

L'AUDIOPHILE



3^e Année

N° 17 Octobre 1980 30 F.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Pré-préamplificateur pour cellule à bobine mobile

2ème partie

Jean Hiraga

Dans le numéro 16 de l'Audiophile, il a été question d'un circuit pré-préamplificateur pour phonolecteur à bobine mobile. Ce circuit était à la fois simple et très performant et dérivé d'études réalisées précédemment. Ici, on abordera le côté pratique de la question, tel que le montage, le circuit imprimé, le châssis, les résultats de mesure, les modifications éventuelles par rapport au circuit original, ainsi que, en fin d'article, quelques commentaires concernant les qualités subjectives exceptionnelles de cet appareil.

Le circuit préamplificateur, ou plus exactement pré-pré-amplificateur, est capable de travailler sur des impédances d'entrée très basses (de 200 Ω à moins de 0,1 Ω). Il n'utilise que deux transistors par canal. L'un est utilisé pour la régulation et la stabilisation du circuit, afin de « bloquer » parfaitement le potentiel 0 de l'entrée, laquelle est reliée directement à la cellule. Les transistors utilisés sont les modèles japonais 2SC 1775A, montés par paires et couplés thermiquement, c'est-à-dire ayant leurs parties plates collées l'une contre l'autre. Ainsi, ce cir-

cuit est dépourvu du risque de dérive et permet d'accéder à des conditions de travail exceptionnelles, du point de vue stabilité. Il faut penser en effet que le niveau de sortie moyen d'un phonolecteur n'est que de l'ordre de 0,1 à 0,4 mV et que les plus petits signaux pourraient éventuellement voisiner avec les signaux d'instabilité des circuits ou même se trouver inférieurs à ceux-ci. Heureusement, le circuit ultra-simple simplifie les choses. Il n'est composé en effet que de deux transistors, trois résistances, un condensateur de sortie et ne comporte pas de circuit de

contre-réaction.

Réglage du trimmer

Comme il avait été indiqué précédemment, la suppression du condensateur d'entrée a été jugée essentielle par l'auteur, vu que ce circuit travaillant à très basse impédance aurait demandé l'usage d'un condensateur d'entrée de très forte valeur, ce qui aurait limité l'utilisation à un condensateur électrochimique.

Les plus faibles tensions transmises par la cellule étant de l'ordre du microvolt, il est donc fortement souhaitable de coupler

directement la cellule au circuit préamplificateur. Quant au choix du transistor bipolaire, préféré ici au transistor à effet de champ, il a été exprimé dans le dernier numéro. Ceci n'exclue cependant pas qu'il soit possible de réaliser de bons circuits à l'aide de transistors à effet de champ. En effet, certains transistors à effet de champ sont très performants mais leur prix est dans presque tous les cas relativement élevé (AD 3954A, 2N 3954, FD 1841, 2SK 147, etc.). Ici, le circuit utilisé n'en est pas moins performant et le transistor bipolaire apporte les plus grandes satisfactions à tous points de vue.

Pour en arriver au réglage du trimmer, le couplage direct sur l'émetteur du transistor amplificateur demande un réglage du zéro, situé dans le circuit régulateur (Tr 1). A l'origine, la valeur indiquée était, pour la résistance en série avec le trimmer, de 5,6 à 5,8 k Ω . Cependant, lors des essais sur les séries de transistors utilisés sur le second prototype, les différences de lots de transistors ont demandé une rectification de la valeur de cette résistance. Bien que le lot utilisé à l'origine ait été un lot E, déterminant ainsi les dispersions du h_{fe} entre 330 et 600, le second lot placé à une valeur intermédiaire donnait, pour les valeurs indiquées à l'origine, l'impossibilité de régler le zéro, vu que le trimmer venait en bout de course. Bien entendu, la mesure ne pouvait se faire que lorsque l'entrée était non reliée à la cellule, vu que lorsque cette cellule était reliée, le très faible courant (tout à fait inoffensif pour la cellule) donnait une tension égale à zéro sur toutes les positions du trimmer, ceci même avant la modification. Après plusieurs essais au laboratoire, effectués conjointement avec Gérard Chrétien, le but était de trouver une valeur plus universelle, c'est-à-dire

tenant compte des variations éventuelles du h_{fe} dans les lots disponibles (lots E), ainsi que des variations de tension d'alimentation. En effet, les piles ou batteries, des modèles de 1,5 V montés en série et formant ainsi les tensions de + 6V et - 6V, possèdent des dispersions, ce qui donnait environ une dispersion comprise en 5,7 et 6,2 V. Cette valeur finalement trouvée était de 4,7 k Ω , valeur également choisie parce que standard et permettant de laisser la valeur du trimmer à 2 k Ω . Ceci est intéressant car une marge suffisante de réglage est conservée dans la plus grande majorité des cas. Le courant mesuré était de 1 mA environ au lieu de 0,9 mA (courant de régulation passant dans le trimmer).

Résistance de charge

La valeur de la résistance de charge montée sur le collecteur de Tr 2 avait été remplacée par une valeur de 2,2 k Ω au lieu de 2,4 k Ω . Bien que ceci n'ait pas été volontaire au début, il s'est avéré plus tard, lors de mesures et d'écoutes comparatives, que la valeur de 2,2 k Ω était plus favorable, vu que le gain était largement suffisant et que cette valeur légèrement plus réduite apportait encore plus de définition.

Pour en revenir à la valeur totale du trimmer et de la résistance montés en série, celle-ci donnait une moyenne de 5,3 à 5,8 k Ω . Ceci donne pour une position médiane du trimmer un total de 5,7 k Ω , ce qui était donc un bon compromis.

Composants

Les transistors sont d'origine japonaise, de marque Hitachi et de référence 2SC 1775A. Ceux-ci, ainsi que la série complémentaire PNP 2SA 872A sont très réputés au Japon pour leur prix de revient abordable et leurs caractéristiques techniques

comme subjectives remarquables. C'est, en quelque sorte, l'équivalent du tube ECC 83 par sa popularité, ses possibilités d'utilisation très larges et son prix raisonnable. Auparavant, des essais avaient été effectués sur de nombreux autres transistors de faible bruit, mais le 2SC 1775A s'est avéré comme étant de loin le plus performant et le plus intéressant (linéarité du h_{fe} , faible valeur du C_{ob} , faible caractéristique de bruit, très bonne qualité subjective). Il est certain que ce circuit peut se réaliser à l'aide de transistors « équivalents » (bien que ce terme ne s'applique que très rarement en pratique), mais des performances très poussées sur le plan subjectif ont été recherchées ici et ce choix a fait l'objet d'une longue sélection, étendue sur plusieurs mois. Il en sera question plus loin.

Au sujet des résistances au tantale, celles-ci, de même origine que celles utilisées sur l'amplificateur classe A de 20 W sont les plus recommandées, vu leur qualité exceptionnelle tant du point de vue subjectif que du point de vue prix de revient, niveau de bruit résiduel ou stabilité thermique. Comme il en avait été question à propos de l'amplificateur 20 W, il existe sur le marché des résistances remarquables en termes de stabilité thermique ou de niveau de bruit, mais, malheureusement, celles-ci se prêtent mal aux utilisations audio, ceci étant dû en particulier à l'alliage mixte composant l'élément résistif (nickel-chrome dans de nombreux cas). La résistance au tantale utilisée ici, conçue spécialement pour les utilisations audio de très haut de gamme, a été réalisée par un ingénieur fanatique de hi-fi, travaillant dans un bureau d'étude orienté vers la recherche de résistances spéciales. De capacité 0,5 watt, elle possède des capuchons et des fils de sortie en cuivre de

très haute qualité; l'élément résistif, appliqué en couche très fine sur un support en céramique H.F., a l'avantage d'être réalisé à partir d'un métal pur et non d'un alliage. Cette résistance, encore rare au Japon mais très cotée par les amateurs de hi-fi (car réalisée en quantité très limitée cinq ou six fois par an), a donné lors de divers bancs d'essais dans trois revues japonaises, des performances dépassant pratiquement tous les modèles concurrents, mis à part quelques modèles intéressants, mais présentant le défaut d'un bruit de fond ou d'une dérive thermique élevé (cf résistance au carbone du genre Allen Bradley, série 2w par exemple).

Pour en revenir aux transistors dits « équivalents », le lecteur très versé dans cette matière connaît très certainement les déboires et échecs dus à des manuels d'équivalence réalisés d'une façon très grossière ou ne donnant qu'un « à peu près » aux dispersions trop larges. Sur ce point, ouvrons une parenthèse pour signaler au lecteur que le manuel d'équivalence le plus conseillé est la série américaine D.A.T.A., remarquablement complète et remise à jour constamment. Dans cette série, il existe plusieurs dizaines de manuels, depuis les modèles périmés jusqu'aux transistors les plus récents. Dans chaque volume, on peut trouver à part une classification par catégorie remarquablement bien conçue et une liste d'adresses, très complète de tous les fabricants ainsi que de leurs filiales dans les divers pays. Ces manuels sont de prix élevé, mais l'effort représenté pour une telle œuvre est énorme et ces manuels sont très pratiques.

Concernant le trimmer, celui-ci est de même origine que ceux utilisés sur l'amplificateur 20 W ainsi que sur le circuit Kanéda. Son prix de revient est exceptionnel et la dérive thermique n'est

que de 30 à 50 PPM/°C (suivant la valeur), ce qui est rare dans cet ordre de prix. De plus, il n'apporte aucune dégradation de qualité subjective, ou très peu, ce qui n'est pas toujours le cas. Ce trimmer, utilisé avec satisfaction depuis plus de 2 ans, est de marque japonaise Cosmos et de référence RA 12P.

Circuit imprimé et boîtier

Dans le dernier numéro, quelques conseils sur le mode d'implantation des composants sur le circuit imprimé avaient été donnés. Les conseils principaux étaient de garder des capacités inter-pistes faibles, des pistes courtes et symétriques pour les deux canaux et de diviser les pistes à partir de l'alimentation, ceci de façon à ne faire passer qu'un courant donné par piste. Le plus souvent, on a affaire à des pistes fines et longues, récoltant au fur et à mesure le courant de chaque transistor. Cette méthode est simple et permet de réaliser un circuit imprimé

d'allure très proche de la disposition sur le circuit théorique. Toutefois, l'autre solution est préférable, du moins dans les appareils de haut de gamme. Elle apporte subjectivement un supplément de définition et de dynamique. C'est, en quelque sorte, un câblage en « étoile ». Sur la figure 1, on pourra voir l'allure du circuit imprimé, dessiné par M. Kossmann. Ce circuit n'est pas définitif et il est possible qu'il subisse ultérieurement d'autres modifications. A ce sujet, il est assez difficile de réaliser un circuit imprimé symétrique, avec axe central, ceci pour une question de positionnement des transistors. En plaçant deux circuits identiques côte à côte, il peut se poser d'autres ennuis de longueur de piste pour les circuits d'alimentation. Une solution consiste dans ce cas à alimenter séparément chaque circuit, ceci à partir des piles. Ceci exige 6 fils de liaison, soit 2 pour le +, 2 pour le - et 2 pour la masse.

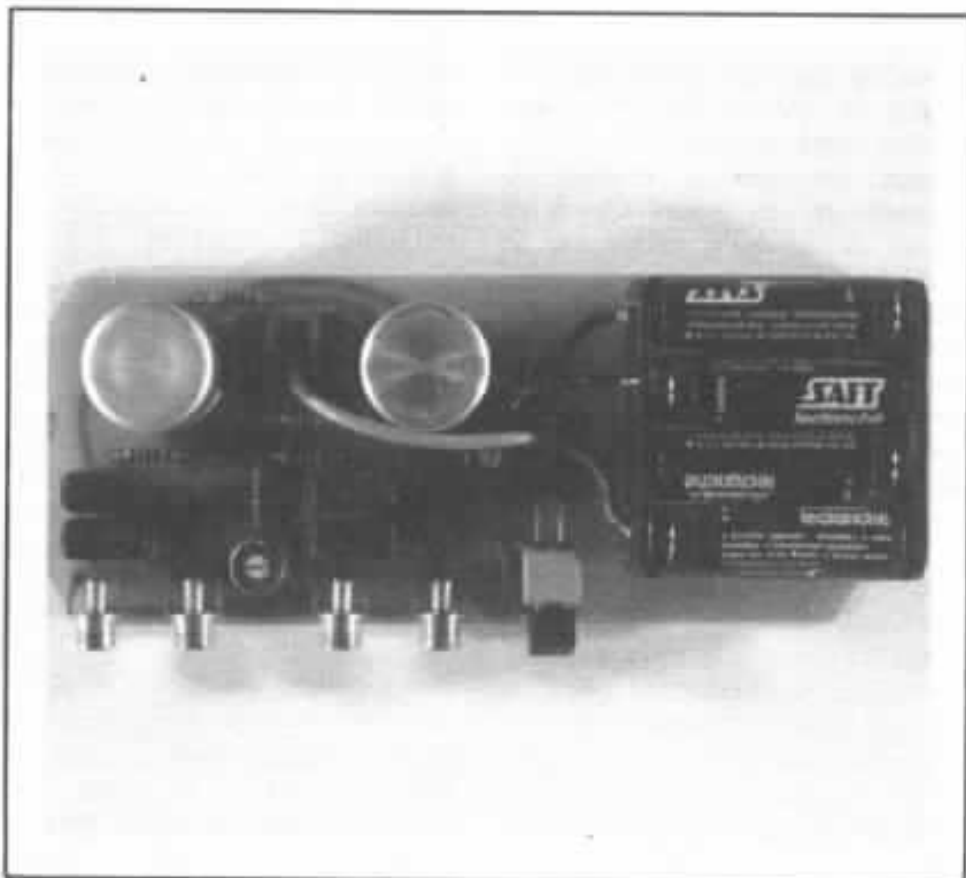


Figure 1 : Circuit imprimé vu côté composants

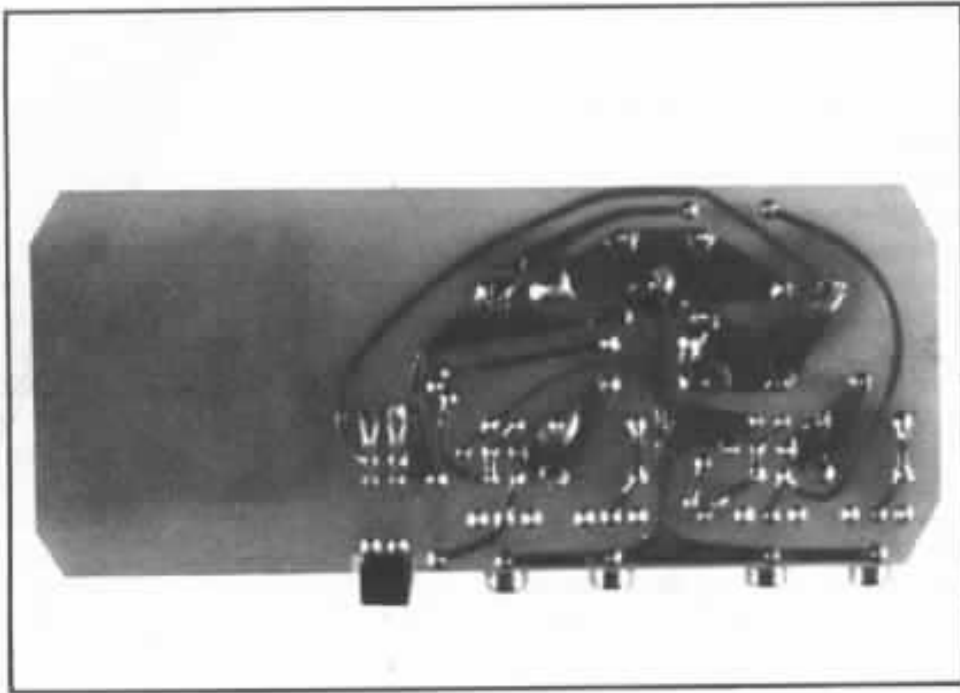


Figure 2 : Circuit imprimé vu côté soudures

Sur la figure 2, on voit l'aspect du circuit imprimé vu de dessous, du côté soudures. Noter que les entrées ne sont pas placées au centre d'une façon symétrique, mais dans l'ordre entrée-sortie-entrée-sortie. Une prise de masse est à prévoir, celle-ci ne figurant pas sur la photo. En effet, le circuit imprimé, sur lequel sont montées les prises Cinch, est isolé du châssis. A propos de ces prises Cinch et étant donné qu'il existe sur le marché des prises Cinch particulièrement volumineuses (certaines possèdent même un système de bague de verrouillage), il est probable que celles-ci subissent un remplacement par une prise de châssis (au lieu d'une prise se montant sur le circuit imprimé).

Concernant les composants montés sur le circuit imprimé, il est souhaitable de plier les pattes des composants au ras du circuit imprimé, tout comme si l'on voulait établir un contact électrique sans l'aide de soudure. Ceci n'est d'aucune exagération, vu que les tensions les plus faibles devant être amplifiées sont de l'ordre de 1 à $2\mu\text{V}$. Ceci a été démontré par des mesures sur

analyseur de spectre, lequel a permis de constater que la moindre résistance série dans les circuits suffit à faire « fléchir » l'alimentation. Ceci a montré, à notre grande surprise, que des appels de courants très faibles ne peuvent être amortis par le circuit d'alimentation, aussi bon soit-il. Sur ce point, même des condensateurs de forte valeur n'étaient que d'un faible secours, de même que les alimentations régulées dites « rapides ». Ces dernières ont d'autre part le gros défaut de provoquer la production d'harmoniques de rang élevé, lesquels sont audibles, aussi faibles soient-ils. Sur ce point, et pour les circuits pré-amplificateurs, il serait donc nécessaire de passer à des valeurs de résistance interne de l'alimentation extrêmement faibles, ceci en plus d'une très grande rapidité de réponse transitoire. Sur ce point, seuls les condensateurs de très forte valeur semblent faire l'affaire. A ce sujet, des condensateurs de faible volume et de très forte capacité que le lecteur trouvera sur la figure 3 ont d'ailleurs été conçus. Ces

condensateurs, encore difficiles à se procurer, sont destinés à des calculateurs électroniques ultra-rapides, pour lesquels les meilleures alimentations régulées n'offrent que des possibilités moyennes. Il faut penser aussi que certaines cellules, comme par exemple la fameuse Supex SDX 1000, une cellule réputée pour ses nombreuses qualités, ont une impédance de sortie très basse, soit environ $1,5\ \Omega$, ce qui est effectivement très bas et demande un grand soin des contacts. En effet, une résistance parasite série de l'ordre de $1\ \Omega$ est une chose assez courante. La résistance interne des piles, la résistance de contact du support de piles, le bruit émis par celles-ci, ces plus petits problèmes ont été mis en évidence sur l'analyseur de spectre. Heureusement, les condensateurs de qualité utilisés ont pu minimiser ces défauts et le meilleur compromis a consisté à ne rechercher un « fléchissement » de l'alimentation qu'aux fréquences excitées et à ne pas créer d'harmoniques de rang élevé. Dans ce cas, ce fléchissement, très faible, passera inaperçu puisque la perte de dynamique éventuelle est infime (soit par exemple $0,398\ \text{mV}$ au lieu de $0,400\ \text{mV}$). En effet les grosses capacités, plus intéressantes aux endroits où les appels de courant sont plus importants ne sont ici que d'un faible secours, du moins pour des valeurs correspondant à un volume acceptable.

Les condensateurs utilisés étaient de marque CEF. Il s'agit de nouveaux modèles très performants, de série « ligne basse », dont les principaux avantages sont une très faible résistance série, une grande rigidité mécanique des armatures et un faible résidu selfique.

Selon le catalogue CEF, l'effet selfique serait très faible et ne dépasserait pas $6\ \text{nH}$ à $10\ \text{kHz}$, ce qui est tout à fait exception-

nel, en particulier pour un condensateur électrochimique. En parallèle sur ceux-ci, sont montés, au niveau de leurs bornes, des condensateurs ITT/PMC qui sont aussi de très bons compromis prix/performances.

Pour passer à l'alimentation à pile, préférable à une alimentation secteur pour les raisons citées ci-dessus, les supports pour piles 1,5 V ont posé des problèmes de mauvais contact (bien que ceci n'intervienne pas dans des conditions plus courantes), ceci vu qu'il y a exactement 16 points de contact. Les liaisons entre les piles étant faites sur ces supports à l'aide d'oeillets et de ressorts, des soudures aux endroits des contacts (soudure oeillet-ressort) ont donné de meilleurs résultats. D'autres essais sont en cours et concernent des piles plus performantes.

Dans les séries « Alcalines » il existe en effet de nombreux modèles parmi lesquels certains pourraient faire l'affaire. A ce propos, la soudure directe sur ces piles n'est pas recommandée car elle est très dangereuse (risque d'explosion par formation soudaine de gaz à l'intérieur du boîtier étanche de la pile Alcaline).

Pour en venir à la soudure, le modèle le plus conseillé reste la soudure anglaise Multicore (l'auteur de l'article n'a aucune action dans cette maison), comme cela a été conseillé de nombreuses fois dans ces pages. Le modèle Savbit dopé en cuivre évite l'absorption, l'effet d'amalgame de la soudure en fusion sur les pistes. Ceci évite l'amincissement de l'épaisseur des pistes (ici de 70μ , au lieu de 35μ) et prolonge la durée de vie des panes de fer à souder en cuivre. Concernant l'interrupteur, celui-ci était un modèle prévu pour circuit imprimé, de type à bascule. C'est un interrupteur double, vu qu'il est nécessaire de couper le + et le - de l'alimentation.

Mesures

Les mesures appliquées aux pré-préamplificateurs butent sur des problèmes impossibles à résoudre, ceci pour des raisons de manque de sensibilité. Sur les meilleurs distorsiomètres, par exemple, il est nécessaire d'appliquer en entrée un signal d'au moins 100 mV pour pouvoir mesurer à pleine échelle un taux de distorsion de l'ordre de 0,01%. En examinant le circuit de tels appareils de mesure, on comprend facilement que le filtre d'atténuation en T doit être précédé d'un étage préamplificateur, ceci afin de conserver une impédance d'entrée à la fois élevée et surtout constante quelle que soit la sensibilité d'entrée. Ceci introduit déjà du bruit et un taux de distorsion qui n'est jamais nul. De plus, des atténuations de l'ordre de 80 à 90 dB font qu'après le filtre en T le niveau n'est plus que de l'ordre de 10μ V, ce qui demande un circuit très élaboré si l'on désire obtenir un bon rapport signal/bruit. Ceci fait comprendre qu'il n'est plus possible d'effectuer une quelconque mesure de distorsion. Une méthode basée sur la réciprocité consiste à faire suivre le présent

circuit d'un préamplificateur qui donnera cette fois un niveau suffisant pour permettre une mesure. Bien qu'il soit possible de « retrancher » le taux de distorsion du préamplificateur suiveur, ceci aboutit en général à des résultats de mesures relativement faux, tels que des taux de distorsion « négatifs », ce qui est donc absurde.

La mesure de bande passante a par contre été effectuée. Elle est parfaitement linéaire en 20 et 40 kHz, à part une chute de 0,08 dB à 20 Hz, ceci étant dû au condensateur de sortie (qui ne peut être supprimé dans le cas présent). Pour les fréquences supérieures à 40 kHz, on obtient :

- 200 kHz : -0,8 dB
- 500 kHz : -2,8 dB
- 1 MHz : -6,2 dB
- 4 MHz : -13,9 dB

Comme on le voit la courbe de réponse est très étendue, et ceci est d'autant plus intéressant que ce circuit est simple et n'utilise pas de circuit de contre-réaction. En effet, il est possible, grâce aux circuits de contre-réaction, de faire « monter » la bande passante à plusieurs dizaines de MHz, ce qui ne représente aucun

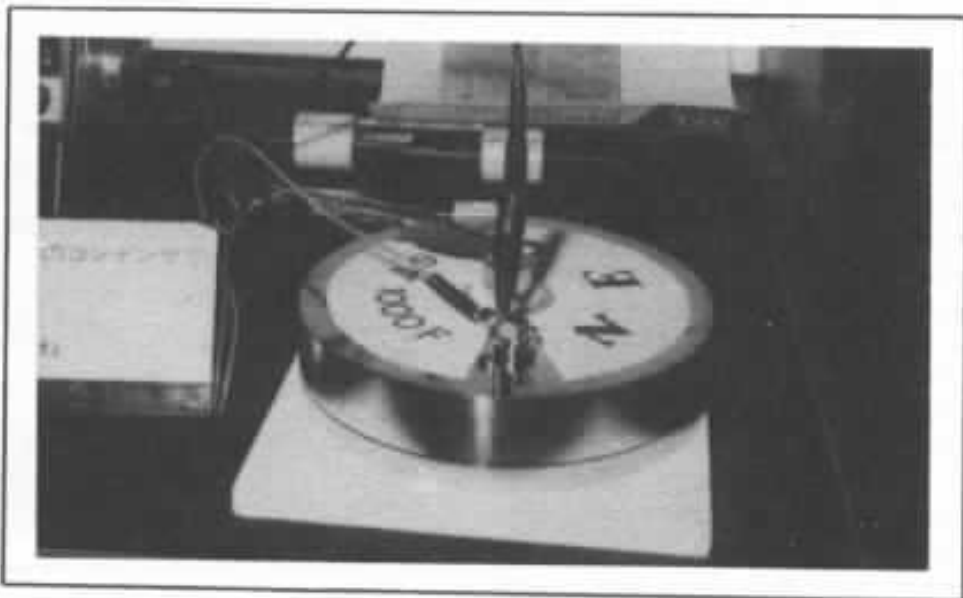


Figure 3 : Nouvelle génération de condensateurs de très forte valeur et de rapport capacité/volume exceptionnel. La photo ci-dessus montre un modèle extra plat de capacité 1000 Farads. (Réalisé par NEC, Japon)

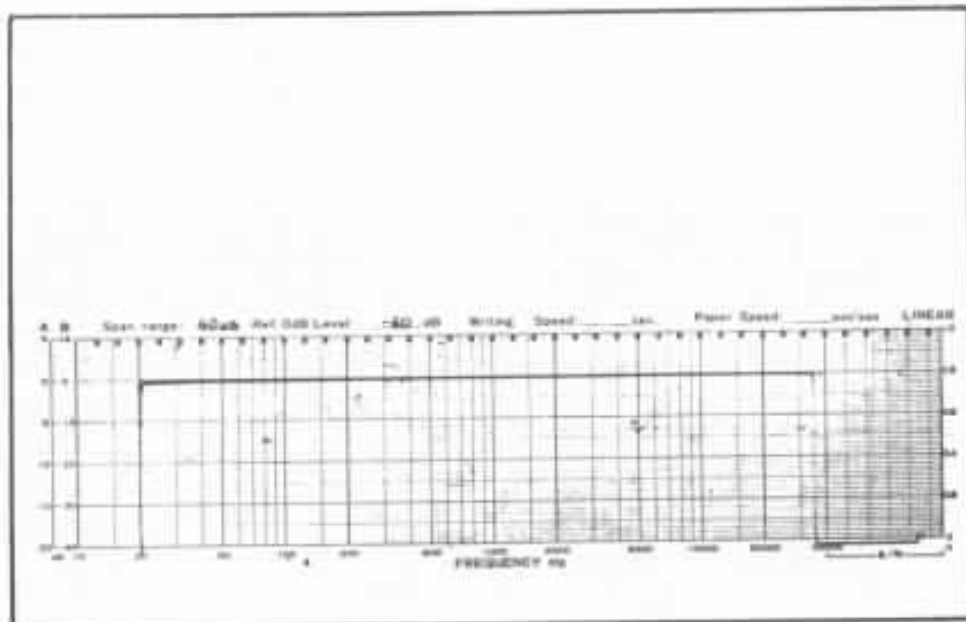


Figure 4 : Courbe de réponse du pré-préamplificateur. Remarquer la parfaite linéarité ainsi que la très légère chute (0,5 dB) à 20 Hz

intérêt, sans parler des problèmes éventuels d'accrochage H.F. avec les autres maillons, ou de réception parasite de signaux radio (phénomène assez fréquent sur ces circuits).

La figure 4 montre la courbe de réponse obtenue sur traceur de courbe automatique.

Concernant la réponse aux signaux carrés, celle-ci est remarquable et s'est trouvée d'ailleurs limitée par les possibilités de l'oscilloscope et du générateur (lequel était chargé par une impédance trop basse). Sur la figure 5, on trouvera une photo du signal carré obtenu à 20 kHz, où on ne remarquera aucun dépassement ni suroscillation. Cette réponse parfaite est le reflet de la courbe de réponse chutant très régulièrement, sans résonances ou anti-résonances. Sur la figure 6, on trouvera une photo d'un signal sinusoïdal de fréquence 3 MHz, situé donc à -13 dB par rapport au niveau normal. Malgré ces conditions très défavorables, on remarquera la forme intacte de la sinusoïde ainsi que le rapport signal/bruit encore excellent (épaisseur du trait formant le signal).

Sur la première page on trouvera d'autre part la courbe de transfert tension d'entrée/niveau de sortie. La saturation est très douce et s'amorce au-delà de 15 mV, ce qui est donc largement suffisant vis-à-vis des tensions de sortie maximales des phonoclecteurs. La forme de la saturation, située vers 30 mV, est très arrondie, ce qui est donc un cas très

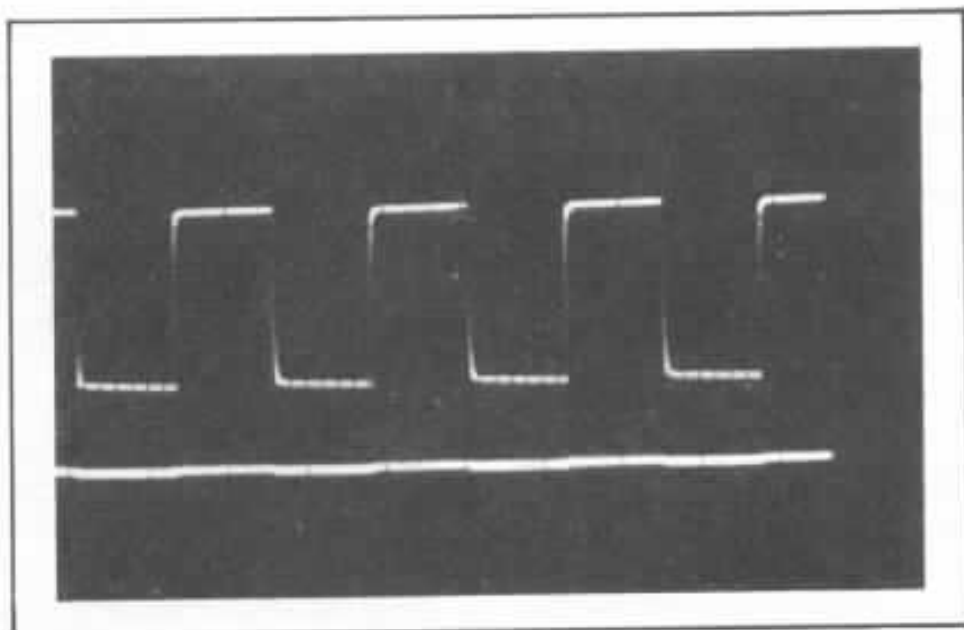


Figure 5 : Courbe de réponse sur signal carré à 20 kHz. En bas, le signal d'entrée, en haut le signal de sortie. Remarquer l'absence de dépassement

favorable même s'il est « inutile » dans le cas présent.

Le gain obtenu était de 37,8 dB sur le second prototype, la différence par rapport au premier prototype venant vraisemblablement d'une dispersion des caractéristiques des transistors. Ce gain très élevé est donc très favorable, vu que le rapport signal/bruit reste remarquable, sinon exceptionnel, et que l'adaptation éventuelle d'un tel appareil sur des préamplificateurs du genre Kanéda (partie RIAA seule) ou Sunsey Minimum donne un gain total presque superflu.

Pour ce qui est du rapport signal/bruit, il s'est avéré pratiquement impossible à mesurer, vu que l'analyseur de spectre Hewlett-Packard procurait un niveau de bruit supérieur. En effet, les mesures donnaient sur l'écran (figure 7) une superposition des courbes, ceci pour un niveau de -128,2 dB.

Pour en revenir au taux de distorsion, la mesure n'a pas été possible pour la raison citée ci-dessus et aussi parce que les générateurs B.F., dont l'impédance de sortie est de 600 Ω ne

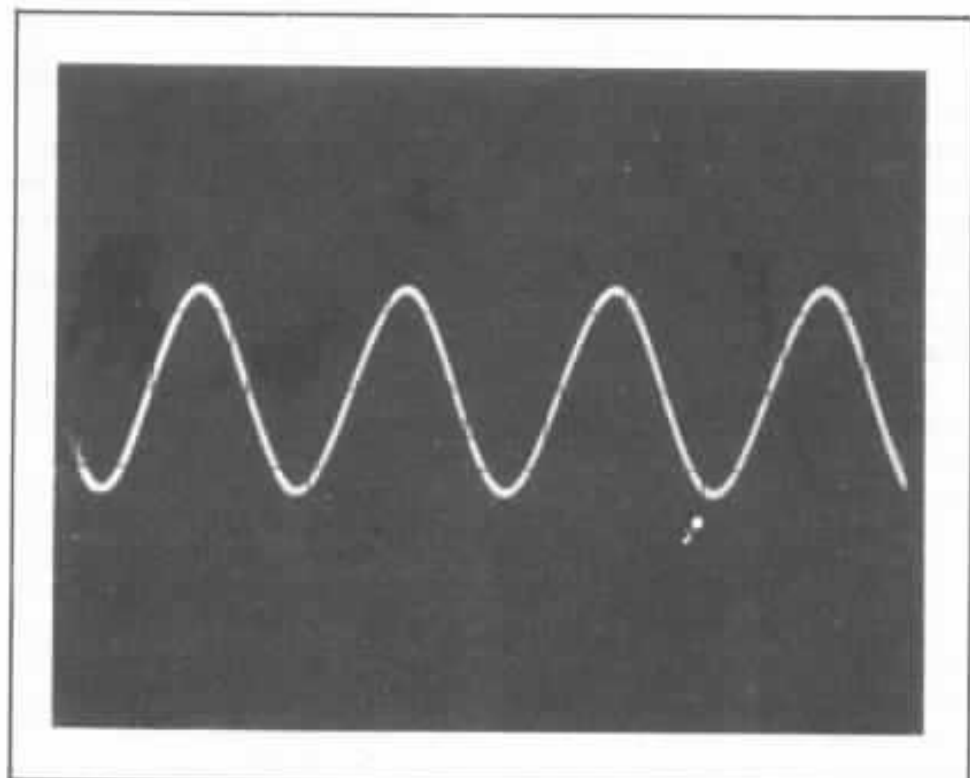


Figure 6 : Réponse d'un signal sinusoïdal de 3 MHz, situé à - 14 dB par rapport au niveau à 1 kHz. Remarquer l'absence de déformation de l'onde et l'excellent rapport signal/bruit

peuvent s'adapter à des impédances d'entrée aussi basses. Celui-ci serait théoriquement inférieur à 0,01 % (valeur graphique).

Désirant insister sur la question de la distorsion, un test a cependant été effectué, ceci à l'aide d'un générateur-synthétiseur dont l'impédance de sortie était de 50 ohms. On connaît le défaut de ces générateurs, celui d'un taux de distorsion élevé dû à la formation de l'onde sinusoïdale à partir de signaux triangulaires et carrés. Sur la figure 8, on pourra voir une photo prise sur l'analyseur de spectre, sur laquelle on constatera la grande similitude dans la caractéristique de distorsion (0,3 % sur le générateur-synthétiseur), ceci sans aucune augmentation ou suppression d'harmoniques pairs ou impairs. Souvent, on trouve un taux de distorsion bas mais composé d'harmoniques de rang élevé à dominance impaire, ce qui peut se traduire à l'écoute par de la

dureté ou par le fameux « son transistor ». Ce n'est heureusement pas le cas ici.

Résultats d'écoute

Au premier abord, il est important de dire au lecteur que le présent circuit est le résultat d'une étude s'étant étendue sur plusieurs mois et que les dernières modifications peuvent être considérées comme définitives.

Pour une question d'équilibre subjectif, le condensateur de couplage de sortie, anciennement de 1 μF , est passé à 1,5 μF , ce qui donnait un meilleur équilibre subjectif. Normalement, ces questions de constantes de temps, considérées comme trop basses pour devenir audibles, sont en fait très perceptibles et peuvent modifier l'équilibre tonal. Cet effet est d'ailleurs très net sur les circuits à haute impédance ou encore sur les circuits à lampes.

Une résistance d'arrêt, placée en série avant le condensateur de couplage a ensuite été insérée pour limiter très légèrement la bande passante (pratiquement invisible à la mesure), ce qui s'est traduit par contre par un son

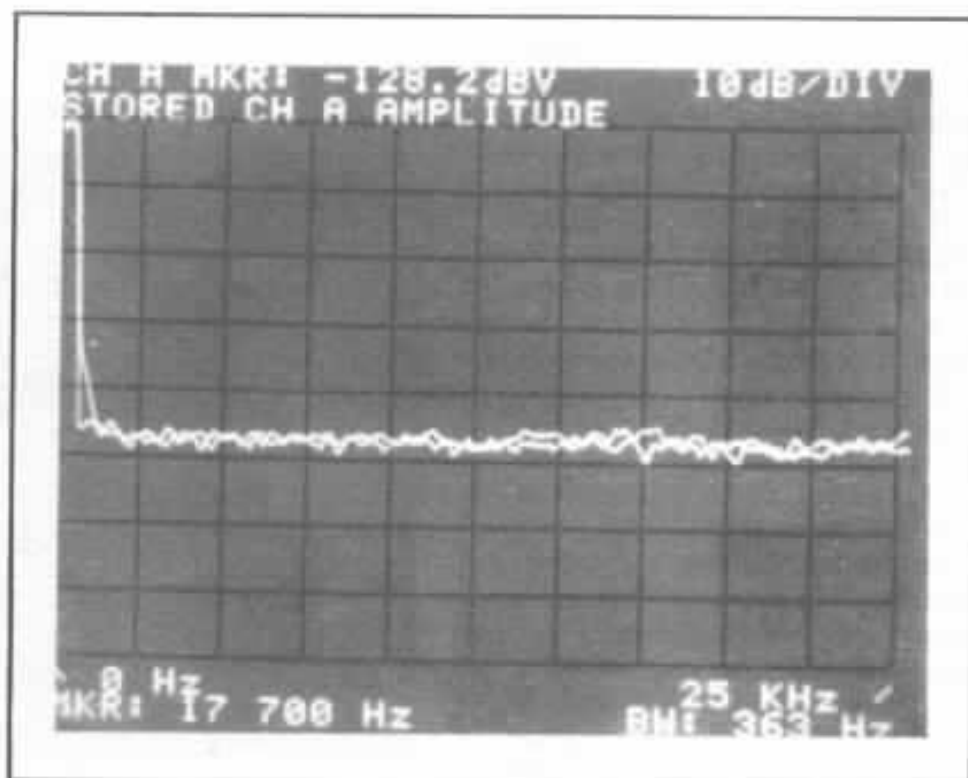


Figure 7 : Comparaison du bruit de fond de l'appareil et mesure et de celui du pré-préamplificateur. Ceux-ci se superposent

encore mieux équilibré. Après plusieurs essais, la valeur de 390Ω a été jugée comme la plus favorable. Signalons aussi au lecteur que la résistance de charge de Tr 2 a été ramenée à $2,2 \text{ k}\Omega$ pour ces mêmes raisons. Ces petites modifications étaient destinées à parfaire le résultat d'écoute, lequel était déjà étonnant, vu la simplicité du montage.

Sur les transformateurs, très pratiques et simples d'emploi, sujets au seul défaut de risque d'induction parasite et de ronflement, défaut d'ailleurs assez facile à éliminer, on note, par méthodes de réciprocity de nombreuses qualités, ainsi que quelques défauts tels que :

- son naturel,
- dynamique souvent importante,
- bande passante parfois limitée, mais peu gênante dans la plupart des cas,
- manque de transparence dans le grave, sur certains modèles,
- effet de résonance mécanique des tôles.

Ce dernier est un défaut moins connu, mais qui peut être mis en évidence par méthode de réciprocity. On peut à ce sujet modifier le son d'un transformateur par l'amortissement mécanique des tôles, que l'on peut soit laisser telles quelles, soit imprégner dans des matières molles ou au contraire très dures. Sur les transformateurs de haute qualité destinés à ces applications, ces questions sont de plus en plus étudiées. Il existe d'autre part une autre coloration due à la matière utilisée pour les tôles ainsi qu'à celle composant le fil émaillé. On sait les différences que peuvent apporter un bobinage en fil de cuivre, d'argent, de cuivre argenté, ou encore de Litz. Ces différences sont frappantes sur le plan subjectif. Dans de nombreux cas, le tout est une question d'équilibre général, un point important. Un autre point

concerne la bande passante vis-à-vis de la dynamique subjective. En général, on constate que des transformateurs dont la bande passante est assez limitée (quoique suffisante) sont très souvent plus dynamiques que d'autres dont la bande passante est beaucoup plus large. Ceci se remarque parfois sur les phonolecteurs mais n'est pas toujours évident.

Sur ce point, le mariage cellule/transformateur, hormis les questions de bonne ou mauvaise adaptation d'impédance est donc important et peut complètement fausser le jugement des qualités de ce transformateur. Ainsi, on a remarqué à plusieurs reprises que des transformateurs de bande passante assez étroite pouvaient donner de très bons résultats lorsqu'ils étaient couplés à des phonolecteurs dont la bande passante était très large. Cela procurait à la fois dynamique et grande linéarité, sans « effet de bosse » dans l'aigu. Inversement, de bons résultats sont obtenus également. C'est ainsi que certains ont « redécouvert » de vieux transformateurs apparemment inférieurs aux

modèles récents. A propos de cette « bosse dans l'aigu », on doit noter que celle-ci existe souvent lors de la mesure. De plus, il est très fréquent que le constructeur ait besoin de charger le secondaire par une résistance d'assez faible valeur (de 5 à $10 \text{ k}\Omega$ par exemple) pour obtenir une bonne linéarité et masquer la résonance aiguë. Rares sont les transformateurs n'en possédant pas. Ces derniers sont par contre souvent excellents.

Sur les transformateurs, on note également une assez bonne homogénéité dans le type de son reproduit, ceci du grave à l'aigu.

Sur les pré-préamplificateurs, parfois sujets au défaut courant de « son transistor » ou de dureté dans l'aigu, on note souvent, malgré des qualités parfois exceptionnelles de grande transparence ou de faible taux de distorsion, des défauts assez répétitifs.

Ces défauts, plus ou moins marqués selon les appareils, sont par exemple une moins bonne homogénéité de la qualité sonore le long du spectre, soit par exem-

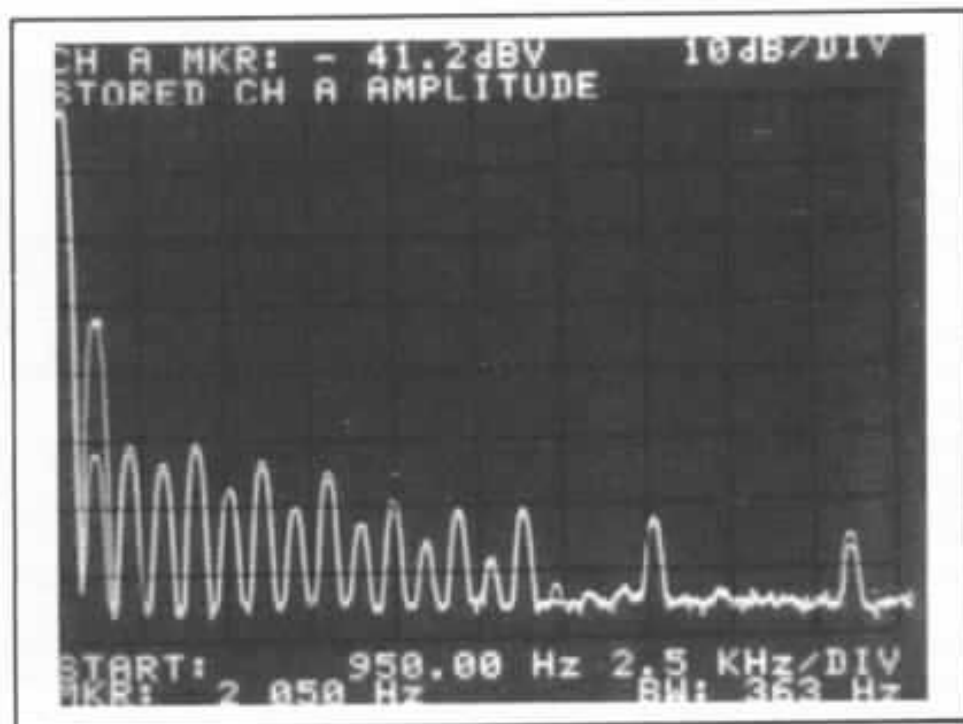


Figure 8 : Comparaison de la distorsion entrée/sortie du pré-préamplificateur, à l'aide d'un générateur/synthétiseur

ple un médium « fantastique », un grave un peu moins bon et un aigu franchement mauvais. Il en est de même pour ce qui est de la « linéarité de la définition le long du spectre sonore ». Ce défaut est encore plus fréquent. C'est par exemple un aigu très défini, un médium qui l'est un peu moins et un grave qui ne l'est pas du tout. Il est rare que toutes les qualités se regroupent sur un seul appareil. De même, le manque de dynamique très souvent constaté est fréquent. Inversement, si le son est très dynamique, il peut parfois perdre énormément en finesse et devenir rude et sans nuances.

Un autre défaut, répétitif lui aussi, mais souvent un peu moins remarqué, est celui d'une plus grande instabilité des images sonores dans l'espace, c'est-à-dire l'instabilité de direction et de distance. Sur les transformateurs, elle est relativement bonne, quoique parfois assez émoussée par le manque de définition. Sur les pré-amplificateurs on constate sur ce point que de nombreux appareils procurent une image qui, bien que claire, transparente et bien équilibrée, peut donner l'impression d'une instabilité de position en profondeur ou en largeur. Ceci s'explique facilement par les conditions de stabilité des circuits devant travailler parfaitement pour des variations aussi faibles que 1 à 2 μ V, c'est-à-dire 35 à 40 dB en dessous du niveau de sortie moyen. Ici, quelques mesures montrent souvent combien sont importantes (d'une façon relative) les instabilités de fonctionnement des divers circuits, y compris l'alimentation.

Enfin, quant à l'effet spatial, l'effet de profondeur que procure souvent le transformateur, celui-ci, bien que pouvant être agréable, n'est pas toujours vrai, et il peut s'agir en fait d'une sorte d'effet de loudness, de supplément d'énergie fournie dans

le bas-médium et le grave. Cependant, ceci ne peut se prouver que si l'on possède un appareil nettement supérieur sur ce point, ce qui n'a rien d'évident.

Electriquement, il faut enfin constater que le transformateur possède en continu une résistance très faible alors que le pré-amplificateur possède une impédance d'entrée constante soit par exemple 100 Ω depuis le continu. Ceci semble jouer sur l'amortissement de l'équipage mobile bien que l'on puisse penser que cela ne peut entrer en jeu en alternatif. Ceci se retrouve aussi sur les transformateurs de sortie d'amplificateurs à tubes, pour lesquels le secondaire possède une très faible résistance en continu. Sur ceux-ci, l'amortissement ne devrait intervenir qu'en continu, alors que les résultats subjectifs nous font penser au contraire.

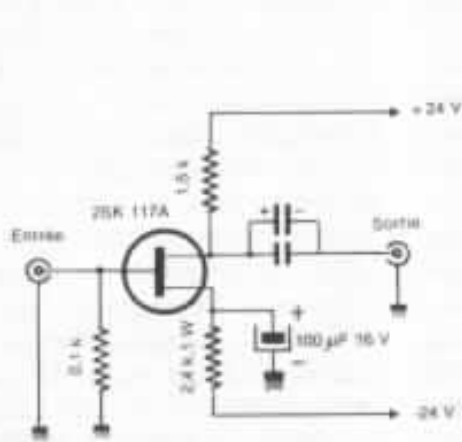
Ce préambule au chapitre de l'écoute a été jugé utile par l'auteur, vu qu'il est nécessaire de bien définir ce que l'on peut constater sur ces deux types d'adaptateurs pour cellule à bobine mobile.

Le circuit présenté dans le numéro 16 ayant subi les dernières retouches présentées ici, malgré ses performances que certains ont qualifiées de « stupéfiantes » ou même « extraordinaires » sur le plan subjectif, n'est pas destiné à détruire le prestige des appareils du commerce. Ce n'est certainement pas son but. Il est caractérisé par une définition exceptionnelle d'un bout à l'autre du spectre, ceci sans grossissement, ou faiblesse sur certaines octaves, par un très faible taux de distorsion subjective, une dynamique sonore dépassant la plupart des meilleurs transformateurs et une stabilité des plans sonores jusqu'ici inconnue sur les circuits transistorisés.

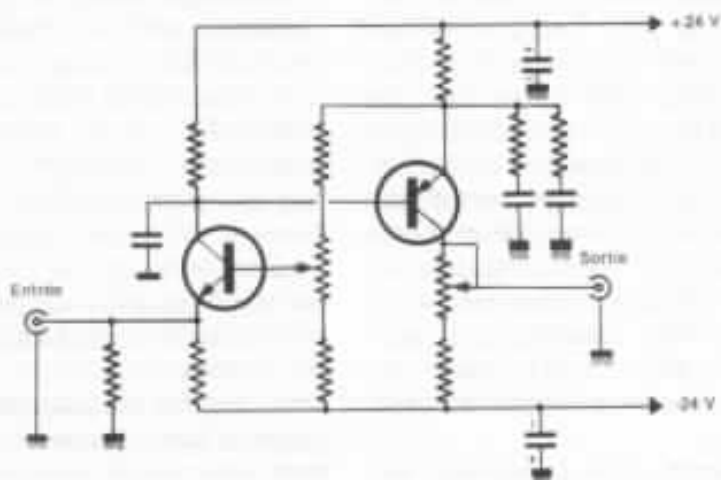
Les plans sonores et le respect du niveau en fonction de la dis-

tance sont remarquables, de même que l'effet de focalisation des instruments. Ainsi, des sons faibles mais proches sont respectés vis-à-vis de l'effet spatial de distance, ce qui n'est pas toujours le cas. En effet, on constate souvent que les sons faibles s'éloignent, tout comme si l'appareil confondait « son faible » et « son lointain ». Il en est de même pour les sons forts, qui peuvent être reproduits avec un effet de distance respecté par rapport à l'enregistrement. Sur ce point, quelques disques sont très révélateurs pour démontrer ces qualités. C'est par exemple, le disque « Cantate Domino » du label Proprius, un disque qui fait d'ailleurs fureur auprès des amateurs de disques test de qualité. Sur ce disque, on remarque par exemple que le pré-amplificateur décrit ici procure un effet d'espace étonnant par sa fidélité, c'est-à-dire un orgue placé au fond, lointain mais ponctuel, défini et stable en position, un effet de réverbération de très grande stabilité, ample et réel ou « ouvert », un mot que certains aiment employer, et que, malgré tout, la voix de la chanteuse reste remarquablement stable, proche, mais à une certaine distance de la paire de micros. Sur ce point, ce circuit fait totalement oublier qu'il s'agit d'électronique. Pendant les passages « morts », les trous entre les modulations, on peut entendre distinctement des bruits très faibles, mais précis, de pages de partitions tournées, des bruits lointains venant du dehors de l'église, bruits que l'on arrive à confondre avec ceux venant du dehors de la pièce d'écoute.

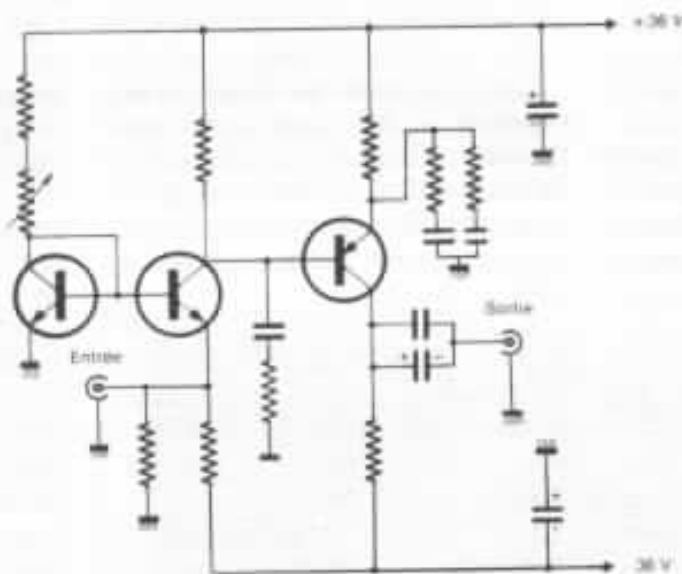
D'autres disques sont fort intéressants pour ces tests, tels que les séries Charlin. Sur ceux-ci, auxquels on reproche parfois un aigu un peu relevé, ce défaut s'oublie et les violons ne deviennent ni acides, ni « évanescents » c'est-à-dire manquant de



(A) - Montage mono-transistor, FET à gate polarisée



(B) - Montage à couplage direct transistors bipolaires, correcteur R.I.A.A. passif incorporé



(C) - Autre version à trois transistors et correcteur R.I.A.A. incorporé

Figure 9 : Exemple schématique de différents montages expérimentés auparavant. La version A était une variante du circuit « Maki » où l'on note que la gate est polarisée. Le circuit B utilise deux transistors bipolaires et un étage de sortie correcteur RIAA passif incorporé. L'ensemble était à couplage direct, ce qui posait des problèmes de dérive. La version C utilise le même étage de sortie, mais un étage d'entrée identique à celui présenté ici. Toutefois la tension d'alimentation était de + et - 36 V. Cette tension fut ramenée ensuite à 24 V, 18 V, 12 V et enfin 6 V, ceci pour l'étage d'entrée. Vu que dans le circuit original, certaines valeurs de résistances et trimmers étaient relativement élevées (50 à 80 k Ω), il se posait quelques ennuis de stabilité thermique de ces composants, ce qui détermina le choix final de + et - 6 V pour l'alimentation. Ce choix final concernait d'autre part d'autres paramètres : qualité subjective, dérive, niveau de bruit, prix de revient des composants, consommation, adaptation à diverses cellules à bobine mobile).

D'autres variantes ces circuits indiqués ci-dessus ont été également réalisés : Montages à deux entrées (aimant mobile/bobine mobile), ou encore utilisant en entrée des transistors simples ou doubles à effet de champ.

corps. Le positionnement des instruments se retrouve très bien et on peut entendre là aussi de nombreux petits bruits, souvent imperceptibles sur la plupart des transformateurs ou pré-amplificateurs, ceci du moins avec la même clarté, la même définition : bruit d'un camion passant au loin, coups de marteau lointains (travaux dans les environs ?), bruits de vêtements des artistes qui remuent, frottement du crin sur les archets (sorte de bruit blanc souvent masqué par les notes de l'instrument). Bien entendu, tous ces bruits ne sont aucunement « exagérés » et reproduisent parfaitement l'ambiance dans laquelle baigne l'enregistrement.

Le bruit de surface est peu sensible, malgré l'étendue de la bande passante dans l'aigu, vu que celui-ci s'étend sur une grande partie du spectre sonore, ne se focalisant pas sur une zone particulière, ce qui procurerait cette fois un bruit gênant. Ainsi, il est possible d'écouter de vieux disques sans aucune gêne, vu que l'on a l'impression que le bruit de surface, ne salissant pas le son, provient d'un autre

endroit que celui de l'enceinte.

En conclusion aux nombreuses éloges sur ce circuit étudié par l'auteur, ajoutons que cet appareil n'est pas destiné à revendiquer le « génie » de sa conception. Bien au contraire, il tente de prouver que, par des moyens simples, il est possible, grâce à la persévérance, à de longues séances d'écoute, à de nombreux essais et modifications consécutifs et à de nombreux essais comparatifs, d'obtenir des résultats exceptionnels.

A propos de ces diverses tentatives destinées à réaliser un circuit simple et bon, le lecteur trouvera sur la figure 9 plusieurs schémas étudiés précédemment, lesquels ont mené, presque par hasard, au circuit décrit ici. C'est en effet en désirant stabiliser l'alimentation, et coupler en direct le circuit, que le montage « current mirror » modifié se révéla particulièrement bien adapté aux phonolecteurs à bobine mobile. Les divers essais que l'on voit sur la figure montrent les tentatives de couplage en direct, tentatives d'insérer un circuit RIAA passif en sortie, d'obtenir du gain sur un nombre

réduit d'étages. On remarquera par exemple que l'un des schémas possède un circuit d'entrée pratiquement identique, à la différence que la tension d'alimentation est beaucoup plus élevée. Cette tension, de 35 V à l'origine, puis de 24 V, fut ramenée finalement à 6 V, ceci pour les diverses raisons ayant mené au résultat actuel.

Ce circuit pré-pré-amplificateur s'adapte remarquablement bien à tous les phonolecteurs dont l'impédance est comprise entre 1 et 50 Ω .

On remarquera d'ailleurs que le circuit d'entrée ne possède pas de résistance de charge habituelle (50 à 200 Ω dans la plupart des cas), vu que la résistance du bobinage de la cellule remplace celle-ci. Ceci explique entre autre le très bon rapport signal/bruit.

A propos d'autres modifications éventuelles, celles-ci ne sont que très peu probables, et ne pourraient concerner que le circuit d'alimentation (batteries, condensateurs spéciaux, etc.). A ce niveau, l'amateur intéressé pourra sans difficulté travailler sur ce sujet passionnant.



**Page non
disponible**

Il était une fois la TD 124

Jean-Constant Verdier

Reine incontestable des platines, la Thorens supplantait la belle anglaise Garrard 301 dans le cœur des amateurs de Haute Fidélité de la fin des années 50. A l'ombre des échoppes, les vendeurs s'affairaient à solder les Avialex et autre Joboton soudain déclassées... (qui se souvient aujourd'hui des platines Wooleeth ?).

On pourrait penser qu'une campagne publicitaire, menée à grand renfort de doubles pages en quadrichromie et de spots sur Europe n°1, est à l'origine de cet engouement. Ce serait mal connaître les réactions des amateurs de cette époque : les produits, qui alors se vendaient le plus, étaient les meilleurs produits tout simplement.

La Thorens TD 124 alignait les points forts par rapport à ses concurrentes :

- entraînement à deux étages de démultiplication incluant une courroie,
- vitesse de rotation ajustable par un frein magnétique et visualisée par un stroboscope incorporé,
- plateau très lourd (environ 5 kg) - (fig. 1) -,
- dispositif de démarrage instantané par contre-plateau débrayable,

- niveau à bulle incorporée pour régler l'horizontalité de la platine,

- châssis en fonte d'aluminium injecté, très nervuré et extrêmement rigide (fig. 2).

Tous ces points très positifs étaient malheureusement desservis par un bras de lecture sans grâce et sans talent, mais qui avait eu la bonne idée de s'implanter sur une planchette amovible. L'union libre étant alors la règle en Haute Fidélité, c'est le bras SME 3009, accom-

pagné d'une tête Ortofon à bobines mobiles qui équipait le plus souvent la TD 124, reléguant le légitime aux oubliettes. Le modèle à notre disposition fait exception à cette règle, étant muni d'un bras Ortofon long (fig. 3).

Véritablement, le succès de la TD 124 était mérité, son avance technologique si parfaitement évidente avait laissé sur place la concurrence. Durant plusieurs années, il ne fut pas concevable d'équiper une chaîne digne de ce nom d'une autre platine.

Fig. 1 : Le plateau en fonte d'acier entièrement usinée pèse 5 kg. On peut apprécier la robustesse de l'axe, gage de rigidité.

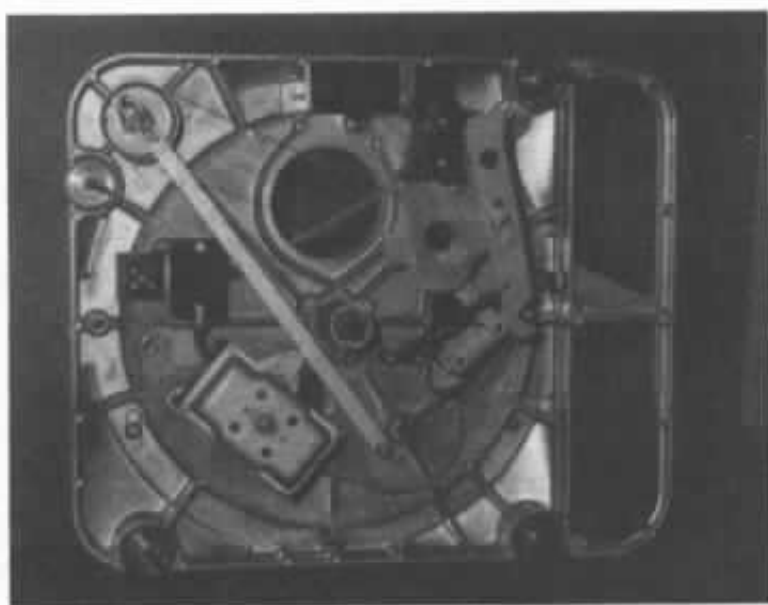


Fig. 2 : Vu de dessous, le châssis en fonte d'aluminium montre les nervures qui assurent sa rigidité.

Fig. 3 : La platine « à l'état brut » avant toute intervention.



La Revue du Son N°75 de juillet 1959 publie un procès verbal du Laboratoire National d'Essais attendrissant : nous apprenons que la vitesse de rotation peut varier d'environ 2,5 % quand le secteur varie de ± 10 %, que les fluctuations totales de vitesse relevées sont de l'ordre de 0,14 à 0,20 %, alors que le disque de mesure apporte 0,10 % à lui seul. Enfin, et c'est véritablement passionnant, la température du moteur monte à 42° après 90 minutes de fonctionnement. De toute évidence les qualités de la platine dépassent les possibilités d'appréciation de l'époque et ces mesures ne mettent absolument pas en lumière les avantages réels du produit.

Seul un nouveau progrès décisif eut raison de l'omniprésence de la TD 124. Il s'agit bien entendu de l'apparition des premières contre-platines suspendues, le -40 dB de rumble offerts par Thorens devenant l'unique mais grave point faible de sa prestation.

La platine Thorens est aujourd'hui un objet recherché par les « nouveaux audiophiles » et si la nostalgie n'est pas totalement étrangère à cela, il faut bien reconnaître que cette convoitise est étayée par de solides raisons techniques. En effet, la comparaison avec les produits disponibles actuellement est presque entièrement à l'avantage de la vieille TD 124. Aucun appareil moderne ne procure une telle rigidité dans la *liaison essentielle* disque-plateau-axe-support de bras. Le plus souvent, le plateau est beaucoup trop léger, l'axe de faible diamètre et le corps de la platine fait d'une tôle trop fine ou, pire, en plastique injecté. A ce propos, je prends la responsabilité d'affirmer que la quasi totalité des platines actuelles sont conçues uniquement en fonction de critères commerciaux en vue de la diffusion

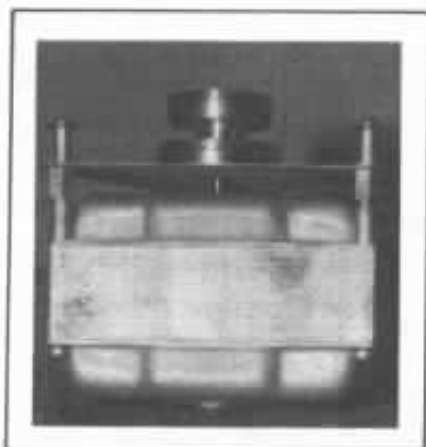


Fig. 4 : Le moteur avant démontage.

auprès d'un public abreuvé de littérature pseudo-technique. L'essentiel a été perdu de vue au point d'oublier complètement le sens profond de la fonction mécanique de certaines pièces.

Cela procède de la symbolisation comme pour ces cultes millénaires où, au cours des siècles, les célébrations sanglantes ont peu à peu fait place à des simulacres, puis à des symboles dont les officiants eux-mêmes ne parviendraient pas à saisir le sens original.

Le travail de modification que je propose vise à éliminer le point faible concernant le rumble, tout en renforçant par ailleurs les qualités naturelles de la platine.

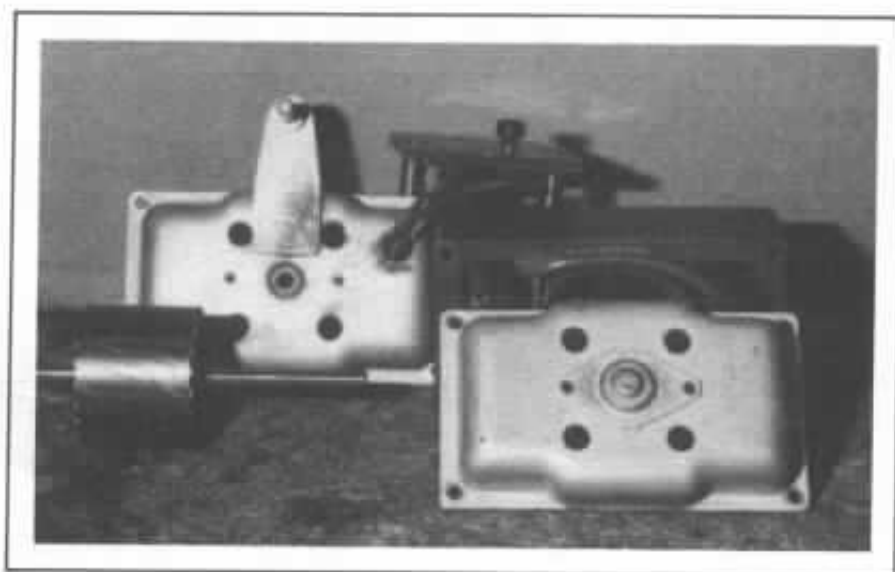


Fig. 5 : Le moteur en pièces détachées.

Préparation du moteur

Le moteur de la TD 124 est à cage d'écureuil, il comporte 4 pôles et sa vitesse de rotation est de 1 500 tours par minute. Malgré le soin apporté à l'équilibrage (par perçage dans le rotor), ce moteur vibre considérablement. Sa fixation à la platine par l'intermédiaire de trois suspensions en caoutchouc (en fait, des sortes de passe-fils) est une précaution insuffisante, et le filtrage des vibrations du moteur est déficient. En fait, du point de vue du cheminement des vibrations, ces trois suspensions viennent en parallèle avec la courroie de transmission, compromettant l'effet filtrant de cette dernière. Le moteur va donc être modifié pour que ses trois points de fixation prennent appui sur le fond du socle de la platine, intercalant ainsi la suspension dans le chemin parcouru par les vibrations gênantes.

Le moteur sera donc entièrement démonté (fig. 5). (Attention à ne pas égarer la bille située en bout d'axe et la rondelle de plastique sur laquelle elle s'appuie.) Il faut maintenant faire passer le carter inférieur à la place du carter supérieur de telle façon que les trois fixations viennent du côté opposé à la sor-



Fig. 6 : Le moteur remonté et transformé.

tie de l'axe. Cela ne peut s'effectuer sans modifier ces derniers. Percer un trou $\phi 8,5$ mm dans le carter inférieur (qui va devenir carter supérieur lors du remontage) pour permettre la sortie des fils d'alimentation. Démontez les paliers en faisant sauter les rivets de fixation d'un coup de foret et les remonter toujours en intervertissant haut et bas à l'aide de boulons $\phi 2,5$ mm. Après remontage, le moteur se présentera selon la figure 6. Il est intéressant de supprimer le répartiteur de tension et de recâbler le moteur pour son utilisation en 220 volts seulement. Assez

encombrant, ce répartiteur de tension qu'il n'est pas question de remonter sur la platine (découplage oblige) ne peut causer que des désagréments si on le laisse libre à l'extrémité des fils.

Modifications du plateau

Comme indiqué plus haut, la Thorens est dotée d'un dispositif de démarrage instantané. Cela consiste en un double plateau léger en aluminium qu'il est possible de coupler ou de découpler du plateau principal en actionnant un levier. Nous savons

maintenant qu'un tel système ne peut que nuire à la qualité en empêchant le couplage intime du disque avec le plateau. Un premier pas vers un meilleur résultat sera obtenu en éliminant ce double plateau. Pour ne pas s'arrêter en si bon chemin, je propose une modification plus profonde. Elle consiste à rapporter par collage une feuille de plomb de 10 mm d'épaisseur. La surface de cette feuille est ensuite usinée pour offrir un état lisse ne risquant pas d'endommager les disques. Il convient de se procurer un carré

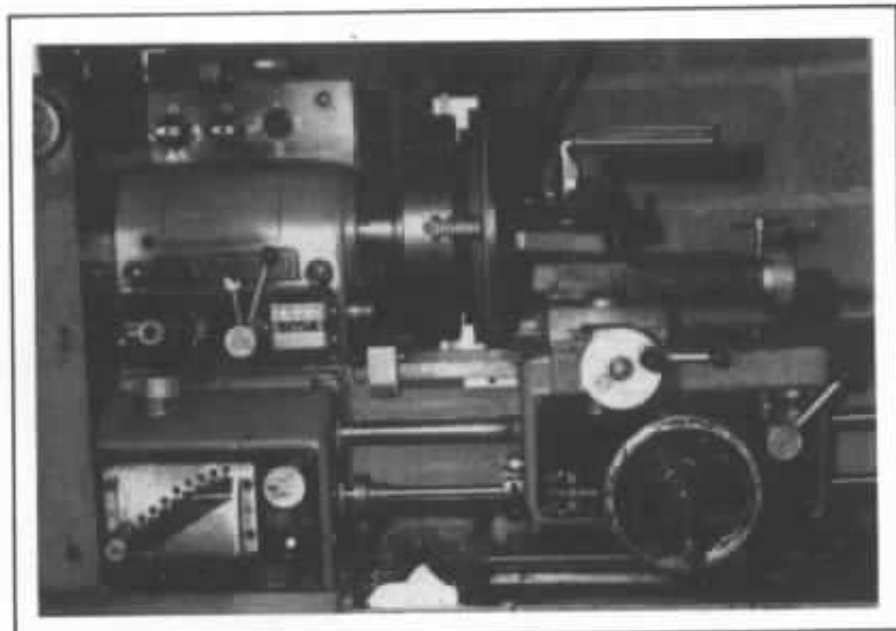


Fig. 7 : Disposition pour le collage du plomb sur le plateau en fonte.

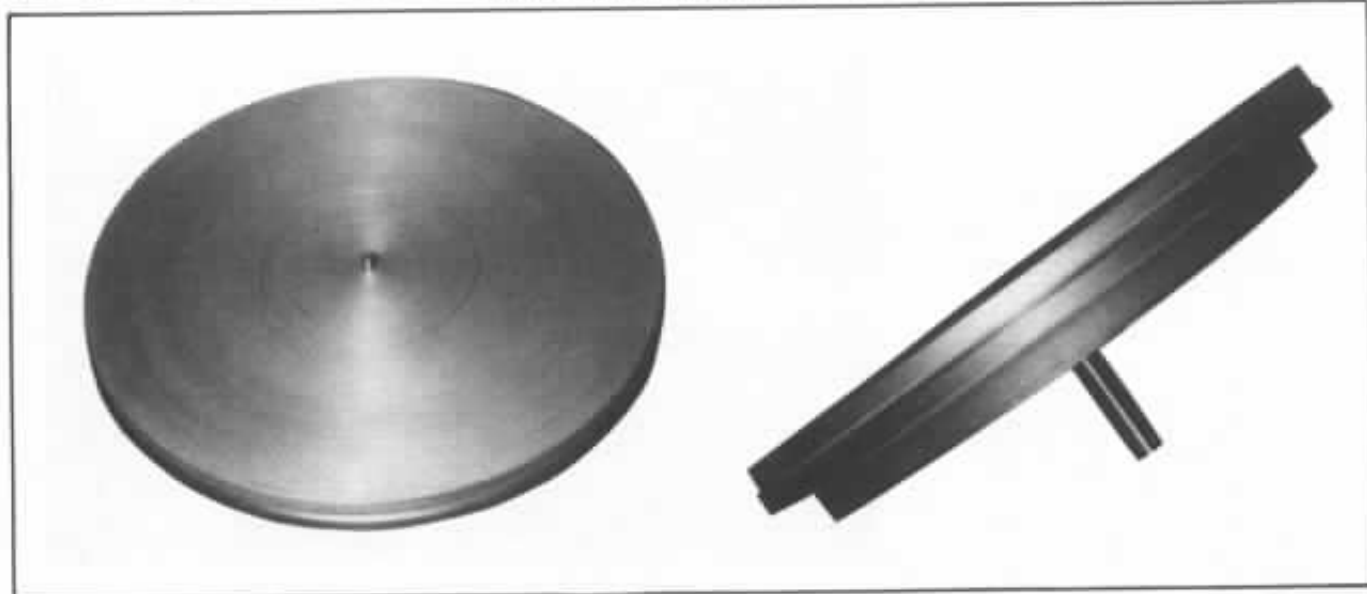


Fig. 8 : Aspects du plateau après sa transformation. et 8 bis.

de 300 mm de côté dans lequel on découpera à la scie sauteuse le disque dont nous avons besoin. Les chutes de métal, sous produit de cette opération, seront utilisées par ailleurs dans la fabrication du support du moteur. Le disque ainsi obtenu est malheureusement assez loin d'être parfaitement plan. Il est indispensable de minimiser ce défaut en planant le plomb à l'aide d'un maillet. On s'attachera à obtenir une bonne planéité sur l'une des faces, l'autre étant bien entendu sans importance puisqu'elle fera l'objet d'un usinage de finition. Avant assemblage, percer un trou de diamètre 7,2 mm au centre du disque. La face planée sera collée à l'araldite sur le plateau en acier de la TD 124. On aura tout d'abord monté ce dernier dans le mandrin du tour en prenant toutes les précautions pour le centrer parfaitement. Le collage sera maintenu grâce à la poupée mobile du tour pendant 24 heures (voir fig. 7).

L'usinage du plomb est déconcertant. On peut obtenir un très bon état de surface, mais malheureusement le copeau en se retournant vient par endroits frapper la surface terminée et s'y pique profondément. On obtient donc une belle surface détériorée par endroits. Après plusieurs essais, toujours infructueux pour la même raison, j'ai obtenu un résultat possible en retirant à la pince les fragments de copeaux piqués dans la surface, puis en finissant à la toile abrasive. Une couche de vernis incolore en bombe met le plomb à l'abri de l'oxydation et confère à l'ensemble un aspect correct (fig. 8).

Montage du moteur

Le socle original de la platine sera utilisé sans autre modification que l'apport d'un fond en bois aggloméré de bonne qualité. Ce fond reçoit le moteur et son support disposé de telle sorte que la poulie du moteur retrouve sa

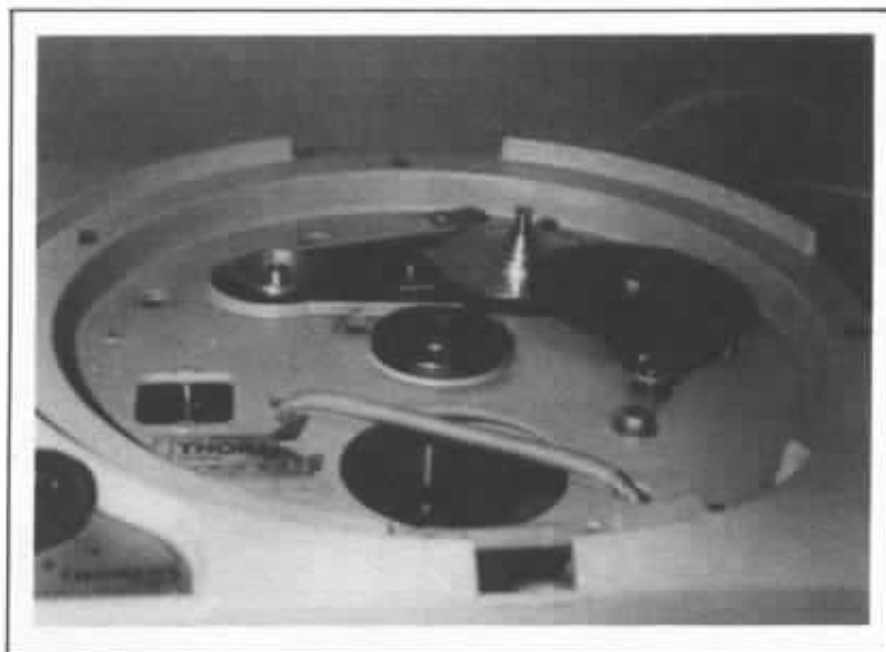


Fig. 9 : La flèche indique la position de la poulie du moteur après remontage (se reporter au texte).

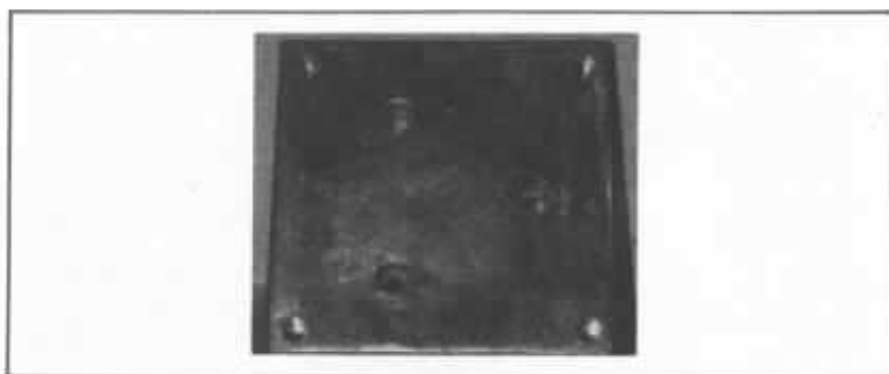


Fig. 10 : Le support du moteur terminé, après coulage et usinage des trous de fixation.

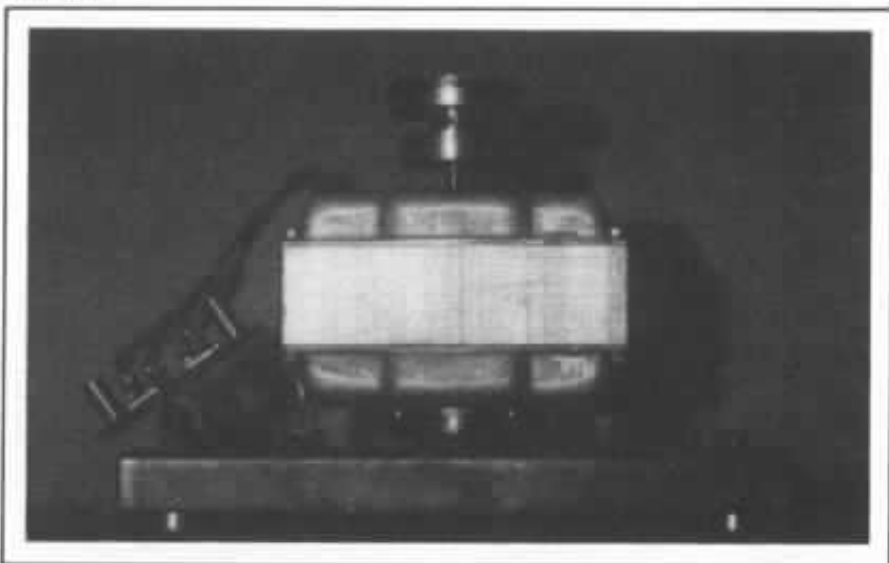


Fig. 11 : Le moteur monté sur son support en plomb est fixé sur le fond en aggloméré complétant le socle d'origine.



Fig. 12 : Ensemble terminé.



Fig. 13 : Dispositif d'amortissement ajouté au bras ADC.



Fig. 14 : Auget fraisé dans un bloc de dural avant son montage sur le bras.

place dans l'ouverture de la platine au moment du remontage final (fig. 9).

Le support du moteur est constitué d'une feuille de tôle d'acier doux de 1 mm d'épaisseur dont les bords sont pliés et soudés sur une hauteur de 10 mm. Avant de pratiquer les perçages nécessaires pour les différentes fixations, le support moteur est utilisé comme un moule pour y faire fondre le plomb provenant du surplus non utilisé pour le plateau. En se refroidissant, le plomb se rétracte et il est indispensable de le solidariser au support moteur par collage à l'araldite. Terminée, la pièce se présente selon la figure 10. L'assemblage avec le fond du socle s'effectue par boulonnage en interposant quatre entretoises (fig. 11).

Fixation du bras de lecture

A l'origine le bras est fixé sur une planchette en contre-plaqué. Dans le cas du montage d'un bras court, cette solution peut être considérée comme acceptable. Dans le cas de notre platine, le bras Ortofon de 12 pouces flottait en porte-à-faux à l'extrémité d'une planchette élargie, flexible comme un plongeur. Dans tous les cas, ces planchettes légères et souples ne rendaient pas justice à la fabuleuse rigidité du châssis de la TD 124. C'est en conséquence une planchette en dural de 10 mm qui sera boulonnée à la place de la planchette d'origine, prolongeant ainsi la rigidité de la platine jusqu'au socle de fixation du bras.

Choix du bras

La photographie de la platine terminée (fig. 12) la montre équipée d'un bras ADC ayant subi certaines transformations. Ce choix est principalement motivé par une question de prix de revient. En effet, ce bras est disponible en France à un prix extrêmement bas, compte tenu de ses principales qualités rési-

dant dans la légèreté et la rigidité du tube en fibre de carbone, alliées à un pivot de très bonne précision pratiquement sans jeu - le tout dans une finition de très haute qualité absolument irréprochable. Par contre, il ne dispose pas d'un système d'amortissement et la rigidité de la coquille de tête amovible n'est pas des meilleures. Ainsi, ce bras qui ne peut convenir d'emblée à un perfectionniste est néanmoins une base de première qualité si l'on consent à apporter les modifications nécessaires auxquelles il se prête d'ailleurs à merveille.

Dispositif d'amortissement

Il est constitué très classiquement d'un auget rempli de graisse aux silicones fixé sur la partie horizontale du repose-bras (fig. 13). Dans cet auget, baigne un doigt solidaire du bras. La réalisation de l'auget obtenu par fraisage dans un bloc de dural est la principale difficulté de la réalisation, car il s'agit d'une pièce longue et délicate à fabriquer (fig. 14). Le réglage de l'amortissement n'est pas critique. Cela est heureux d'ailleurs, car si le dispositif décrit est généralement considéré comme efficace par les audiophiles, on connaît également son inconstance due en particulier aux conditions de

température et au vieillissement de la graisse aux silicones. Du strict point de vue pratique, je recommande d'observer le comportement de l'équipage mobile de la cellule choisie, en présence d'un disque excentré et voilé. Un amortissement excessif provoquera des déplacements visibles de l'équipage mobile par rapport au corps de la cellule ; il faut éviter cela afin de ne pas endommager le phonocapteur. Pour régler l'amortissement, on peut agir sur deux paramètres : la viscosité de la graisse contenue dans l'auget ou les dimensions du doigt solidaire du bras. Il est bien plus facile d'agir sur le doigt, ce mode de réglage étant progressif et dosable à volonté. Dans notre cas, il s'agit d'une vis de diamètre 2 mm, dont la tête cylindrique est plongée dans l'auget. Le réglage s'opère en diminuant progressivement le diamètre et la hauteur de la tête de la vis jusqu'à l'obtention du résultat souhaité.

Rigidité de la coquille

La rigidité de la coquille peut être améliorée après montage de la cellule en consolidant l'ensemble par des entretoises collées à l'araldite entre deux ou trois points du corps de la cellule et deux ou trois points de la

coquille. Cette amélioration ayant été apportée après coup, elle n'est pas accompagnée de photographie pour l'illustrer.

Résultats

L'amélioration évidente se situe au niveau du rumble. Considéré comme gênant avant la transformation, il est maintenant reculé au-delà des limites de l'audible avec une installation comprenant le préamplificateur SRPP, l'amplificateur classe A Hiraga et des enceintes Cabasse équipées de boomers de 36 cm ; cela peut être apprécié comme un progrès déterminant. Dans l'état actuel de la transformation, il semble que la qualité globale de la restitution ait à souffrir de la cellule utilisée qui n'aurait pas toute la transparence souhaitable. Cela empêche pour l'instant une appréciation sérieuse de la valeur profonde du progrès accompli. Je travaille actuellement à la transformation d'une seconde platine de même type qui sera équipée de manière différente, il en résultera des possibilités d'essais comparatifs. Si les meilleures paires d'oreilles du moment veulent bien se prêter à ces tests, il n'est pas douteux qu'un prochain numéro de l'Audiophile se fasse l'écho des résultats obtenus.



**Page non
disponible**

Optimalisation d'un bass-reflex

2^{ème} partie : Application

Michel Alard

Nous décrivons dans cet article la réalisation d'un bass-reflex de haute qualité et sa mise au point en chambre sourde. La conception de cette enceinte est basée essentiellement sur la méthode d'optimalisation étudiée dans l'Audiophile n° 14.

La reproduction de l'extrême-grave

Nous avons accordé une attention toute particulière à la réponse en puissance du système. Il s'agit là d'un paramètre extrêmement important et pourtant bien souvent négligé. La qualité de l'extrême-grave me paraît en effet beaucoup plus étroitement liée à la linéarité de sa reproduction qu'à l'étendue de la courbe de réponse. S'il est tout à fait légitime de chercher à reproduire fidèlement le do-1 (soit 32 Hz ou le 16 pieds de l'orgue), il est par contre absurde de s'obstiner si cela doit se traduire par des distorsions inacceptables. Il ne faudrait d'ailleurs pas croire que l'extrême-grave soit le seul touché. Tout le domaine de fréquences attribué au haut-parleur est fortement affecté par intermodulation.

Le bass-reflex est souvent présenté comme un principe permettant d'étendre la courbe de réponse d'une enceinte. Il me paraît beaucoup plus logique de le considérer comme un moyen d'en améliorer la réponse en puissance. Les enceintes closes (ou plus généralement tout système à radiation directe comportant une seule source) ne nous laissent en effet aucun espoir, puisque pour une puissance acoustique et une fréquence données, le débattement ne dépend que de la surface rayonnante. On pourra s'en convaincre en se reportant au tableau comparatif publié précédemment. Dans le cas d'un bass-reflex au contraire, il est possible de jouer aussi sur la fréquence d'accord F_b de telle sorte que l'évent prenne le relais du haut-parleur au moment où les pro-

blèmes de débattement deviennent critiques. Cette exigence conduit à accorder le bass-reflex à une fréquence F_b inhabituellement élevée (comprise entre 35 et 50 Hz). Quant à la surface rayonnante, elle doit au moins être égale à celle d'un haut-parleur de 31 cm.

Le choix du haut-parleur

Les considérations qui viennent d'être exposées ont naturellement de profondes implications au niveau du choix du haut-parleur. Snyder a montré en particulier que la fréquence d'accord était pratiquement imposée par la relation :

$$F_b = 0,39 F_s / Q_1$$

et donc liée de manière univoque aux caractéristiques du haut-parleur. Il est possible, partant

de cette relation, de démontrer également :

$$\eta_0 \simeq 8,8 \cdot 10^{-3} F_b S_d' / M_{ms}$$

L'augmentation de la surface S_d conduit pour une rigidité équivalente de la membrane à l'augmentation de la masse mobile M_{ms} , mais cependant dans des proportions moindres que S_d' . Finalement, la recherche d'une bonne réponse en puissance (fréquence F_b et surface S_d élevées) a aussi une conséquence inattendue : le haut rendement !

Cette justification du haut rendement me paraît beaucoup plus crédible que celle qui consiste à invoquer les niveaux sonores reproductibles. Dans le cadre d'une écoute domestique, ce problème ne se posera véritablement que lorsque nous disposerons de sources à haute dynamique, ce qui n'est malheureusement pas le cas actuellement.

Il faut cependant se garder de confondre haut rendement et bonne réponse en puissance. Les problèmes liés au débattement de la membrane d'un haut-parleur et son rendement sont de natures totalement différentes. En particulier, la réciproque de ce que nous venons d'énoncer n'est pas vraie : un haut-parleur à haut rendement monté en enceinte close connaîtra les mêmes problèmes que tout autre haut-parleur de même diamètre. De plus, il ne sera pas forcément susceptible d'être utilisé dans un bass-reflex accordé à une fréquence supérieure à 35 Hz. Le haut rendement n'implique donc pas obligatoirement une bonne réponse en puissance.

Nous avons poursuivi nos investigations en recherchant un haut-parleur de haute qualité conforme à nos exigences. Celles-ci sont bien rarement satisfaites. Précisons que le 416-8 B Altec y répond parfaitement puisqu'il est utilisé dans le caisson Onken accordé à une fréquence F_b de 38 Hz. Ceci don-

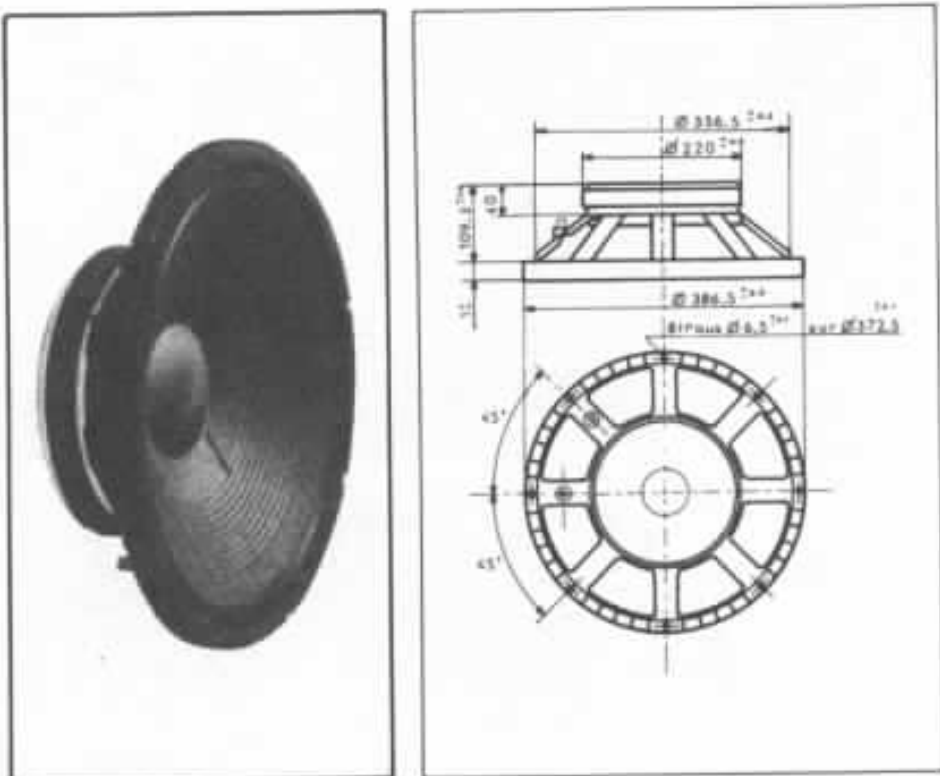


Figure 1 : Haut-parleur PR 38 Audax

nera, je pense, un poids supplémentaire à cette « démonstration » que nous souhaitons aussi convaincante que possible.

Après de nombreux essais, nous avons finalement retenu le 38 cm Audax PR 38 S 100 (cf fig. 1). L'optimisation décrite dans le n° 14 a conduit à une fréquence F_b de 45,4 Hz, quasi idéale compte tenu de nos critères. Le HD 38 du même constructeur constitue cependant une alternative possible. Ces deux modèles ne diffèrent que par leur suspension, paramètre dont Keele et Snyder ont montré qu'il n'avait qu'une influence très faible sur le résultat final. Nous avons voulu le vérifier en extrapolant à partir des caractéristiques nominales du PR 38 celles du HD 38, ceci afin de ne pas cumuler les erreurs de mesure. Considérant que seuls les paramètres de la suspension diffèrent ($V_{as} = 1,094 \text{ m}^3$ au lieu de $0,440 \text{ m}^3$ et $Q_{ms} = 4,39$ au lieu de $3,47$), nous avons calculé les deux réponses théoriques (cf fig. 2). On constate que l'écart n'excède jamais 0,3 dB et que la

fréquence de coupure est identique à 0,1 Hz près. Par ailleurs, plusieurs écoutes comparatives n'ont pas permis de mettre en évidence des différences significatives entre les deux modèles.

Mesure préliminaire

Toutes les mesures ont été effectuées dans la grande chambre sourde du laboratoire acoustique de l'ENST, dirigé par Mr Paupy. Les haut-parleurs ont été testés dans une situation simulant celle du baffle infini, les membranes rayonnant vers l'intérieur de la chambre sourde et étant chargées par un volume de plusieurs m^3 . Le micro a été placé à une vingtaine de cm environ, ce qui permet de minimiser l'influence de la chambre sourde.

La courbe du PR 38, associé pour la circonstance à un haut-parleur réputé de plus faible diamètre, a été relevée dans ces conditions (cf fig. 4). Cette comparaison fortuite a permis de dissiper nos inquiétudes quant aux problèmes de fractionnement et de traînage. Elle montre que le

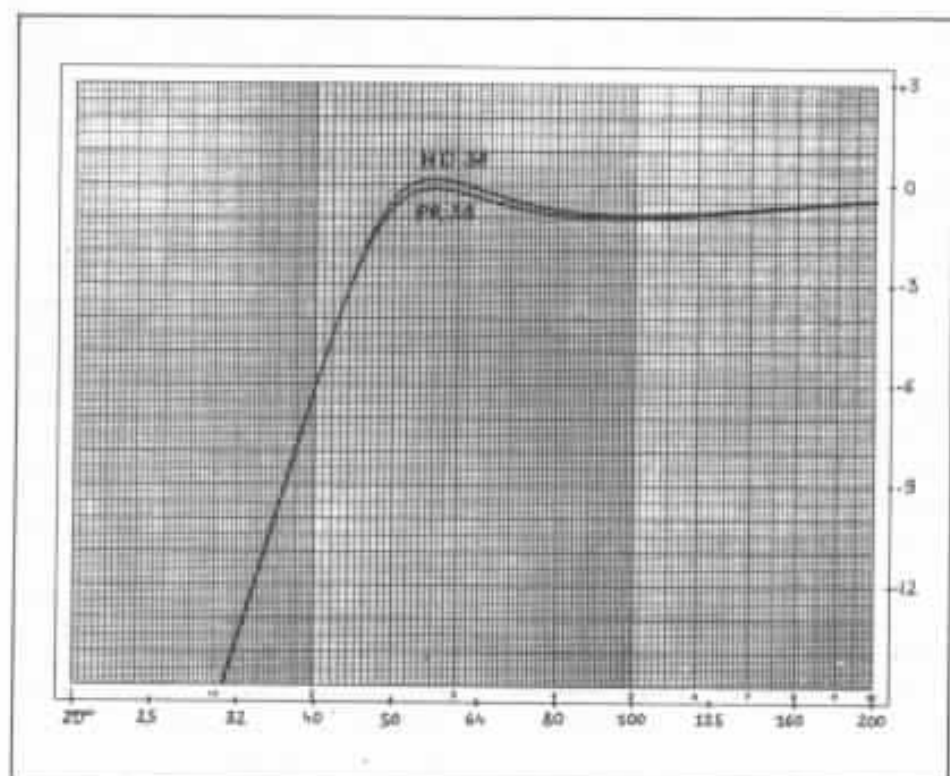


Figure 2 : Comparaison entre le HD 38 et le PR 38 Audax

comportement d'un haut-parleur sur ces points n'est pas obligatoirement lié à son diamètre, mais que la qualité de réalisation de la membrane joue un rôle bien plus déterminant.

La courbe obtenue est d'une régularité remarquable. Une « auscultation » attentive en cours de fonctionnement a permis de conclure que la membrane fonctionne en piston jusqu'à 200 Hz et qu'elle est parfaitement contrôlée jusqu'à 500 Hz, fréquence à partir de laquelle apparaît le premier accident, d'ailleurs mineur. La chute dans l'extrême grave est importante, comme le laissait prévoir l'amortissement électrique du haut-parleur (Q_{es} très faible). Ceci démontre qu'il est impossible d'utiliser un haut-parleur de ce type en enceinte close.

Dans des conditions équivalentes, mais avec le micro à 1 m et pour 1 Watt électrique, nous avons mesuré un rendement moyen de 98 dB entre 200 et 500 Hz. Précisons que le micro et le banc B & K avaient été préa-

lablement étalonnés à l'aide d'un pistonphone.

Conception de l'enceinte

Notre approche théorique (cf n° 14) nous a conduits aux paramètres suivants :

Volume utile $V_b = 0,132 \text{ m}^3$

Fréquence d'accord $F_b = 45,4 \text{ Hz}$

La fréquence d'accord se déduit de la formule :

$$F_b = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S_v}{l_v V_b}}$$

avec $l_v = l'_v + l''_v$

c étant la célérité du son dans l'air (345 m/s), S_v la surface de l'évent et l_v sa longueur corrigée. Celle-ci diffère de la longueur réelle l'_v par les corrections d'extrémités l''_v . On peut en

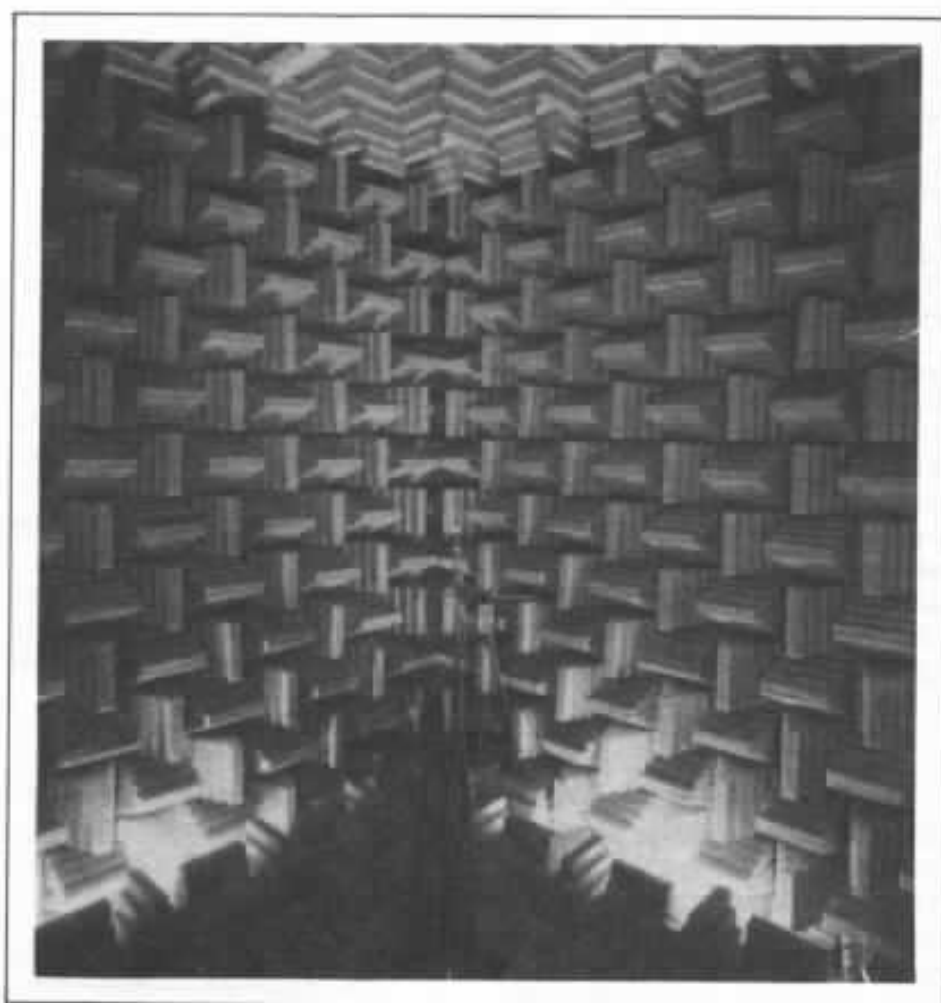



Figure 3 : La chambre sourde de l'ENST


donner l'interprétation suivante : la colonne d'air mise en mouvement dans l'évent entraîne localement l'air au voisinage de ses extrémités, augmentant ainsi la masse acoustique totale.

Corrections d'extrémités



$$l''_v = 0,825 \sqrt{S_v}$$

dans le cas d'un évent bafflé à l'une de ses extrémités



$$l''_v = 0,958 \sqrt{S_v}$$

dans le cas d'un évent bafflé à ses deux extrémités.

La surface S_v peut en théorie être choisie arbitrairement. En pratique, cependant, une surface rayonnante trop importante a

plus ou moins grande conférée par telle ou telle structure. A ce titre, le bass-reflex type « Jensen » est extrêmement intéressant. Le surcroît de rigidité obtenu se paye naturellement par un encombrement un peu supérieur, mais qu'importe.

Nous avons finalement opté pour une surface S_v de 450 cm^2 , soit environ la moitié de celle du haut-parleur. Elle est répartie en 8 événements élémentaires. Ce choix nous conduit à une longueur d'évent corrigée :

$$l_v = 49,9 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Il nous reste à évaluer les corrections d'extrémités. La disposition particulière des événements rend impossible l'application

volume utile le volume d'air contenu dans les événements (correction d'extrémité intérieure comprise) et le volume occupé par le haut-parleur.

La réalisation

L'ensemble des contraintes exposées ci-dessus a permis d'aboutir à la forme définitive représentée figure 5. Le volume extérieur est de 232 l , soit 100 l de plus que le volume utile. Ce caisson atteint la masse respectable de 50 kg , auxquels il faut ajouter 10 kg pour le haut-parleur.

Il ne faudrait cependant pas croire que cette solution soit la seule envisageable. A titre d'exemple, il existe une variante conforme à l'optimisation théorique décrite dans le n° 14 qui diffère essentiellement de celle-ci par le choix d'une surface d'évent légèrement supérieure. La description de cette enceinte fait partie d'une note d'application du PR 38 disponible chez le constructeur.

Le matériau de base utilisé est de l'aggloméré de haute densité (691 kg/m^3). On peut se le procurer sous forme de panneaux de $4,10 \text{ m} \times 1,83 \text{ m}$, dans lesquels il est possible de réaliser une paire d'enceintes. Il est fortement conseillé de faire appel à un menuisier équipé d'une bonne presse. C'est la meilleure garantie d'un collage irréprochable.

Trois grands panneaux de renforcement améliorent la rigidité de l'ensemble. De plus, un tasseau de $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ est collé et vissé sur la face avant. Il est également vissé par l'arrière (mais non collé) à l'aide de 4 vis de 6×80 . Ce tasseau doit travailler en légère compression afin de ne pas imposer aux vis un effort exagéré. La face avant est fixée par 24 vis à métaux type 6 pans creux, tête fraisée plate de 6×50 . Les écrous cages correspondants sont insérés dans les tasseaux supportant la face avant.

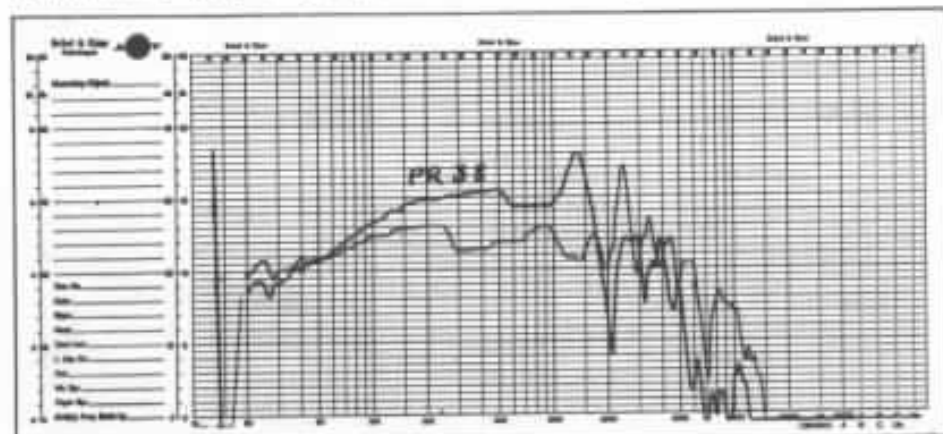


Figure 4 : Mesures sur baffle infini

pour conséquence d'augmenter exagérément la longueur de l'évent. A l'opposé, une surface trop faible implique des vitesses excessives de la colonne d'air. Ceci se traduit généralement par un souffle dû aux frottements sur les parois. Lorsque la profondeur le permet, on respecte généralement la règle empirique suivante :

$$S_d/2 \leq S_v \leq S_d$$

Rappelons toutefois que dans le modèle théorique de Thiele, la surface et la forme de l'évent (dans les limites exposées ci-dessus) n'ont aucune influence sur le résultat final. Cette forme peut donc être choisie en fonction de critères plus pratiques, comme par exemple la rigidité

stricte de la théorie. Nous avons cependant estimé que la correction $l''_v = 0,958 \sqrt{S_v}$ était la plus proche de la réalité. Pour ceux que ce peu de rigueur choquerait, il faut remarquer que l'hypothèse $l''_v = 0,825 \sqrt{S_v}$ conduit à une fréquence d'accord F_b très proche ($1,3 \text{ Hz}$ d'écart seulement). On obtient finalement :

$$l''_v = 20,3 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Ceci permet de fixer les caractéristiques de notre caisson :

$$\begin{aligned} V_b &= 0,132 \text{ m}^3 \\ S_v &= 0,0450 \text{ m}^2 \\ l''_v &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

Précisons enfin qu'il ne faut pas prendre en compte dans le

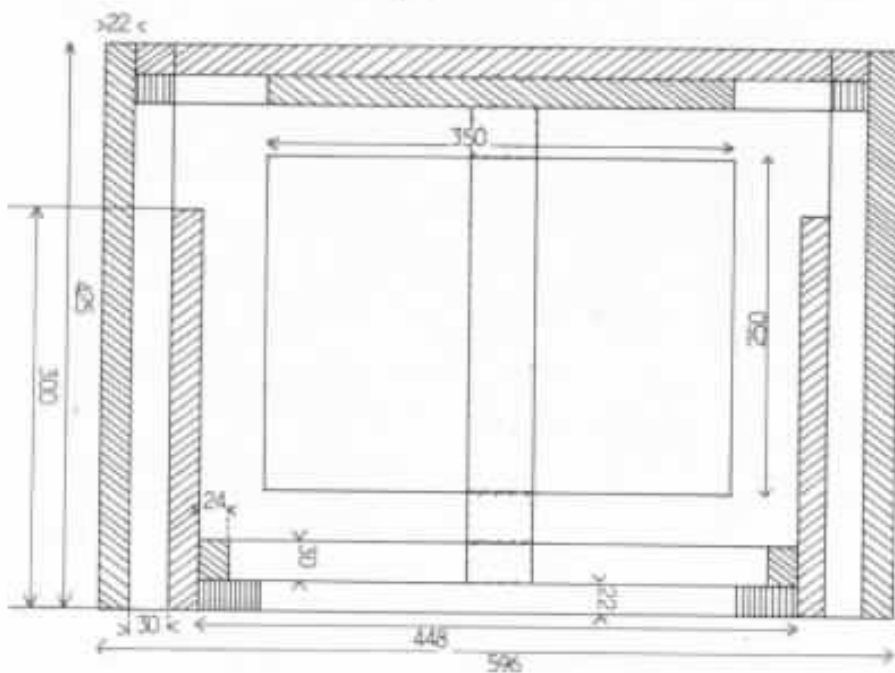
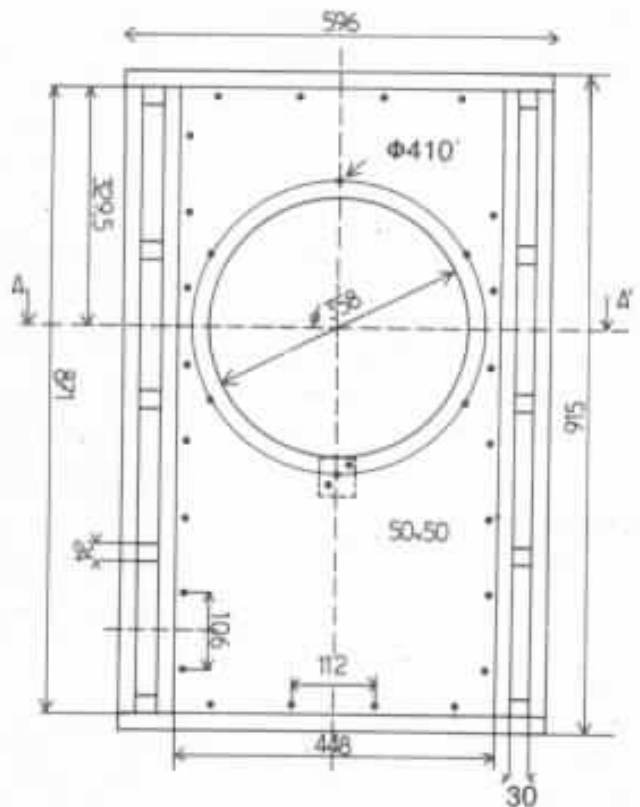
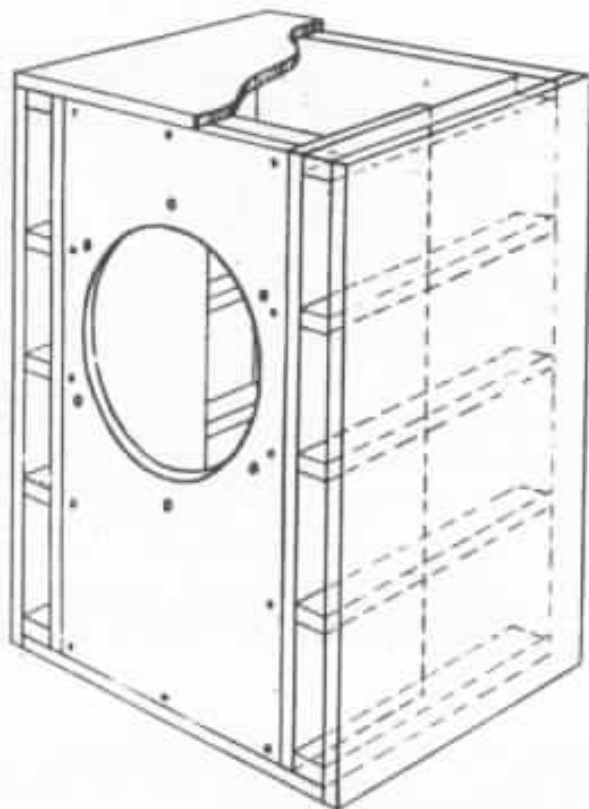


Figure 5 : La réalisation de l'enceinte

Sa : le bass-reflex type « Jensen »

Sb : vue de face

Sc : coupe « A A' »

Matériaux utilisés :

- panneaux en aggloméré de haute densité (691 kg/m³)

2 x (250 x 350) 2 x (425 x 596) 2 x (300 x 871) 1 x (552 x 871)
 1 x (750 x 350) 2 x (425 x 871) 1 x (448 x 871)

- tasseaux en bois dur 24 x 30 et 50 x 50
- laine de verre de 75 mm d'épaisseur (fibres très serrées et douces)
- environ 250 vis à bois 5 x 40 + vis Allen
- colle vinylique

Le haut-parleur est monté par l'avant à l'aide de 6 pattes de fixation en fonte d'aluminium (disponibles chez le constructeur). Six vis allen de 6×30 assurent le serrage. L'un des écrous cages correspondants doit être inséré entre la face avant et le tasseau 50×50 (en veillant à ce que la colle n'aïlle pas dans le filetage). Signalons que l'utilisation de vis allen pour la fixation de la face avant et du haut-parleur permet une puissance de serrage dont il faut se garder d'abuser.

Mesures et mise au point

Nous avons utilisé pour nos mesures un générateur B & K dont l'impédance interne est de 1Ω . Ceci nous place donc d'emblée dans les conditions nominales correspondant à une utilisation en filtrage passif (cf fig. 6). Toutes les courbes ont été relevées à une vitesse de défilement de 1 mm/s et une vitesse d'écriture de 100 mm/s . L'échelle verticale est de 1 dB/division (50 dB range).

La figure 7a représente la courbe de réponse en l'absence de matériaux absorbants. Deux modes apparaissent nettement : les résonances en $\lambda/2$ correspondant à la hauteur de l'enceinte (200 Hz) et sa largeur (400 Hz). La résonance à 200 Hz peut s'amortir en plaçant un matelas de laine de verre à mi-hauteur, c'est-à-dire à l'endroit où la vélocité de l'air est maximale. L'effet de cette modification paraît sur la figure 7b. Elle est de toute évidence extrêmement bénéfique et l'on peut songer à réitérer le processus dans le sens de la largeur, puis de la profondeur. Cependant, mettre un panneau de laine de verre parallèlement à la face avant et à mi-profondeur ne modifie pas seulement le régime des ondes stationnaires dans l'enceinte, mais augmente aussi la résistance acoustique en série avec le haut-parleur. Le PR 38 étant déjà fortement amorti par

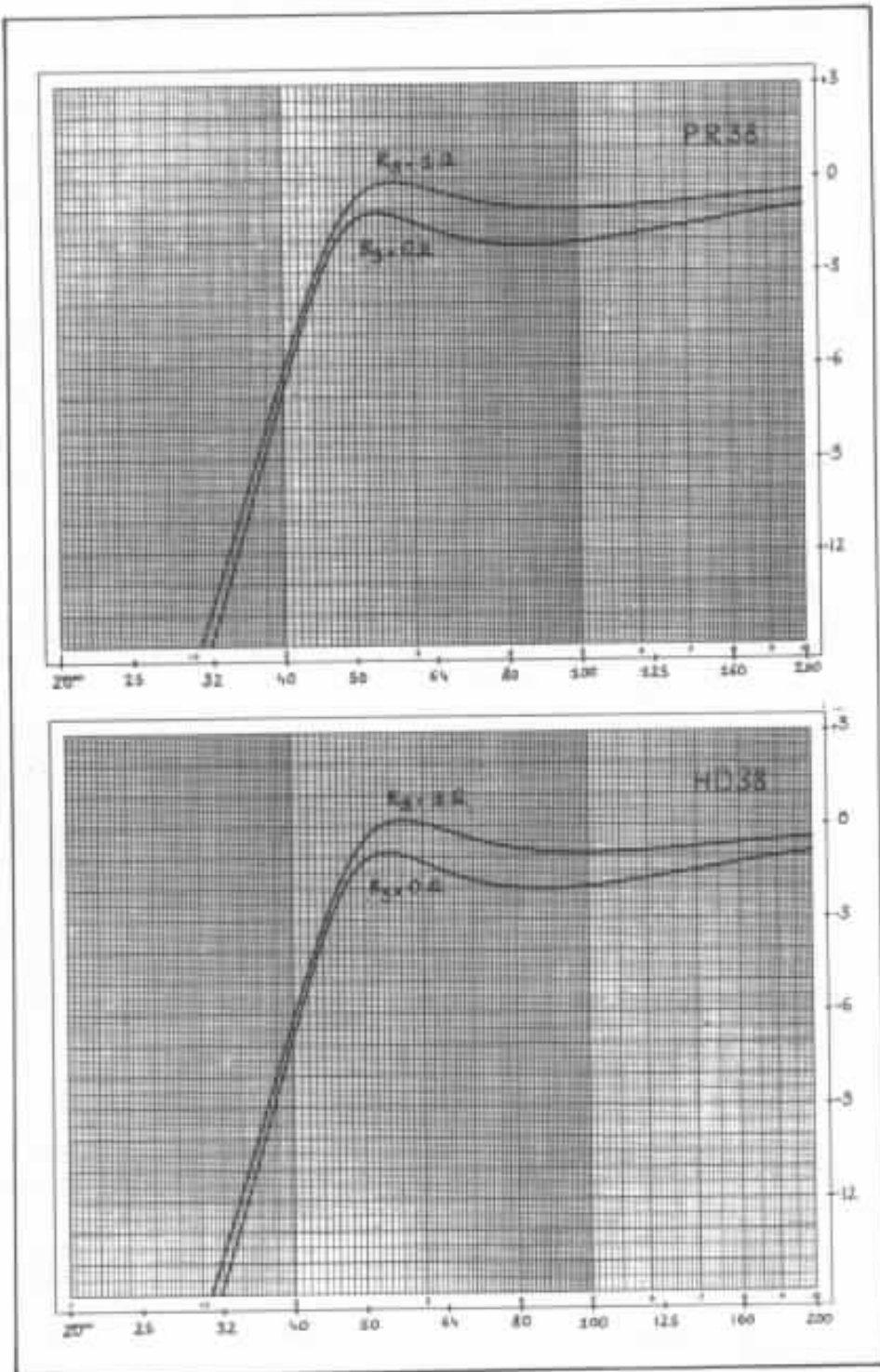


Figure 6 : Comparaison du filtrage actif et du filtrage passif

un puissant circuit magnétique, tout amortissement supplémentaire est loin d'être souhaitable. Nous avons donc cherché une disposition permettant d'amortir au mieux les différents modes sans pour autant mettre d'obstacle majeur entre le haut-parleur et les événements. L'agencement de la figure 7c nous a semblé donner les meilleurs résultats. Le fond

de l'enceinte est totalement exempt de matériaux absorbants, la laine de verre s'arrêtant à 5 cm environ de la face arrière. Une découpe doit être prévue de telle sorte que le haut-parleur trouve sa place sans problème. Avec cette disposition, la circulation de l'air entre le haut-parleur et les événements est aussi peu freinée que possible. La qualité de la

réponse obtenue (champ proche 20 cm) n'appelle pas de commentaire particulier, si ce n'est la remarque suivante : la légère « bosse » aux environs de 400 Hz semble en grande partie imputable à l'effet de baffle de l'enceinte, ses dimensions devant alors comparables à la longueur d'onde. Il paraît en effet difficile de mettre en cause le haut-parleur lui-même, sa réponse sur baffle infini étant irréprochable dans cette zone.

Tel qu'il est, le caisson doit donc fonctionner idéalement jusqu'à une fréquence de raccordement de 500 Hz, fréquence qu'il est possible de porter à 600 Hz sans inconvénient notable.

Mesures de distorsion

Les dernières mesures effectuées portent sur la distorsion. Le PR 38 utilisé diffère du précédent, ceci afin de mettre en évidence les dispersions éventuelles

de fabrication, qui semblent d'ailleurs faibles. De plus, un amplificateur a été inséré dans la chaîne de mesure (le générateur B & K ne pouvant délivrer un niveau suffisant). Le haut-parleur est donc attaqué sous une impédance de source négligeable, ce qui nous place dans les conditions du filtrage actif. La chute dans l'extrême grave est plus rapide, comme le laissait prévoir la figure 6. L'intérêt de cette modification est qu'elle

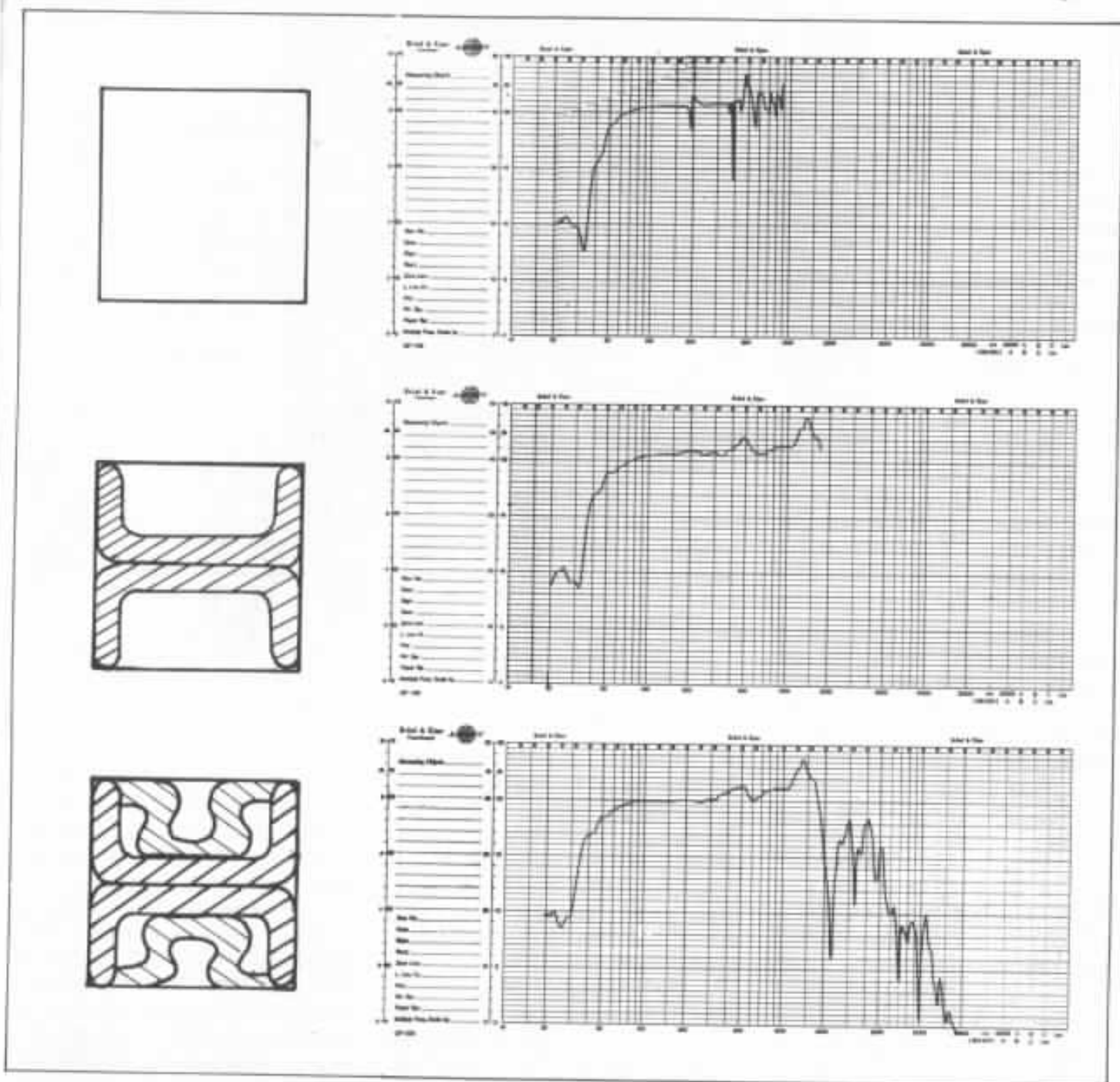


Figure 7 : La mise au point en chambre sourde (7a, 7b, 7c)

supprime toute ambiguïté quant à la notion de puissance électrique, 1 Watt nominal étant défini par une tension de 2,83 V eff en sortie d'amplificateur. Les essais ont été effectués à trois puissances différentes : 0,1 W, 1 W et 10 W, soit des niveaux sonores de 88 dB, 98 dB et 108 dB à 1 m ! Seuls les harmoniques 2 et 3 ont été pris en considération, les harmoniques d'ordre supérieur s'étant toujours avérés négligeables. Les tracés correspondants sont relevés de 30 dB par rapport au fondamental.

La première courbe (cf fig. 8 a) est donc assimilable à 2 dB près aux classiques mesures à 90 dB. Nous avons été gênés par le bruit ambiant, d'ailleurs très faible, mais suffisant pour masquer la distorsion, du moins aux fréquences les plus basses. Il semble cependant que l'on puisse avancer le chiffre moyen de 0,15 % au-dessus de 100 Hz.

Les problèmes de bruit disparaissent en augmentant le niveau sonore de 10 dB. La distorsion est essentiellement d'harmonique 2 (cf fig. 8 b). Elle culmine à 0,4 % à 60 Hz (c'est-à-dire la zone de débattement maximum comme nous l'avons démontré dans le n° 4), pour redescendre en dessous de 0,3 % à 40 Hz !

La dernière mesure est tout à fait inhabituelle, puisqu'elle est réalisée à une puissance de 10 W, soit 108 dB/1 m et donc près de 20 dB de plus que les mesures traditionnelles. A titre anecdotique, nous avons dû utiliser des casques anti-bruit, les niveaux sonores atteints étant intolérables. Tous les supports métalliques de la chambre sourde sont entrés en résonance entre 100 et 500 Hz, ce qui explique l'allure des courbes dans cette zone. Néanmoins, on peut considérer comme significatives les caractéristiques relevées en dessous de 100 Hz. La distorsion à 40 Hz est donc de 1 %, ce qui est exceptionnel à un tel niveau.

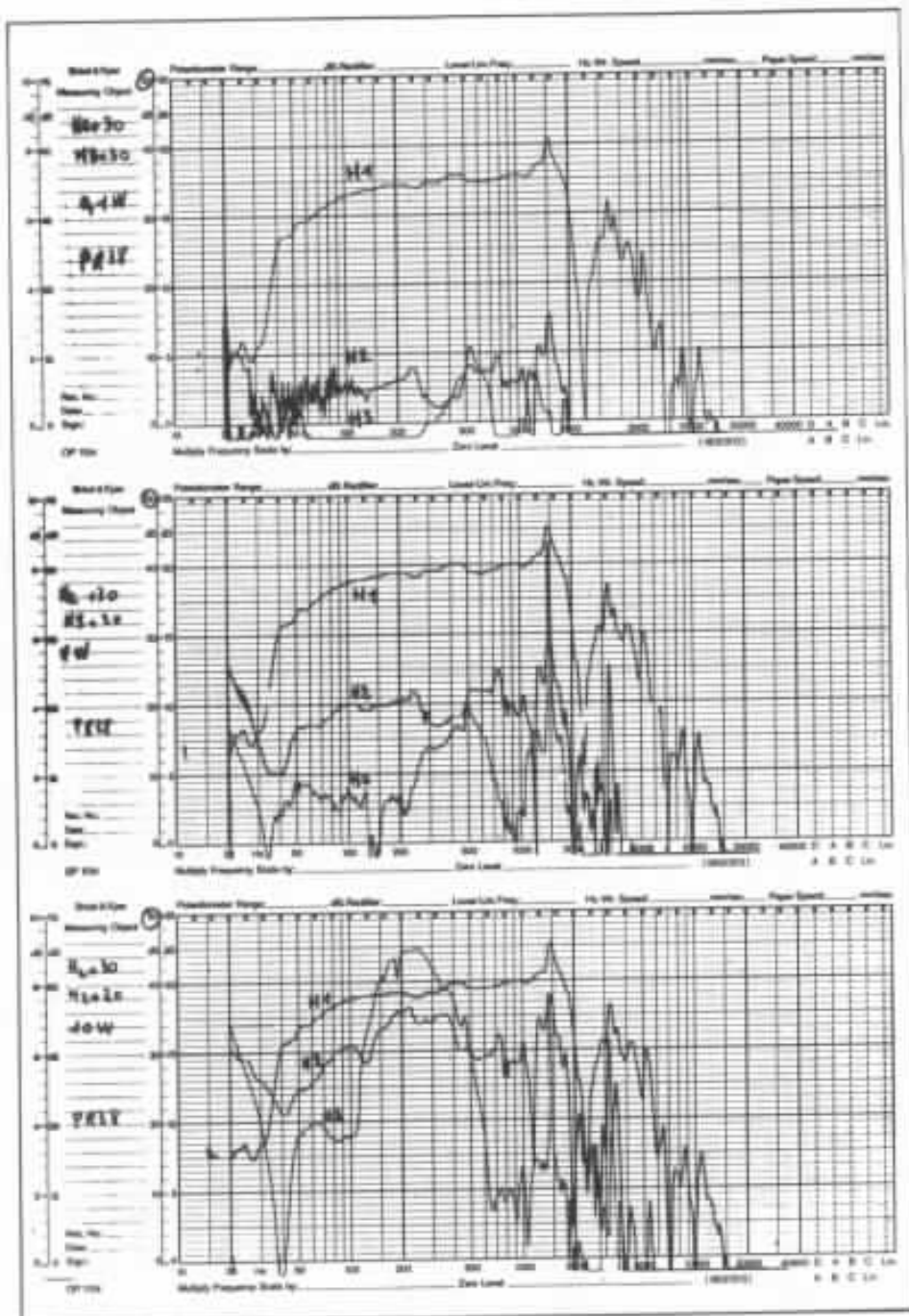


Figure 8 : Mesures de distorsion à 0,1 W, 1 W et 10 W

La théorie et la pratique

Au vu des résultats obtenus, on ne peut que se féliciter de cette approche théorique. Il est cependant nécessaire de faire le bilan de nos mesures et de vérifier si elles sont conformes à nos prévisions.

Dans le domaine de la distorsion, les mesures sont en parfait accord avec ce qu'on était en droit d'espérer. La courbe de débattement du haut-parleur permettait en effet de prévoir des

distorsions très faibles avec un maximum aux environs de 60 Hz et un minimum à la fréquence d'accord, choses qui ont été effectivement constatées.

Pour ce qui est de la courbe de réponse, on pourrait être plus sceptique quant à la précision des prévisions théoriques. La fréquence de coupure est en effet de 50 Hz au lieu de 44 Hz. La courbe obtenue, tout en étant irréprochable, n'est donc pas conforme à celle de la figure 2.

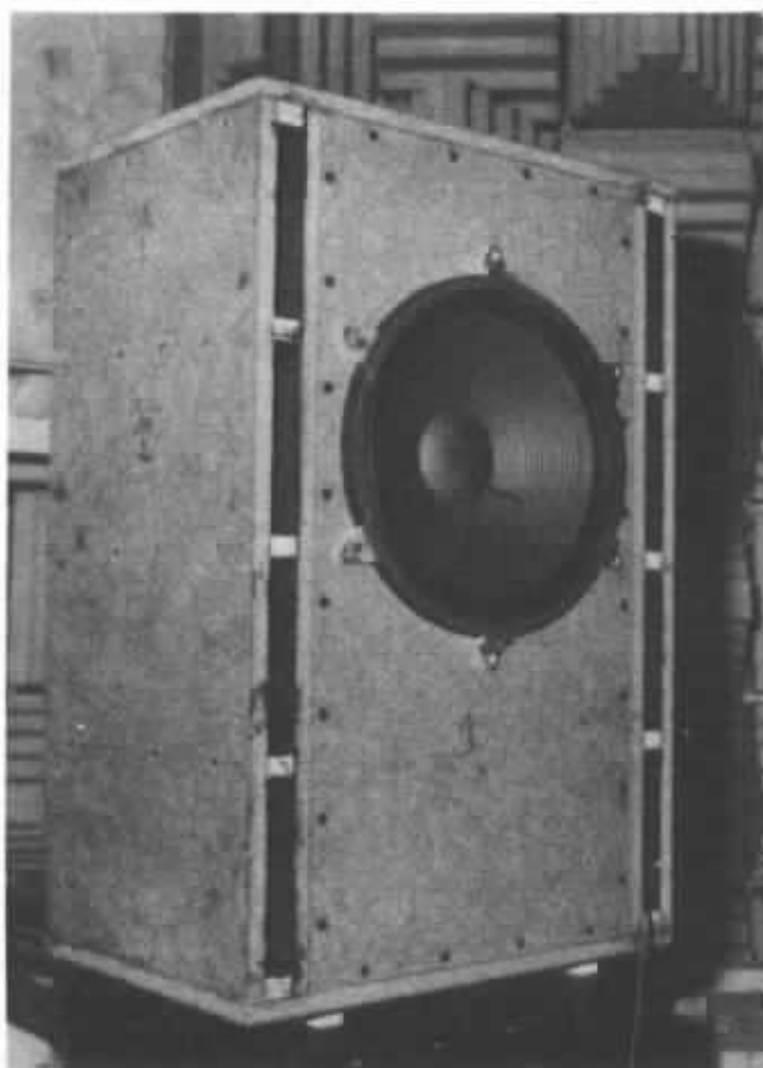


Figure 9 : Essai du prototype de l'enceinte en chambre sourde

Il faut pourtant se garder d'incriminer la théorie, mais plutôt examiner le problème de la chambre sourde. On sait que peu d'entre elles sont dignes de cette appellation en dessous de 50 Hz. Ce défaut est presque inévitable : pour amortir efficacement une onde acoustique à 30 Hz, il faut placer des matériaux absorbants aux endroits où la vitesse de l'air est maximale, soit à une distance de $\lambda/4$ des parois. Ceci conduit à une épaisseur de laine de verre de 3 m environ !

La chambre sourde de l'ENST ne fait pas exception à la règle, ce qui explique la chute prématurée de l'extrême grave. Cette affirmation semble contredire la théorie de Roy Allison, sur l'influence du local (cf *Audio-ophile* n° 9). La contradiction

n'est heureusement qu'apparente. Roy Allison ne prend en compte que la puissance totale rayonnée. Il peut dans ces conditions négliger l'influence des parois éloignées de la source. Si, par contre, on mesure une pression en un point donné, il faut alors connaître la répartition du champ acoustique et faire intervenir les ondes stationnaires dont l'existence est justement liée à celle des parois ignorées précédemment.

Les mesures en chambre sourde sont effectuées au voisinage du haut-parleur, donc en un point où la vitesse de l'air est maximale. Compte tenu de l'existence d'ondes stationnaires, ceci correspond à un minimum de pression, ce qui explique les

effets constatés.

On peut s'en convaincre en mesurant le niveau sonore en un point plus éloigné du haut-parleur. On constate alors une remontée de l'extrême grave. Ceci s'accompagne naturellement de fortes ondulations de la courbe de réponse (cf fig. 10).

Mesures à l'intérieur de l'enceinte

Il existe une méthode de mesure qui complète parfaitement les mesures classiques. Elle est valable uniquement dans l'extrême grave, mais qu'importe, puisque c'est justement le domaine où les mesures en chambre sourde deviennent sujettes à caution. Cette méthode, qui a été préconisée

par Richard H. Small (JAES janvier 72), consiste à placer un micro à l'intérieur de l'enceinte et à relever la courbe de réponse dans ces conditions. On démontre facilement (avec l'aide du modèle de Thiele décrit dans le n° 14) que la pression acoustique en champ libre se déduit de la pression interne par une simple correction de 12 dB par octave. La courbe théorique (cf fig. 19) montre que la pression interne pour 1 W électrique culmine à 131 dB aux environs de 48 Hz ! Si l'on appliquait 200 W électri-

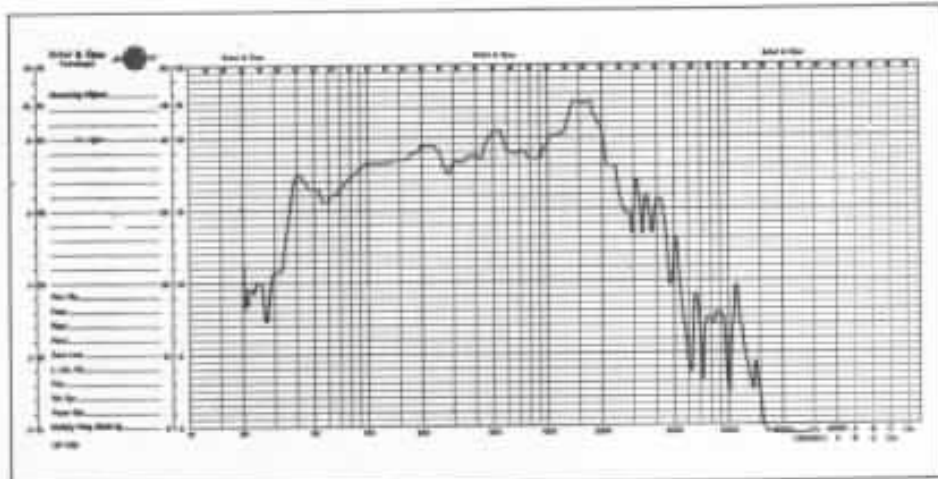


Figure 10 : L'influence de la chambre sourde

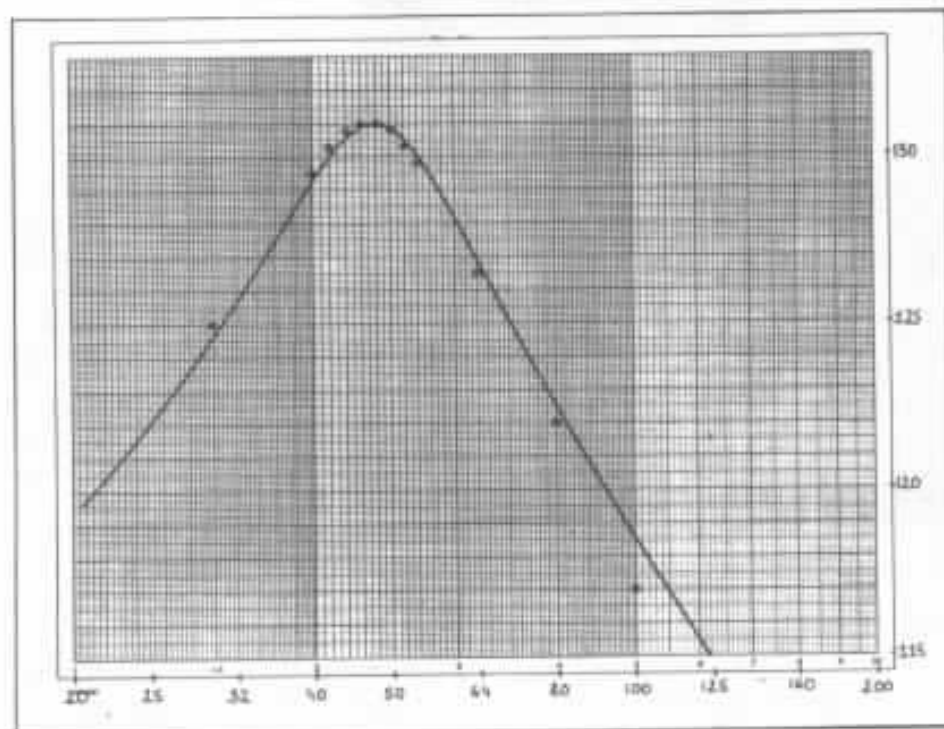


Figure 11 : Pression interne théorique et mesures

ques à 48 Hz (ce que supporte le haut-parleur, aussi bien sur le plan thermique que sur le plan débattement), la pression interne atteindrait donc 154 dB ! Il est difficile, au vu de ces chiffres, de nier l'importance capitale de la rigidité du caisson.

L'intérêt de cette méthode est qu'elle permet de s'affranchir en grande partie des problèmes de la chambre sourde, la pression interne ne dépendant que très peu de l'impédance de rayonnement vue par le haut-parleur. Son application demande cepen-

dant un certain nombre de précautions. Il faut tout d'abord se rapprocher le plus possible du modèle de Thiele et par conséquent ôter tous les matériaux absorbants. Cette modification n'a pas d'influence sensible sur l'extrême grave (cf fig. 7). De plus, la pression interne doit être indépendante du positionnement du micro dans l'enceinte.

Ceci n'est vérifié que jusqu'à 100 Hz environ. Les meilleurs résultats sont obtenus en décentrant légèrement le micro à l'intérieur de l'enceinte.

Les mesures ont été effectuées point par point (afin d'obtenir une meilleure précision) et reportées sur la courbe théorique, en valeur relative par rapport à une mesure de référence (48 Hz).

La pression maximale de 131 dB pour 1 W a été effectivement relevée, aux erreurs de mesure près. De plus, les points de mesures coïncident presque parfaitement avec la courbe théorique. Ils ne s'en écartent que lorsque la fréquence augmente et divergent franchement au-delà de 100 Hz, ceci en raison de l'apparition d'ondes stationnaires.

Cette dernière expérience démontre que l'approche théorique du bass-reflex est extrêmement féconde et que les résultats sont en parfait accord avec les prévisions. On peut fixer la limite supérieure de son domaine de validité à 200 Hz environ. Au-delà, la forme interne du coffret (ondes stationnaires), sa forme externe (effets de diffraction) et le comportement du haut-parleur (modes de vibrations de la membrane) jouent un rôle déterminant dans la courbe de réponse. La qualité du résultat final dépendra aussi d'une multitude d'autres paramètres parmi lesquels on peut citer la nature et la disposition des matériaux absorbants, ainsi que la rigidité et les modes de vibrations du coffret. Nous sommes



Figure 12 : Vue de l'enceinte terminée

donc finalement très loin de l'enceinte calculée par ordinateur.

L'approche théorique est néanmoins indispensable. La conception d'un bass-reflex est trop « pointue » pour qu'il soit permis d'improviser.

Conclusion

Malgré ses succès, la théorie du bass-reflex semble pourtant contestable sur un point : elle est entièrement basée sur l'hypothèse du rayonnement en champ libre. Cette hypothèse est naturellement fautive dans le cadre d'une écoute domestique et n'est

même pas vérifiée en chambre sourde, du moins dans l'extrême grave. Il est donc légitime de s'interroger sur l'intérêt de l'optimisation d'une enceinte dans ces conditions, pratique qui est pourtant presque universelle. C'est un vaste sujet, qu'il ne peut être question de traiter ici en détail. On peut cependant avancer l'argument suivant : la courbe de réponse d'un local d'écoute est liée aux différents modes de propagation des ondes acoustiques, à leur amortissement, au temps d'établissement des ondes stationnaires et est finalement indissociable de la

réverbération propre de la pièce. Il est donc absurde de l'assimiler à celle de l'enceinte. Elles sont d'une nature totalement différente. Il est donc indispensable de fractionner le problème et d'optimiser l'enceinte indépendamment du local, ce qui justifie l'approche traditionnelle (mesures en chambre sourde).

Mais, naturellement, il faut attacher une importance tout aussi grande à l'amélioration du local et au positionnement des enceintes. La théorie de Roy Allison dans ce domaine me semble donc fondamentalement complémentaire.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

Application des condensateurs à l'audio

2 - Les condensateurs électrolytiques

Yves Cochet

Parmi les composants passifs, les condensateurs électrochimiques sont souvent les plus médiocres. Non seulement leurs caractéristiques électriques ne sont pas fameuses, mais aussi leurs caractéristiques mécaniques, particulièrement en ce qui concerne les vibrations mécaniques. Cependant, au cours des dix dernières années, une importante évolution technologique a eu lieu. Certains objectent que, si les condensateurs électrolytiques sont si médiocres, il est inutile de les utiliser en basse fréquence. Mais, si l'on considère le coût et l'encombrement d'une alimentation de 5 000 μ F 350 volts ou de 500 000 μ F 63 volts, réalisée en condensateurs polyester, il est bien évident que l'on ne peut se passer de ceux-ci.

Evolution des condensateurs électrochimiques

L'évolution des condensateurs électrochimiques se situe essentiellement sur trois plans : la fiabilité, l'encombrement, la qualité ; mais il faut remarquer que ces trois facteurs interfèrent.

La fiabilité a augmenté grâce à l'utilisation d'électrolytes ayant des pertes plus faibles, présentant une meilleure tenue en température et dont l'évaporation se fait plus lentement. Les connexions avec les électrodes ont

été améliorées, l'étanchéité des boîtiers est devenue plus grande.

L'encombrement a beaucoup diminué grâce à l'utilisation d'électrodes en aluminium de plus en plus gravé, à la place d'électrodes en aluminium lisse. Cette diminution considérable du volume entraîne une très grande amélioration des caractéristiques, particulièrement dans les hautes fréquences. Ceci nous amène au troisième point, l'augmentation de la qualité.

Cette amélioration aux hautes fréquences est due à la diminution du nombre de spires du

bobinage, ce qui diminue la self induction du condensateur. D'autre part, une amélioration considérable de l'impédance série du condensateur, à toutes les fréquences, peut être obtenue par la technique des multiconnexions, par la forme du boîtier du condensateur, par des électrolytes spéciaux. Le paramètre sur lequel il est le plus difficile d'agir est la rigidité mécanique, à cause de la présence d'un buvard imprégné d'électrolyte. Seule l'utilisation d'électrolytes solides devrait permettre une grande amélioration de ce paramètre.

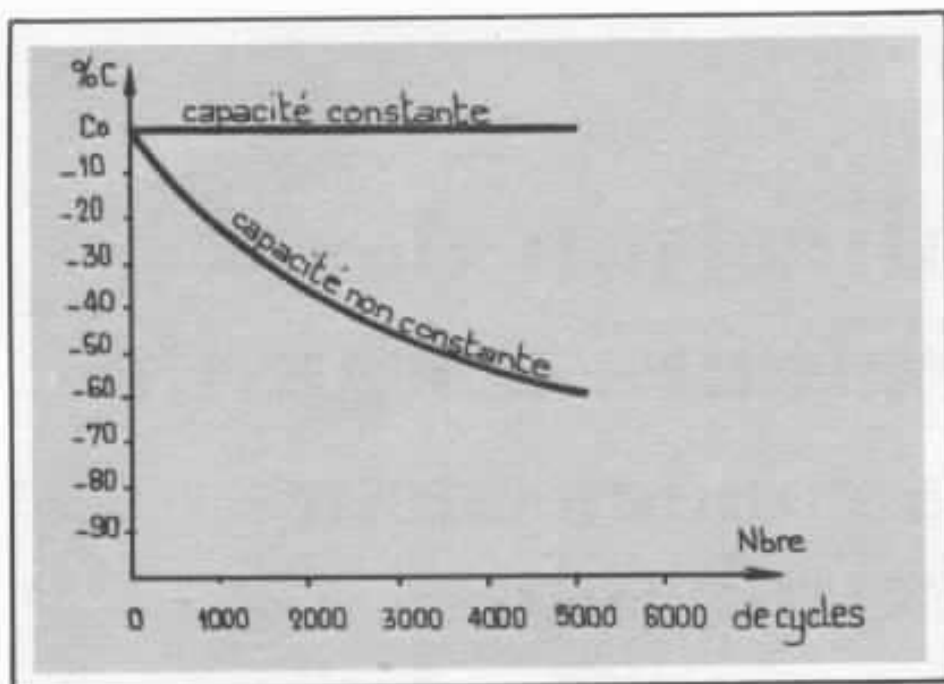


Fig.1 : Evolution de la capacité d'un condensateur à « capacité constante » ou à « capacité non constante » en fonction du nombre de cycles « charge-décharge ».

L'évolution de la technologie des condensateurs électrochimiques a été liée à la demande de composants pour des usages particuliers par certains constructeurs. L'utilisation de régimes de décharge brutale pour les flashes électroniques, le travail intense et prolongé à hautes fréquences dans les alimentations à découpage ont permis, en même temps que la réalisation de composants spéciaux, une meilleure compréhension du fonctionnement des condensateurs électrolytiques.

Comportement d'un condensateur électrolytique fonctionnant en régime de charges-décharges

Lorsque des condensateurs électrolytiques à électrodes en aluminium sont soumis à ces cycles répétés de charges et de décharges (flashes électroniques, relais retardés ou simplement allumage et extinction d'un ensemble électronique), certains d'entre eux accusent une plus ou moins grande diminution de leur capacité en fonction du nombre de cycles de « charges-décharges ». Cette diminution de capa-

acité est d'autant plus grande que le temps de décharge est plus court. Ces condensateurs sont dits à « capacité non constante ». Par contre, si dans de telles conditions d'utilisation la valeur de la capacité ne varie pratiquement pas ou se maintient dans des limites raisonnables (par exemple 5 %), ils sont dits à « capacité constante ».

Les courbes de la figure 1 illustrent les chapitres suivants, l'aspect théorique de la diminution de capacité et les moyens à utiliser afin de l'éviter.

Généralités

a) Technologie

Enumérons et rappelons brièvement le rôle des différents constituants d'un condensateur électrolytique :

- **anode** - L'anode est habituellement faite d'une feuille mince d'aluminium à surface agrandie (gravée), recouverte par un procédé électrochimique, d'une couche d'oxyde d'aluminium diélectrique, dont l'épaisseur dépend de sa tension de formation, et qui détermine la capacité par unité de surface de l'électrode.

La capacité suit une fonction de la forme Uf^{-1} (Uf étant la tension de formation), ce qui entraîne, pour une électrode donnée, de fortes capacités spécifiques pour les faibles tensions de formation et de faibles capacités spécifiques pour les fortes tensions de formation. On peut admettre, en première approximation, que :

$$CUf = \text{constante et } C = \frac{C^*}{Uf}$$

C étant la capacité spécifique de l'électrode pour une tension de formation Uf .

Notons également que le diélectrique n'est jamais parfait et qu'il présente des pertes parallèles qui déterminent le courant de fuite du condensateur.

- **cathode** - Une seconde électrode, appelée communément cathode et jouant un rôle d'équipotentielle, est placée vis-à-vis de l'anode. Cette électrode, également en aluminium et qui n'est généralement pas formée, est cependant recouverte d'une très mince couche d'oxyde se formant spontanément à l'air et lui permettant de tenir une tension continue directe d'environ 2 V, associée à une relativement grande capacité spécifique.

- **électrolyte** - L'électrolyte d'imprégnation, absorbé par un papier buvard placé entre l'anode et la cathode, doit remplir deux fonctions :

- 1) transporter les charges de la cathode jusqu'au diélectrique et réciproquement (c'est donc un conducteur ionique) ;
- 2) parfaire ou réparer les aires d'oxyde de l'anode présentant des défauts. Il doit donc avoir un pouvoir oxydant.

C'est lui qui est aussi responsable, en grande partie, des évolutions des paramètres du condensateur en fonction de la température. L'ensemble papier + électrolyte constitue une partie de la résistance série du condensateur.

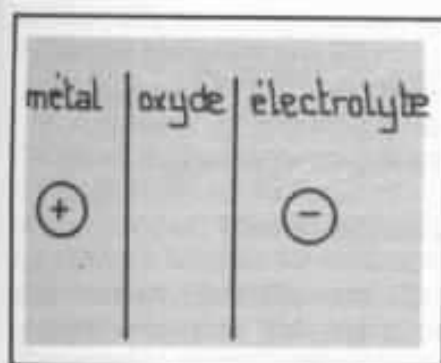


Fig. 2 : Polarisation nécessaire du diélectrique d'un condensateur électrolytique pour qu'il joue son rôle de blocage.

b) Effet valve

On appelle « effet valve » la faculté de l'oxyde d'aluminium de s'opposer au passage du courant lorsqu'il est polarisé suivant la figure 2, alors qu'il le laisse

déplacements de charges ioniques, donc de grande inertie.

c) Schéma électrique d'un condensateur électrolytique

De ce qui précède, nous pouvons établir un schéma électrique approximatif d'un condensateur électrolytique en basse et très basse fréquence.

(Voir figure ci-dessous).

Mentionnons aussi que si la variation du courant de fuite peut suivre sensiblement la loi d'Ohm en fonction de l'élévation de la tension aux bornes d'un condensateur (champs électriques faibles), il n'en est plus de même lorsque l'on approche de la tension de formation ou

diminution considérable de la résistance interne de la diode A : dans les deux cas le résultat est semblable.

d) Mesure d'un condensateur électrolytique

Habituellement, lorsque l'on mesure un condensateur électrolytique à l'aide d'un pont, un signal alternatif de fréquence 100 Hz et d'amplitude 0,5 V eff lui est appliqué. L'effet valve, comme on l'a dit précédemment plus haut, ne joue pratiquement plus et la capacité mesurée est sensiblement :

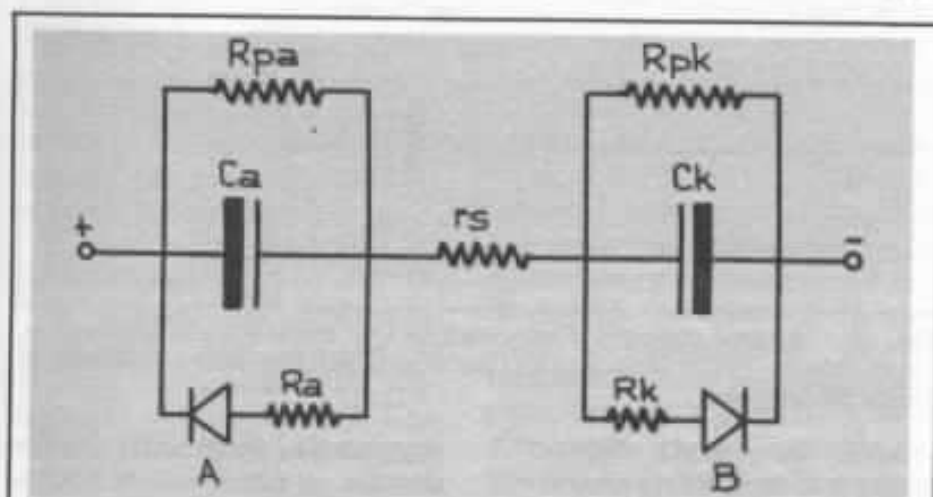
$$C = \frac{C_a \cdot C_k}{C_a + C_k}$$

puisque l'on a affaire à un ensemble de deux condensateurs montés en série.

Si on adopte une méthode à courant continu, on aura par contre :

$$C' = C_a \text{ (plus grande que } C)$$

Ainsi, suivant la méthode de mesure utilisée, on obtiendra une valeur de C différente.



- Ca = capacité de l'anode
- Ck = capacité de la cathode
- Rpa = résistance parallèle de l'anode
- Rpk = résistance parallèle de la cathode lorsque la polarisation est inversée et inférieure à 2 V
- Ra = résistance de l'anode lorsque la polarisation est inversée
- Rk = résistance de la cathode en polarisation normale
- A et B = diodes symbolisant « l'effet valve »

passer lorsque les polarités sont inversées. C'est pour cette raison que les condensateurs électrolytiques sont dits « polarisés » en courant continu.

En courant alternatif et pour des fréquences de quelques dizaines d'Hertz, cet effet s'atténue considérablement : il est dû à des

lorsqu'on la dépasse (champs électriques forts). A ce moment, la variation du courant devient approximativement logarithmique et la couche d'oxyde recommence à se former, donc à épaissir. Ceci, sur notre schéma, peut correspondre à l'effondrement de la résistance Rp ou à une

$$Q = C_a U_n$$

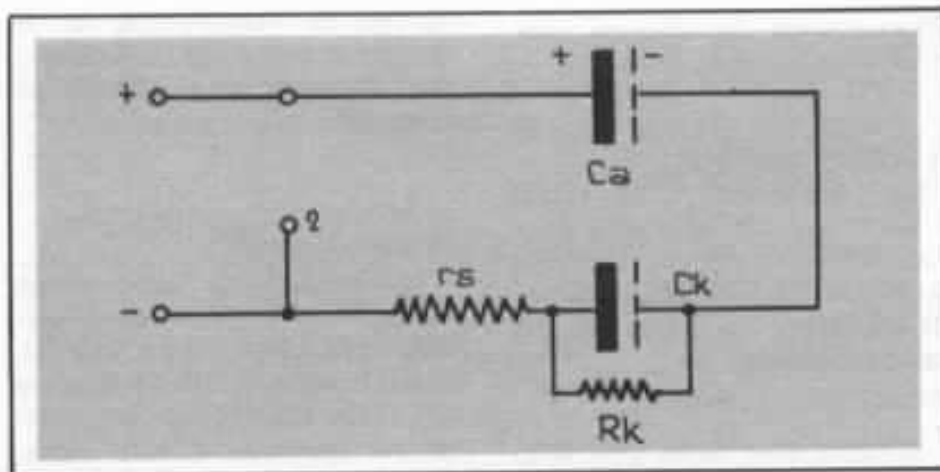


Fig. 3a : Schéma simplifié d'un condensateur électrolytique.

Décharge d'un condensateur électrolytique

a) Mécanisme

Simplifions le schéma que nous venons de définir afin d'obtenir celui de la figure 3a, la résistance r_s représentant toutes les résistances en série avec le condensateur (et en particulier sa résistance extérieure de décharge).

Supposons cette résistance r_s suffisamment faible pour la négliger à son tour : c'est le cas du condensateur déchargé en court-circuit qui nous est montré figure 3b.

Le condensateur étant chargé, passons l'interrupteur sur la position 2. La résistance R_k étant relativement grande devant le court-circuit, les charges

$$Q = C_a U_n$$

vont se répartir entre les deux condensateurs C_a et C_k , de façon telle que les tensions U_r (tension d'équilibre du système, donc tension résiduelle de C_a) et U_{ck} soient identiques, c'est-à-dire :

$$U_r = U_{ck}$$

En effet, le condensateur C_k , du fait de la décharge de C_a , se trouve polarisé dans le sens qui convient pour que son effet de blocage agisse.

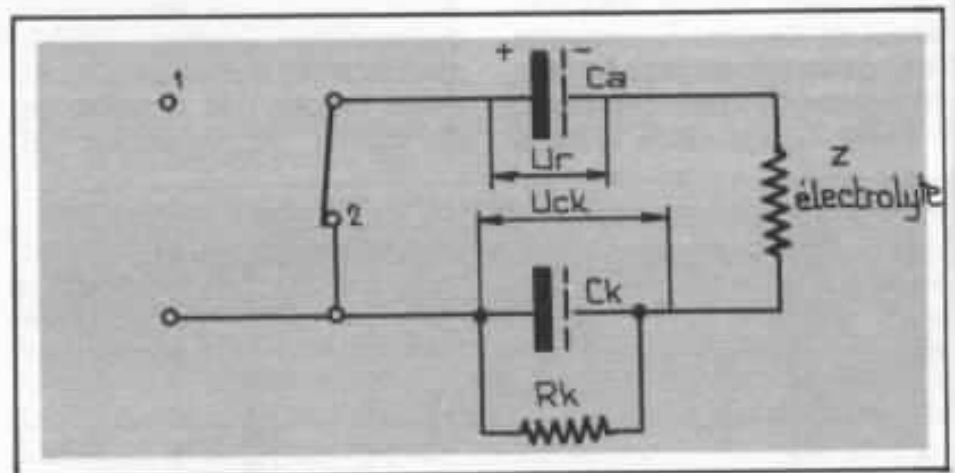


Fig. 3b : Schéma simplifié d'un condensateur électrolytique déchargé en court-circuit. C'est la résistance de l'électrolyte qui détermine la constante de temps de décharge.

Ainsi, les charges vont tendre à se répartir suivant la relation :

$$C_a U_n = C_a U_r + C_k U_r$$

d'où l'on tire :

$$U_r = U_n \frac{C_a}{C_a + C_k}$$

Or, cette tension U_r ne va pouvoir s'établir que si elle est inférieure à 2 V, puisque le pouvoir de blocage de la couche d'arrêt de C_k est sensiblement limité à cette valeur. Pour remplir cette condition, il faut donc que :

$$C_a U_n \leq C_a \cdot 2 + C_k \cdot 2$$

et par suite :

$$U_n \leq 2 \frac{(C_a + C_k)}{C_a}$$

ou

$$C_k \geq C_a \frac{(U_n - 2)}{2}$$

$$C_k \geq \frac{1}{2} C_a (U_n - 1)$$

avec U_n en volts

Si ces conditions ne sont pas remplies, U_r va tendre malgré tout à s'établir, va dépasser la tension de formation de C_k qui est de 2 V et la capacité C_k va diminuer puisque l'électrode d'aluminium va se former au-dessus de 2 V (grâce au pouvoir

oxydant de l'électrolyte), la relation $C_k = C_{te}/U_r$ étant respectée.

A chaque cycle de charge-décharge, le même processus va se produire et U_r va tendre vers U_n selon l'équation 1, pendant que C_k va tendre vers une valeur très petite C_k .

b) Conséquence

Lorsque l'on mesure un condensateur en courant alternatif avant de l'exposer à un régime de « charges-décharges », on a :

$$C_0 = \frac{C_a \cdot C_k}{C_a + C_k}$$

Lorsqu'on le mesure après un grand nombre de cycles, on a :

$$C^* = \frac{C_a \cdot C'_k}{C_a + C'_k} < C_0$$

puisque C_k est devenu lui-même beaucoup plus petit que C_k .

c) Elargissement

Au moment de la décharge de C_a dans C_k , nous voyons qu'une partie de la charge va rapidement se dissiper dans la résistance R_k . La vitesse à laquelle U_r va tendre vers U_n sera donc d'autant plus petite que R_k sera plus petite ou que le métal cathodique demandera plus d'énergie pour être formé.

D'autre part, dans le cas général de la figure 3a, la tension U_{ck} va tendre à être limitée par la résistance r_s d'autant plus que cette dernière sera plus grande.

Ainsi, l'évolution de la capacité globale du condensateur sera conditionnée par la valeur du rapport r_s/R_k , la diminution de capacité étant d'autant plus faible que ce rapport sera plus grand. Autrement dit, la diminution de la capacité du condensateur sera d'autant plus grande que sa résistance de décharge sera plus faible.

Conclusions

En régime de « charges-décharges », afin d'éviter la variation de capacité d'un condensateur électrolytique à électrodes en aluminium, il faut remplir l'une des conditions suivantes :

a) Avoir :

$$U_n \ll U_r \frac{C_a + C_k}{C_a}$$

ce qui conduit à prendre un rapport

$$\frac{U_n}{U_s} \text{ très grand}$$

(U_n = tension nominale, U_s = tension de service), solution impensable qui limiterait l'utilisation de ces condensateurs à des tensions de l'ordre de quelques volts (dépendantes du rapport r_s/R_k).

b) Avoir $U_n \approx U_r$ de construc-

tion, ce qui revient à réaliser un condensateur dit « non polarisé », donc à perdre en caractéristiques dimensionnelles et en prix.

$$c) C_k \gg \frac{U_n - U_r}{U_r} \text{ avec } U_r = 2 V,$$

ce qui conduit à utiliser, pour la réalisation de l'électrode cathodique, un métal de très grande surface réelle (métal gravé).

Dans l'état actuel des techniques, seule la solution c) est facilement réalisable et c'est elle qui est utilisée pour la réalisation des condensateurs dits « à capacité constante ».

Cette étude permet de comprendre qu'il est possible de réaliser des condensateurs électrochimiques polarisés, capables de fonctionner en courant alternatif sans tension de polarisation. Pour obtenir ce résultat, le condensateur doit comporter un condensateur de cathode en aluminium très gravé et un condensateur d'anode en aluminium lisse ou très peu gravé. Dans ces conditions, on restera très en dessous de la tension de formation, le condensateur pourra fonctionner dans une bande passante dépassant 20 kHz. A titre d'exemple, un condensateur de ce type, isolé à 100 volts en courant continu, pourra supporter 35 volts alternatifs et être traversé par un courant de 2,4 ampères à 1 kHz, 3,9 ampères à 10 kHz, 4,2 ampères à 20 kHz. Ces caractéristiques rendent le condensateur apte à un usage réservé jusqu'à présent aux condensateurs non polarisés à diélectrique plastique ou papier.

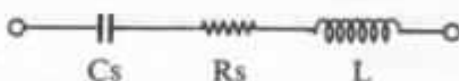
En ce qui concerne un usage basse fréquence, les condensateurs électrolytiques polarisés, capables de supporter une forte composante alternative, seront préférés aux électrolytiques classiques et aux condensateurs au tantale, chaque fois que la composante continue aux bornes du condensateur est faible et chaque

fois que la composante alternative superposée à la composante continue est relativement grande. Le seul inconvénient de ces condensateurs est un encombrement assez grand. Il est particulièrement recommandé de les utiliser en découplage de cathode dans les amplificateurs à tube, surtout dans les préamplificateurs, car, dans cet emploi, la tension à leurs bornes est de 2 à 3 volts.

Comportement d'un condensateur électrolytique à électrodes en aluminium en fonction de la fréquence

Schéma équivalent simplifié

Le schéma équivalent simplifié d'un condensateur électrolytique à l'aluminium peut être celui indiqué ci-dessous, si on ne considère que son fonctionnement (son comportement) en fonction de la fréquence :



C_s = capacité résultante de la mise en série des capacités d'anode et de cathode ;

R_s = résistance série totale de l'électrolyte, du papier imprégné, des armatures et des connexions ;

L = inductance du bobinage et des connexions.

Comportement en fréquence

Compte tenu du schéma équivalent proposé ci-dessus, l'impédance du condensateur va pouvoir se décomposer en trois zones importantes :

- zone de prédominance de C_s ;
- zone de prédominance de R_s ;
- zone de prédominance de L .

La courbe de l'impédance Z aura donc l'allure ci-après :

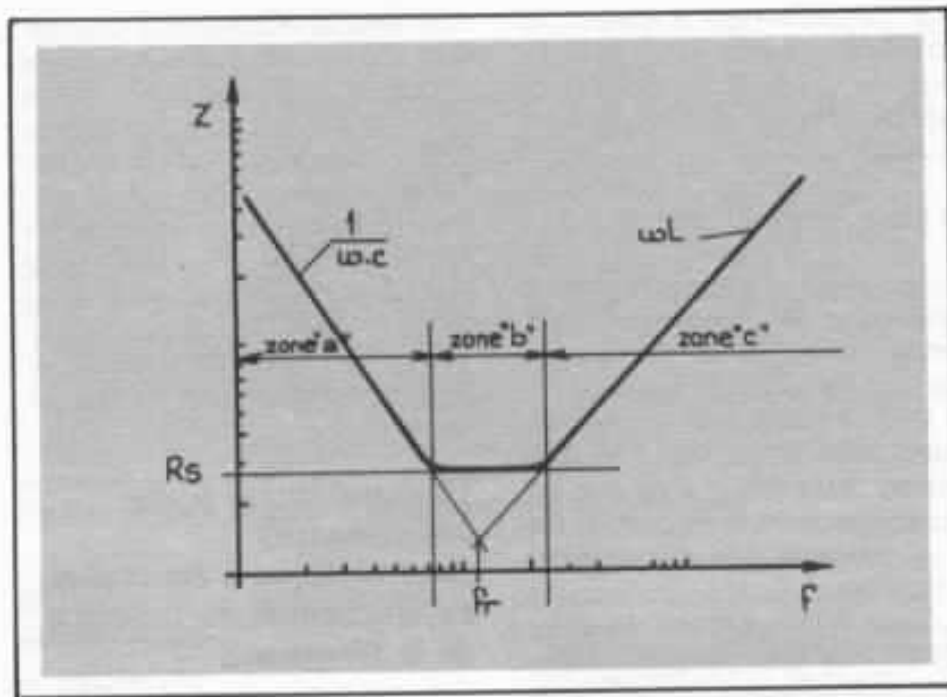


Fig. 4 : Variation de l'impédance Z en fonction de la fréquence.

Pour qu'un condensateur puisse être utilisé sur une gamme de fréquences la plus étendue possible, il faut donc que l'inductance L soit la plus petite possible.

Pour qu'un condensateur puisse être traversé par un courant alternatif maximum sans échauffement excessif, et que d'autre part son Rc propre soit le plus faible possible, il faut que R_s soit la plus faible possible.

Pour illustrer ce comportement par un exemple pratique, citons les nouveaux condensateurs « Taille Basse » CEF.

Ces condensateurs rassemblent un certain nombre d'avantages par rapport aux séries disponibles jusqu'à maintenant.

a) Leur « géométrie » permet de les loger dans des ensembles extra-plats, tels que les amplificateurs Hifi. Deux hauteurs, hors tout, ont été choisies pour couvrir l'ensemble des valeurs : 30 mm pour les valeurs les plus faibles et 40 mm pour les valeurs les plus élevées.

b) Leur charge (Cn Un) par unité de volume représente ce qui peut

pratiquement se faire de plus élevé à l'heure actuelle, d'où une très grande compacité et un important gain en volume.

c) Grâce à leur technologie multi-connexions, leur résistance série R_s et leur inductance L ont été réduites à des valeurs extrêmement faibles telles que, pour un 47 000 μF 25 V par exemple : R_s à 100 Hz de l'ordre de 5 m Ω (de même que Z entre 5 et 50 kHz) et L de l'ordre de 13 nH.

La très faible résistance série autorise de forts courants alternatifs.

La très faible inductance donne une fréquence de résonance élevée.

Exemple pour le 47 000 μF 25 V :

I eff. max. à + 85° C et 100 Hz : 14 A ;

I eff. max. à + 40° C et 100 Hz : 30 A ;

fréquence de résonance : 16 000 Hz.

La comparaison entre un condensateur de facture conventionnelle à sorties axiales CAR (1) et un condensateur de type TB (2) de 2 200 μF 63 V, est donnée par les courbes ci-dessous :

Il est très important d'utiliser des condensateurs électrolytiques de très bonne qualité. S'il est parfois possible d'en améliorer la qualité par la mise en parallèle d'un condensateur de meilleures caractéristiques et de valeur plus faible, cette amélioration reste très faible dans la plupart des cas. Un condensateur de mauvaise qualité se décharge mal et garde une énergie stockée après une décharge qui perturbe le signal. D'autre part, il y a le risque de former un réseau LC pouvant entraîner une instabilité de l'alimentation aux

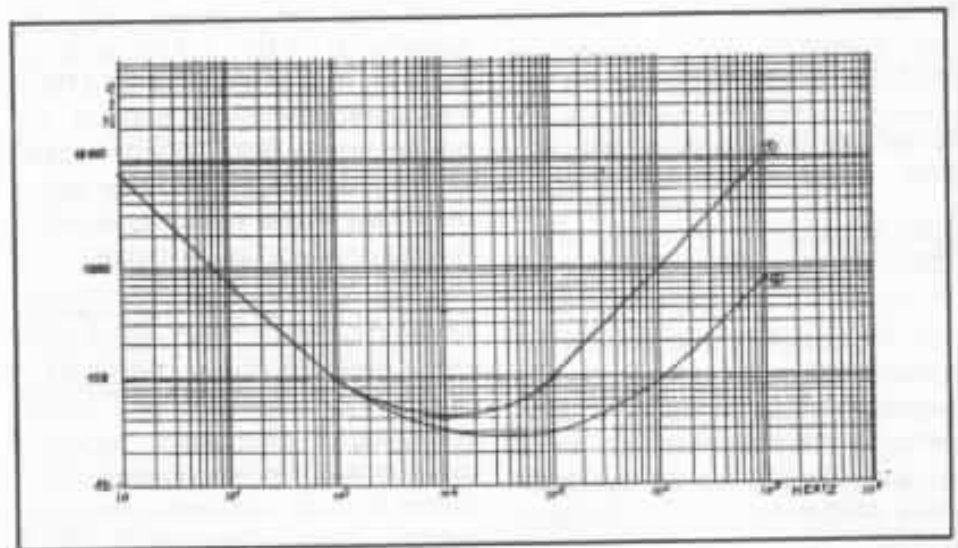


Fig. 5 : Comparaison de la variation d'impédance pour deux condensateurs de 2 200 μF , l'un conventionnel, l'autre de technique TB.

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

La platine Oracle

Interview de ses concepteurs

Gérard Chrétien

La platine Oracle, sortie depuis à peine six mois en Amérique du Nord, fait l'objet d'un véritable mythe et est considérée par la plupart des personnes averties comme la nouvelle référence en matière de platine tourne-disque commerciale. Nous avons eu la chance, début septembre, de rencontrer les deux principaux animateurs de la jeune firme canadienne, Marcel Riendeau et Michel Saint Pierre, avec lesquels nous avons échangé nos idées et notre vision des choses autour du thème de la platine.

Gérard Chrétien : De quand date l'idée de la platine Oracle ?

Marcel Riendeau : Il faut remonter à une époque où nous étions nous-mêmes, en tant que passionnés, à la recherche des meilleurs produits disponibles sur le marché ; il y a donc trois ou quatre ans.

Michel et moi-même avons créé une société de distribution de matériel de haute qualité. Et, de toute évidence, trouver une platine de qualité posait des problèmes. Tant du point de vue marché japonais qu'américain, on trouvait bien sûr des monstres sacrés, mais dont le prix et la qualité n'étaient pas pour autant justifiés. La Linn Sondek était déjà importée. Il y avait ainsi un bon créneau dans lequel travail-

ler. On a donc commencé à définir un cahier des charges pour arriver à cerner la grande majorité des problèmes avec des solutions qui ne soient pas trop coûteuses.

G.C. : Qu'est-ce qui vous a amenés à la haute fidélité ?

M.R. : Michel et moi sommes professeurs à l'université. Michel est en médecine et je suis philosophe de formation par le biais de la science, je travaille dans un laboratoire de physique appliquée. En outre, je suis moi-même musicien semi-professionnel et je m'occupe d'un groupe qui en comporte dix. C'est d'ailleurs la musique qui m'a permis de financer mes études. Bref, c'est la combinaison de tous ces facteurs qui nous a

amenés à nous intéresser de très près à la restitution haute fidélité.

G.C. : Quels ont été les paramètres retenus par ordre prioritaire pour définir votre cahier des charges ?

M.R. : Tout est parti du disque. Tous les problèmes sont inhérents à cette soucoupe de vinyl qui est si facile à exciter. Bien que, par sa nature même, le vinyl soit une substance relativement inerte, il n'en est pas moins vrai qu'une masse très faible de matière morte reste facile à exciter. Nous avons observé depuis plusieurs années la venue sur le marché d'une grande quantité d'accessoires destinés à parfaire le contact entre disque et pla-

teau, du genre palet presseur. Il y avait également toute la polémique autour des couvre-plateaux. Cependant, il n'existait pas vraiment de solution satisfaisante pour éliminer l'air situé entre le disque et le couvre-plateau, surtout lorsque l'on sait qu'un disque est rarement plat. Un simple poids placé au centre arrivera difficilement à tout égaliser et le couvre-plateau, à moins qu'il ne soit très mou, mais cela n'est pas sans poser de problèmes.

sans créer une aspiration, permet d'éliminer l'air et de procurer ainsi un bon couplage.

Michel Saint Pierre : L'élévation au centre du plateau permet, lorsque l'on appuie avec le palet presseur, qui ne repose que sur la périphérie de l'étiquette du disque, d'établir d'abord le contact sur l'extérieur du disque. Puis, lorsque l'on serre, on augmente la pression vers l'intérieur de ce dernier, contrairement aux autres dispositifs qui ont ten-

ser un système de pivots et coussinets où les tolérances seraient tenues à l'intérieur de marges très limitées.

M.S.P. : Un autre aspect est à considérer lorsque le disque est couplé de manière très serrée au couvre-plateau, au plateau et au restant de la table. Il est essentiel de minimiser le plus possible les effets de résonance du plateau, de la contre-platine ainsi que du restant de la table. Cela a constitué un élément du design de notre platine.

M.R. : On a pu pousser l'exercice un peu loin car, chez nous, à l'université, il y a des étudiants qui ne savent pas comment justifier leur maîtrise ou diplôme de fin d'étude. Ainsi, cet été, nous avons proposé un projet dont l'objectif était de faire mieux qu'Oracle. Les professeurs ont donc donné les éléments de départ en disant : « voilà un élément dont on a contribué à l'élaboration. Que peut-on faire de mieux ? ». C'est un début. L'année prochaine, il y aura d'autres étudiants. Ce qui peut devenir intéressant, c'est qu'autour de nos activités, règnent des préoccupations qui porteront leur fruit à moyen ou à plus long terme.

G.C. : Une émulation en quelque sorte autour de ce problème ?

M.R. : C'est cela. Nous avons des ingénieurs qui ont été formés à l'ancienne école, qui consistait à analyser le bruit et les vibrations. Maintenant, il faut amener les gens à essayer de voir quels sont les moyens qui nous permettent d'assurer le « meilleur silence » et le moins de vibrations possible.

Il faut être conscient du fait que c'est un domaine tout nouveau. Cette nouvelle manière d'envisager le problème est un peu le fait du hasard.

G.C. : Je pense, pour ma part,

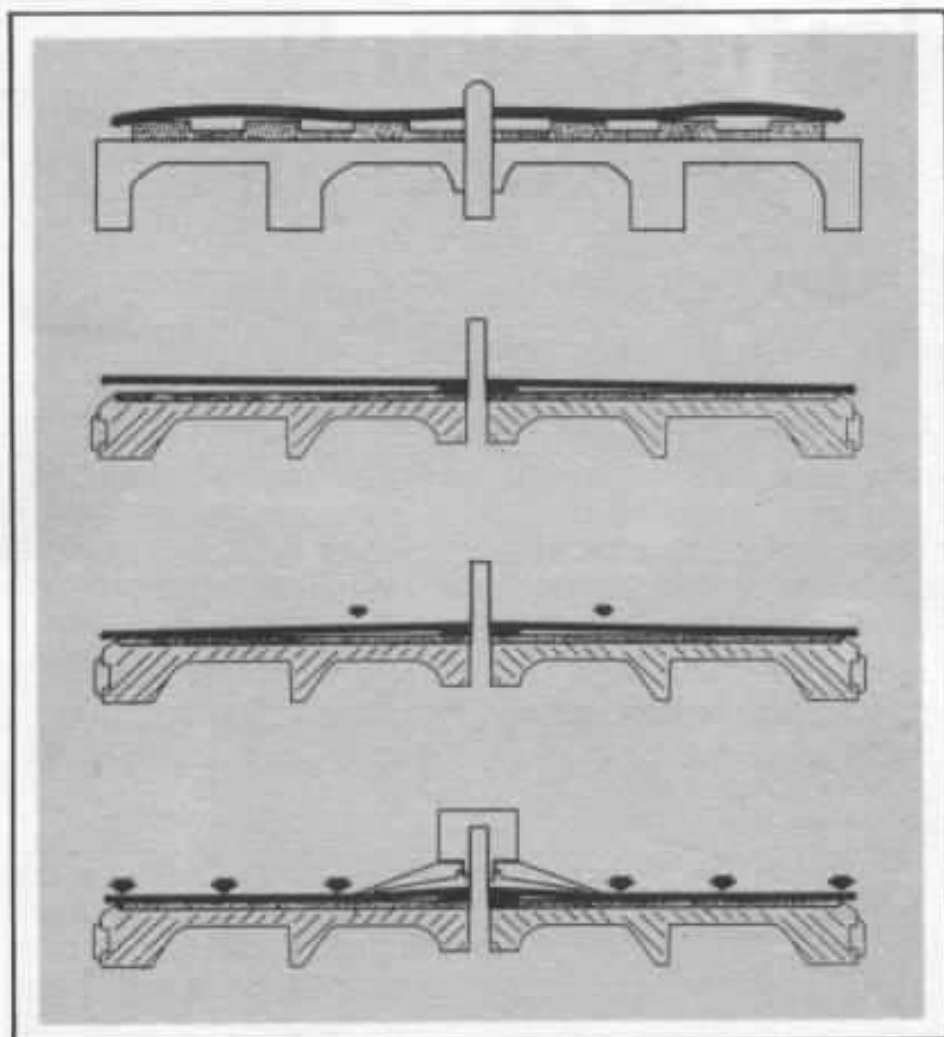


Fig. 1 : Principe de couplage du disque au plateau retenu pour la platine Oracle comparé à la situation conventionnelle.

Il y a une société japonaise qui confirme après coup ce que l'on a voulu faire : c'est Luxman, qui propose un système d'aspiration pour éliminer l'air subsistant entre le disque et le couvre-plateau. Pour notre part, nous avons retenu un vieux principe qui est celui de la ventouse, qui,

dance à faire relever le bord extérieur du disque.

G.C. : Cela a donc constitué le point de départ.

M.R. : Oui. Nous connaissons également les autres aspects. Nous savions par Linn Sondek qu'il était très important de réali-

qu'il y a tout de même des explications à cela. Ces dix dernières années, beaucoup de grandes firmes, japonaises pour la plupart, se sont acharnées à optimiser des critères tels que les fluctuations de vitesses, le rumble... Et, au bout du compte, on s'est aperçu, principalement à l'écoute, que le gain n'était pas probant comparativement à des platines plus anciennes, moins performantes sur ces facteurs il est vrai, mais souvent mieux fabriquées sur le plan de la rigidité entre autre. De là, des gens ont commencé à se poser des questions du genre : « Quels sont les paramètres les plus importants et quelle pondération doit-on apporter à chacun des facteurs ? ». N'est-ce pas votre avis ?

M.R. : C'est vrai. Il y a énormément de facteurs qui rentrent en ligne de compte et nous ne les connaissons pas tous. Pourtant, en premier lieu, il nous est apparu essentiel de réduire l'amplitude de manière importante des résonances et des vibrations qui apparaissent au niveau de tous les éléments : moteur, plateau, contre-platine, interface disque/couvre-plateau. Bref, tout l'ensemble est concerné. Cela ne veut pas dire que l'on a réussi à éliminer toutes les vibrations structurelles. Cependant, lorsque l'on observait dans la contre-platine une résonance avec une crête marquée, à 80 Hz par exemple, on procédait de manière à la ramener à une amplitude dont le niveau soit bien moindre, afin de parvenir à un équilibre avec le reste des autres composantes. Bien sûr, on peut se demander quelle est la contribution exacte de l'amortissement d'une résonance dans le résultat global. On sait seulement que l'on a intuitivement déblayé un peu de terrain, mais il reste beaucoup de choses à faire pour écrire un papier à caractère scientifique, apportant la preuve formelle que ce que l'on attend est dû à telle ou telle cause.

G.C. : Mais n'est-ce pas le problème général de l'audio qui est un domaine bien particulier, car il est bien difficile d'établir un cahier des charges, ne connaissant pas exactement la finalité qu'est le principe de perception auditive ?...

M.S.P. : Oui. C'est à ce niveau que Peter Montcrieff (IAR) est arrivé avec un apport intéressant. Il a beaucoup travaillé à établir des corrélations entre le domaine objectif des mesures et le domaine subjectif de l'écoute. Ainsi, avec ces méthodes on a trouvé des résultats de mesures qui correspondent à des paramè-

t-il participé directement au design de la platine ?

M.R. : Non, il a participé à l'évaluation des prototypes que nous avons présentés au salon de Toronto en 79, qui est l'équivalent canadien du festival du son. C'est là qu'il a découvert la platine. Ce qui l'a frappé, c'est qu'avec celle-ci il percevait plus de choses, plus d'informations que ce qu'il avait l'habitude d'entendre avec d'autres platines. C'est à ce moment qu'il a commencé à travailler pour établir des étalons objectifs, en traduisant ce que son oreille percevait. Toutefois, sans critiquer le travail de Peter, son approche

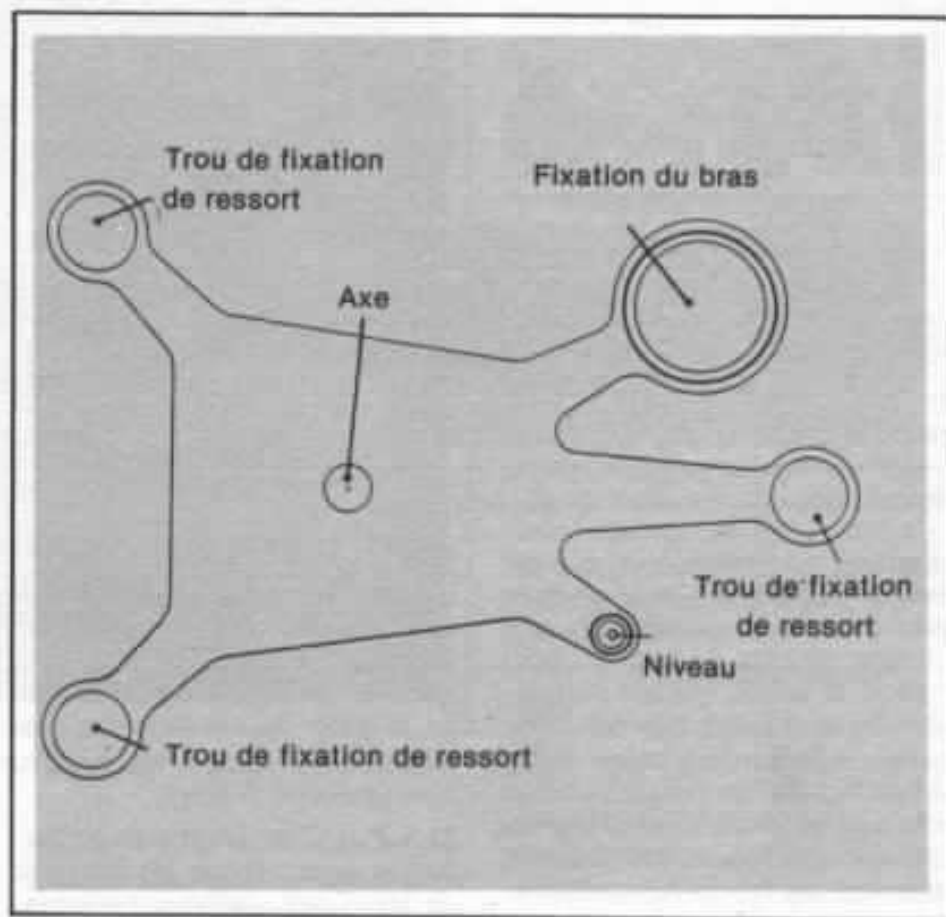


Fig. 2 : Forme retenue pour la contre-platine.

tres subjectifs, de façon très linéaire. C'est rare, surtout pour les tables de lecture où les paramètres conventionnels ont très peu de rapport avec le comportement effectif de la platine. C'est ce qui a fait l'enthousiasme de Peter.

G.C. : Mais, Peter Montcrieff a-

reste une première approximation. Pour moi, c'est encore loin d'être une démonstration au sens scientifique du terme, ayant une valeur absolue et définitive.

C'est une approximation poussée plus loin que tout ce que l'industrie a réussi à faire

jusque là en essayant d'éliminer tous les artifices possibles et en concentrant les efforts sur les éléments et paramètres que l'on peut considérer désormais comme étant les plus significatifs. Nous avons également eu la chance de pouvoir ramener tous les éléments de design sous une esthétique attrayante. On aurait pu faire le même exercice à la façon d'un chercheur qui aboutit avec un prototype brut, sans agrément pour le public.

G.C. : Pour en revenir à la conception, qu'est-ce qui vous a fait choisir un système à entraînement par courroie avec une suspension en trois points ?

M.R. : C'est-à-dire par opposition à un entraînement direct et une platine rigide. Pour cela, nous nous sommes reportés à tout ce qui a déjà été fait dans ce

l'utilisation, dont il faut tenir compte lors de l'élaboration. Il est bien rare qu'un utilisateur, même audiophile, puisse se permettre de disposer sa platine sur un socle en béton dans un sous-sol, sur les fondations, pour avoir une isolation aux vibrations optimales. Dans la plupart des cas, le sol est constitué par un plancher plus ou moins stable. A ce niveau, mettre 25 ou 50 kg sur un plancher qui bouge n'arrangera rien, ce n'est pas cette masse qui va retenir le plancher. Ce que l'on a voulu faire, c'est réaliser une platine qui puisse absorber ces vibrations, sans pour autant altérer les performances propres de la lecture. Je pense qu'à cet égard le filtre mécanique que l'on a conçu donne toutes les satisfactions. Mais nous n'étions pas certains

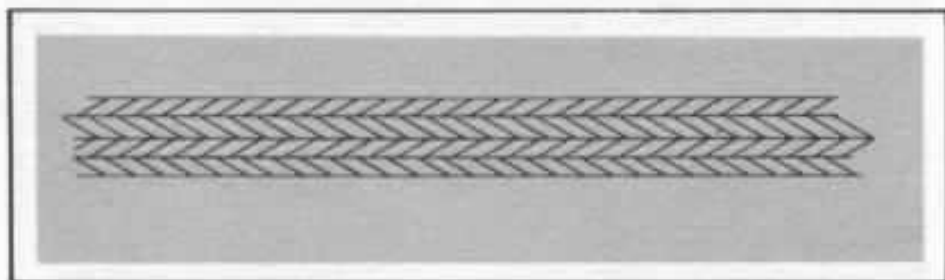


Fig. 3 : Structure sandwich de la contre-platine.

domaine en retenant ce qui est bon et en essayant de le pousser plus loin. Ainsi avons-nous pris comme élément de base la courroie et la contre-platine suspendue. Mais il fallait ajouter de la masse à la contre-platine et lui donner toute la rigidité voulue ainsi qu'un coefficient d'inertie qui élimine toutes les craintes dont on parlait précédemment. Les divers matériaux retenus devaient donc présenter des résonances plus ou moins marquées, à des fréquences plus ou moins élevées.

G.C. : De manière à ne pas cumuler le même type de défaut dans une zone de fréquences bien particulière.

M.R. : C'est cela. Un autre facteur intervient dans le cadre de

non plus de trouver sur le marché des systèmes d'entraînement, des moteurs suffisamment performants pour éviter les effets que l'on avait déjà détectés dans la plupart des réalisations, les effets de « cogging » entre autre, d'avance avec à-coup.

M.S.P. : C'est le type de perturbation apportée par les systèmes de servo qui corrigent constamment.

M.R. : On a donc préféré corriger les erreurs de déviations potentielles de vitesse par la masse que par des corrections annexes.

G.C. : Quelle est la masse du plateau ?

M.R. : Il fait trois kilos. Ce n'est pas énorme, mais du fait que l'essentiel de la masse est située

sur la périphérie, on obtient une excellente régulation. Car tout système de servo corrige en retard par définition : il faut détecter et ensuite corriger. La seule façon pour l'instant pour ce que l'on conçoit de possible et qui demeure d'un coût raisonnable, est de corriger à même les lois de la physique. Cela revient à un vieux principe énoncé par Francis Becken : « on ne peut vaincre la nature qu'en lui obéissant ».

M.S.P. : Une chose est sûre également, c'est que les platines qui « sonnent » mieux que les autres, qui restituent un son plus naturel, ne procurent pas cette supériorité par leur régularité de vitesse. On n'a donc pas particulièrement investi sur ce critère-là, bien que l'on tienne dans des normes tout à fait acceptables. Aller plus loin dans ce sens nous est apparu totalement superflu par rapport à la performance audible. Nous avons préféré investir sur d'autres critères tels que la rigidité.

G.C. : Parlons maintenant de la suspension.

M.S.P. : Nous avons choisi un système en trois points d'appui. Cela s'impose logiquement pour la stabilité de l'ensemble. La suspension que nous avons retenue fonctionne en extension sur les trois ressorts.

G.C. : Pourquoi un travail des ressorts en extension plutôt qu'en compression ?

M.R. : Dans l'absolu, il n'y a pas de vertu propre à l'extension par rapport à la compression. Ce qui nous est apparu important dans la conception a été de limiter les résonances internes à la structure même du ressort. Il nous semble essentiel de différencier le diamètre de chacune des spires. Plutôt que faire des ressorts de forme régulière, coniques par exemple, qui pourrait entraîner une déformation de la linéarité, nous avons choisi une

structure de ressort en cloche, cela pour maintenir une linéarité acceptable, en évitant que chaque spire ne résonne à la même fréquence. C'est le même problème que nous évoquions précédemment.

G.C. : Dans le sens vertical, votre suspension semble vous satisfaire pleinement. Qu'en est-il dans le sens horizontal, latéral ?

Le système est beaucoup moins sollicité dans le sens latéral. Un autre point très important est le suivant : lorsque l'on règle l'horizontalité de l'ensemble flottant, suivant la masse du bras, on déplace le point de fixation du ressort sans affecter les caractéristiques propres du ressort.

On ne change pas les performances de la suspension. C'est

ressort, on en change complètement les performances de filtrage. Ainsi, on peut avoir deux ressorts avec une course très réduite et le troisième avec sa pleine course. Comment voulez-vous qu'une suspension de ce type fonctionne correctement ?

G.C. : Mais alors, comment le particulier peut-il donc régler sa platine en fonction du bras utilisé ?

M.R. : C'est au moment de l'achat. Il dira à son revendeur quels sont le bras et la cellule qu'il utilisera. Pour les diverses combinaisons, les différences de masses de l'ensemble bras-cellule, on a des ressorts repérés par code de couleurs : gris, blanc, jaune, rouge, bleu, vert et noir. Le type du ressort et sa position pour chacune des combinaisons possibles sont ainsi parfaitement déterminés.

M.S.P. : Le revendeur reçoit donc diverses plaques de montage avec ressorts. Un SME prend telle plaque de montage avec tel ressort...

M.R. : Donc, chaque platine est faite sur mesure, pour un bras et une cellule donnés. Le changement des ressorts de la platine est une affaire de cinq minutes. Tout se passe en surface, il n'y a rien à démonter.

G.C. : Et la contre-platine.

M.S.P. : Il était essentiel de réaliser une contre-platine d'une rigidité maximale, de sorte à éviter les effets de découplage de la base du bras avec le plateau. Un autre paramètre, quelque peu conflictuel avec la rigidité, est la surface exposée aux excitations par voie aérienne venant des haut-parleurs. On a donc placé le maximum de surface sous le plateau et le minimum de surface pour relier l'ensemble aux trois points de suspension et au bras.

G.C. : Quels matériaux avez-vous retenus pour satisfaire la rigidité que vous souhaitiez



Fig. 4 : Vue d'un élément de suspension.

M.S.P. : C'est un problème délicat, il est vrai. Pour essayer de le minimiser, on a joué avec la position de la fixation des ressorts que l'on a située au niveau du centre de gravité de l'ensemble flottant.

G.C. : Où le centre de gravité se situe-t-il dans le sens vertical ?

M.R. : Il se trouve au 1/3 inférieur de l'épaisseur du plateau. Les points de fixation de l'ensemble flottant se trouvent aussi à ce niveau, si bien que le

pour cela que l'on fournit à l'utilisateur des ressorts appropriés pour des masses différentes de bras. Si l'on considère un Fidelity Research 64, ou un Formula 4, on se retrouve avec près de 1 kg d'écart placé hors du triangle de suspension, ce qui fait que l'on augmente la masse sur deux ressorts et qu'on la diminue sur le troisième. Il faut donc pouvoir refaire l'équilibre des caractéristiques de chacun des ressorts. Il ne suffit pas de compresser un

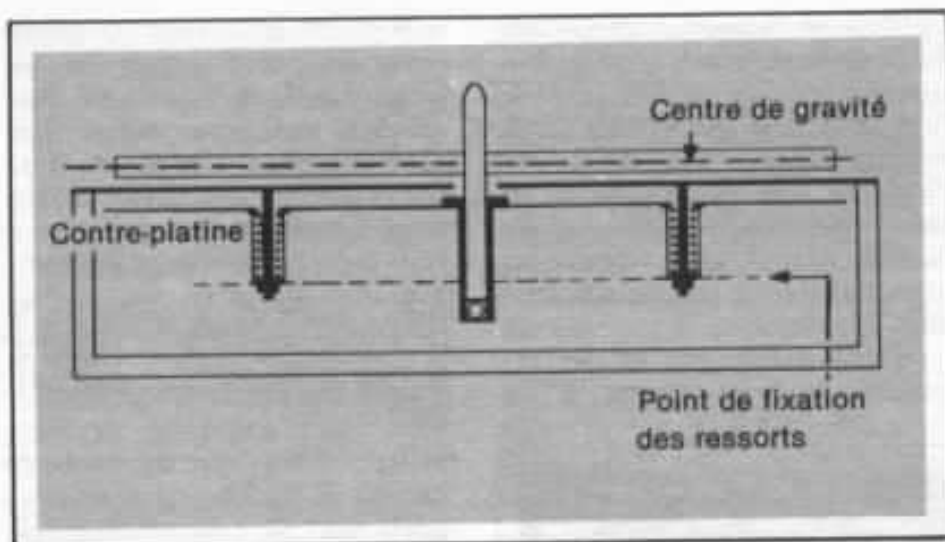


Fig. 5 : Disposition conventionnelle adoptée dans les platines à contre-platine suspendue.

d'une part, et d'autre part pour placer les diverses résonances dans des zones de fréquences aussi dispersées que possible, comme nous l'évoquions précédemment.

M.S.P. : Pour la contre-platine, nous avons choisi une structure laminée avec une résine époxy.

M.R. : Une résine époxy spéciale qui permet de travailler avec des conditions de pression et de température données, de manière à avoir toujours un coefficient de dureté identique.

M.S.P. : Pour le plateau, nous avons résolu le problème en adjoignant sur la périphérie de

celui-ci une bande de caoutchouc qui le place sous tension et l'amortit.

Les ressorts de la suspension sont isolés en haut et en bas, par des caoutchoucs de densité et de configuration différentes.

M.R. : Cela n'a l'air de rien, mais chaque élément se traduit par une mesure. On a d'ailleurs surpris les gens de l'université qui nous demandaient pourquoi un ressort avait telle forme, pourquoi un caoutchouc était en bas à cellule ouverte, et fonctionnant comme un ressort à compression, alors qu'en haut un autre était à densité uniforme, de

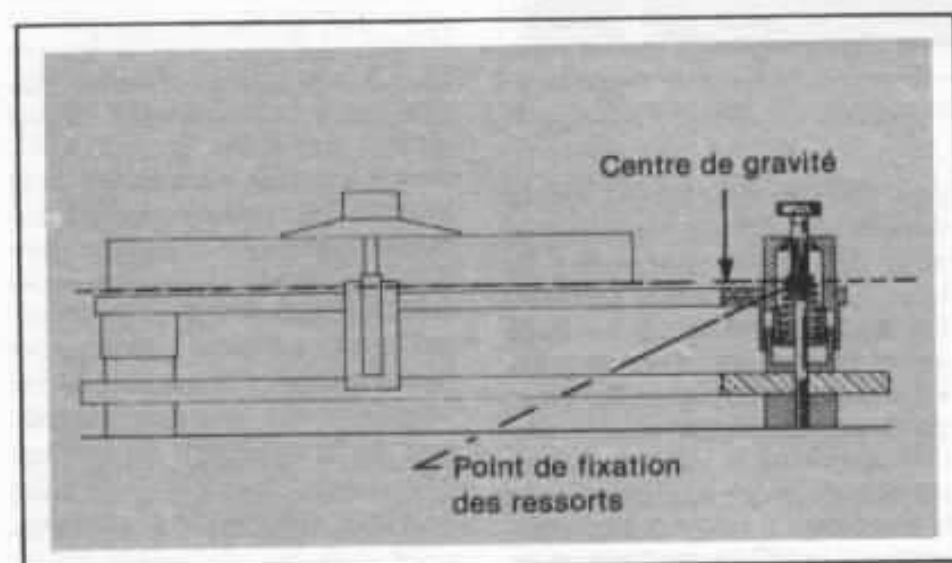


Fig. 6 : Vue en coupe de la platine Oracle. On remarquera que le plan du centre de gravité passe par le point d'attache des ressorts.

dureté très faible et d'une seule pièce. Chacun de ces éléments a fait l'objet d'investigations bien spécifiques.

G.C. : Justement, quels matériels de mesure avez-vous utilisés pour mener à bien toutes ces investigations.

M.R. : On travaille pour l'essentiel avec le nouveau FFT Bruel & Kjaer double trace, qui correspond au General Radio. L'interface est faite avec un ordinateur Honeywell.

Les mesures de ressorts de compression et d'extension se font avec le matériel conventionnel des laboratoires de physique. Chaque élément est analysé en étant excité par un solénoïde qui crée un choc de même impact et de même intensité en divers points de la surface. Cela permet de déterminer le diagramme de vibration des éléments testés.

Ainsi, dans le cas de la contre-platine, le fait d'avoir une forme géométrique aussi brisée permet de disperser les ondes en fréquence et en amplitude. Cela signifie que dans l'ensemble, dans le cas d'un système exposé aux sollicitations par voie aérienne, il y aura des excitations à diverses fréquences, mais qui demeureront minimales. Il n'y aura pas de résonance dominante. C'est l'histoire grecque qui dit qu'il vaut mieux parsemer ses adversaires pour mieux les détruire. Dans l'ensemble, la conception demeure relativement simple, sans artifice, ni acrobatie. Elle découle d'une intuition globale de la manière dont un système physique devrait être construit pour répondre à une logique élémentaire, appliquée dans notre cas à la lecture d'un disque.

G.C. : Quelle position avez-vous prise pour ce qui est du couvre-plateau ?

M.R. : Le couvre-plateau reste un point qui n'est pas résolu de

façon absolue. Il restera toujours un débat entre le couvre-plateau rigide et le couvre-plateau plus mou. Au départ, nous sommes partis sur cette dernière option, car elle permettait un couplage plus étanche et plus intime avec le disque. Par contre, on a pu détecter un certain renflement dans le secteur médium-grave, même si l'extrême aigu gardait toute la clarté que l'on pouvait retrouver avec des couvre-plateaux plus rigides. Mais on avait aussi un médium et un médium-aigu plus naturels que sur un couvre-plateau rigide, en verre par exemple. On a réussi, en prenant en compte toutes ces notions, à développer un couvre-plateau qui concilie les deux aspects, en mélangeant des matériaux différents reconnus pour leur propriété d'absorption de l'énergie réactive.

G.C. : Mais, ne pensez-vous pas qu'un couvre-plateau est spécifique d'une platine donnée, suivant la structure et le comportement vibratoire du plateau entre autre ?

M.S.P. : Cela dépend en grande partie de la manière dont le disque est couplé au couvre-plateau et donc au plateau. Dans notre cas, où le disque est couplé très intimement au plateau et à tout le restant de la platine, les écarts suivant les couvre-plateaux sont d'autant plus importants. Notre expérimentation dans ce domaine s'est faite en grande partie de manière subjective. En réalité, il y a trois données : la première veut que le contact disque/couvre-plateau soit le meilleur possible, c'est-à-dire une substance qui tend à coller ; en second lieu, on doit avoir le minimum de découplage, donc une substance pas trop molle, et puis enfin avoir un coefficient d'absorption le plus uniforme possible sur tout le registre des fréquences. Il faut donc trouver un compromis entre tous ces fac-

teurs en tempérant avec ce que l'oreille nous indique.

G.C. : Au niveau de l'évaluation subjective, comment avez-vous procédé pour obtenir des renseignements qui soient rigoureux et aussi indépendants que possible de l'influence des autres maillons qui constituent le système d'écoute ?

M.S.P. : Il nous semble que certains facteurs sont étroitement

voire deux octaves supplémentaires dans le grave, avec plus de clarté, plus de détail dans ce registre, une dynamique plus élevée, une image plus précise. Certes, c'est un domaine délicat. Pourtant, quel que soit le système, on retrouve des appréciations qui vont dans le même sens et c'est cela qui est encourageant.

G.C. : En ce qui concerne la

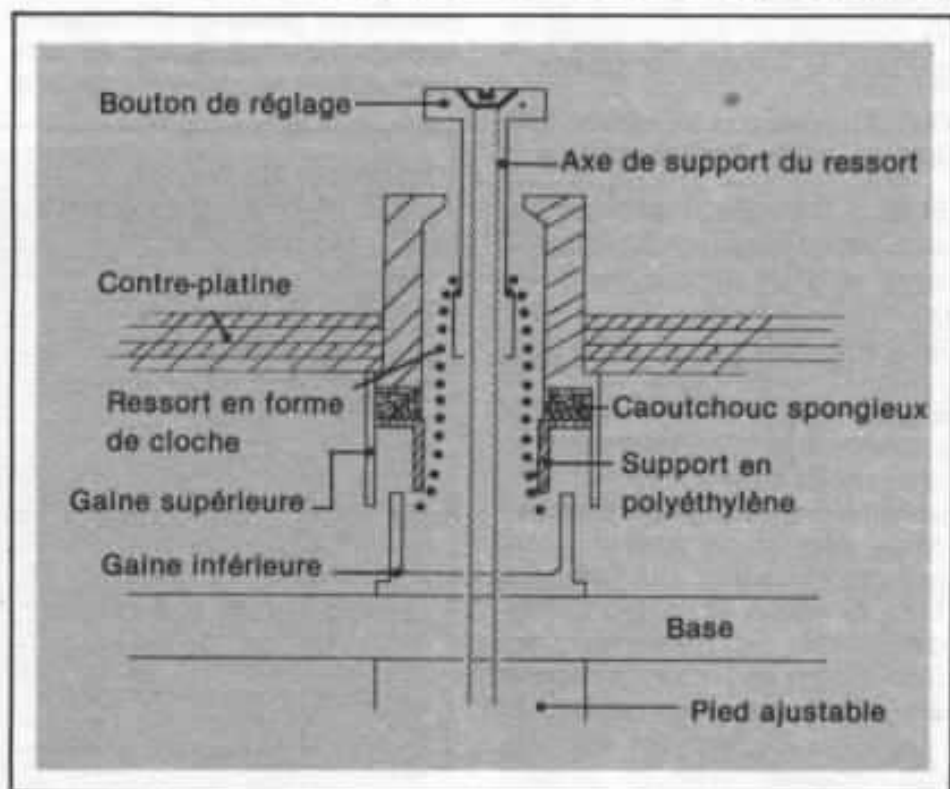


Fig. 7 : Détail d'un élément de suspension. On notera la forme en cloche du ressort.

liés à la qualité de la platine, tout ce qui a trait en particulier à l'image, à sa stabilité, à sa précision.

M.R. : On a réalisé aussi une chose, c'est que bien des vertus et bien des défauts sont imputés, dans des compte rendus d'écoute subjective, à un préampli ou à un ampli, alors que c'est bien souvent le système de lecture qui est en cause.

M.S.P. : On a également expérimenté notre platine dans différents systèmes. Dans chacun des cas, nous arrivions aux mêmes constatations, à savoir : une,

fabrication, combien de personnes employez-vous ?

M.R. : Douze personnes travaillent à l'assemblage, à la phase finale du montage. Mais toutes les opérations d'usinage des pièces en aluminium sont pour l'instant sous-traitées. D'ici janvier, nous pensons avoir pris le contrôle de l'une des unités de sous-traitance les plus importantes, qui réalise le plateau et les éléments de suspension. Car toutes ces pièces sont réalisées tournées une à une, avec les mêmes outillages que ceux utilisés dans l'aéronautique. Il n'y a pas

d'approximatif ou d'à peu près, pour cela aucune pièce n'est moulée.

G.C. : Avez-vous une idée du nombre de platines que vous allez fabriquer par an ?

M.R. : Oui. Pour cette année le programme est terminé. On sortira 2 100 unités. L'année prochaine, on pourra fabriquer 4 800 unités. Cette année, les six premiers mois ont servi à roder les procédés de fabrication et le système de contrôle de qualité.

G.C. : Le moteur constitue-t-il, pour vous, un élément critique ?

M.R. : Dès que l'on travaille avec un plateau suffisamment lourd entraîné par une courroie, on couvre beaucoup des défauts inhérents au moteur. Nous travaillons actuellement sur un moteur spécial comportant son propre rotor d'inertie dont le moment est dans un rapport bien déterminé avec celui du plateau. Ainsi, avec un tel moteur, nous pensons obtenir ce que l'on peut faire de mieux en matière d'entraînement, en conciliant des fluctuations de vitesse quasiment non mesurables, sans système de régulation électronique qui corrige toujours avec un certain retard, et avec les avantages du filtrage mécanique apporté par la courroie.

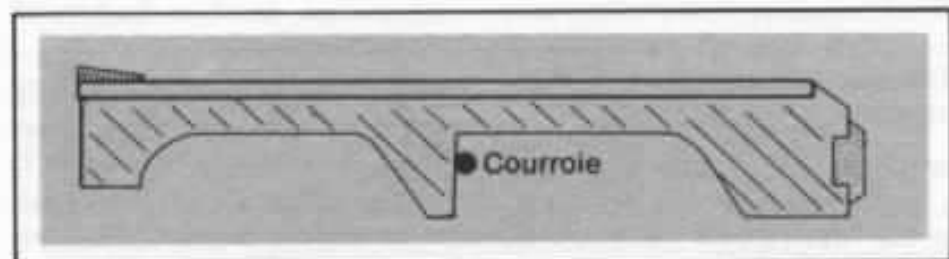


Fig. 9 : Vue en coupe du plateau montrant le passage de la poulie. La coupe de celle-ci est circulaire.

G.C. : Quel choix avez-vous retenu pour la courroie et pour le changement de vitesse ?

M.R. : La courroie que nous utilisons à l'heure actuelle est de section circulaire, pour des raisons d'encombrement moindre

en hauteur lorsqu'on change de poulie pour passer de 33 t 1/3 à 45 t. Lorsque nous disposerons de notre nouveau moteur, pour lequel le changement de vitesse se fera électroniquement, donc sans changement de poulie, nous reviendrons à une courroie plate. Nous espérons être en mesure d'équiper les modèles export de ce nouveau procédé dès le début, ce qui rendra les platines plus attrayantes, car le nouveau moteur est prévu pour s'adapter aux diverses fréquences du secteur et surtout au changement

que ces manipulations peuvent détériorer les tolérances du système de roulement, qui doivent rester très serrées pour le maintien des performances de la platine.

G.C. : Un autre point à considérer est celui du capot qui vient protéger la platine. Ne pensez-vous pas que c'est plus un capteur de vibrations qu'autre chose ? Comment avez-vous résolu le problème ?

M.S.P. : Je pense qu'on peut toujours l'enlever!... Nous

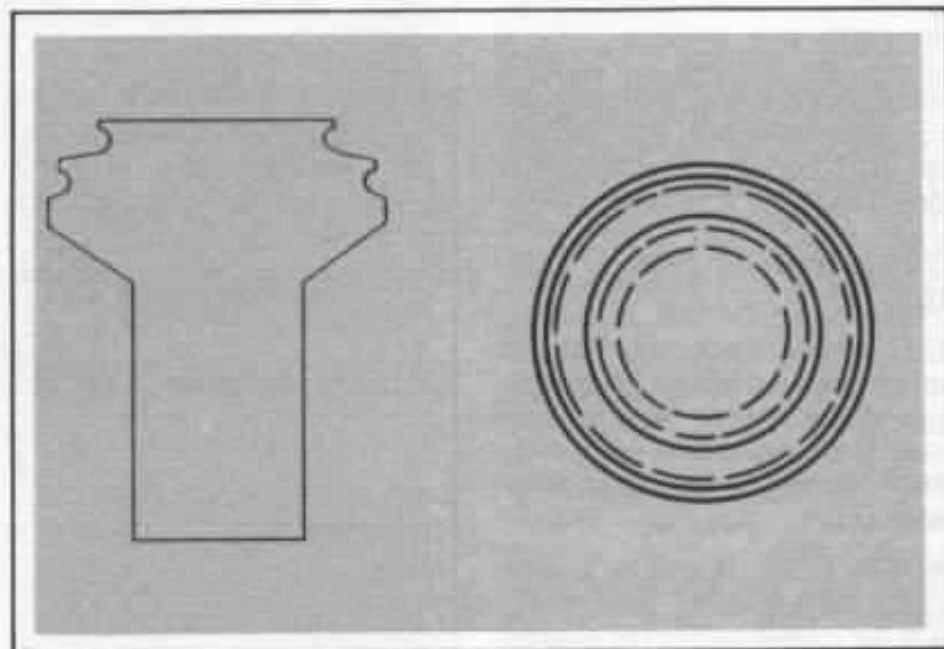


Fig. 8 : Détail de la poulie. La partie supérieure de chacune des gorges 33t 1/3 et 45t est dégagée au maximum de sorte à concentrer la masse de la poulie au plus près du moteur.

avons choisi une fréquence de résonance de l'ensemble suspendu de 3,56 Hz comme étant un heureux compromis entre la fréquence la plus basse possible et la commodité d'utilisation. Le capot est fixé à la base même de la platine, si bien que les vibrations qu'il recueille sont filtrées par la suspension. C'est donc un moindre mal.

G.C. La base même repose-t-elle sur des pieds ?

M.R. : Oui, ils sont simplement destinés à régler l'horizontalité. Ils n'ont aucune propriété d'amortissement particulière. Il

et a simplement un caoutchouc relativement mince pour assurer un bon contact avec le support sur lequel repose la platine. Tout le filtrage n'est effectué que par la suspension principale, laquelle ne travaillera bien que si l'axe des ressorts est parfaitement vertical et donc que si l'horizontalité est bien réglée.

G.C. : Dernier point, le pivot. Comment est-il réalisé ?

M.R. : Nous avons voulu donner à notre pivot une dureté de surface qui soit plus du double

et enfin poli. L'état de surface est quasiment celui d'un miroir et la dureté de 76 à 78 rockwell ; un pivot typique a une dureté de 34 à 36.

L'extrémité du pivot repose sur une bille de carbure de tungstène qui a une dureté de 92 rockwell, alors qu'une bille en acier ordinaire, comme celle utilisée habituellement, a une dureté de l'ordre de 40 à 44 rockwell. Cette bille est enchâssée dans le pivot et repose sur une butée en céramique. Ce type de butée a été développé pour des projets spatiaux.

bronze poreux, substance couramment utilisée dans ce genre d'application. Ce bronze poreux est recouvert d'une sorte d'alliage de plomb et de téflon, le plomb amortissant les vibrations résiduelles qui peuvent être générées par la friction de l'axe sur les parois et le téflon assurant un mouvement avec le minimum de friction. Ce dispositif nous permet d'obtenir des tolérances de $5/10000^e$ de pouce ($1,27/100^e$ de mm). Cela autorise un fonctionnement à sec sur la céramique et sur les parois. On pourrait penser que de tels raffinements sont superflus et qu'ils grèvent terriblement le prix de revient, lorsque l'on considère que la petite bague de céramique coûte presque aussi cher que le moteur.

Mais nous avons voulu faire un produit qui, dans dix ans, donnera les mêmes performances.

Ce n'est évidemment pas un produit qui est conçu pour être fabriqué en grande production.

Même si l'on fait 7000 à 8000 pièces par an, c'est négligeable en comparaison de la grande production japonaise. C'est un autre domaine, le potentiel du marché est limité pour ce type de produit... Il y avait un créneau pour une platine de qualité. Sans prétendre avoir établi une référence, nous pensons proposer un matériel qui se défend bien à tous les égards et qui reste tout de même abordable. On peut naturellement faire des exercices de style, des platines à 20000 dollars ; mais ce n'est pas notre but !

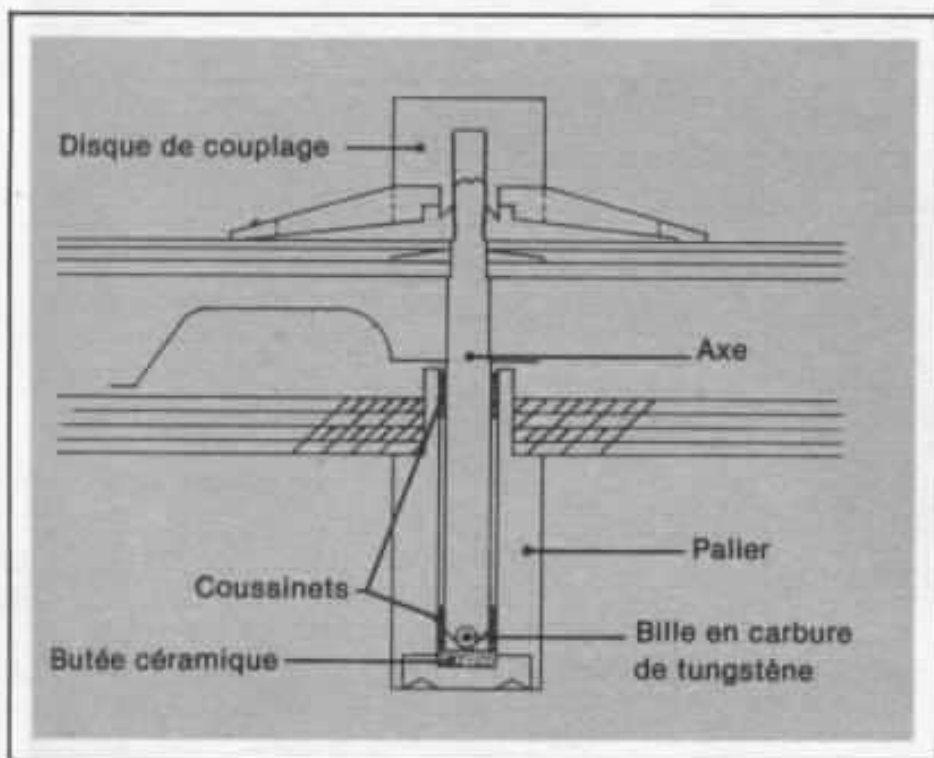


Fig. 10 : Détail de l'axe.

supérieure à ce qui est habituel dans l'industrie. On part d'un pivot en acier qui est moulé, chromé, puis moulé à nouveau,

C'est un peu le même principe que ceux utilisés en horlogerie.

Le tube qui reçoit le pivot est recouvert intérieurement de



**Page non
disponible**

De nouveaux types de membranes pour haut-parleurs de médium

Yves Cochet

Le haut-parleur reste sûrement l'élément le plus critique d'un système de reproduction de haute-fidélité. Bien que considéré comme très imparfait, le haut-parleur électrodynamique garde cependant bien des avantages. C'est pourquoi sa technologie continue à évoluer lentement.

L'élément le plus critique d'un haut-parleur électrodynamique est la membrane et c'est cet élément qui peut amener les plus grandes évolutions dans le futur.

Beaucoup de recherches ont été faites ces dernières années : membrane plane travaillant en piston, membrane en métal poreux, divers matériaux plastiques, principalement le bextrène et le cône en polypropylène. De leur côté, les cônes en « papier » ont évolué, parfois par plastification, d'autres fois en utilisant de la pulpe de cellulose à fibres longues non pressées. Cette évolution fait que, bien que souvent décriés, les cônes en « papier » équipent la plupart des meilleurs haut-parleurs du marché. Cela vient du fait qu'il existe une grande diversité de cônes en papier, ces membranes peuvent

varier de dimensions, de forme et d'épaisseur. La fibre du papier peut changer, ainsi que les additifs de ce dernier.

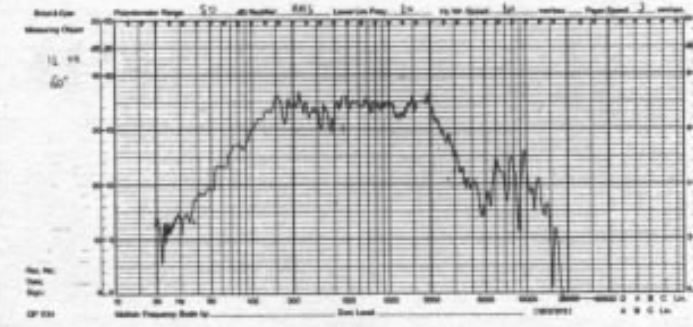
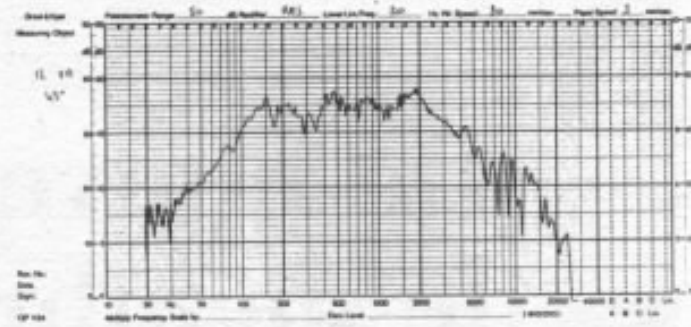
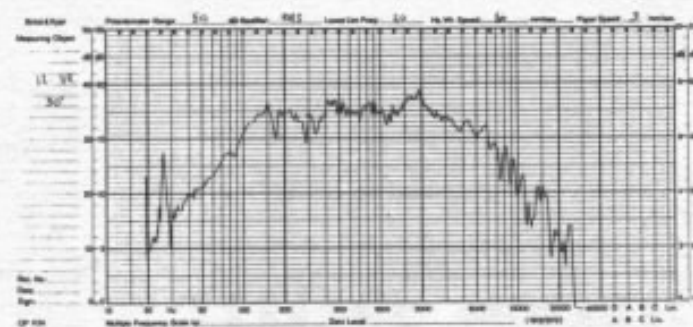
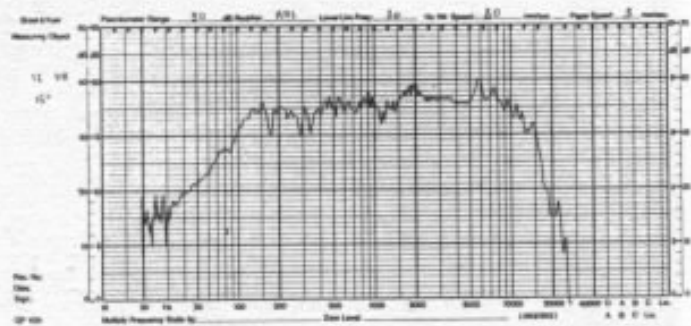
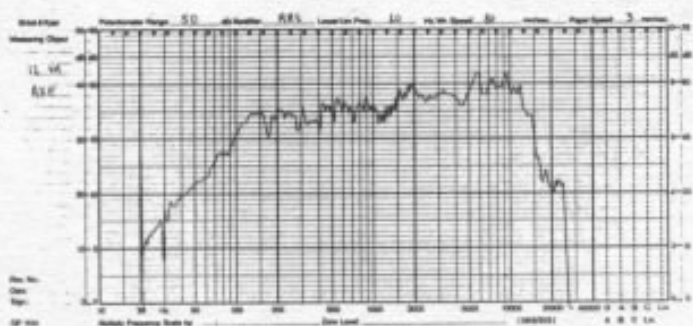
Il résulte de cela qu'il est relativement commode de trouver un cône apte à remplir un usage déterminé. Les cônes plastiques, comme le bextrène et le polypropylène, ont, par rapport au papier, le défaut d'être plus lourds, ce qui engendre un bas rendement.

En général, la perte de niveau est de 6 décibels. La firme anglaise B et W utilise, dans son enceinte DM 6 et sur la nouvelle 801, un nouveau type de mem-

brane pour le haut-parleur de médium. Ce matériau est de la fibre de verre tressée.

La société française Siare a repris cette technique pour réaliser un haut-parleur de médium de 12 cm. Un premier point, très important, est que cette membrane pèse entre 1,5 et 1,6 grammes. Cette masse réduite permet de retrouver un rendement presque aussi élevé qu'avec les cônes en « papier ».

La membrane est faite d'un tissu de fibres de verre, qui est imprégné d'un plastique de forme phénolique. Cette structure permet d'avoir un cône à la



Réponses amplitude fréquence du haut-parleur de gauche à droite et de haut en bas dans l'axe, 15°, 30°, 45°, 60°

fois léger et amorti.

Caractéristiques du haut-parleur 12 VR

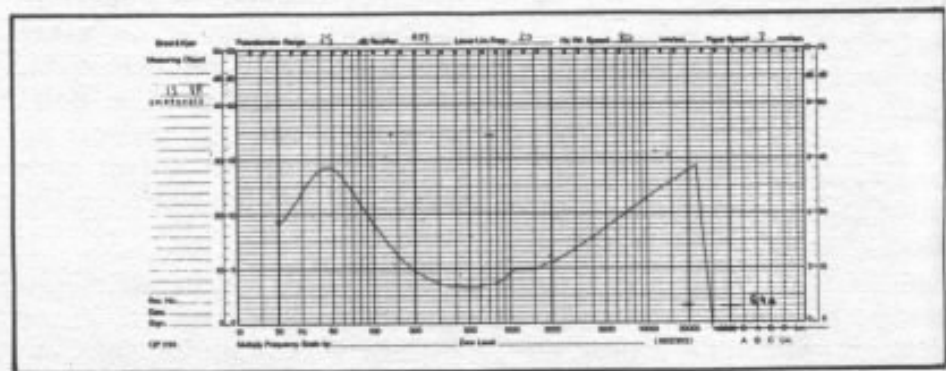
- Bobine mobile en fil d'aluminium, dont la masse est de 0,8 grammes.
- $Q_T = 0,26$
- $Q_e = 0,28$
- $Q_m = 5,83$
- Résistance de la bobine mobile : 7 Ω .
- Le moteur utilise une ferrite de 102 mm.
- Induction : 13 500 gauss.
- Flux : 63 000 Maxwell.
- La suspension périphérique est en PVC et la fréquence de résonance est d'environ 50 Hz.

Le rendement atteint 89 dB pour 1 W à 1 m, ce qui permet la réalisation d'enceintes, d'un rendement assez élevé. La conjugai-

son d'un cône léger et d'une bobine mobile en fil d'aluminium, dont le support est en papier imprégné (la bobine étant cuite au four), permet une réponse en impulsion exceptionnelle. A titre de comparaison, nous donnons la réponse en impulsion d'un haut-parleur de médium utilisant un circuit magnétique identique, dont la

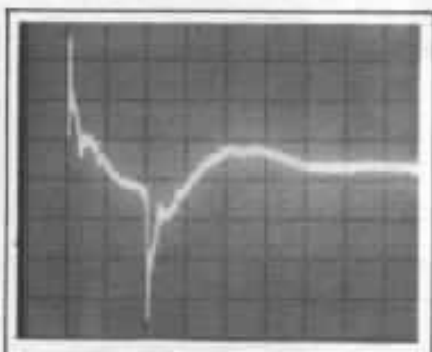
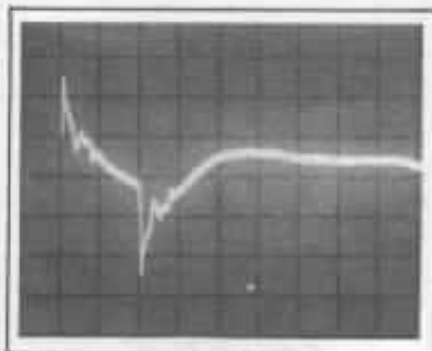
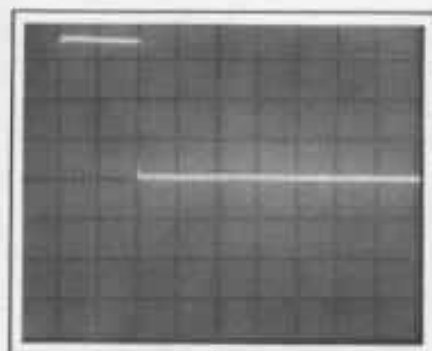
membrane est en papier et la bobine mobile en fil de cuivre. Cette exceptionnelle réponse impulsionnelle se retrouve sur les trains d'ondes. Il faut remarquer que celui à 7,5 kHz est remarquable pour un haut-parleur de médium, il est digne d'un bon tweeter.

L'examen des courbes de réponse tracées à faible inertie



Courbe impédance - fréquence du médium 12 VR

Rép
par
per
liné
cor
La
vée
dar
bor
S
du
n'e
n'e
cou
lais
ray
ens



Réponse à un signal carré de période 2 ms pour un haut-parleur conventionnel au milieu et pour le 12 VR en bas.

permet de remarquer une bonne linéarité, surtout si l'on tient compte de l'excellent rendement.

La réponse aux fréquences élevées est particulièrement étendue dans l'axe, elle se maintient à un bon niveau jusqu'à 15 kHz.

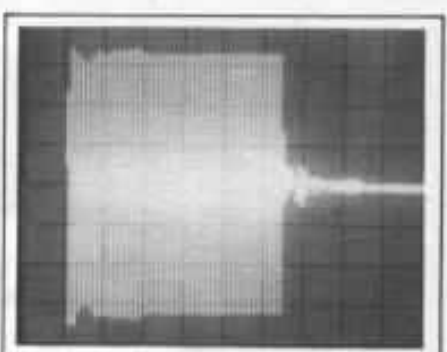
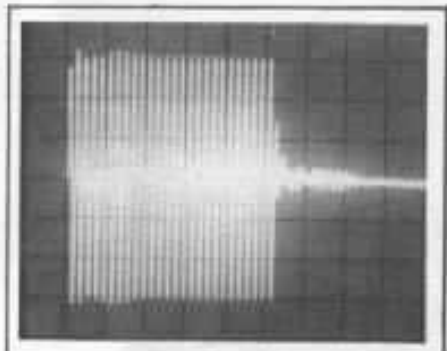
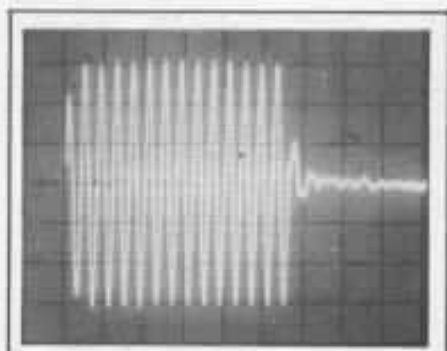
Si l'on considère le diamètre du haut-parleur, la directivité n'est pas trop marquée et elle n'est pas accompagnée d'une courbe trop accidentée, ce qui laisse supposer un diagramme de rayonnement homogène. Cet ensemble de courbes permet de

supposer qu'une coupure dans l'aigu à 5 kHz serait bonne.

Cette coupure assez haute est favorable au bon fonctionnement du tweeter. Dans le grave, une coupure aux alentours de 400 Hz semble favorable.

A l'écoute, ce haut-parleur se caractérise par un son clair et fouillé. Il supporte bien la comparaison avec des ensembles à haut rendement de haute qualité.

Il ne donne pas le son sombre et cotonneux qui est souvent celui des cônes en matière



Réponse du médium 12 VR en tone burst pour trois fréquences de haut en bas : 2,5 KHz, 5 KHz et 7,5 KHz.

synthétique. Il semble que cette nouvelle technologie soit un progrès, en ce qui concerne le rapport définition/coloration. Les systèmes à bas rendement manquent de définition, ceux à haut rendement étant souvent trop colorés. Le dernier point, sur lequel il est intéressant d'insister, est que la fabrication d'un cône de ce type peut être beaucoup plus constante que celle d'un cône en papier, ce qui permet de fabriquer un haut-parleur de caractéristiques beaucoup plus constantes.

**Page non
disponible**

Conditionnement acoustique de la salle d'écoute

L'isolement - fondements

Gustavo Altieri

Dans nos articles précédents nous avons étudié quelques aspects de l'acoustique propre à une salle d'écoute et les caractéristiques fondamentales des matériaux qui permettent de modifier ou de contrôler les conditions physiques de la pièce. Cependant, l'écoute de la musique enregistrée dans de bonnes conditions est aussi dépendante des rapports de la salle d'écoute avec l'environnement.

L'écoute en rapport avec l'environnement

Il est évident que seul un niveau sonore comparable à celui qui correspond à l'écoute en direct permet, lors de la reproduction musicale, l'établissement des conditions acoustiques favorables. Mais, généralement, le niveau adéquat, qui est facilement obtenu par une chaîne de haute qualité, est incompatible avec la « perméabilité acoustique » moyenne des résidences. Nous constatons donc, comme résultat, l'existence d'un nombre très élevé de chaînes qui fonctionnent en des-

sous de leurs capacités à cause de la nuisance que représente, pour les voisins, le niveau sonore réel.

Mais, en même temps, cette « perméabilité acoustique » des appartements, travaille dans le sens contraire. C'est-à-dire que l'audiophile est souvent dérangé par les bruits extérieurs qui se superposent au message musical.

Il y a deux remèdes à ce double problème :

- a) l'écoute au casque,
- b) l'isolement acoustique approprié.

Naturellement, c'est le deuxième point que nous allons traiter.

Dans ce domaine, les problèmes rencontrés par l'audiophile peuvent se résumer dans notre première figure où nous montrons les *sources* les plus courantes et les *voies de transmission* du son.

Ces deux aspects de la question représentent le noyau de tout traitement acoustique. La réussite de toute modification des conditions existantes est fonction de la connaissance des sources de bruit et des chemins empruntés par les ondes sonores pour arriver au récepteur.

Possibilités de traitement

L'élimination des effets du

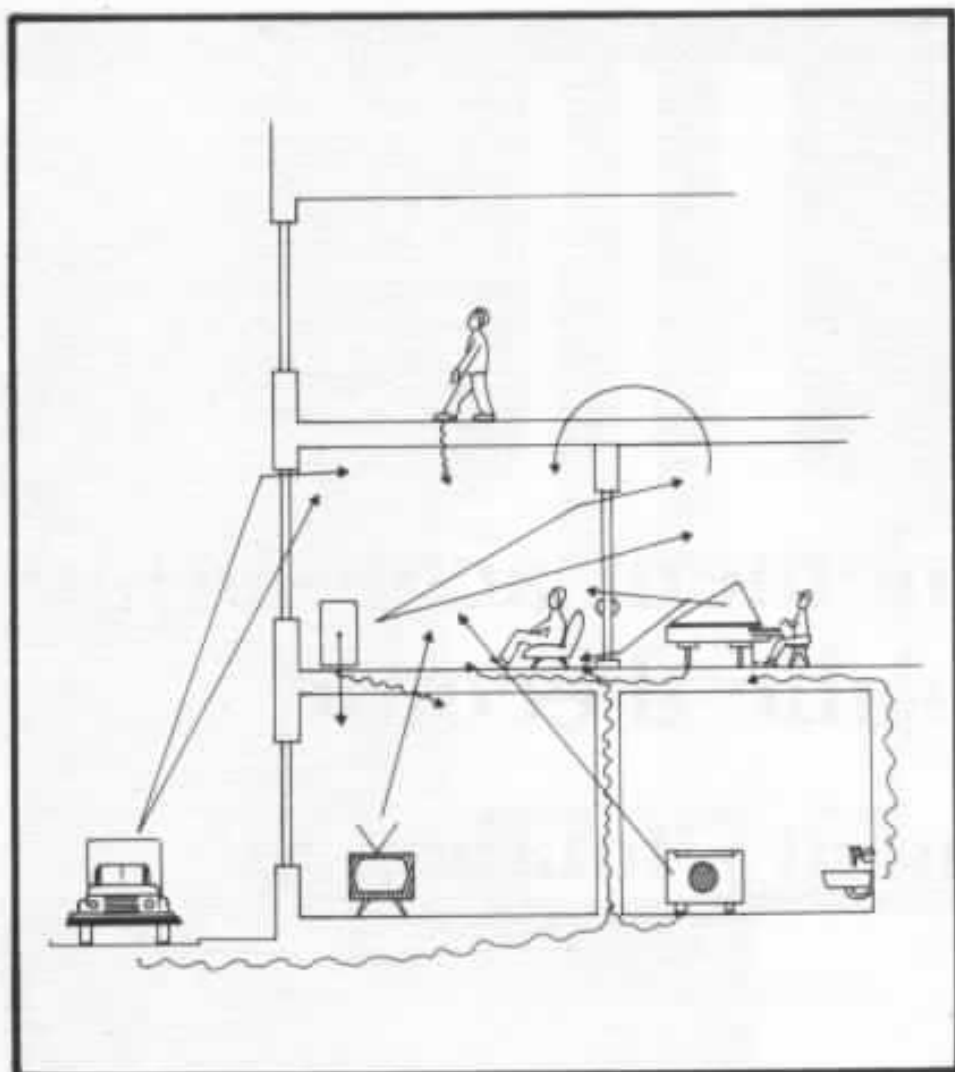


Fig. 1 : Exemple de sources et de voies de propagation.
L'auditeur est victime d'une série de bruits extérieurs mais il est lui aussi un agresseur acoustique.

niveau sonore sur le récepteur peut s'orienter vers deux solutions de base :

- le traitement au niveau de la source,
- le blocage des chemins de propagation.

Avant de développer ces deux lignes de travail acoustique, il faut remarquer que nous avons employé l'expression « effets du niveau sonore sur le récepteur ». Cette précision du langage signifie que, du point de vue physique, nous pouvons intervenir sur une grandeur bien déterminée : la pression acoustique, et complémentaiement, sur la répartition spectrale de l'énergie sonore. Cependant, un autre facteur a une énorme importance

dans le concept de *gêne acoustique* : « le type de son ». Pour des niveaux comparables, les effets psychophysologiques peuvent être très différents en fonction de ce facteur non quantifiable. C'est ainsi que, par exemple, les bruits de pas, les voix humaines, les claquements de portes, les bruits de la circulation ou la musique enregistrée n'ont pas la même valeur du point de vue gêne ... et tout cela est référé à un récepteur humain donné, placé dans des conditions stables. Nous constatons que la valeur de chaque type de bruit est aussi dépendante de son taux de répétition, de sa distribution temporelle et de son rapport avec l'activité journalière, pour ne

citer que quelques aspects d'un vaste problème.

Traitement au niveau de la source

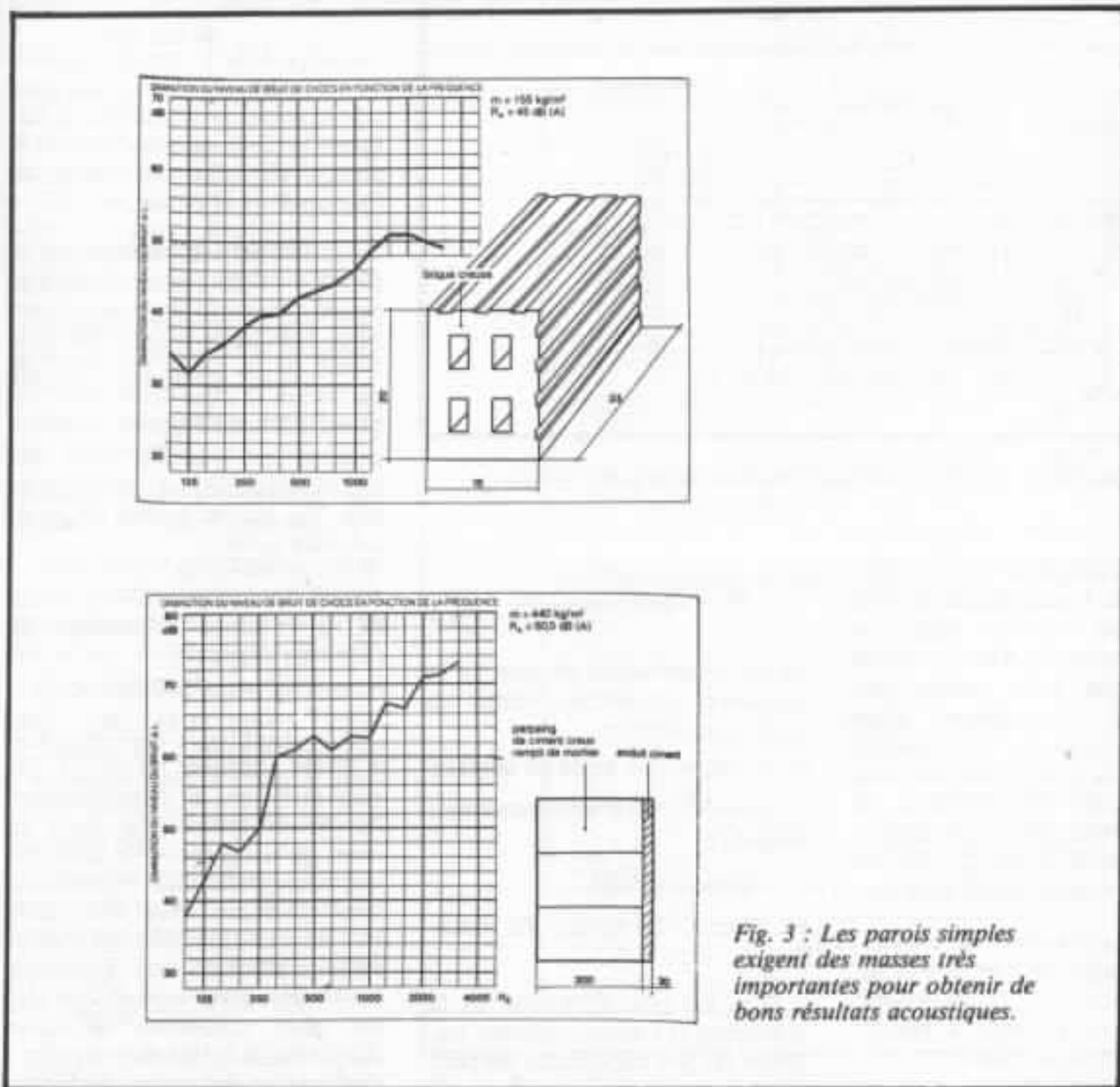
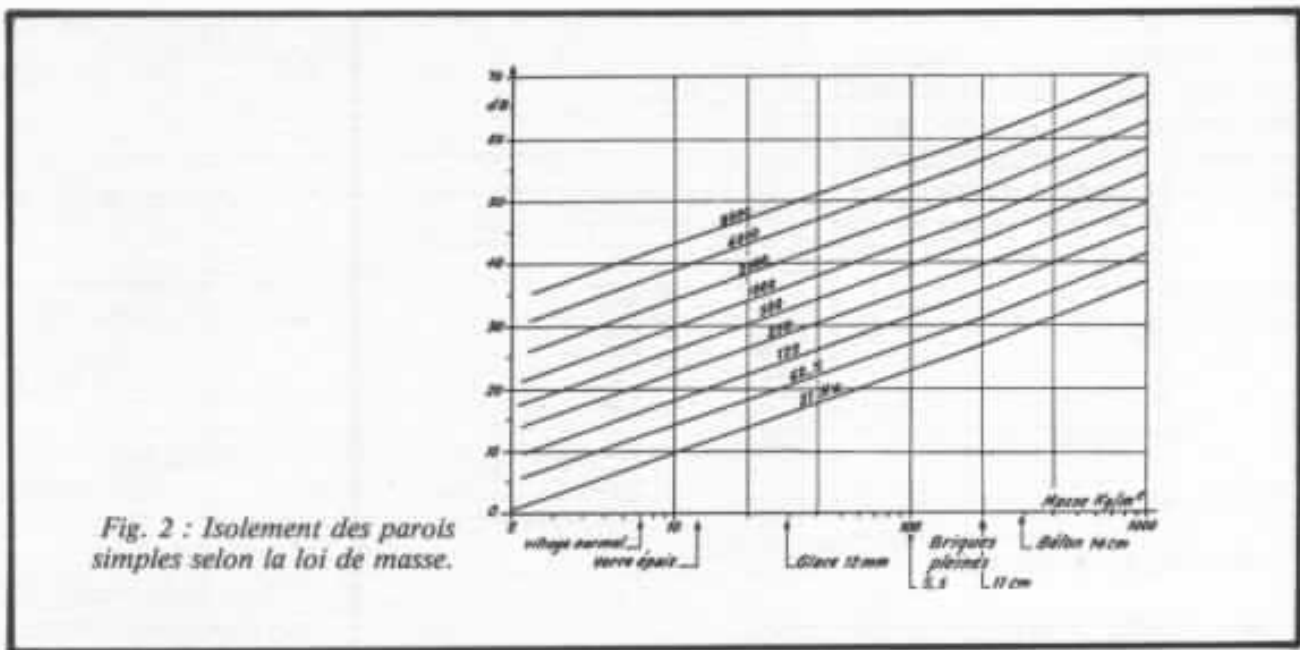
C'est de toute évidence la meilleure méthode pour éliminer les nuisances acoustiques. Mais elle est normalement inaccessible pour le particulier ou impraticable. L'audiophile gêné par le bruit de la circulation ne peut pas agir sur le niveau acoustique des voitures ni sur la nature de la chaussée ; et, logiquement, la meilleure solution pour un voisin importuné consiste à éteindre la chaîne haute fidélité, ce qui ne fait pas l'affaire de notre audiophile.

Les voies de propagation

Nous trouvons ici le champ de travail courant de l'acousticien lorsqu'il s'agit d'isoler une salle. La voie de propagation des signaux acoustiques peut être aérienne ou solide, et les moyens de couper le chemin aux ondes sonores doivent être adoptés à ces deux modes de transmission. Pour cette raison, l'identification correcte de la voie conditionne l'efficacité du traitement. Il faut aussi rappeler que même lorsqu'il s'agit d'arrêter le passage des sons qui se propagent par voie aérienne, il faut tenir compte de la deuxième possibilité de transmission, car il est facile de *construire* des ponts de propagation solide *quand on monte une barrière aérienne*. Ce type de problème et les possibilités de les traiter seront décrits plus loin sous forme d'exemples d'application.

La loi de masse

Considérons une paroi qui sépare deux espaces ; cet élément structural présente une certaine masse, une certaine élasticité et une capacité de frottement intérieur. Une onde acoustique arrivant à cette paroi est soumise à un phénomène de réflexion (l'onde résultante retourne à



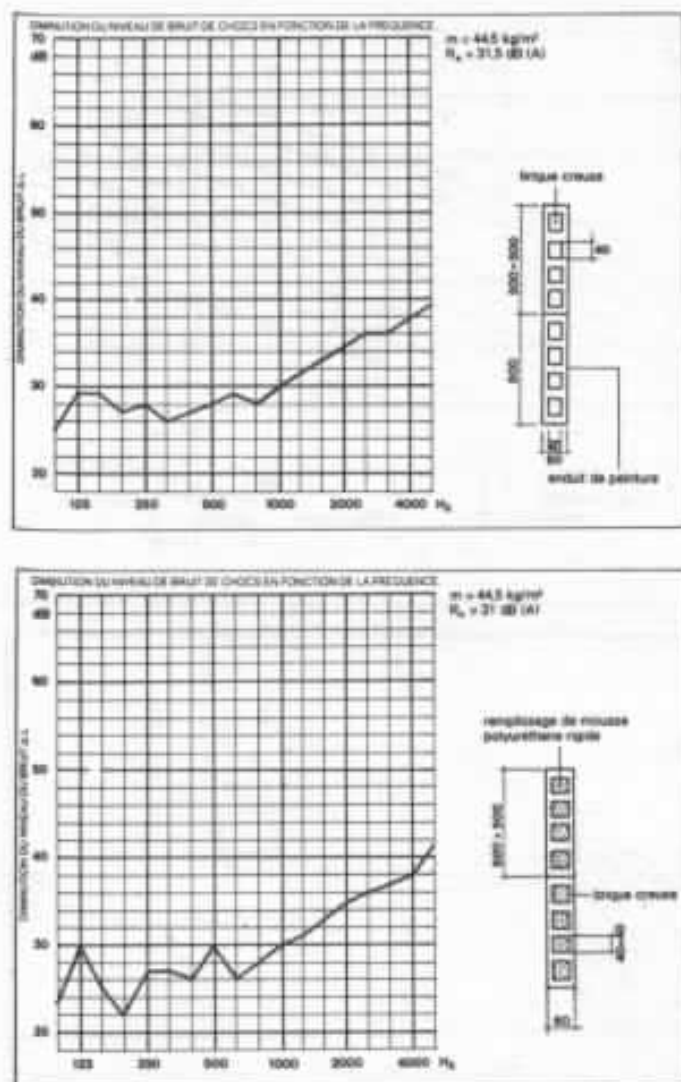


Fig. 4 : Exemples de résultats obtenus à l'aide de matériaux courants.

l'espace d'origine), et à un phénomène de transmission (l'onde résultante rentre dans le deuxième espace). Une partie de l'énergie est aussi perdue par frottement. Le rapport entre l'énergie incidente et l'énergie réfléchie est appelé *coefficient de réflexion* (β). Très souvent, on utilise le coefficient d'absorption qui détermine l'énergie qui est perdue dans l'espace d'origine.

Une autre grandeur est importante, il s'agit du coefficient de transmission (τ), c'est-à-dire l'énergie qui a réussi à passer dans le deuxième espace.

Nous savons que :

$$\tau = \frac{4\rho^2 c^2}{(r + 2\rho c)^2 + m^2 \omega^2 \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}\right)^2}$$

où ω_0 = pulsation propre de la structure, considérée comme un oscillateur simple

m = masse par unité de surface

r = coefficient d'amortissement visqueux

c = vitesse du son

ρ : masse volumique du matériau.

Si ω est très différente de la résonance et l'amortissement visqueux (r) peu important, on peut écrire :

$$\tau = \frac{1}{1 + \frac{m^2 \omega^2}{4\rho^2 c^2}}$$

$$\text{où } \tau \approx \frac{4\rho^2 c^2}{m^2 \omega^2}$$

L'affaiblissement obtenu correspond à l'expression :

$$t = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

$t = \frac{20 \log m\omega}{2\rho c}$ exprimé en décibels

L'existence matérielle de la paroi permet d'écrire :

$$t = \frac{20 \log m\omega}{\rho c}$$

(car la pression sonore sur la surface d'arrivée est sensiblement le double de celle enregistrée en l'absence de la paroi.)

La dernière expression est la forme mathématique de la loi de masse : la perte de transmission varie comme le logarithme de la masse de la paroi par unité de surface et le logarithme de la fréquence. Notons que ce développement est valable pour une paroi simple et homogène (fig. 2). Ici, la valeur de m est calculée selon :

$$m = \rho h \text{ en kg/m}^2$$

où ρ = masse volumique du matériau (kg/m^3)

h = épaisseur de la paroi (m)

Les graphiques correspondant à divers exemples de parois simples montrent le comportement de ces structures (fig. 3). C'est ainsi qu'il est facile de constater que des isolations importantes sont obtenues avec des parois très lourdes, parfois trop lourdes pour s'adapter aux structures existantes. Dans ces cas, qui sont les plus courants, on peut détourner la loi de masse grâce à l'utilisation des parois multiples.

Exemples :

Matériau	Masse volumique	Masse surfacique pour 1 cm d'épaisseur
Béton	2 300	23
Bois (sapin)	450	4,5
Brique pleine	1 850	18,5
Caoutchouc	1 100	11
Cuivre	8 900	89
Fer	7 800	78
Liège	250	2,5
Plâtre	1 200	12
Plomb	11 300	113
Polystyrène exposé	14	0,14
Verre	2 500	25

chiffres cités ; nous ne sommes pas dans la situation idéale, mais l'existence d'un espace entre les murs et d'un bon système de désolidarisation permet l'amélioration des performances liées à la loi de masse (fig. 6-7).

La qualité isolante d'une paroi double est donnée par l'expression

$$Q = \frac{R - R_T}{R_1 + R_2 - R_T}$$

R_1, R_2 = isolement de chaque élément

R = isolement de la paroi double

R_T = isolement d'une paroi simple avec une masse :

Fondements d'acoustique pour les parois doubles

A première vue, si une paroi simple présente un isolement de 35 dB, la construction d'une deuxième paroi identique à la première procurera un isolement double, c'est-à-dire 70 dB.

Cependant, cette vérité arithmétique est uniquement obtenue dans des conditions idéales :

- grande séparation entre les deux éléments,
- désolidarisation parfaite par rapport aux parois latérales.

Etant donné que dans la pratique ces conditions ne sont jamais obtenues, *une double paroi ne donne pas un isolement double.*

Si la deuxième paroi est solidement fixée à la première, l'effet acoustique est équivalent à celui d'une paroi simple ayant le double de masse surfacique de l'un des éléments.

Dans ces conditions, l'isolement augmente de 4 dB pour les fréquences moyennes. (C'est la croissance de l'isolement quand on double la masse surfacique d'une paroi simple.)

Les résultats d'un travail bien réalisé se situent entre les deux

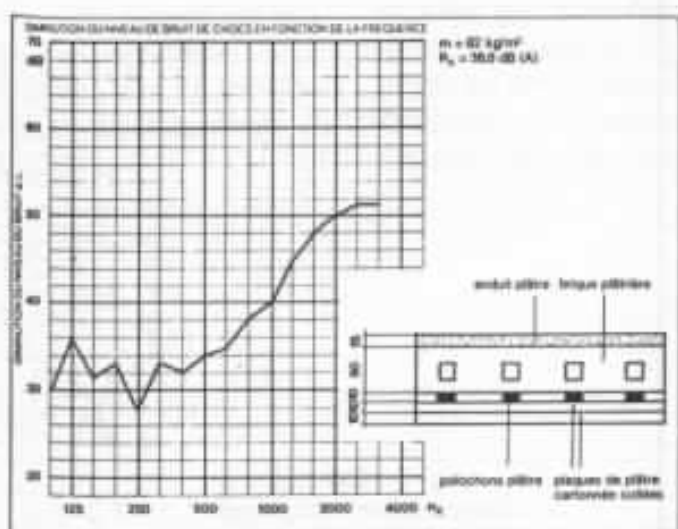
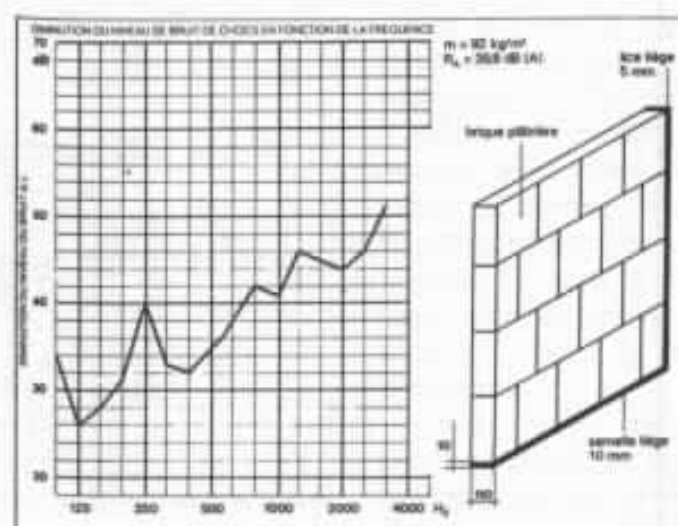


Fig. 5 : Exemples de comportement des structures simples (Pujolle).

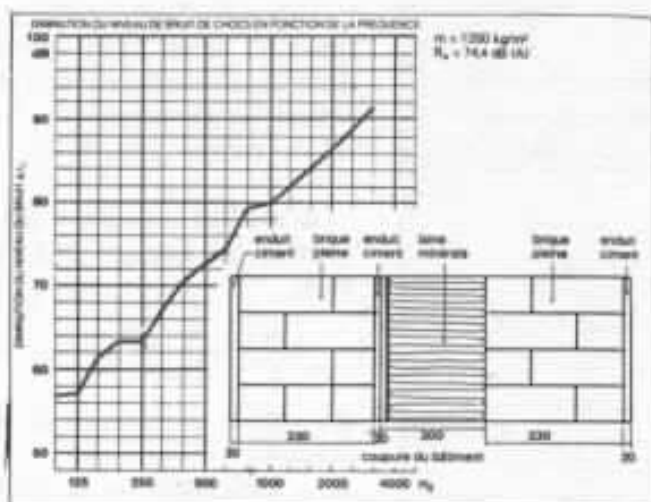


Fig. 6 : Exemple d'isolement obtenu avec une double paroi. L'exécution pratique d'un tel système isolant exige un certain nombre de précautions qui seront prochainement étudiées.

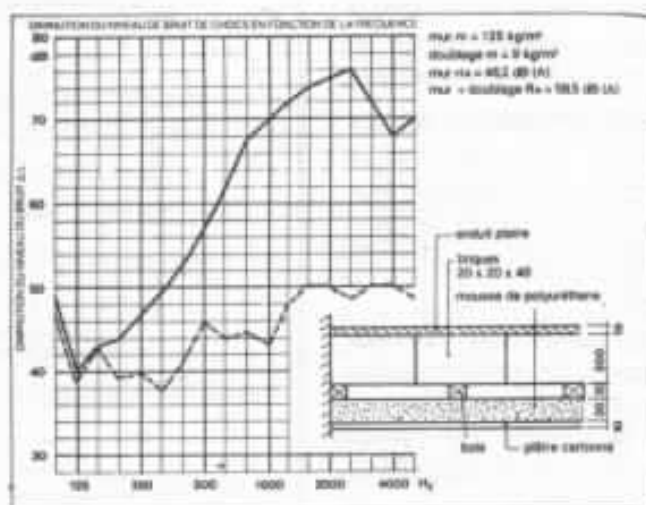
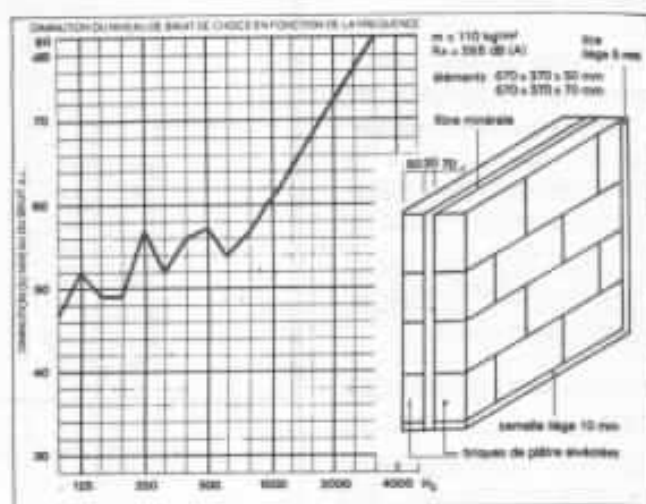


Fig. 7 : Exemples de comportement des parois doubles (Pujolle).

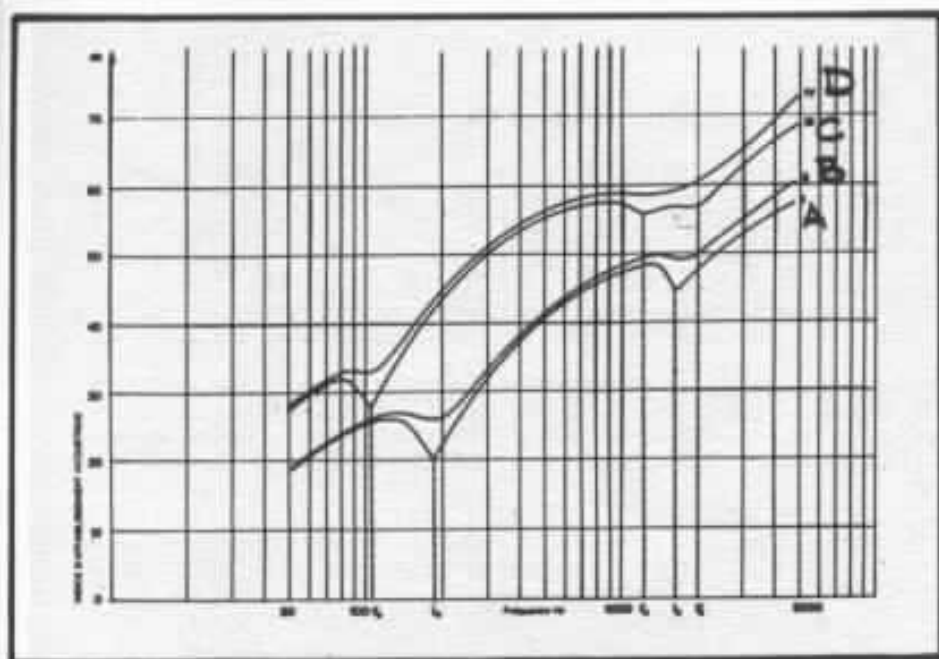


Fig. 8 : La courbe A correspond à l'isolation d'une paroi double sans absorbant entre les éléments.
 La courbe B montre les modifications apportées à la même double paroi par un élément absorbant placé dans la cavité.
 La courbe C montre l'isolement d'une double paroi construite avec des éléments très différents (sans absorbant).
 La courbe D correspond au système C avec un absorbant dans la cavité. (Exemple de Pujolle).

$$M = m_1 + m_2$$

Intervention de l'air contenu entre les parois

L'ensemble mur/air/mur peut être assimilé à un système de deux masses reliées par un ressort. A la fréquence de résonance du système, l'isolement montre un minimum, et il est donc nécessaire de bien connaître ce phénomène pour prévoir ses conséquences.

La fréquence de résonance se

détermine à l'aide d'une formule simplifiée :

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{(1 + 1)}{m_1 m_2} \frac{1}{d}}$$

m_1, m_2 = masses surfaciques des éléments (kg/m^2)

d = distance de séparation (m)

Un produit absorbant léger disposé entre les parois améliore les performances acoustiques de l'ensemble.

Notons que les masses surfaciques et la distance entre les éléments jouent dans le même sens, c'est-à-dire qu'il faut accroître d quand les parois sont plus légères pour maintenir une fréquence de résonance acceptable.

Dans une cavité ne comportant pas d'absorbant, il est possible de constater l'existence de résonances propres à cette cavité. Chaque fréquence de résonance est donnée par :

$$f = 170 \frac{n}{d}$$

où $n = 1, 2, 3, \dots$

d = distance entre les éléments (m)

Des minimums dans l'isolement correspondent aussi à ce phénomène. Le remède consiste à placer un produit absorbant dans la cavité et à construire des parois différentes, ce qui élimine les effets de coïncidence.

La loi de masse et le comportement des structures multiples sont à la base de tout travail d'isolation.

Cette étude de caractère théorique/pratique est donc le prologue de nos prochains articles qui porteront sur l'application des principes fondamentaux dans la résolution de problèmes précis au niveau des cloisons, des fenêtres, des portes, des plafonds et des planchers.



**Page non
disponible**

Les aléas de l'écoute subjective

Jean Hiraga

Parmi les nombreux problèmes cernant la haute fidélité, celui de l'évaluation subjective de la qualité sonore, les différences, parfois très nettes dans les avis de chacun d'entre nous lors de l'écoute d'un même type de son en font un thème à la fois passionnant et mystérieux. L'évaluation subjective de la qualité d'une chaîne hi-fi devrait être une question relevant de la physique, c'est-à-dire consistant à analyser, sans plus, la qualité d'une suite de sons reproduits, tout comme on pourrait le faire pour les couleurs de base composant un tableau. En fait, il s'agit d'un mécanisme plus compliqué, une chose que chacun essaie de mieux situer, de mieux comprendre. Le présent article donne un aperçu sur ces questions fort passionnantes, ce qui permettra peut-être au lecteur de mieux distinguer les divers facteurs capables d'influencer les résultats qualitatifs au point d'arriver aux conclusions parfois totalement contradictoires bien connues des lecteurs.

Introduction

En faisant l'analogie entre la peinture et la musique, on pourrait assimiler les différences d'appréciation de la musique et des sons composant celle-ci aux différences d'appréciation existant entre un tableau et les couleurs de base composant celui-ci.

En effet, si on estime que la partition de musique est l'équivalent de l'esquisse d'un tableau, on comprend que cette partition,

cette esquisse sont d'une importance capitale. Par ordre d'importance, l'esquisse comme la partition passent donc avant que ces œuvres soient terminées. Elles correspondent aux charpentes d'un édifice. De la sorte, on doit considérer que la valeur de l'esquisse du dessin passe avant le facteur d'évaluation de qualité des couleurs de base qui vont servir à orner cette esquisse.

Mais, dans ces deux cas, la musique ou la peinture, ces deux « charpentes » se construisent

selon les lois de l'art, se fiant aux lois de l'harmonie des sons, du rythme, de la mélodie ou encore à celle de l'harmonie des couleurs, de l'esthétique des formes.

Pour le cas présent, il est cependant nécessaire de ne se limiter qu'à la reproduction stéréophonique d'une chaîne hi-fi, pour ne pas trop compliquer ce sujet.

Toujours est-il que, pour ces deux cas, le contenu d'une partition, le contenu d'une esquisse sont des bases sur lesquelles les

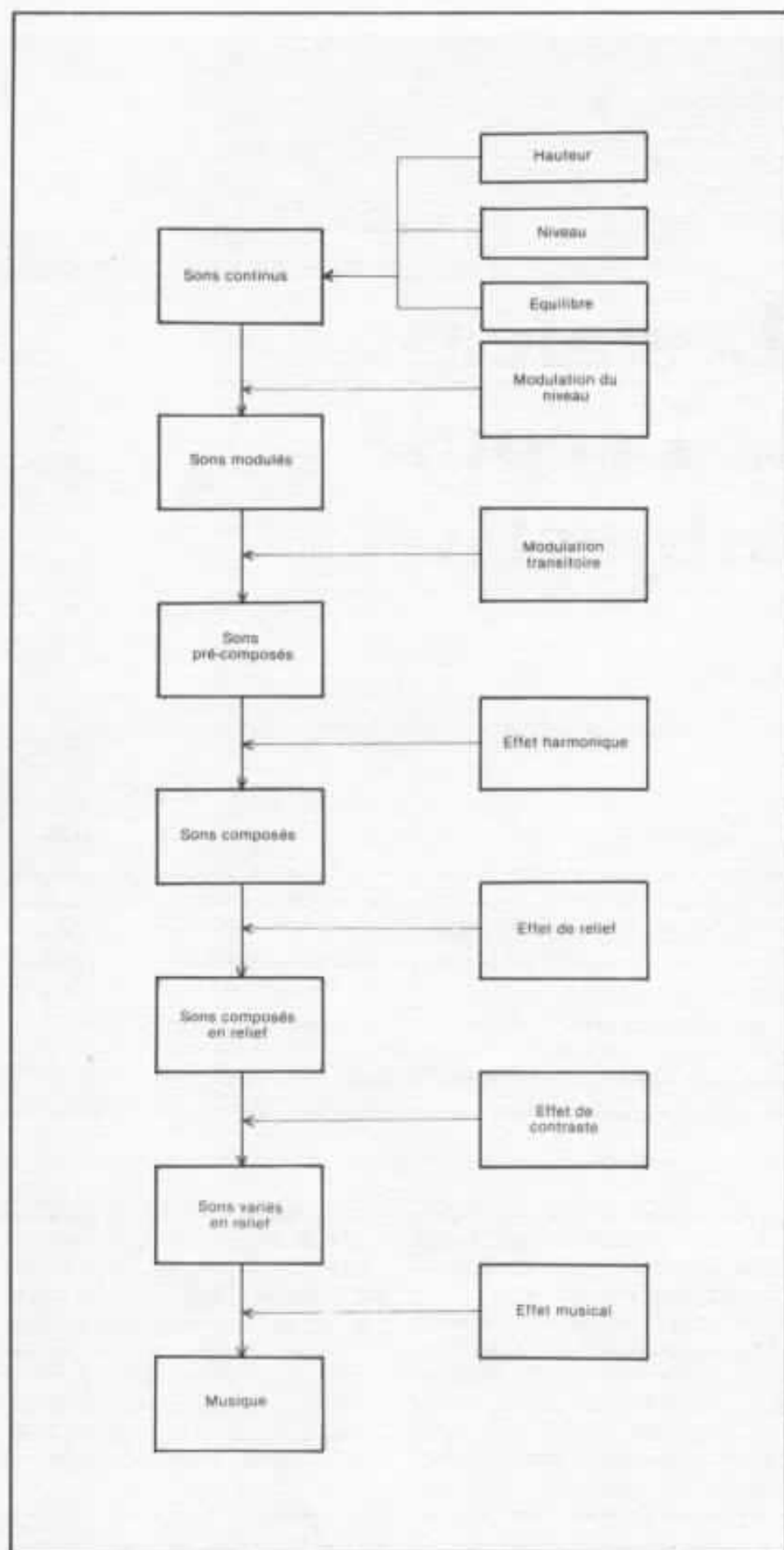


Fig. 1 : Chemin parcouru entre le son pur et la musique

facteurs d'esthétique vont avoir un impact assez considérable sur le point de vue psychologique. De là viennent, en grande partie, les différences d'appréciation de « qualité » ressenties par différentes personnes.

Malgré l'avance sur ce chemin paraissant de plus en plus compliqué, ceci permet de délimiter grossièrement le terrain pris par la qualité sonore. Ceci est détaillé sur la figure 1 et ce tableau montre le chemin que suit le son pur jusqu'à la domestication artistique de celui-ci, c'est-à-dire la musique.

La hauteur, le niveau acoustique et l'harmonie sont les trois éléments de base principaux. A ce niveau pourtant élémentaire de la domestication des sons intervient déjà le facteur subjectif, tel que des constatations subjectives de son « clair », « transparent », « sale », bien qu'il ne s'agisse que de phénomènes physiques simples.

En ajoutant à cela une modulation du niveau acoustique, c'est-à-dire un effet dynamique, on voit, comme le montre le tableau de la fig. 1, à quel point peuvent devenir complexes les effets subjectifs qui en découlent. Le grossissement maximum donnerait le « grain », la « particule » de cette musique, mais la quantité énorme de ces « particules », la combinaison artistique de celles-ci compliquent au fur et à mesure l'aspect subjectif de cette question. Ceci permet de comprendre qu'il n'est plus possible de donner un avis sur la qualité physique de chacune de ces « particules », ceci d'autant plus que plusieurs de ces particules émises soit en même temps, soit selon un arrangement artistique donné (rythme, mélodie, etc...), l'effet subjectif résultant n'est ni la moyenne, ni la dominante de ces particules prises une par une. Par analogie encore, c'est la différence existant entre l'effet visuel de plusieurs couleurs de base et un

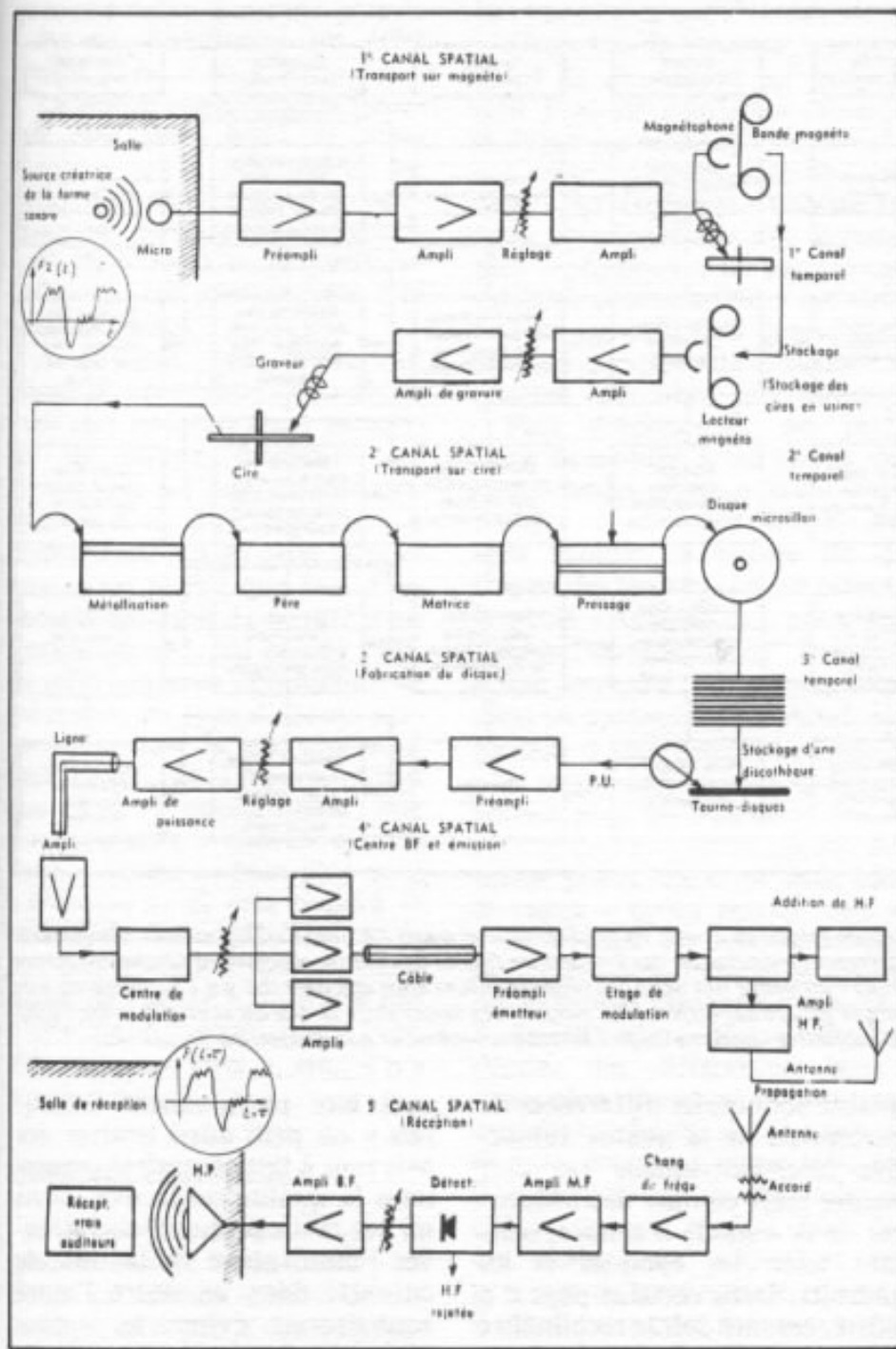


Fig. 2 : « Manipulations » effectuées entre le son et le disque commercialisé. Ce tableau provient d'une illustration d'un excellent article de André Moles, paru dans le n° 1 de la Revue du Son (Avril 1953).

autre effet, influencé par le facteur psychologique, et qui va donc varier selon la personnalité de chacun, comme par exemple l'effet visuel d'un tableau pourtant unique et comportant des couleurs de base identiques pour chacun d'entre nous.

Cette analogie nous fait mieux comprendre le pourquoi de ces différences de qualité ressenties

entre auditeurs, malgré que physiquement et acoustiquement parlant le son reproduit soit exactement le même.

Ensuite, lorsque ce son est reproduit (système électro-acoustique), il est nécessaire d'ajouter d'autres effets acoustiques dont certains sont d'ailleurs involontaires mais qui peuvent avoir un effet psychologique

marqué : temps de montée du signal, temps d'extinction de celui-ci, réponse transitoire et bien d'autres critères de qualité nécessaires pour reformer le timbre exact d'un ou plusieurs instruments dans une ambiance acoustique donnée.

Mais, pour cette appellation de « timbre exact », il est évident que l'on ne sait pas très bien sur quoi se baser, car, pour la reproduction électro-acoustique et si la source sonore est un disque, le son est obligatoirement manipulé de nombreuses fois.

Déjà, en 1953, dans le n° 1 de la Revue du Son, A. Moles parlait de ces nombreuses « manipulations », ceci dans le cadre d'un excellent article intitulé « Le canal sonore ». Nous avons repris ici un tableau qui illustre cet article et le lecteur le trouvera sur la figure 2.

Aux débuts du microsillon, les critiques unanimes de « violoncelle extraordinairement vrai », « enregistrement d'un naturel remarquable » (selon les critiques de l'époque) d'un morceau de Kodaly joué par Starker sont un bon exemple, vu que le microphone était placé sous le chevalet de l'instrument...

La façon d'écouter de chacun

On voit que tout cela est bien compliqué mais ne l'est pas au point d'être totalement incompréhensible. Un chef d'orchestre, par exemple, essaie d'écouter « séparément » et « simultanément » tous les instruments figurant sur sa partition. Par contre, un auditeur peut écouter tout cela d'une façon très différente, qui dépendra de sa personnalité, de son éducation, de ses goûts, de son humeur, de sa santé, de l'heure de cette audition, de son état de fatigue physique ou intellectuelle et des conditions affectives vis-à-vis des personnes jouant ce morceau de musique. La figure 3 essaie d'établir sous forme de

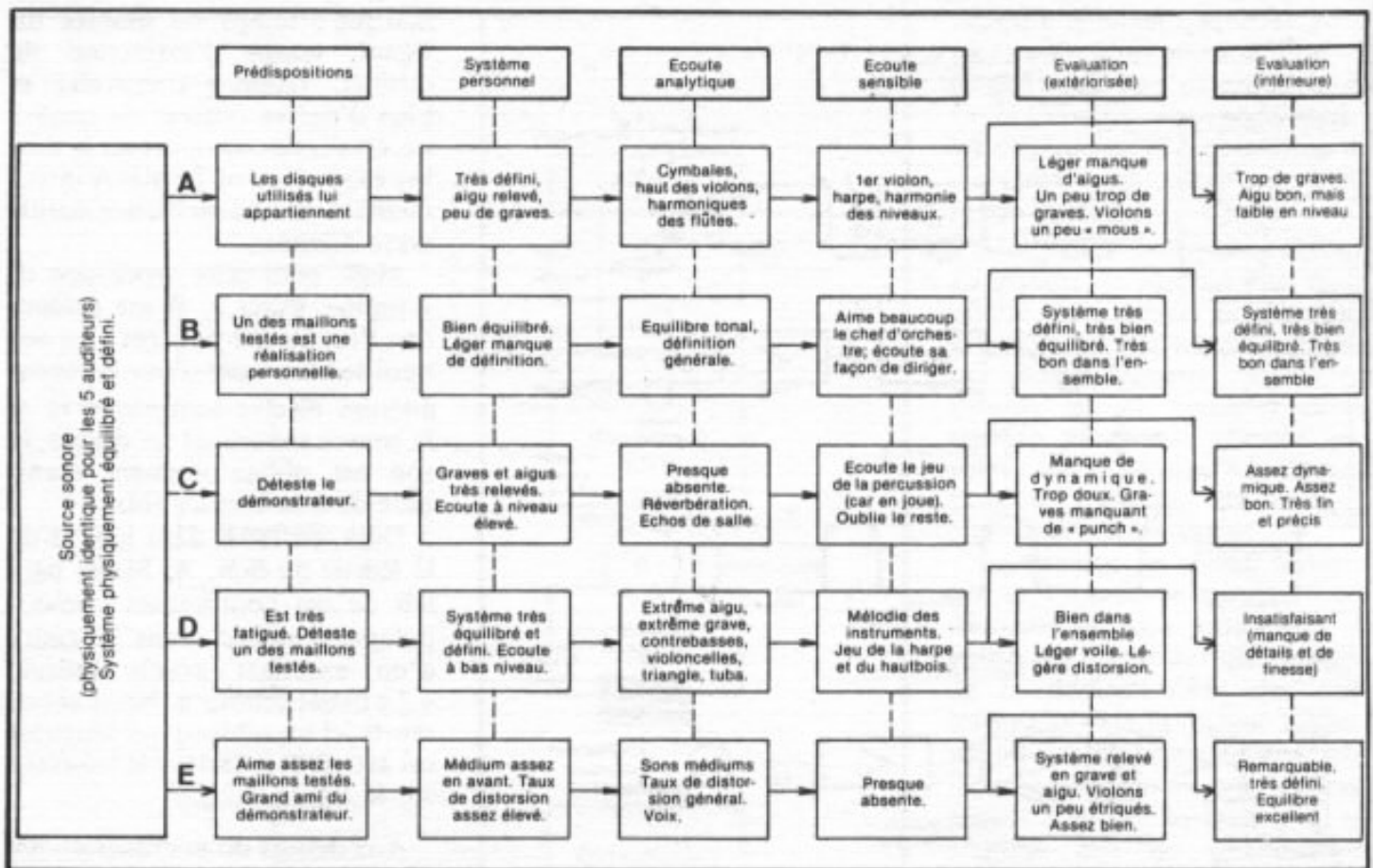


Fig. 3 : Exemple de chaîne d'impressions et d'effets subjectifs divers, de prédispositions avant l'écoute de cinq auditeurs écoutant et jugeant un système donné. On remarque les différences importantes des évaluations finales de chacun, ceci malgré une source sonore physiquement semblable vis-à-vis de tous. On note l'influence très nette des prédispositions ainsi que celle due à « l'intoxication » du système d'écoute habituel ou préféré. On remarque encore des différences parfois très nettes entre ce que dit et ce que pense l'auditeur. Ceci montre que l'évaluation de l'écoute subjective concerne en fait surtout soi-même et non le système écouté seul.

« chaîne » cet enchaînement d'impressions, ceci pour plusieurs auditeurs, montrant ainsi qu'à partir d'un effet acoustique similaire, on peut arriver à des avis très différents. De plus, il est sûr que certains « écoutent mieux » que d'autres, c'est-à-dire d'une façon analytique et non sentimentale, alors que d'autres peuvent faire le contraire ou bien écouter ce morceau comme s'ils écoutaient de la musique de fond, de la musique d'ambiance (ce qui ne doit pas être considéré comme un reproche). Il s'en suit donc des impressions subjectives parfois très différentes.

Autres considérations

Dans les considérations faites ci-dessus sur l'évaluation de la

qualité sonore, les différences de perception de la qualité subjective inter-individuelle on doit encore tenir compte des influences de la « mode » sonore, existant selon les époques et les endroits. Dans certains pays il a existé, comme doit le reconnaître le lecteur des modes de son grave relevé, de son « loudness », de médium en avant ou d'extrême aigu très présent. Ceci peut fausser légèrement ou plus profondément les notions pourtant importantes « de bon équilibre tonal », vu que celui-ci devrait être considéré comme un critère purement acoustique et physique. Dans le cadre de la reproduction stéréophonique on doit aussi considérer que l'enregistrement peut être réalisé avec peu ou beaucoup de réverbération. Dans ces deux cas, lesquels peu-

vent être parfaitement « naturels » on peut aussi trouver des avis tout à fait contraires concernant la qualité subjective. Dans un cas, l'un souhaiterait retrouver l'atmosphère de la salle de concert, dans un autre l'autre souhaiterait éviter le « double » de la réverbération (salle de concert + salle d'écoute). A tout cela, il faut ajouter les effets stéréophoniques. Sur ce point, il faut penser qu'en réalité le positionnement spatial des instruments n'est pas aussi « défini » qu'on pourrait le croire et un essai sur une personne ayant les yeux bandés et désignant du doigt la position de la source peut donner des résultats relativement pauvres, du moins en salle de concert. Là aussi, une pré-compensation destinée à suppléer à l'absence de la vision

peut redonner sur une grande moyenne d'auditeurs un effet spatial « réel » ou « normal ».

La même considération pourrait être faite pour le local d'écoute, qu'il soit grand ou petit, bon ou mauvais acoustiquement parlant (caractéristiques physiques) et là aussi les points de vue sont souvent très contradictoires.

A présent, on comprend mieux la complexité de la chose mais ceci pourrait aussi permettre de mieux discerner les « pourquoi » d'une certaine attitude vis-à-vis d'un type de son donné. Ceci fait en effet oublier totalement le fait que lors d'un test d'évaluation de qualité d'un système donné, au moins 70% du total concerne l'évaluation de soi-même, du type d'écoute personnel et non du son reproduit tout entier. Et l'on comprend que lors d'une écoute dite « comparative » chacun d'entre nous « ressent », bien plus qu'il « n'écoute », et cela malgré la volonté de chacun désirant exprimer une opinion « juste ». De là à dire de l'autre « qu'il n'a pas d'oreille », que son type d'écoute est « faux », etc., il n'y a qu'un pas.

Quelques conclusions

L'évaluation subjective de la qualité sonore pose donc les divers problèmes cités ci-dessus et risque de mener à des différences dans l'évaluation de cette qualité, alors que cette qualité physique du son existe et devrait pouvoir s'évaluer sur une échelle absolue. Bien que ceci soit impossible pour les raisons citées ci-dessus, de très nombreuses précautions sont à prendre lors d'une comparaison de matériels fonctionnant devant plusieurs auditeurs. On sait combien il est facile d'influencer les autres par des mots recherchés en fonction des divers paramètres d'un système donné. Bien que le caractère de chacun ne puisse

être supprimé, que l'on ne puisse s'affranchir de l'écoute « sensible » de chacun, il est malgré tout possible d'orienter chaque auditeur sur certains sons, certaines « particules de sons » faisant ainsi plus facilement oublier le reste et permettant une écoute plus « physique » du son. Cette méthode peut comporter certains risques vu qu'il faut penser aux diverses questions de linéarité du système, équilibre spectral etc.

Plus précisément, on peut donc demander à un public de comparer les niveaux, la caractéristique d'un écho donné, de bien écouter la nature de la frappe des marteaux d'un piano, le « filé » suivant une note, les faibles variations de hauteur d'une mélodie ou d'une voix dans un passage précis. Ainsi, en passant à une écoute beaucoup plus technique, chaque auditeur entend plus qu'il ressent d'une part et fixe son attention sur un thème précis. Ce n'est donc pas le vague « qu'en pensez-vous » avec toutes les conséquences qu'il comporte, indiqué au début de cet article. Par cette méthode, il devient alors plus facile de déceler des différences, beaucoup plus physiques du son, ce qui n'empêche pas de faire suivre de telles écoutes d'autres tests où il serait possible de demander à chacun un avis général. Lors de ces évaluations subjectives en présence de plusieurs personnes, il est d'autre part fréquent qu'à ces réunions seules des personnes de point de vue assez proche se rassemblent. Ceci peut bien sûr fausser le résultat de l'opinion moyenne. Concernant l'équilibre spectral, cité plus haut, lequel est d'ailleurs tout à fait physique, il est très facile de démontrer combien une oreille peut se fausser et s'habituer à des défauts, parfois importants. Bien souvent on remarque chez « les autres » des défauts dans le système de reproduction, ne gênant d'ailleurs pas du tout les auditeurs habitués à de telles écoutes.

L'habitué pour un certain morceau de musique pourra trouver tel morceau de musique « clair » ou « léger », alors qu'un autre le trouvera sombre ou même lourd. On peut en effet écouter soit l'équilibre tonal, soit l'harmonie des niveaux entre les instruments soit encore l'harmonie des timbres entre ces mêmes instruments. On peut aussi faire une écoute « sélective » c'est-à-dire délaissier une grande partie des informations acoustiques au profit d'une voix de ténor ou du bruit de clapets d'un instrument à vent. Car l'écoute peut être également « technique ». C'est celle que pourrait faire un preneur de son comme un chef d'orchestre, lorsque ceux-ci sont à la recherche de fautes techniques.

L'habitué peut aussi « reconstituer » dans sa tête ce qui, en fait, n'est pas reproduit, tel un chef d'orchestre trouvant la qualité de définition d'un poste auto-radio satisfaisante, ou d'un autre chef d'orchestre « s'imaginant entendre jouer bien » un orchestre qui joue mal. Mais comme on l'a déjà mentionné précédemment, l'humeur du jour, le côté affectif interviennent aussi dans cette évaluation de qualité subjective. Un orchestre jouant parfaitement bien, une chaîne hi-fi sans grand défaut peuvent être détestés de quelqu'un uniquement à cause de ce facteur affectif, faisant ainsi complètement dévier l'opinion résultante.

Ceci mène à des opinions apparemment contradictoires telles que :

- « C'est bien, mais je n'aime pas du tout »;
- « Ce n'est pas bien, mais j'aime beaucoup »;
- « J'aime bien parce que tout le monde aime bien ».

Ceci pouvant d'ailleurs s'extérioriser ou non.

Ces différences d'opinion correspondent en effet aux influences du caractère humain, aux

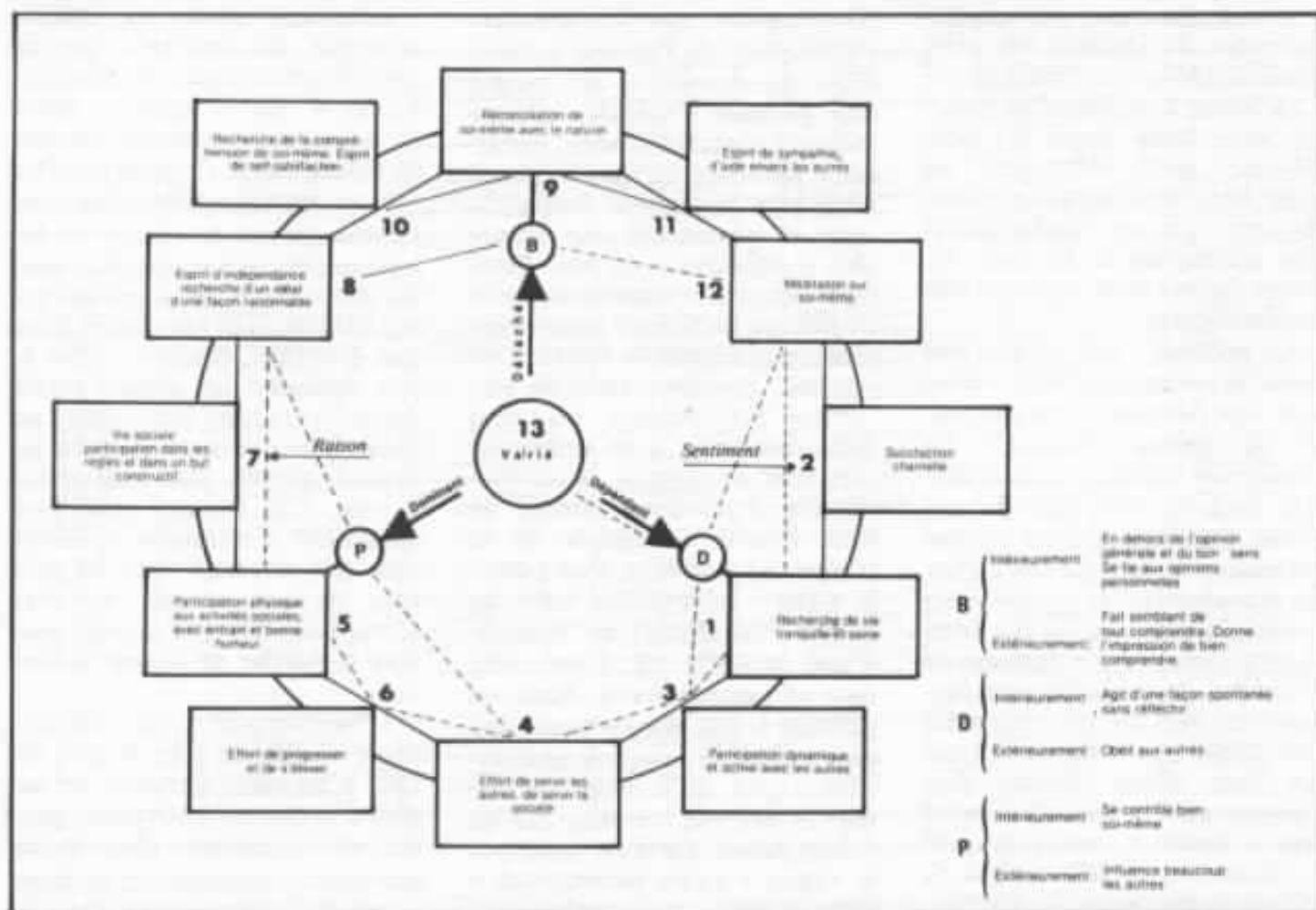


Fig. 4 : « MRI-QOL », les treize éléments principaux de la philosophie de la vie, illustrant les tendances caractérielles de chacun. (Selon Morris et Kuriyakawa)

combinaisons « Pathos-Logos », le sentiment et la raison apportant extérieurement ou intérieurement le résultat de ces opinions. On voit donc que la grande différence d'opinion selon le sujet représente un lien étroit avec les éléments de philosophie de la vie. Ces 13 éléments principaux, appelés « MRI-QOL, life philosophy » par Morris, de l'université de Harvard, sont représentés sur la figure 4.

Ce tableau montre les penchants pour le sentiment ou la raison, les tendances caractérielles de « dominant », de « dépendant » ou de « détaché » que chacun de nous possède. Appliqué à l'évaluation de la qualité subjective, en fonction des caractéristiques du sujet écoutant et jugeant, il permet de tirer

de très bons résultats. En connaissant les goûts, le caractère, l'humeur du sujet écoutant, il est ainsi possible de choisir un modèle de chaîne hi-fi, de musique lui plaisant le mieux et de répondre « psycho-acoustiquement » aux besoins qu'il ressent. Il y a un peu plus de deux ans, une telle expérience a été menée au Japon : comme indiqué ci-dessus, de nombreux préparatifs avaient été faits en fonction de chaque auditeur, ceci dans plusieurs universités et auditoriums de particuliers, ainsi que dans de nombreux magasins spécialisés en haute-fidélité. Ces expériences se montrèrent très concluantes. En effet, pour les magasins vendant de la hi-fi par exemple, magasins dans lesquels les clients étaient soumis à ces « pièges » spécialement faits

« sur mesure » pour chacun d'entre eux, la méthode était si bien appliquée que ces magasins constatèrent une augmentation des ventes et des « succès de vente dès proposition » se chiffrant environ à 78%, ce qui est énorme.

Mais tout cela n'était malgré tout pas destiné à une grosse opération commerciale basée sur une recherche de marketing bien fondée, telle que celles que l'on pourrait trouver dans le cadre de quelques grandes sociétés japonaises. C'était simplement pour prouver la solidité de ces théories. Ceci est d'ailleurs assez évident lorsque l'on s'imagine un client pensant intérieurement :
- « Je trouve enfin un vendeur qui me satisfait complètement, qui ne me propose que des maillons que j'aime et qui ne met fait

écouter que le type de son que je préfère ».

Ceci montre la puissance de l'effet psychologique dans une écoute dite « Evaluation subjective de la qualité sonore », un sujet qui n'a plus qu'une maigre valeur sans ces considérations.

Une expérience simple concernant cet équilibre spectral subjectif montre à quel point il est possible de tromper l'oreille. Elle consiste à choisir un système de reproduction particulièrement bien équilibré. Tout en faisant écouter à un auditeur ce système, soit plusieurs heures de suite, soit sur une période plus longue (une semaine, un mois), l'expérience consiste à relever ou à faire chuter une partie du spectre comme par exemple le grave ou l'aigu. Si cet auditeur n'a pas de point de référence et si cette déformation très progressive de l'équilibre se fait sur une période relativement longue, il devient possible ainsi de relever de 10 dB les fréquences aiguës sans que l'auditeur s'en aperçoive. Même dans le cas où il ressentirait quelque chose « d'anormal » l'écart resterait malgré tout important. Ceci peut se prouver par un auditeur habitué à une écoute assez

déformée sur ce point de vue (haut-parleur électrostatique relevant trop l'aigu, niveau du grave trop relevé par exemple) à qui on fait réécouter un système cette fois parfaitement équilibré. Il ressentira aussitôt un « manque » dans les zones préalablement trop renforcées acoustiquement. Ceci explique les risques indiqués ci-dessus à propos de l'évaluation subjective de l'équilibre sonore. En effet, chaque auditeur se fie instinctivement au système qu'il écoute le plus, ou encore, qu'il croit le plus équilibré, alors que ceci peut être faux dans l'absolu.

Enfin, pour terminer ce court article il est certain que les divers phénomènes cités ci-dessus font que chaque auditeur écoute à sa façon, ce que chacun s'imagine très bien tout en ne cherchant pas à en comprendre le mécanisme. Concernant le caractère propre à chaque auditeur, il a été constaté, d'après les recherches faites aux U.S.A. ou au Japon par exemple, que les sujets se rattachant au côté « dominant » du graphe de Morris aimaient le café, les excitants (thé, tabac etc...) et, en hi-fi, aimaient le son très clair, « décortiqué », aux

caractéristiques de réponse transitoire excellentes. Ceux appartenant au côté « dépendant » aimaient l'alcool, écoutaient la musique en grande partie en tant « qu'ambiance musicale » et aimaient le grave assez relevé (effet de loudness). Enfin, ceux appartenant au type « détaché » n'aimaient pas le son reproduit trop fort, mais aimaient par contre la reproduction de grande fidélité physique, une reproduction très « fine » en qualités.

Quant à ceux appartenant au type « varié » bien peu d'entre eux avaient un caractère stable et leur façon d'écouter variait d'une façon assez notable.

Pour terminer ces propos sur l'évaluation de la qualité subjective, imaginons que nous puissions un jour traduire simultanément sur écran tout ce que nous ressentons lors d'une écoute, tout ce « qui nous passe par la tête ». Nous serions sans doute surpris par la diversité des informations et des réactions de notre cerveau. Mais cela nous permettrait peut-être aussi de dire que les recherches telles que celles décrites ci-dessus comportaient une grande part de vrai.



**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

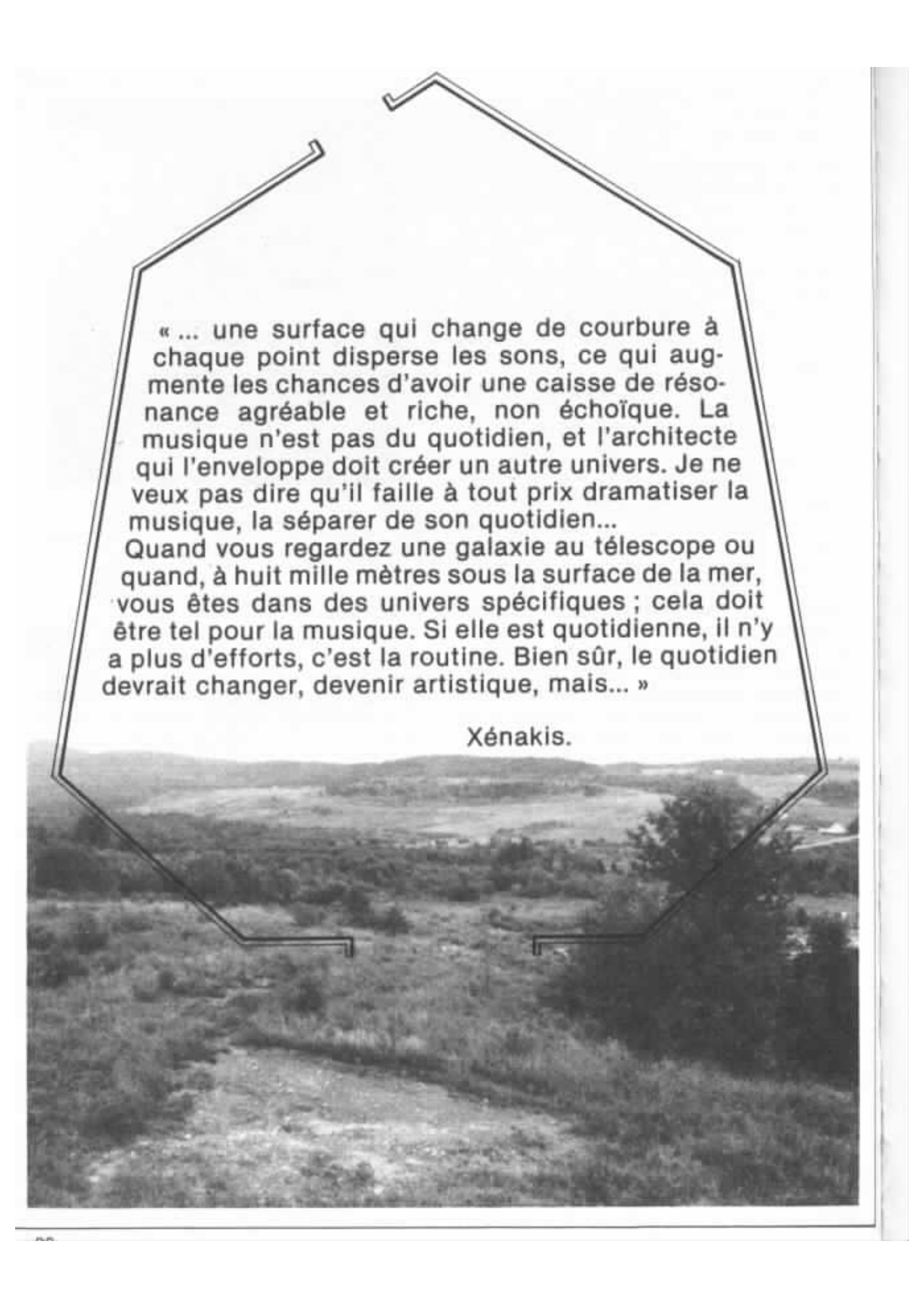
**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



« ... une surface qui change de courbure à chaque point disperse les sons, ce qui augmente les chances d'avoir une caisse de résonance agréable et riche, non échoïque. La musique n'est pas du quotidien, et l'architecte qui l'enveloppe doit créer un autre univers. Je ne veux pas dire qu'il faille à tout prix dramatiser la musique, la séparer de son quotidien...
Quand vous regardez une galaxie au télescope ou quand, à huit mille mètres sous la surface de la mer, vous êtes dans des univers spécifiques ; cela doit être tel pour la musique. Si elle est quotidienne, il n'y a plus d'efforts, c'est la routine. Bien sûr, le quotidien devrait changer, devenir artistique, mais... »

Xénakis.

Réalisation d'un auditorium

Pierre Marcoux

Pierre Marcoux est un ami de longue date de la rédaction. Il réside au Québec. Depuis bientôt plus d'un an, il s'est lancé dans la réalisation d'un auditorium pour son usage personnel. La grande originalité de ses travaux méritait une description détaillée dans ces pages. Voici le texte qu'il nous a fait parvenir, où l'on notera la philosophie bien particulière de son approche. Précisons enfin que cet auteur passionné de haute fidélité depuis de nombreuses années touche de très près dans ses activités professionnelles à l'univers sonore, puisqu'il est preneur de son et réalisateur à la télévision canadienne.

Quiconque a lu l'œuvre de Tomatis sait reconnaître l'importance d'un équilibre sonore. Il ne s'agit pas d'une prédominance de l'ouïe sur les autres sens, mais bien au contraire, d'une ouverture de tous ces sens sur la vie par l'oreille.

Toutes les régions ont leur acoustique propre ; je connais un coin du Québec où l'on peut pratiquement se parler à voix basse en extérieur et très bien se comprendre, tellement l'air y est d'une qualité rare en tant que support acoustique : les timbres éclatent... Cette région est malheureusement isolée.

Les premières approches

L'aventure de cet auditorium s'est concrétisée avec le besoin de construire une maison pour la famille. Nous avons trouvé une terre à la campa-

gne qui se présentait plutôt comme une vallée. Il s'agit d'une région montagneuse qui, sans avoir la magie sonore de celle citée plus tôt, n'en possède pas moins une acoustique qui intrigue. D'ailleurs, je crois bien que dans nos recherches antérieures, nos oreilles étaient éveillées aux ambiances des divers lieux visités ; c'est l'ouïe qui, le plus souvent, détermine l'état de bien-être. Visuellement, l'ensemble ressemble à un gros cratère lunaire, la maison se trouvant en périphérie, à bonne hauteur. La région étant très silencieuse, on peut entendre facilement le moindre petit bruit du voisinage. En tant que cinéaste, j'étais enchanté par les riches possibilités de cette « coupole sonore ». Traditionnellement, le cinéma n'est pas très riche en perspectives sonores : l'habitude du travail en studio et l'utilisa-



Bric à brac courant chez les audiophiles : Mark Levinson, ampli Hiraga sur batteries pour grave, ampli Crown à tubes pour les Dayton Wright, Stellavox SP7, Thorens, couvre-plateau plasticine, bras Audiocraft et le reste n'est pas vu...

tion du micro canon y sont pour quelque chose. J'ai vite compris que cette vallée me serait d'un grand recours dans mon travail.

Nous avons l'intention de consacrer une année complète à la construction de notre maison. En réalité, après deux années, il reste encore du travail à accomplir. Il faut dire qu'au Québec, l'hiver a vite fait de ralentir les travaux, la belle saison étant assez courte. Tout nous était permis sur le plan architectural... C'est alors que j'ai décidé de donner le grand coup pour l'auditorium tant convoité et, ainsi, de ne plus avoir à vivre constamment des situations de compromis d'acoustique et d'espace, comme c'était le cas dans ma salle d'écoute antérieure.

Les besoins étaient les suivants : un lieu d'écoute, certes, mais qui puisse servir de studio d'enregistrement à acoustique variable, pour la réalisation de dramatiques radiophoniques en stéréophonie et pour la post-synchronisation cinématographique. A cet égard, un regard sur la figure 1 donne un aperçu des nombreuses possibilités de cette conception : des petits locaux à l'auditorium, plus vaste, puis à la vallée et ses caractéristiques acoustiques. On peut ainsi réaliser des ambiances et même une progression sonore intéressante, tous ces lieux étant reliés entre eux par des portes. Je désirais donc un ins-

trument de travail qui soit le plus universel possible et qui puisse être également un lieu d'écoute paisible.

Nous en étions à l'élaboration des plans, quand je me suis souvenu avoir vu un croquis d'auditorium théoriquement idéal dans l'*Audiophile* (N° 2, p. 56) : l'idée consistait à éviter scrupuleusement les surfaces parallèles. La forme en diamant nous plaisait beaucoup et les plans furent élaborés en prenant cette forme comme base de notre maison. Cela lui a donné un aspect très attrayant en extérieur comme en intérieur.

Souvent, durant la construction, nous nous arrêtons pour entendre la vallée...

Je ne voulais faire aucun compromis sur la qualité et la quantité des matériaux ; c'est l'avantage d'être l'artisan de sa maison : c'est beau, bon, pas cher. Reposant sur un fond de sable, le plancher atteint une épaisseur de 20 cm de béton sur lequel sont déposées des ardoises de formes et de surfaces irrégulières. Les murs sont faits de deux épaisseurs de briques, totalisant 20 cm également, cependant que l'épaisseur des trois murs du devant donnant sur l'extérieur atteint avec la maçonnerie 45 cm. Le plafond, inachevé pour l'instant, est tout de même constitué de deux épaisseurs de plancher vissés (l'étage du dessus) reposant sur de nombreuses poutres de bois qui

tiennent lieu de chicanes. Ce plafond doit être fini en une grande surface de plâtre irrégulière, elle aussi, et réfléchissant les sons dans tous les sens. Un espace entre cette surface et le plafond servira à accorder l'auditorium par l'utilisation de matériaux absorbants à l'intérieur et, ainsi, à diminuer au maximum les ondes néfastes qui y persistent.

Lors de l'édification des murs, j'étais curieux de vérifier l'acoustique de l'auditorium, au fur et à mesure qu'ils s'élevaient. Les résultats furent abominables, aussi longtemps que le tout ne fut pas fermé. Mais, quand ce moment fut arrivé, malgré un air très humide, dû principalement au mortier non séché, on pouvait facilement se rendre compte en tapant des mains vivement, qu'aucune onde stationnaire ne venait gêner l'extinction des harmoniques. C'était la joie, après tant de travail... Quelques jours plus tard, quand tout avait un peu séché, on pouvait remarquer, l'auditorium étant vide, une acoustique semblable à celle d'une petite église romane et ce, dans un volume de 112 m³. A ce stade, j'étais heureux et surtout rassuré.

Le choix des matériaux a été également conditionné par l'aspect visuel. Je savais qu'il fallait libérer l'esprit au maximum pour pouvoir jouir d'une écoute profonde. Bien que, sur le plan, la symétrie de l'auditorium semblait évidente, cette rigueur ne se faisait pas sentir à l'intérieur. Il y a plusieurs raisons à cela : les ardoises irrégulières diffusent les sons, mais aussi le regard ; la brique choisie est tachetée de plusieurs nuances, ce qui donne l'impression d'une teinte générale et non d'une couleur particulière. Les poutres massives ayant un certain âge, donnent à l'ensemble

un caractère reposant, avec leur aspect rustre et irrégulier. A propos de ces dernières, leur longueur importante nécessitait un soutien au centre. Comme il était hors de question de placer un poteau dans l'auditorium, un système intéressant fut employé pour les soutenir. Quand tous les étages de la maison furent terminés, on remonta à l'aide d'un cric la poutre par son centre. Ainsi, on put retirer le poteau temporaire, puis on passa à chaque extrémité de la poutre un câble en acier, qui fut ensuite tendu au maximum, après avoir été attaché pour entourer la poutre. La dernière étape, et non la moindre, consista à ramener les deux sections latérales du câble sous la poutre en son centre et à les attacher solidement. Quand cela fut fait, on put redescendre la poutre, qui se déposa lentement sur le câble serré, agissant à la fois comme support et tendeur. La poutre ainsi arquée conféra une rigidité importante à tout le plafond. Quand toutes les poutres maîtresses furent ainsi traitées (trois dans mon cas), le plancher du dessus tint tout seul et l'auditorium fut ainsi libéré de ses poteaux.

Ainsi réalisé, même sans décoration, l'auditorium a un aspect visuel très agréable et d'une grande sobriété, qui le rend aussi réceptif à la musique romantique que contemporaine. Ce détail peut surprendre mais, personnellement, je suis passé de Bach à Xénakis, et je pense que le lieu d'écoute doit être d'une esthétique neutre, culturellement parlant. Mais chacun connaît ses propres goûts et il est important dans un lieu comme celui-là de ne pas se laisser envahir. En position d'écoute, on fait face à la grande porte vitrée qui donne sur la nature, sur les saisons. Ainsi, l'esprit s'évade et accepte un peu mieux



La salle
d'écoute

que les interprètes s'installent dans la salle d'écoute, car, ne l'oublions pas, cette reproduction tri-dimensionnelle de l'évènement sonore se fait sans le support de l'image et cela, à mon humble avis, le cerveau le prend un peu de travers. Dernièrement, on retransmettait sur les ondes de notre télévision nationale et simultanément sur les ondes FM en stéréophonie, l'opéra Manon. Malgré des défauts énormes sur la prise de son (distorsions, usage de compresseurs, profondeur douteuse, etc.), une très mauvaise définition et une absence complète de profondeur sur l'image vidéo, il est évident que l'on peut « entrer » dans l'évènement reproduit. Cela devient un médium global. Malheureusement, dans une telle réalisation, à toute l'équipe sonore s'ajoute « l'équipe image ». Si l'on a du mal à retrouver une profondeur réelle sur la plupart des disques du commerce, imaginez quels problèmes peuvent se poser en langage image. En d'autres termes, il est difficile d'admettre un zoom optique sur les chanteurs, si la perspective sonore ne change pas. Mais tout cela est surtout lié aux réalisateurs impliqués, ils doivent pouvoir résister aux facilités techniques de tout genre.

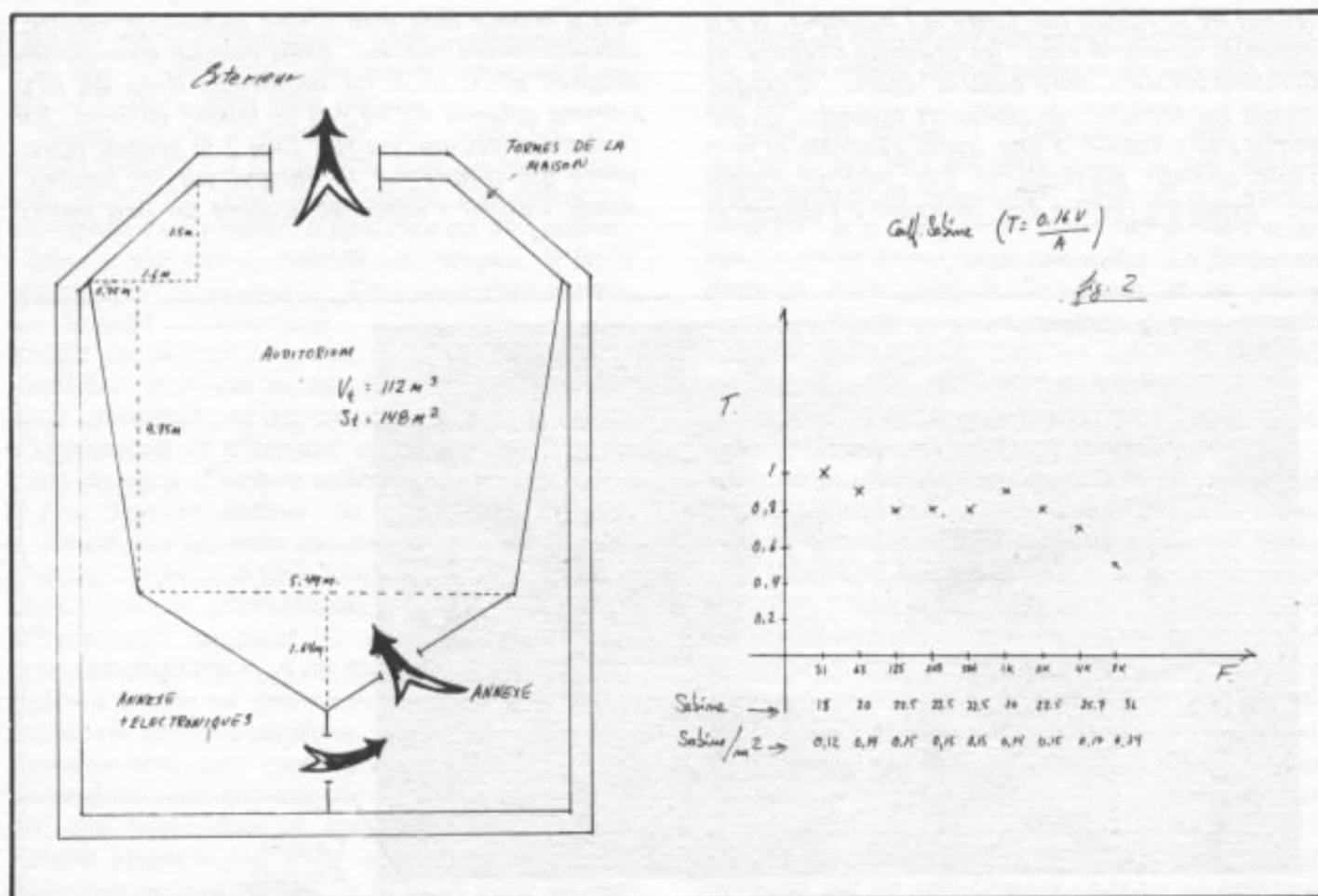
En attendant un tel niveau de qualité générale, il faut pouvoir apprécier l'évènement musical par le seul apport du son. Je pense pour ma part que

lorsque l'émotion de l'auditeur intervient, celui-ci peut communier plus profondément avec l'évènement musical reproduit, sans l'apport de l'image.

Par les nuits de lune, une lumière cendrée pénètre par la porte vitrée et éclaire les ardoises. Son effet est tel que l'écoute musicale est des plus merveilleuses à ce moment-là. Cela peut sembler exagéré, mais je crois plutôt rejoindre la pensée de Xénakis exprimée dans l'introduction de cet article.

Premières impressions d'écoute

En chauffant la pièce, nous avons été surpris de constater, dès les premiers instants, la répartition homogène de la chaleur. S'il y avait une quelconque odeur, de la fumée par exemple, l'odeur de cigarette se sentait en tous les endroits de la pièce. Je commençais à avoir une petite idée du son qui en sortirait. Comme je pouvais l'imaginer, l'écoute d'un évènement sonore y est réellement envahissante, on baigne dans le fluide harmonique. Un vrai piano y sonne plein et très homogène. On pense à un écouteur géant. Il n'y a pas vraiment de place meilleure qu'une autre, l'effet stéréophonique est satisfaisant en tous les endroits. Cette caractéristique, alliée au volume assez important de l'auditorium, donne la possi-





L'étage au-dessus de l'auditorium : les angles se retrouvent sur les murs du fond, les autres murs suivant le reste des formes de la maison, donc, droits. Les poutres de cet étage sont également accrochées par des câbles en acier, évitant ainsi les murs de soutenir ou les plateaux. Cette pièce fut employée pour comparer les différences en efficacité pour une même enceinte avec l'auditorium. L'auditorium s'avère 3 à 4 dB plus efficace à cause de sa configuration

bilité de reproduire des écarts dynamiques importants ; les orchestres se déchaînent sans contrainte. Première constatation, les pièces courantes amènent une forme de distorsion non négligeable, qu'on ne retrouve pas dans cet auditorium. Cela provient-il des matériaux durs ? Du volume ? De la forme ? Seconde observation, peut-être une explication de la première, l'auditorium agit comme un amplificateur naturel, égal sur tout le spectre.

En effet, dans une pièce de volume égal, l'étage du dessus (voir figure 1 pour la disposition des murs) étant composé de matériaux plus traditionnels, il y a une perte d'efficacité d'au moins 3 décibels sur une enceinte. Cette amplification naturelle diminue certainement la distorsion d'une chaîne, l'électronique étant moins sollicitée pour un niveau acoustique égal. Ainsi, les différences entre les maillons d'une chaîne stéréo sont plus facilement détectables. Ces différences parviennent à l'auditeur, elles s'imposent. Cet effet diminue grandement la fatigue auditive traditionnelle ou le stress d'écoute, on se cale dans son fauteuil.

En première conclusion, on prend vite conscience de la richesse de cet environnement acoustique et la musique peut s'y livrer avec le mini-

mum de coloration, sans les limites qu'on retrouve ordinairement dans les salles d'écoute non conçues pour ce qu'on leur demande.

Après avoir apprécié pendant un certain temps tous ces avantages, on se rend vite compte, surtout avec un environnement d'une telle qualité, que, malgré un design idéal, cet auditorium n'est pas parfait. Il faut bien dire que le plafond n'est pas terminé et que sa réalisation risque d'améliorer grandement l'ensemble ; mais je crois, à l'heure actuelle, qu'il est bon de retarder ce plafond pour mieux saisir et comprendre le comportement acoustique de l'auditorium, dans le but de l'accorder au maximum et ainsi, de peaufiner l'ensemble. Avec un ami, nous nous sommes lancés dans des mesures acoustiques. Quelles mesures seraient le plus susceptibles de faire ressortir les qualités de l'auditorium ? Il est assez facile de déterminer certains paramètres acoustiques pour des pièces cubiques ou rectangulaires, mais l'auditorium en question défie bien des lois.

Nous avons débuté par le temps de réverbération ; celui-ci est à peu près constant, comme l'indique la figure 2. Les mesures furent effectuées à partir de tops filtrés par demi octave, excitant une enceinte très ordinaire, placée à peu près au tiers avant de l'auditorium. Le temps de



L'enceinte Hartley et l'électronique, temporairement disposée

réverbération était relevé sur oscilloscope à - 60 dB. La remontée au-dessus de 100 Hz est facilement détectable à l'oreille. En effet, dès que l'on pénètre dans l'auditorium, on entend le spectre sonore s'étendre dans le grave. Une voix grave est boursouflée dans ce registre et cela correspond évidemment à un défaut qu'il faut corriger. L'effet est encore plus évident quand il est question d'amortir le grave d'une enceinte contenant un Hartley 24 pouces, comme c'est le cas présentement. Je compte beaucoup sur l'accord du plafond pour résoudre ce problème. Cet accord devra être fait avec beaucoup d'attention, car il est évident, à l'écoute en tout cas, que ce potentiel de restitution de l'extrême grave est à garder à l'actif de l'auditorium, car ce registre donne une assise incroyable au message sonore, qui prend alors une ampleur remarquable. Le seul problème est le voile des disques, qui devient alors insupportable. On rêve de tables tournantes idéales, ou comportant des solutions radicales, comme la nouvelle Luxman avec sa pompe à vide.

Il est important de préciser que, malgré l'absence de matériaux absorbants, l'attaque des impulsions est clairement perçue et n'est pas voilée par la réverbération. Les mesures permettent d'ailleurs de détecter un léger plateau qui précède

l'extinction du signal, une prolongation du son initial. Cela procure une localisation spatiale précise, malgré l'absence d'absorbant. Ce test d'impulsions très brèves sur tout le spectre, ou même filtrées, s'avère très efficace pour détecter la coloration des enceintes ou le « son de membrane », que l'on arrive à entendre facilement dans l'auditorium (ruban, bextrène, carton, etc.). Il est plus facile ainsi de réaliser des mariages heureux en triamplification.

Le second point à l'étude était le comportement de l'auditorium en ondes stationnaires. Malgré le dessin d'ensemble, celui-ci n'est pas exempt de défauts (ventres et creux à certaines fréquences). L'avantage des murs non parallèles réside surtout dans le fait que la salle ne possède pas de défauts primaires majeurs, comme c'est le cas dans les pièces courantes. Mais, avec une salle d'écoute de cette qualité, le moindre petit défaut est détectable, ce qui revient à dire que, là encore, il faut étudier l'emplacement optimal des enceintes et du point d'écoute, pour avoir une réponse équilibrée. Mais, tous ces défauts ne sont pas vraiment gênants, il s'agit plutôt de tirer le maximum des possibilités offertes. Comme je l'ai déjà exprimé au début, taper des mains ne procure aucune onde stationnaire gênante, et ce, dans l'auditorium vide, sans meuble, tentures ou



Détail du câblage au centre de la poutre

tableau.

Il est possible d'ajuster le temps de réverbération à sa guise, par l'installation de tentures couvrant plus ou moins les murs. Cette technique m'intéresse plus pour les prises de son que pour l'écoute ; mais rien n'est encore déterminé. En fait, ce premier article ne vise qu'à communiquer une expérience qui, dans mon cas, s'est avérée extrêmement heureuse. Un second article sera rédigé prochainement pour rapporter les modifications finales apportées à l'auditorium, correspondant probablement au maximum de ce que l'on pourra en tirer.

Il semble très important d'effectuer ces derniers ajustements avec une chaîne déterminée, incluant l'électronique. Actuellement, la chaîne impliquée est l'une des plus versatiles : triampli-

fication par filtre Mark Levinson, Hartley pour le grave avec ampli Hiraga sur batteries de voiture, Dayton Wright pour le médium aigu (avec la modification Treshold permettant de restituer tout le spectre sans filtre), alimentées par un remarquable ampli à tubes, un Crown modèle Impérial ; il y a possibilité d'y adjoindre des tweeters, Decca ou autres. Les Dayton Wright amènent une profondeur qui s'harmonise merveilleusement avec l'acoustique de la salle et correspond en tous points à l'approche exprimée au début.

En conclusion, je crois personnellement que l'acoustique est le parent pauvre de la reproduction haute fidélité, comme d'ailleurs dans l'architecture de plusieurs salles de concert. Lorsque l'on considère l'approche hautement critique de l'amplificateur Hiraga, celle d'un son « filé », exprimée dans l'article de l'Audiophile N°15, pp 21 à 25, ou encore, lorsque l'on peut découvrir la richesse harmonique de certaines électroniques à tube, il faut bien se rendre compte que, la plupart du temps, les pièces d'écoute se chargent de tuer ou de mutiler ces « sons filés », si difficilement préservés à travers les maillons de la chaîne. Pour ma part, j'ai eu la chance d'exécuter cette approche aussi originale que radicale, et avec un minimum de frais, en construisant moi-même cette maison. Ce n'est pas accessible à tout le monde, c'est le maillon le plus encombrant...

Je peux affirmer cependant que toute démarche en ce sens sera largement récompensée. Toutefois, ne vous attendez pas à ce que vos bons amis vous félicitent de votre bon goût en acoustique. Vous serez probablement surpris de constater que ce domaine ne les touche guère ; je vous dispense des anecdotes à ce sujet, car elles correspondent à ce que l'on peut souvent entendre, à propos de sujets semblables. J'ai même vu des professionnels tellement déformés à ce sujet, qu'ils souhaitaient voir chez moi ni plus ni moins qu'un studio en tapis et cartons d'œufs ; j'étais bien peiné de ne pouvoir les satisfaire. Cette entreprise risque donc d'être solitaire, pour votre plaisir.

A bientôt pour la suite et la version définitive de cette aventure.

