

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 deçà 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

a	Largeur ou profondeur	hauteur ou longueur	x	l ou p	n 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	53,8
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		21,8	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

J'éjà 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

pourvoira. 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 :

$$S = S_g e^{-\alpha x}$$
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	13,88
48	11
50	7,5
52	3,28
53,6	0

Pour x tel que :
 $142,5 < x \leq 155$,
 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 :

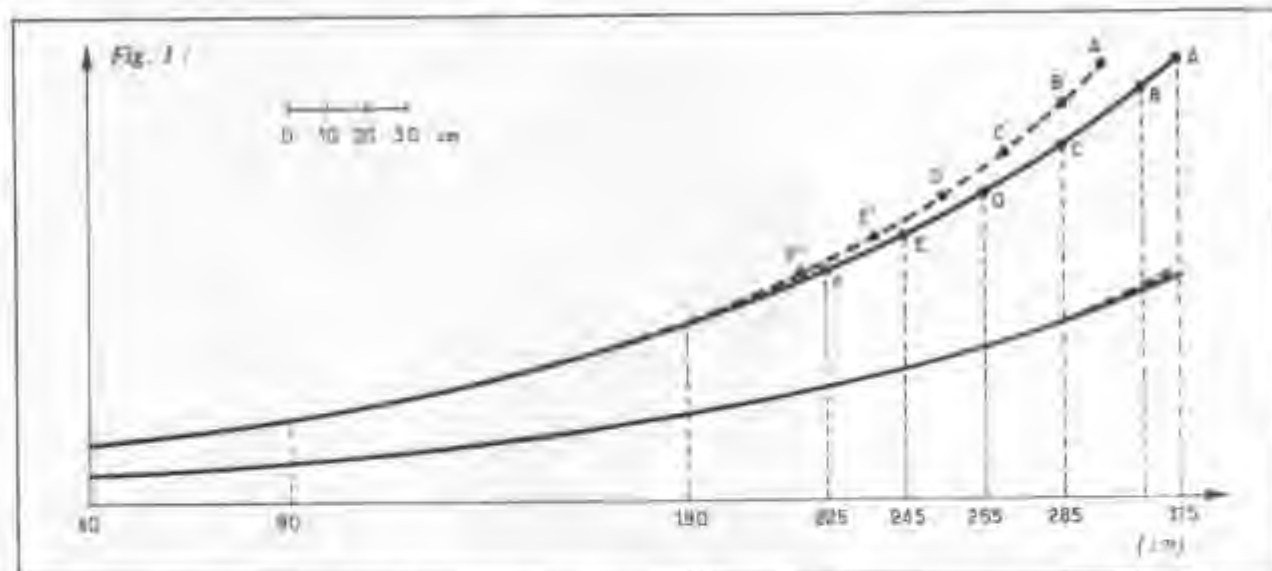
1° La longueur de la section est double de celle de la largeur ce qui est le cas vers la bouche du pavillon où l'erreur η est plus négligeable.

2° La constante $m = \frac{4\pi f_1}{v}$ est calculée avec $f_1 = 40$ 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 plénitude d'une grande partie des deux parois latérales. D'autre part, l'expansion exponentielle pour $f_1 = 40$ Hz est si lente que la minceur des cloisons les aurait transformés 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 commença 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 contre-plaqué 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).

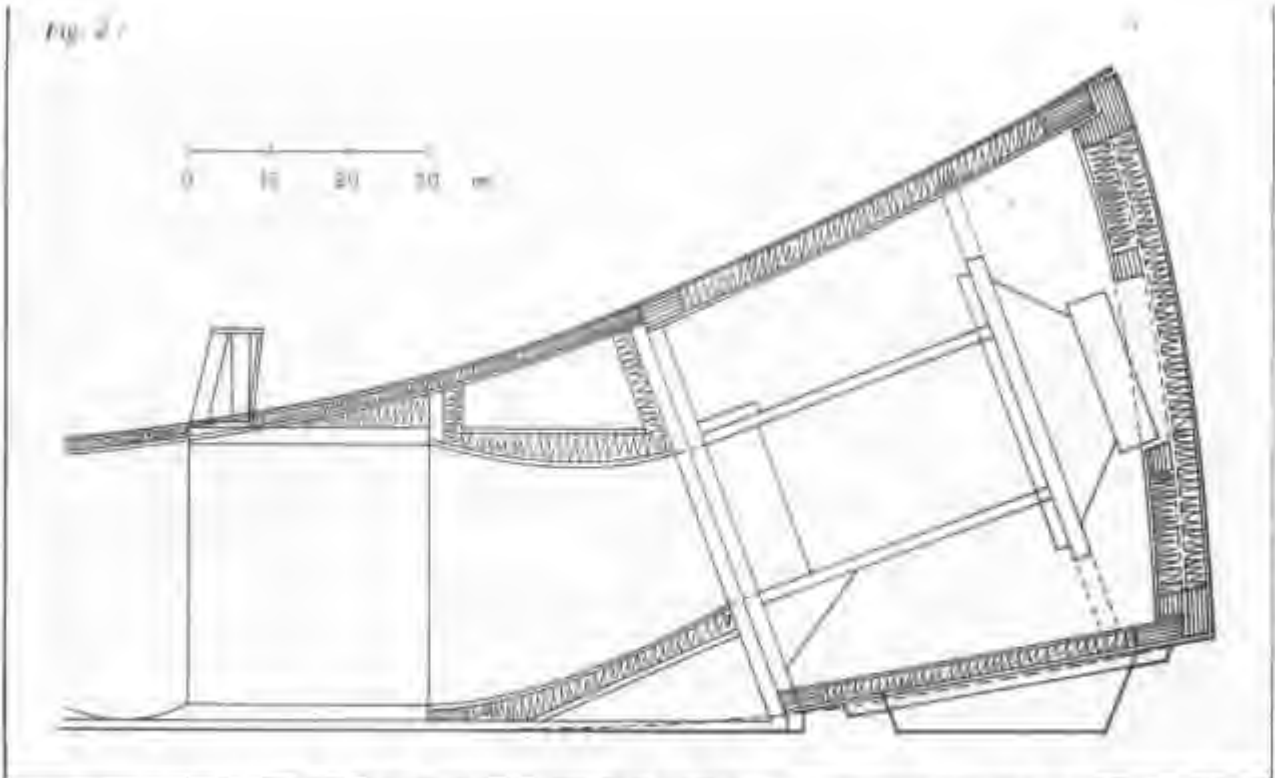
- Adopter une courbure pour l'axe médian.

- 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.

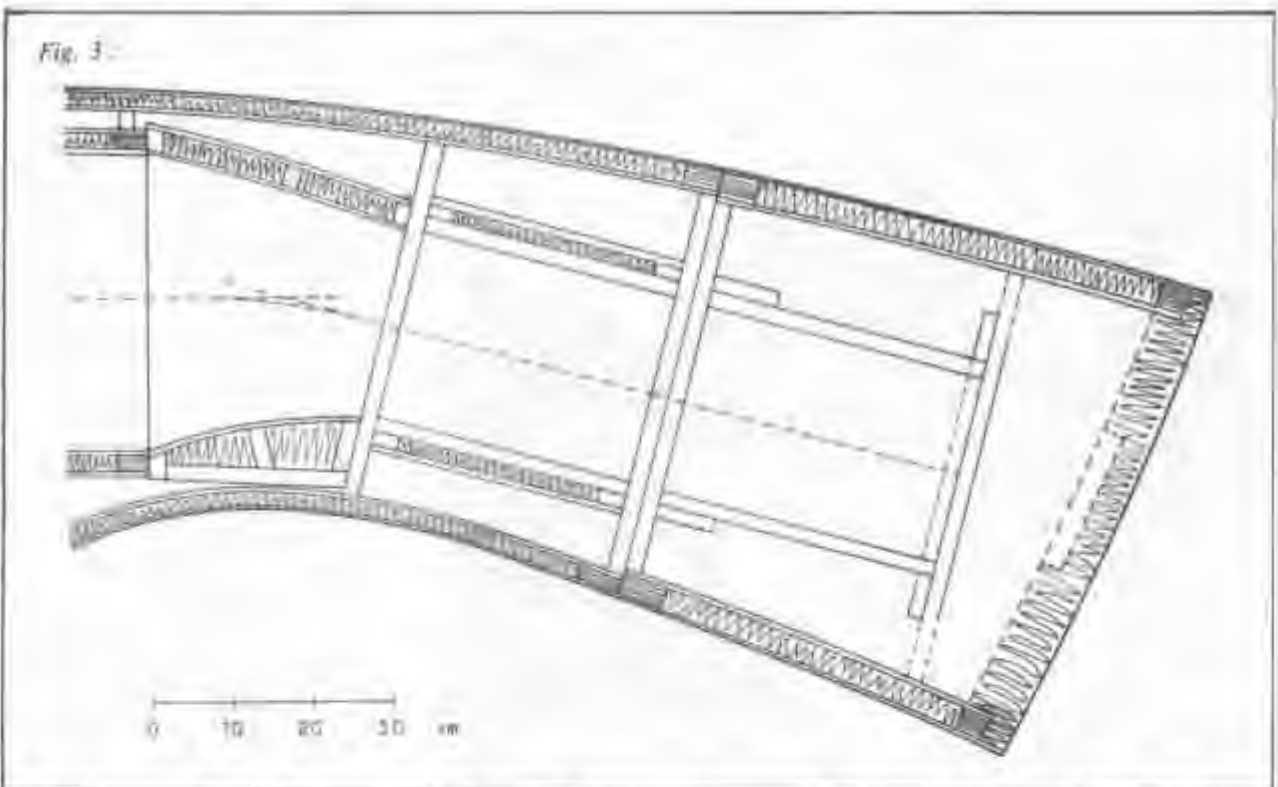
- Déterminer sur ces droites les points correspondants aux deux parois opposées.



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 « formé » 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.



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.



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 3 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 pourvu 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 contre-plaqué 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.

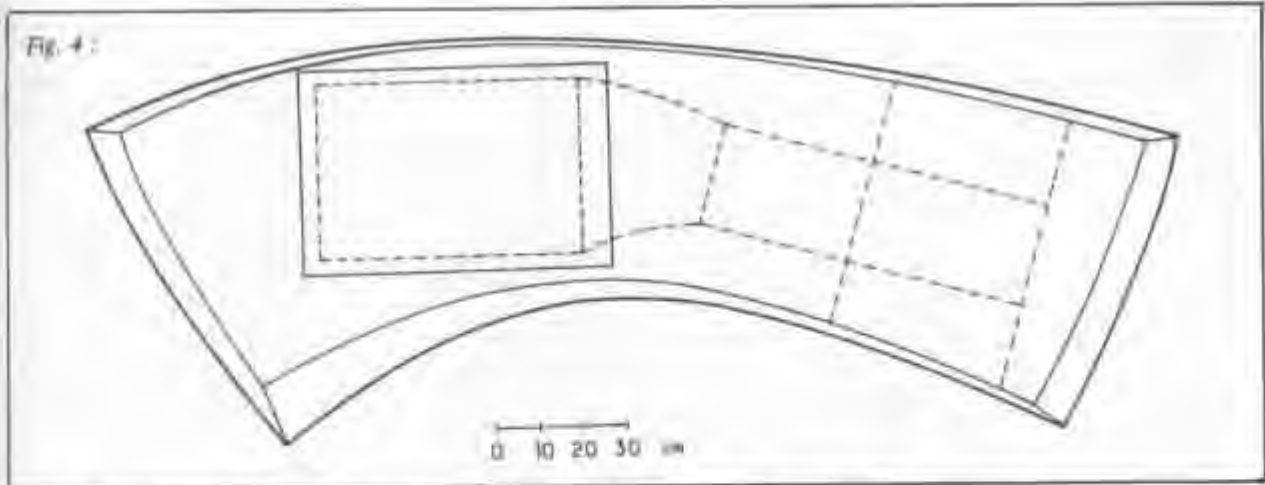
Remarques : 1°) les têtes des boulons vissés sur la face intérieure du panneau d'assemblage, par l'intermédiaire d'une couronne soudée. 2°) La bande abrasive de la ponceuse est bien dégagée pour permettre le ponçage en creux. 3°) Le rabot électrique possède un accessoire lui permettant de raboter en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

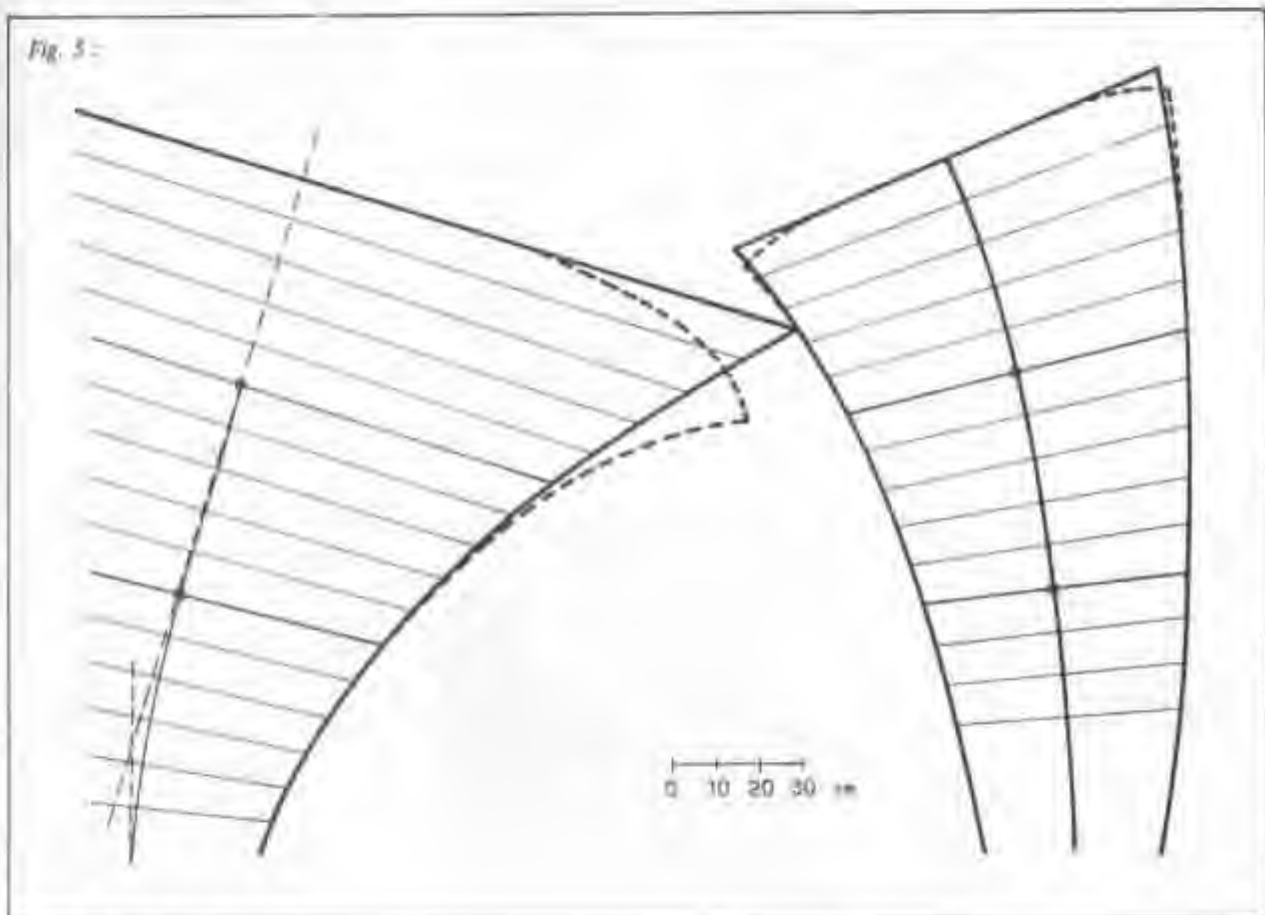
Travailler de nouveau à la ponceuse à bande les tranches des nouveaux bords formés avec les tasseaux minces, vérifier que les tranches fassent partie de la même surface réglée à l'aide d'une règle que l'on déplace de façon convenable le long des deux bords.

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 contre-plaqué 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 contre-plaqué de 19 mm ou 25 mm (3 cm de large). Pour gagner du temps, les faire débiter à la scie



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



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 plai 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 rongées. 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 éclais 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. Remarque 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 ponceuse 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 foncés, 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. Remarque le redressement du bois de placage aux voisinages des raccords.



16
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

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 contre-plaqué (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 sinusoidale 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 trampil-

lié : 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 voileil 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 m³).

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 dégraisé 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 de 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

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 20SLA. 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



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



Pavillons dans le décor.

comme dans le grave, au point que l'aigu de l'Audio Technica paraît « 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.

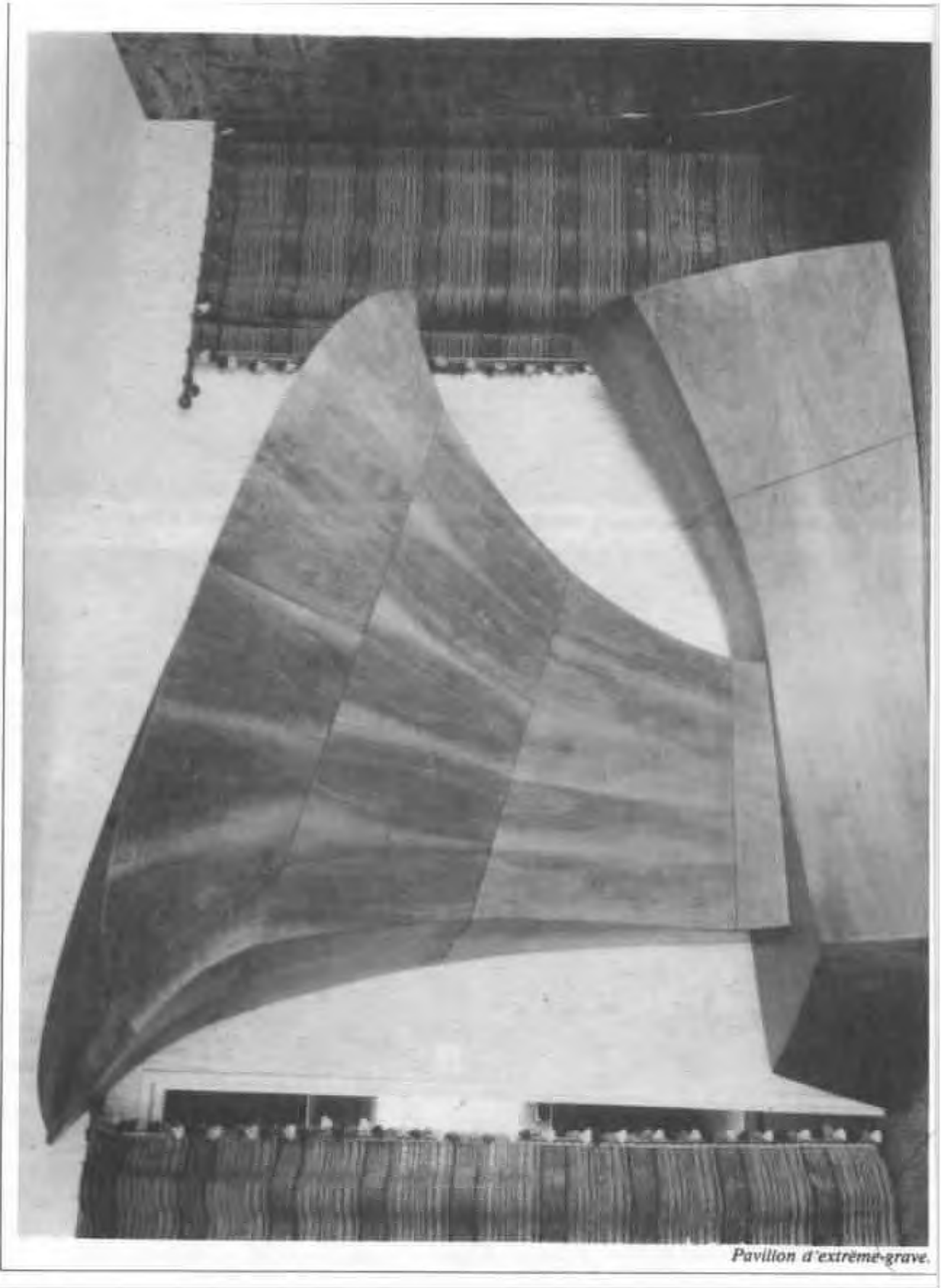
En réalité, il y a bien dans certains cas précis un léger flottement de quelques sons du haut-grave vers la droite c'est-à-dire vers le grand pavillon. Après des écoutes attentives, nous nous sommes aperçu que le phénomène se produit pour des sons de percussion « mous » tels que ceux produits par une 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 d'extrême-grave.