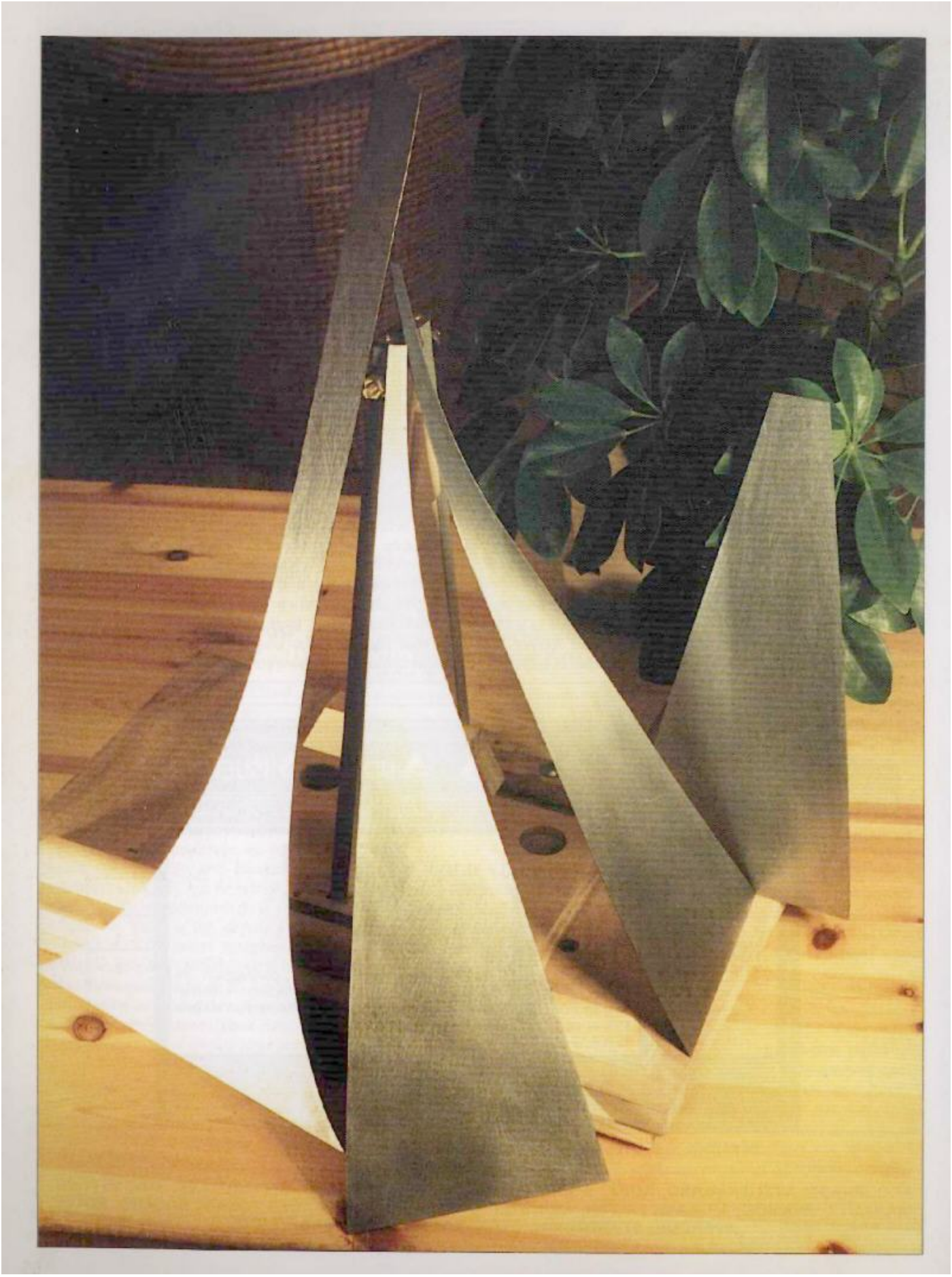


- Réalisation personnelle -

BOIS ET SABLE :
une méthode de construction de pavillons sectoriels à quatre cellules

Thierry Prévost

La recherche du "mieux", en Haute-Fidélité, est une quête parsemée d'embûches : la diversité apparente de l'offre en matériel est telle que l'acheteur a de quoi en perdre son latin - et son salaire - d'autant plus qu'une opération coûteuse pourra n'apporter qu'une amélioration infinitésimale du résultat audible.Toutefois, il peut arriver qu'une modification d'apparence bénigne apporte un résultat inespéré, ce qui montre qu'il vaut mieux, en général, savoir ce que l'on fait avant d'agir. Malheureusement, cela n'est pas toujours possible, des sons de cloches bruyants et contradictoires venant constamment brouiller notre jugement. Nous pourrions aussi parler des phénomènes d'auto-suggestion... Cette introduction a pour but d'expliquer ma démarche et pourquoi j'en suis venu à construire ces pavillons sectoriels en bois sablés.

En effet, ayant assisté à une présentation de matériels - amplis à monotriodes et "Voix du Théâtre" - par Jean Hiraga et William P. Walther, à l'hôtel Sofitel en 1986, je me suis posé la question de savoir comment obtenir cette qualité globale, cette dynamique sur les transitoires, même à volume faible ou moyen, cette pureté de son, qualités difficiles à retrouver, car les mêmes disques passés sur mon système de l'époque ne me permettaient pas d'avoir un tel résultat, malgré un soin tout particulier apporté à sa mise au point. Après avoir essayé toutes sortes de modifications -câbles, condensateurs, etc. - je me suis aperçu que la qualité n'avait pas sensiblement varié. Un ou plusieurs éléments limitatifs étaient donc présents dans la chaîne. Difficile d'admettre que mes Lowther PM6 - je trouve que ce sont les meilleurs médiums à membrane - amortissaient les diphtongues de Barbara... Et pourtant, le remplacement d'un PM6 par une chambre de compression et un pavillon sectoriel en bois sablé fit faire un bond en avant tout à fait extraordinaire à la qualité générale, à tel point que "la mâchoire m'en tomba", ainsi qu'à ma femme, mes amis, parents, connaissances... Mais ça, je ne pouvais même pas le savoir avant de les avoir construits... L'angoisse !

On sait que, depuis que l'air existe sur terre, la longueur d'onde sonore par rapport à la fréquence n'a pas vraiment varié. Les phénomènes liés à la propagation d'une onde dans un fluide ont été étudiés depuis longtemps et il serait illusoire de penser renouveler les acquis en ce domaine : des cerveaux surpuissants nous ont largement devancés.

Le calcul d'un pavillon n'est pas bien difficile ; pour de plus amples informations, il est bon de se procurer toute littérature sur la question et de reprendre d'anciens numéros de L'Audiophile où tout est très bien expliqué.

J'ai pensé qu'un bon pavillon devait respecter la propagation de l'onde sonore. J'ai donc évité les ruptures de forme et les cavités ou renflements fréquemment employés pour contrôler la directivité ou la bande passante : un pavillon sectoriel contrôle à mon goût suffisamment la directivité pour une utilisation en Hi-Fi. La formule d'expansion devrait être autant que possible exponentielle, encore qu'on puisse opter pour une expansion hyperbolique : la puissance et la production proportionnelle d'harmonique 2 sont plus le problème des voisins que celui des pavillons. (Pour exemple, ce paragraphe dans un livre sur la théorie des ondes dans les pavillons acoustiques où l'auteur parle d'un "pavillon usuel de salle de cinéma", pour la qualité duquel il

n'est pas très exigeant et dont il tolère, à 2 000 Hz, 1/4 pour le rapport R^2 - rapport des vitesses de l'air pour l'harmonique 2 et pour le fondamental, ce rapport élevé au carré donnant lui-même le rapport des puissances rayonnées. Il obtient W=4 watts acoustiques environ, ce qui correspond à 35 000 baryes sonores. Nos oreilles ont lâché depuis longtemps !)

Après avoir observé la forme de la sortie d'un moteur dont je disposais - un Altec 806.8A - j'ai dessiné une prolongation de cette forme, ce qui évite déjà une première rupture. La jonction de la gorge du pavillon B avec la partie en bois sablé A a été construite aussi fine et régulière que possible, sans aspérités, et même lissée dans la deuxième paire modifiée. En ce qui concerne l'encombrement, il est évident que nous sommes tributaires de lois physiques inébranlables : les ondes sonores ondulent toujours sur les mêmes modèles impassibles. Nous pourrons donc déterminer les dimensions pour telle fréquence de coupure basse.

Il existe toutefois d'autres limitations draconiennes de dimensions qui, elles, sont absolument strictes, je m'explique :

Si l'obtention d'une fréquence de coupure plus basse passe nécessairement par l'augmentation de l'encombrement, il suffit d'augmenter les dimensions pour obtenir cette fréquence plus basse. (Il faudra aussi acquérir un moteur qui puisse descendre plus bas.) Or, si Madame ne veut pas en entendre parler, vous voilà condamné à rester sur le pas de la porte avec vos grands pavillons, voire même à les écouter - seul - dans la plus petite pièce, à vous allouée ! Pour éviter ce genre de contrariété cuisante, je pense qu'il ne faut pas négliger l'aspect général et la qualité de construction et commencer une éducation progressive des oreilles de l'être aimé par des visites régulières annuelles à l'Espace Kiron, en parallèle avec la fréquentation des salles de concert, ce qui somme toute ne peut être qu'agréable !

La construction proprement dite de

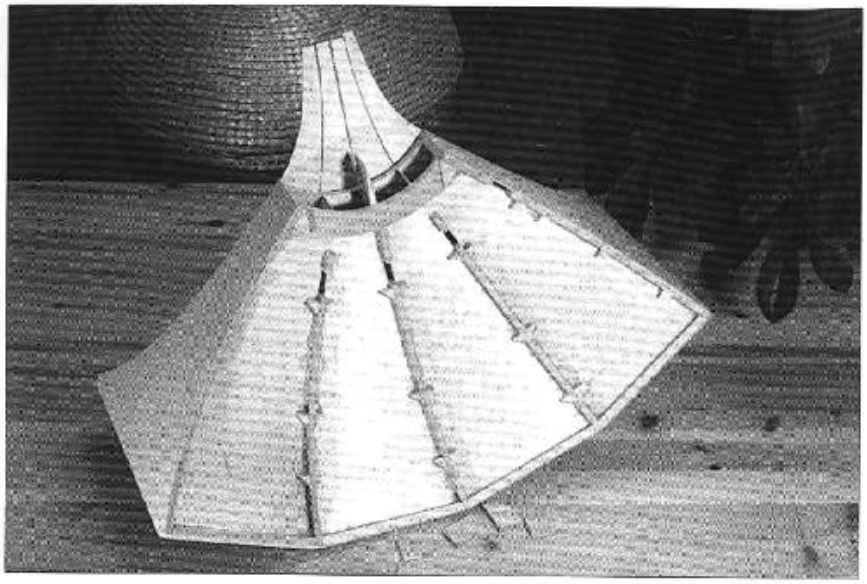
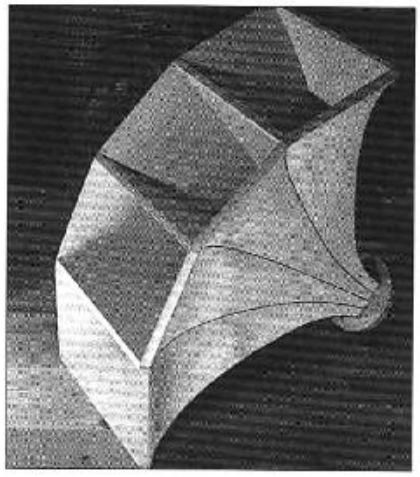


Photo 1 : vue de l'ensemble A, avant sablage de V' à V".



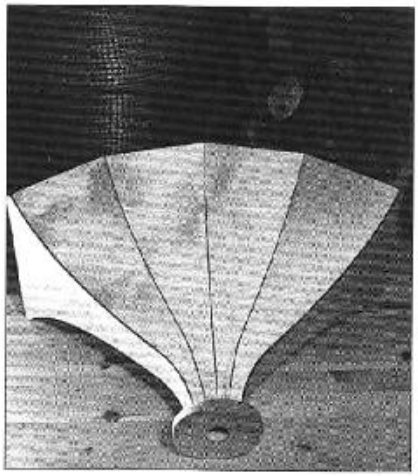


Photo 2 et 3 : il ne reste plus qu'à écouter...

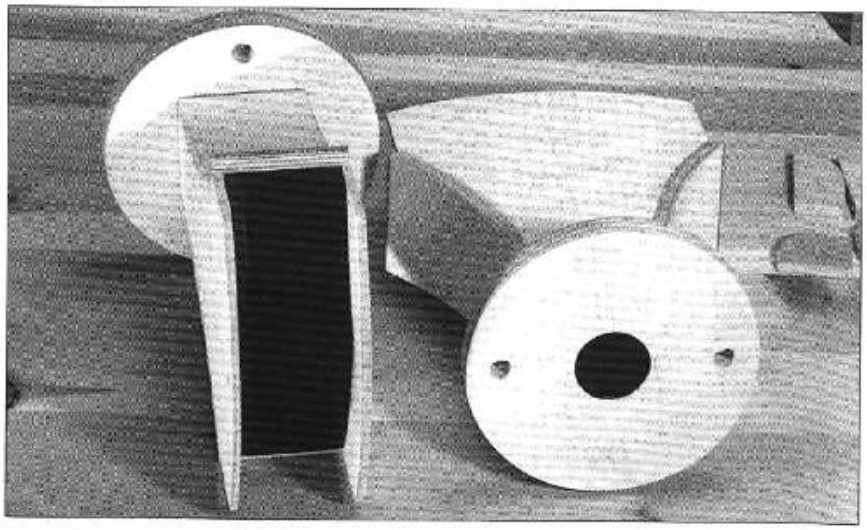


Photo 4 : ensemble B.

ce type de pavillon a été décrite et assez bien détaillée dans le n°35 de la revue par M. Le Dauphin. C'est cette méthode astucieuse que j'ai utilisée. Quelques points restaient obscurs à la lecture de cet article et méritent quelques éclaircissements.

D'autres méthodes seraient possibles, sans aucun doute.

Le calcul et le tracé de la forme du pavillon engendrent une forme de gabarit (figure 5). Il est important de souligner que la mise au point de ce gabarit ne doit surtout pas être sous-estimée et que c'est en grande partie de lui que dépend le succès de l'opération. La précision doit être au moins égale au dixième de millimètre dans tous les axes car les erreurs de dimensions s'ajoutent toujours dans le même sens et l'on peut difficilement se permettre plus de 0,4 mm d'erreur en fin de collage : l'ensemble A ne s'adapterait plus à l'ensemble B. En fait, on peut facilement se retrouver avec 2 mm d'erreur (sur moins de 12 cm). Les gabarits de découpe en tôle G_1 et G_2 doivent, eux aussi, faire l'objet de soins tout particuliers. Ils doivent être parfaitement symétriques.

Les gabarits G_3 et G_4 seront à mettre au point en cours de montage, on peut même dire qu'avant de commencer à découper les tôles à la cisaille à main, il vaudra mieux faire un modèle en carton rigide et l'essayer sur le pavillon.

Nous voilà donc face aux différentes fournitures (onéreuses, le bois de bouleau 3 plis de 1,5 mm n'est pas donné), colle à bois, rouleaux de Sopalin à profusion, cutter aux innombrables lames de rechange, serre-joints à portée de la main, il ne reste plus qu'à commencer à découper les éléments H_9 à H_{16} et V_1 à V_{15} de la partie A et ceux de la partie B. Ceux que les ampoules aux mains rebutent peuvent s'orienter vers l'utilisation d'une scie de modéliste, mais les gabarits de découpe devront être conçus en conséquence.

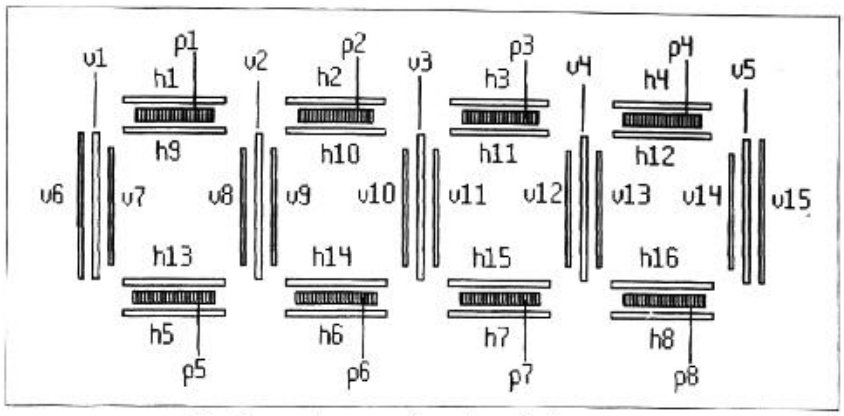


Fig 1 : numérotation des pièces de la partie A
v1...v5 contreplaqué 5mm ; v6...v15 : 3 plis 1,5 mm ;
h1...h16 : 3 plis 1,5 mm ; p1...p8 : carré 8 mm.

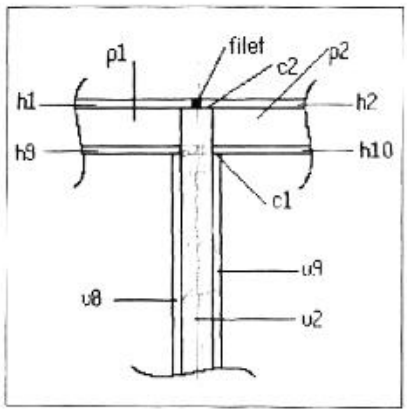


Fig 2 : vue frontale de l'assemblage.

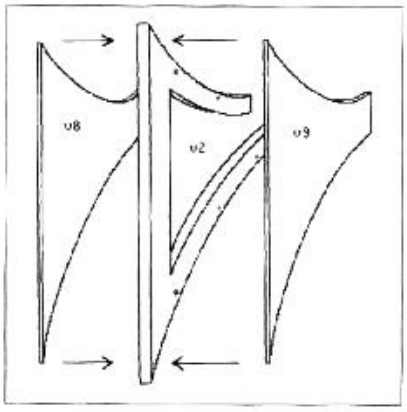


Fig 3 : assemblage d'une paroi verticale.

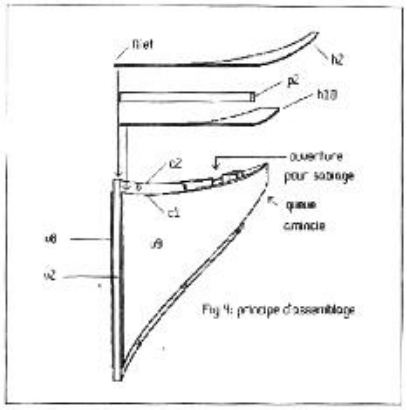


Fig 4 : principe d'assemblage.

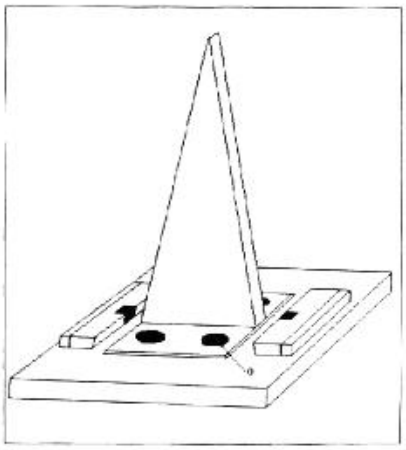


Fig 5 : gabarit de montage.

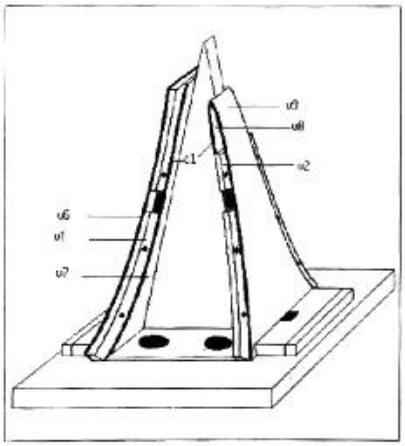


Fig 6 : placement de 2 ensembles verticaux.

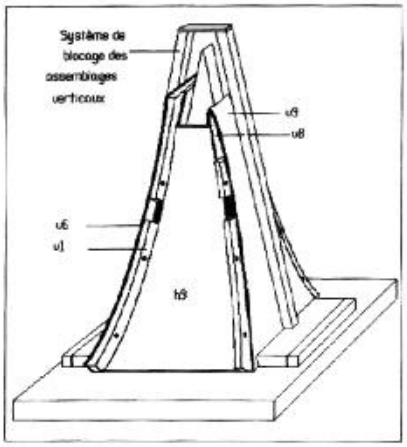


Fig 7 : placement de 2 feuilles horizontales.

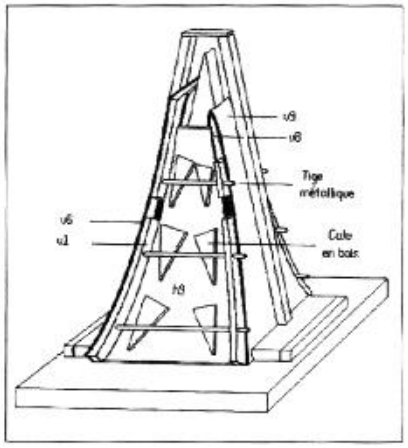


Fig 8 : maintien des 2 feuilles horizontales.

moins l'épaisseur d'une feuille (1,5 mm) détermine l'épaisseur de sable dans le pavillon. Elle est égale ici à 8 mm (figure 2).

L'opération sera à répéter quatre fois : H_{10} et H_{14} sur V_9 et V_{10}, H_{11} et H_{15} sur V_{11} et V_{12} (figures 9, 10 et 11), etc.

On peut maintenant remplir de sable les parois verticales, boucher les trous avec B_1 à B_5 et coller à l'Araldite. Il faudra ensuite coller les taquets triangulaires T, ce sont des renforts de collage des surfaces extérieures, puis les pièces Q, rectangles qui se collent à l'endroit des queues

Les pièces H_9 à H_{16} devront être vernies, avant montage, sur la face visible, les bords C_1 seront dévernis de façon à pouvoir être collés.

De la même façon les parois verticales (figure 3) devront être vernies avant collage. Si on opte pour une finition bois, il faudra, autant que possible, découper les différentes surfaces de façon à ce que les dessins du bois soient respectés.

Nous pouvons à présent monter sur le gabarit (figures 5 et 6) V_6, V_1, V_7 et V_8, V_2, V_9 et coller H_9 et H_{13} sur les arêtes C_1 (figure 7). La quantité de colle est critique. Nous calons

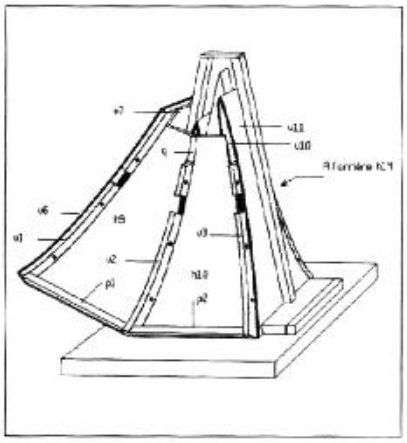


Fig 9 : fabrication de la deuxième cellule.

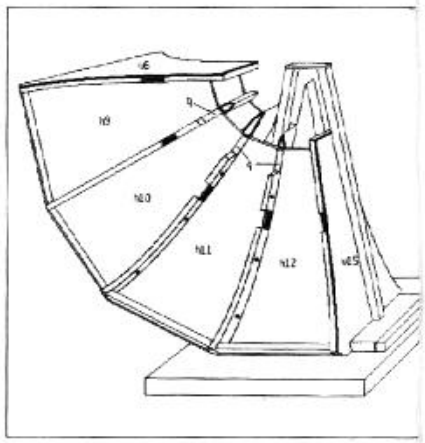


Fig 10 : fabrication de la quatrième cellule.

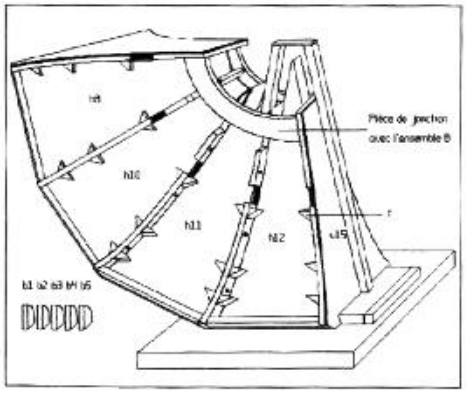


Fig 11 : l'ensemble A avant sablage.

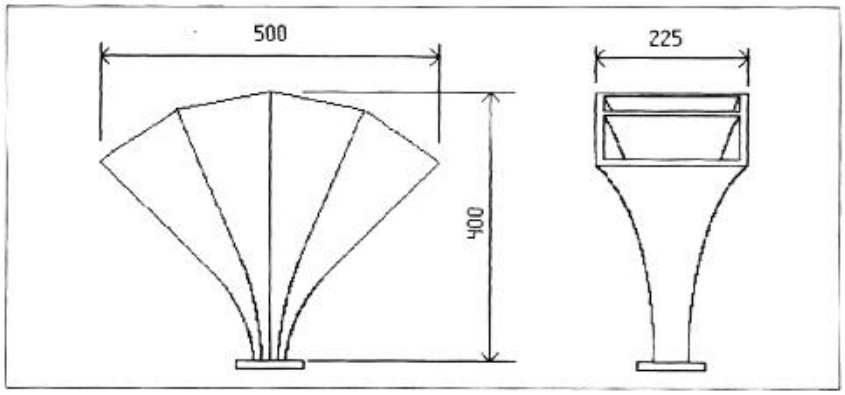


Fig 12 : cotes exterieures d'un pavillon.

les feuilles avec des tiges métalliques et des cales de bois (figure 8). On peut dès maintenant observer l'intérieur de la cellule par les trous O (figure 5) à l'aide d'un miroir de dentiste et d'une lampe de poche, de façon à pouvoir éviter in extremis les décollements le long des arrêtes C_1.

On a environ quelques secondes avant que la colle ne commence à prendre ! (D'autant que la température monte...) Nous collerons les pièces P_1 et P_5 après les avoir mises en forme à partir de carrés de 8 mm. L'épaisseur des pièces P, égale à la hauteur de C_2, moins celle de C_1,

- les queues ont été remplies de résine (figure 11). On pourra éventuellement consolider l'ensemble avec de la résine à bois pour éviter les déformations dans le temps.

Nous collerons les pièces de jonction avec l'ensemble B (figure 11) à ce stade, après les avoir mises en

forme. Si on en est à son premier pavillon, on mettra au point la forme des gabarits G_3 et G_4 et on découpera les huit pièces extérieures H_1 à H_8. Si on tient à mettre des filets en bois exotique, comme je l'ai fait, il faut les coller sur les bords des pièces H_2, H_3, H_6 et H_7, avant leur collage sur A (figure 4).

En ce qui concerne le collage et le placement des pièces H, il faut savoir que non seulement l'esthétique mais aussi la fiabilité en dépendent. C'est pourquoi nous encollerons les taquets triangulaires avec de l'Araldite rapide et les arrêtes C2 à la colle à bois. (Pas de mélange !) Et nous collerons ensuite H1 à H8 en étant intimement convaincus que les pièces sont jointives car nous aurons, auparavant, passé des heures à les ajuster.

Ensuite, il faudra coller les derniers filets extérieurs et s'assurer que A s'ajuste bien dans B. Sinon, gratter et limer et rogner...

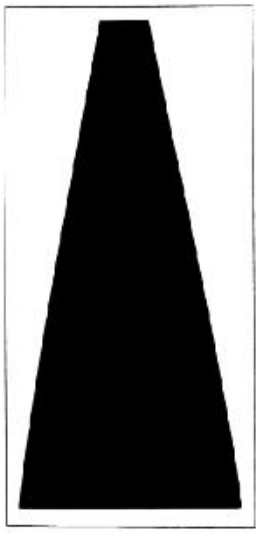
Il faut maintenant mettre en forme l'intérieur de la pièce B (On suppose que les pièces constitutives de B sont déjà collées, on ne s'en est même pas rendu compte, à croire que ça s'est fait tout seul...)

J'ai utilisé une résine plastique de marque "Cosmo-fer" en deux composants, c'est une espèce de plastique blanc comme du plâtre mais très dur et dense. L'avantage est que ce produit se travaille très bien à la lime et ne se rétracte pas.

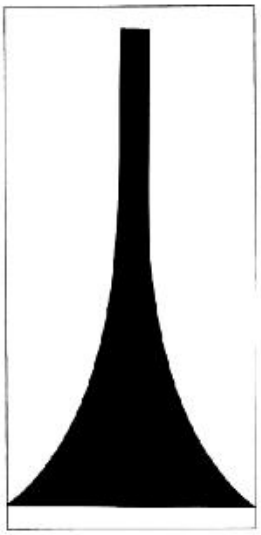
Il faut donc mettre la résine en quantité suffisante et enlever le surplus à la lime de façon à mettre en forme l'intérieur de la gorge. Nous évoluerons donc d'un cercle de ∅ 25,4 mm vers un rectangle de la dimension de la sortie de B et de l'entrée de A, en respectant la progression exponentielle - ou hyperbolique. J'ai évité le plomb car il se colle bien mais se décolle tout aussi bien, même si on ne lui demande rien !

Nous pouvons donc maintenant remplir de sable. A propos de sable, j'ai utilisé un mélange de deux sables de granulosités différentes : un sable fin courant et un sable pulvérisé. L'avantage de procéder ainsi est que le sable pulvérisé remplit les insterstices laissés entre les grains de l'autre sable. L'inconvénient est que cette poussière est très légère et volatile et coule difficilement. Nous voilà dans un nuage...Nous pouvons vibrer l'ensemble avec une ponceuse vibrante entourée d'un chiffon épais.

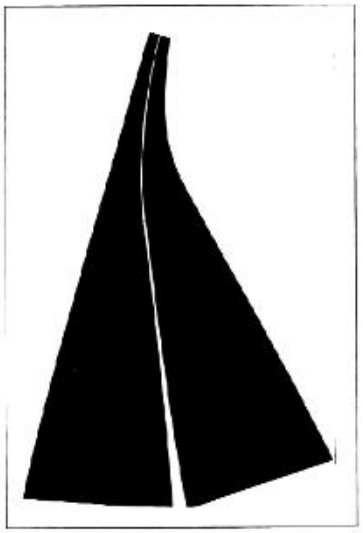
N.B. : le sable doit être absolument sec, il faut le chauffer pour le sécher. Patience ! C'est long ! Nous collerons A et B à l'Araldite à prise lente et laisserons prendre la colle 24 h. Nous collerons ensuite les queues de H_1 à H_8 à la colle à bois et nous nous adonnerons à de petits travaux de marqueterie qui paraissent maintenant bien faciles en rapport avec ce que l'on a enduré jusqu'à maintenant.



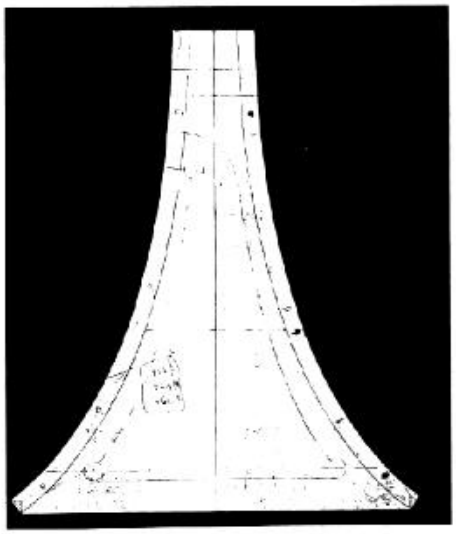
G_1: pour H_9 à H_{16}



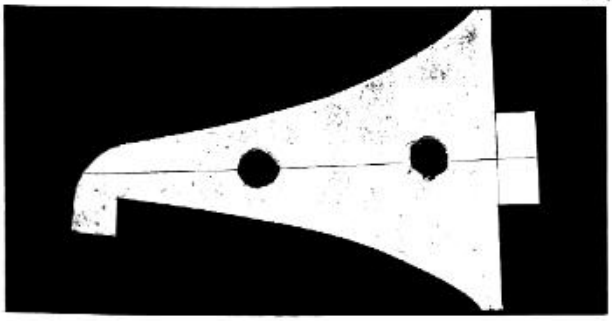
G_2 : pour V_7 à V_{14}



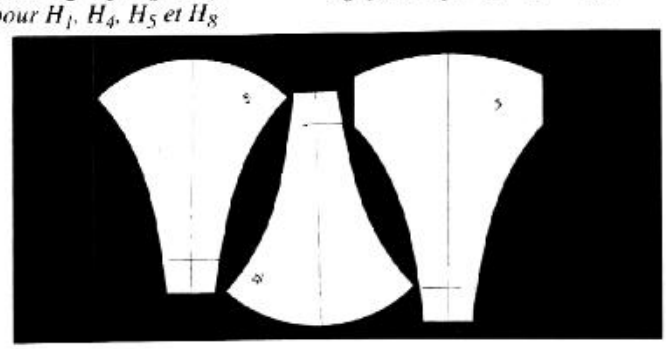
G_3 : pour H_2, H_3, H_6 et H_7
G_4 : pour H_1, H_4, H_5 et H_8



G_5: pour V_1 à V_5, V_6 et V_{15}



G_6 : forme intérieure de V_1 à V_5 (cavité à remplir de sable)



G_7,G_8,G_9 : Pièces de l'ensemble B.

Un petit vernis clair et voilà le travail ! Maintenant, nous pouvons commencer le deuxième pavillon (à moins que l'on opte pour la monophonie comme certains audiophiles japonais qui ne supportent pas la stéréo !) Il est bien évident que le suivant se fera beaucoup plus vite que le premier, maintenant c'est presque de la routine !

En conclusion, on peut être persuadé que quelqu'un qui se perd dans le montage d'un meuble en kit ne sera pas intéressé par la construction d'un pavillon sectoriel en bois sablé. Pour tous les autres, cette approche peut être intéressante, car s'il y a effectivement un investissement en temps considérable, en revanche l'investissement financier est raisonnable et je dirais même plus, excessivement faible par rapport au gain obtenu en qualité.

En tout cas, maintenant je trouve que mes amplis sont mauvais, nuls... C'est de l'auto-suggestion !

BIBLIOGRAPHIE

- P. Hemardinquer & M. Leonard : "Les enceintes acoustiques", Librairie parisienne de la Radio, 1972.
- Y. Rocard : "Dynamique générale des vibrations", Editions Masson, 1960.
- L'Audiophile n°35.

COMPLÉMENT MESURES

Jean Hiraga, Didier Flacon

Il est utile, pour ne pas dire indispensable de compléter la réalisation d'un pavillon par une série de mesures. Ces mesures concernent deux modèles de pavillon, presque identiques, variant seulement au niveau de leur longueur. Il en résulte pour le pavillon légèrement plus long, une coupure basse un peu plus étendue ainsi que d'autres petites différences au niveau de la réponse amplitude/fréquence, que l'on retrouvera d'ailleurs à l'écoute.

Nous tenons tout d'abord à préciser que la chambre de compression utilisée est le modèle Altec 806/8A. C'est un modèle peu récent, moins populaire que des versions comme les séries 802 ou 288 du même constructeur. Compte tenu de sa petite taille, cette chambre de compression s'utilise de préférence au dessus de 700 à 800 Hz.

Fig. 1 : moteur Altec 806/8A seul. Réponse amplitude/fréquence du moteur seul, avec micro placé à 2 cm dans l'axe. La fréquence de résonance est de l'ordre de 400 Hz. Elle fait apparaître en conséquence une chute de niveau au dessous de cette fréquence. La résonance qui apparaît vers 1,9 kHz ainsi que l'harmonique de celle-ci (3,8 kHz) sont dues au fait que le moteur n'est pas chargé par le pavillon. Le volume compris entre la membrane et la face avant du moteur se comporte alors comme une charge quasi-tubulaire, d'où formation des résonances citées, si l'on n'en tient pas compte, la réponse niveau/fréquence présente une bonne linéarité entre 1,5 kHz et 14 kHz environ.

Fig. 2 : moteur Altec 806/8A + pavillon Prévost (version longue). Micro placé dans l'axe, à 5 cm de l'embouchure. L'ensemble procure une coupure basse située à 500 Hz, avec atténuation très rapide (environ 24 dB/octave) en deçà de cette fréquence. Entre 500 Hz et près de 10 kHz la réponse niveau/fréquence est très homogène, sans accident. L'atténuation douce du niveau aux fréquences élevée est normale.

Fig. 3 : moteur Altec 806/8A + pavillon Prévost (version longue). Micro placé à 1 m, dans l'axe. La réponse niveau/fréquence globale est particulièrement uniforme et on ne note pas, chose curieuse, d'atténuation de niveau au dessus de 10 kHz, comme pourrait laisser présager une réponse pavillon proche de celle de la fig. 2. Les petites non-linéarités visibles à 1,1 kHz et à 2,3 kHz sont liées à la chambre de compression elle-même.

Fig. 4 : même condition que pour la fig. 3, mais avec le micro placé sous une incidence latérale de 30°, à 1 m de distance. Heureuse surprise, car la réponse amplitude/fréquence tend à se lisser et à s'équilibrer sur le plan de la balance tonale. Le petit creux visible vers 6,1 kHz est dû à la chambre de compression.

Fig. 5 : mêmes conditions de mesure qu'en fig. 3, avec micro à 1 m dans l'axe, avec mesure en tiers d'octave. L'analyse en tiers d'octave à partir de bruit rose révèle une réponse légèrement descendante vers l'aigu, quoique très uniforme. L'atténuation en pente douce au dessus de 10 kHz laisse présager un bon raccordement avec le tweeter, à partir d'environ 10 kHz.

Fig. 6 : mêmes conditions de mesure que sur la fig. 3, mais avec représentation de la forme d'extinction du signal en fonction de la fréquence entre 0 et 3 ms. L'extinction du signal s'effectue de manière parfaitement uniforme à toutes les fréquences, ce jusqu'à 2 millisecondes environ. C'est remarquable. Les petites irrégularités qui apparaissent après 2 ms sont liées aux caractéristiques mêmes du moteur.

Fig. 7 : chambre de compression Altec 806/8A associée au pavillon Prévost, version courte, mesure effectuée à 5 cm dans l'axe. Le résultat s'apparente de près à celui présenté sur la fig. 2 (pavillon long). On note toutefois une petite extension de la réponse dans l'aigu.

Fig. 8 : chambre de compression Altec 806/8A associée au pavillon Prévost, version courte, mesure effectuée à 1 m dans l'axe. Le résultat est proche de celui de la fig. 3, mais avec une linéarité de réponse amplitude /fréquence légèrement supérieure. La réponse s'étend jusqu'à au moins 14 kHz, sans atténuation.

CONCLUSION

Nous avons déjà eu l'occasion de tester de nombreux pavillons, la plupart conçus par des fabricants connus, d'autres réalisés par des amateurs français ou étrangers. Le pavillon Prévost est le premier que nous rencontrons qui a été réalisé avec autant de soin et de précision. Autre point important : bien qu'il s'agisse d'un pavillon en bois sablé, il n'a été constaté aucun problème concernant les collages de ces pavillons dont la réalisation n'a pourtant rien de récent. C'est plutôt bon signe. Quant aux résultats d'écoute, ils sont remarquables. De telles performances mériteraient le développement d'autres projets du même genre, en association avec des chambres de compression célèbres comme les TAD TD 2001, les TD 2002 (nouvelle version) ou bien encore les Altec 288C. Avec de telles améliorations par rapport aux résultats habituels obtenus à partir de pavillons classiques en fonte, souvent mal assemblés, on démontre l'importance qu'il faut attribuer à la réalisation des pavillons : celle-ci est le plus souvent "baclée" pour une simple question de coût de revient. Le pavillon doit faire l'objet d'une fabrication extrêmement soignée, un peu comme s'il s'agissait d'optique. On obtient alors des performances de mesure et d'écoute qui se rapprochent de l'idéal théorique ainsi que la suppression de plusieurs défauts qui, comme cela a été prouvé maintes fois, ne sont pas liés au principe même de ce haut-parleur.

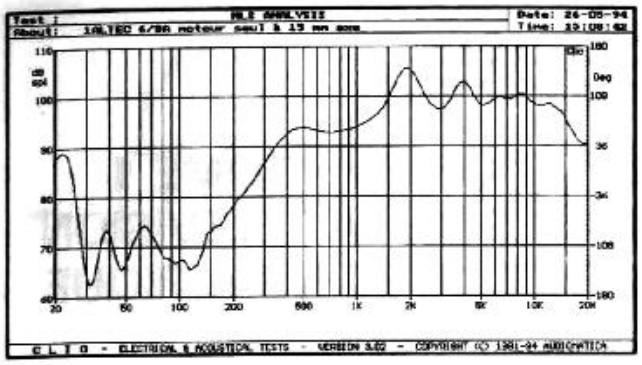


Fig 1 : moteur Altec 806/8A seul. Réponse amplitude/ fréquence du moteur seul, avec micro placé à 2 cm dans l'axe.

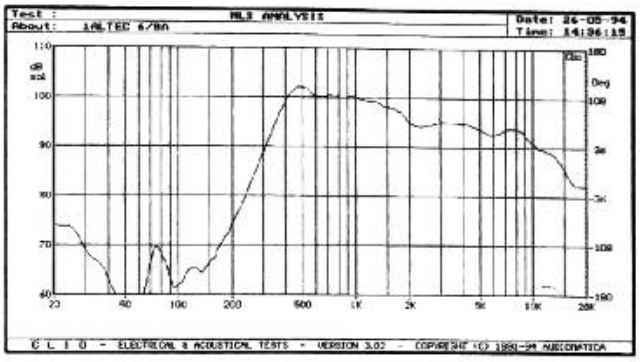


Fig 2 : moteur Altec 806/8A + pavillon Prévost (version longue). Micro placé dans l'axe, à 5 cm de l'embouchure.

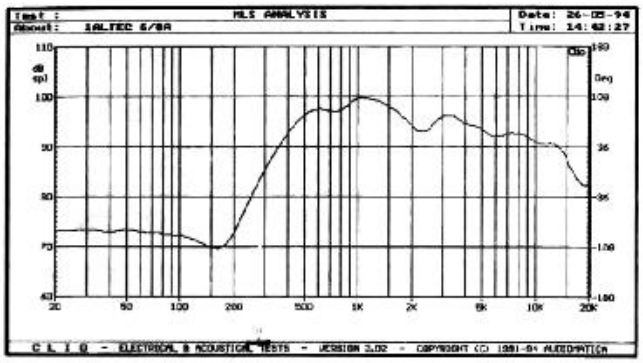


Fig 3 : moteur Altec 806/8A + pavillon Prévost (version longue). Micro placé à 1 m, dans l'axe.

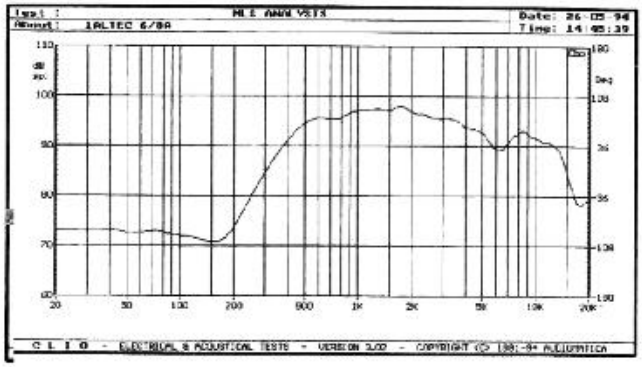


Fig 4 : même condition que pour la fig. 3, mais avec le micro placé sous une incidence latérale de 30°, à 1 m de distance.

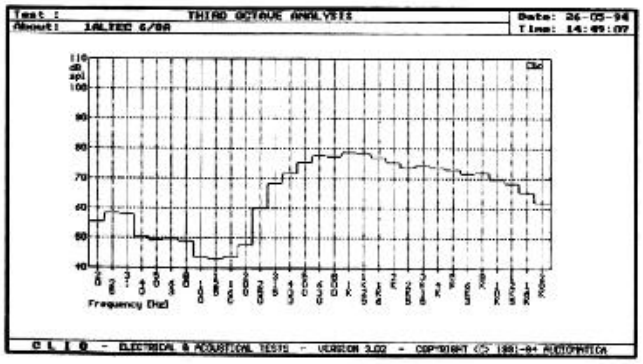


Fig 5 : mêmes conditions de mesure qu'en fig. 3, avec micro à 1 m dans l'axe, avec mesure en tiers d'octave.

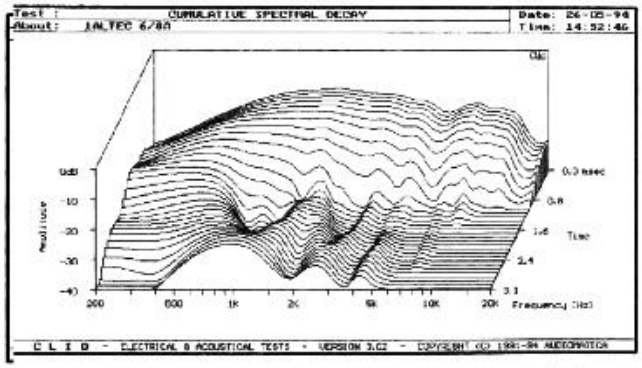


Fig 6 : forme d'extinction du signal en fonction de la fréquence entre 0 et 3 ms (condition de mesure de la fig.3).

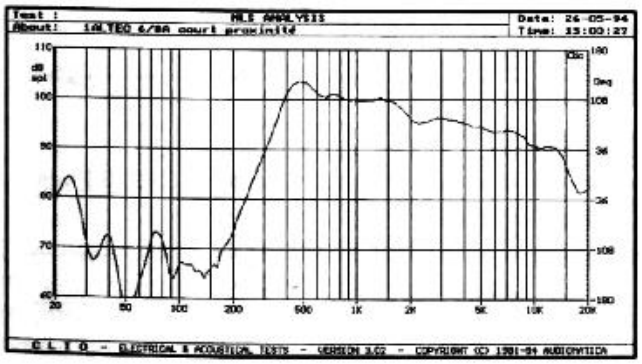


Fig 7 : moteur Altec 806/8A associé au pavillon Prévost, version courte, avec micro placé à 5 cm dans l'axe.

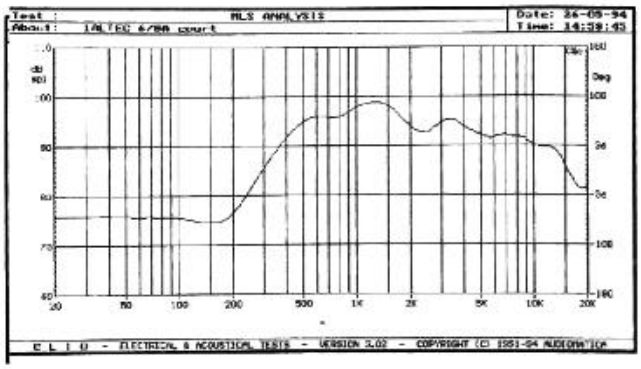


Fig 8 : chambre de compression Altec 806/8A associée au pavillon Prévost, version courte, mesure à 1m dans l'axe.