les principales étapes de la fabrication du disque.

Première étape après l'enregistrement dans la fabrication du disque, la gravure. Elle s'effectue sur un disque constitué d'une âme en aluminium recouverte d'une laque nitrocellulosique, laque dans laquelle le burin vient graver à chaud le sillon. La laque n'étant pas conductrice, ne se prête pas aux opérations de galvanoplastie. Aussi est-il nécessaire de la métalliser. Cela est

effectué par une argenture chimique (projection simultanée par deux pistolets d'une solution d'argent ammoniacale et d'une solution de formol glucose). La couche d'argent ainsi déposée fait environ $0,1 \mu$ d'épaisseur.

La laque rendue ainsi conductrice permet le tirage du père par galvanoplastie (bain de sulfamate de Ni, anode en Ni, courant de 25 A/dm^2 durant 3 heures). On obtient ainsi une couche de nickel de $0,5 \text{ mm}$ d'épaisseur qui, après décollage de la laque, constitue le père dont le sillon se trouve en relief.

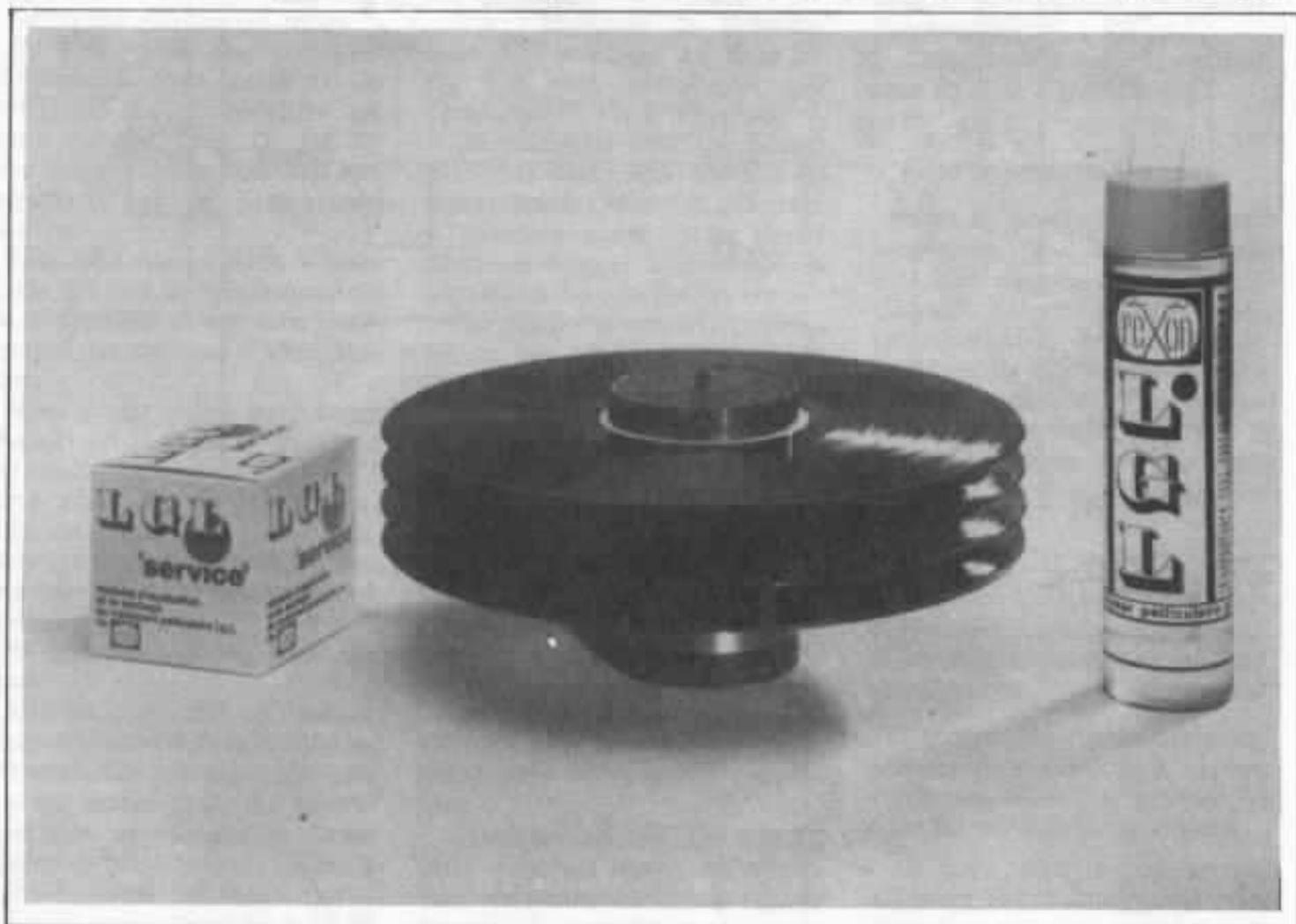
Une opération identique faite à partir du père (lequel subit un traitement galvanoplastique appelé passivation, destiné à rendre sa surface non adhérente), donne la mère dont le sillon est en creux comme sur la laque.

Enfin, on fabrique de la même

manière des matrices à partir de la mère (bain de sulfate de Ni pendant 1 heure environ, dépôt de $0,2 \text{ mm}$ d'épaisseur). Les matrices ainsi obtenues sont montées sur les moules qui servent au pressage.

Le procédé proposé par Teldec dénommé DMM « Direct Metal Mastering », appliqué déjà sur certaines parutions Telefunken (voir rubrique de disques), simplifie considérablement le procédé de fabrication et, par là même, limite les dégradations inhérentes aux diverses duplications.

La gravure est effectuée directement sur un disque métallique, d'où le nom DMM. Ce disque est constitué d'un support en acier inoxydable plaqué d'une fine pellicule de cuivre amorphe malléable. Un dépôt électrolytique ne peut convenir dans ce genre



Kit de nettoyage par film Rexon.

d'applications car la structure cristalline du cuivre ainsi déposée est trop « granuleuse » pour servir de support à une gravure de qualité.

La gravure est faite à froid, à l'inverse du procédé habituel où le burin est chauffé. Aussi, les contraintes imposées au burin et à la machine à graver sont-elles beaucoup plus grandes que dans le procédé de gravure conventionnel. Cela a conduit Neumann à développer pour cette application la machine à graver SX 80 dont le couple est extrêmement élevé pour s'affranchir des risques de variations de vitesse imposés par le burin principalement dans les passages à forte modulation. A ce sujet, le burin est assisté par un signal ultrasonique, de l'ordre de 80 kHz, sur les signaux fortement modulés. L'amplitude de ce signal varie en fonction du niveau de modulation. Cette « assistance » n'est pas appliquée sur les signaux de faible modulation.

Ce disque ainsi gravé constitue donc la mère. La métallisation de la laque et les deux opérations de galvanoplastie nécessaires pour parvenir à ce stade dans le processus normal sont éliminées. Teldec annonce un gain en niveau de bruit de 4 à 6 dB, cela sur la bande 30 - 15 000 Hz, toutes conditions égales par ailleurs, c'est-à-dire même signal modulé, même pâte de disque.

Mais c'est sans aucun doute, dans la qualité même de la gravure que le système DMM est très séduisant. Le lecteur pourra se reporter à la critique de disques de Francis Albou, disque de Mozart.

Nettoyage de disques

L'entretien des disques sérieusement encrassés pose des problèmes à l'amateur. La solution des nettoyants pelliculaires (liquide appliqué sur le disque qui, en séchant, se transforme en une pellicule qui entraîne les impuretés lorsqu'on la retire) est

très efficace mais très contraignante au niveau des manipulations. Rexon a pensé à un accessoire aidant à la mise en œuvre en petite série de ce type de nettoyage. Cinq modules enfichables de 90 mm de diamètre permettent de traiter avec une manipulation aisée les deux faces d'un disque sans attendre le séchage de la première face, cela jusqu'à cinq disques. Puis de les faire sécher en leur évitant tout contact dangereux.

Sanwa fo-Res FZ-1DII

Une marque, une référence qui ne disent peut-être pas grand chose à nos lecteurs. Pour les Japonais, Sanwa est une marque très populaire d'appareils de mesure destinés principalement à l'amateur. Parmi de nombreux appareils disponibles au Japon, un petit appareil, de prix abordable, mais précis et simple d'utilisation est le « fo-Res ». C'est-à-dire fo-Response, lecture de la

fréquence de résonance des haut-parleurs.

Alors que la méthode habituelle demande l'emploi d'un générateur B.F., d'un amplificateur B.F., d'une résistance de quelques centaines d'ohms, d'un inverseur, d'une boîte de résistances pures et d'un voltmètre audio, le « fo-Res » Sanwa est d'un emploi infiniment plus simple : un générateur B.F. incorporé, balayant de 15 à 15 000 Hz une sortie haut-parleur et un galvanomètre gradué en ohms. Il suffit de choisir la fréquence, de relier le haut-parleur à l'appareil et de lire sur le galvanomètre l'impédance, en ohms, du haut-parleur ! De plus, il permet la lecture directe (sans réglage de nul) des selfs et capacités couramment utilisées dans les filtres passifs. Pour les passionnés du haut-parleur et de l'enceinte acoustique, il s'agit d'un outil indispensable qui simplifie énormément le travail. Pour d'autres renseignements, nous consulter.



Le tout nouveau Sanwa fo-Res FZ-1DII.