

L'AUDIOPHILE

N° 28 NOUVELLE SÉRIE 17^{ÈME} ANNÉE

HAUTE FIDÉLITÉ PLUS!



Ecoutes Espace **KIRON**

Nouveautés **"Hifi 94"**

- **THEORIES :**
CHRONIQUE D'UNE
OPTIMISATION SOUS
CONTRAINTES (2^E PARTIE)
- **NOUVELLES
TECHNOLOGIES :**
CLIO VERSION 3
- **REALISATION
PERSONNELLE :**
UN KIT ENCEINTE COLONNE
2 VOIES
- **LOGICIELS :**
LOGICIEL AUDIOBASE

QUOI DE NEUF ?

Les nouveaux
capteurs, quels
microphones pour
demain ?



CLASSIQUE :

Les grands
disques de
ces deux
derniers mois



JAZZ :

Du piano, encore...

M 2569 - 28 - 55,00 F-RD



**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

LES NOUVEAUX CAPTEURS (QUELS MICROPHONES POUR DEMAIN ?)

Florian et Maxime Louineau



Le fait est si évident que l'on finirait presque par l'oublier : la majorité des transducteurs actuels fonctionnent selon des principes remontant au début du siècle. Qu'il s'agisse des microphones ou de leurs homologues électro-mécano-acoustiques les haut-parleurs, tous ces transducteurs, quelle qu'en soit la technologie (électrodynamique, électrostatique ou à ruban) sont issus d'études concrétisées entre 1920 et 1940 par des chercheurs tels que Rice, Kellogg, Vogt, Gerlach, Wentz ou Olson pour ne citer que les plus illustres.

Certes, de considérables améliorations dans la mise en œuvre de ces principes ont vu le jour en un demi-siècle mais pour autant on ne saurait affirmer que la conversion électro-acoustique ait connu de véritable révolution depuis lors. Pourtant des perspectives nouvelles semblent se développer. Certaines, telles que les capteurs au silicium, entrevus il y a déjà plus de vingt ans, connaissent un regain d'intérêt. D'autres, plus "modernes" et faisant appel à des matériaux récemment mis au point, semblent prometteuses : capteurs utilisant des polymères, matériaux tels que le film électrothermomécanique (ETMF), capteurs optiques ; ces technologies de pointe trouveront-elles des débouchés dans le domaine de l'audio ?

Grandeur et misère des technologies

La réponse est d'autant plus incertaine qu'entre l'expérimentation d'un procédé en laboratoire et son application dans le "monde réel", beaucoup d'années peuvent s'écouler. La technologie des électrets en est l'exemple même ; le phénomène a été décrit il y a plus d'un siècle par Heaviside (à qui l'on doit le terme électret) mais ce n'est qu'en 1924 que le physicien Eguchi réalisa les premiers électrets à partir d'un mélange de cire et de résine. Il faudra encore attendre plus de quarante ans pour que les premiers microphones à électret soient commercialisés (1968), suite aux recherches menées sur l'électrisation des polymères (Mylar) et des

fluorocarbónates (Teflon) par Sessler et West. Grâce à la stabilité dans le temps des matériaux diélectriques et à la mise au point de méthodes de polarisation satisfaisantes, ce type de capteurs connaîtra ensuite une très large diffusion à partir des années 70 et ce, aussi bien dans des secteurs où les facteurs-clefs sont la miniaturisation et le faible coût que dans ceux où la qualité est primordiale tels que les microphones de studio.

A l'inverse, d'autres technologies opérationnelles depuis fort longtemps sont délaissées après avoir connu un essor aussi important que durable. Tel semble être le cas pour les microphones à ruban, commercialisés dès 1931 sous l'impulsion, entre autres, de H.F. Olson de la firme américaine RCA. Rappelons-en brièvement le

principe : un ruban conducteur placé dans un champ magnétique génère, quand il est mis en mouvement, une tension qui varie selon les paramètres suivants : longueur et vitesse du ruban, intensité du champ magnétique dans l'entrefer. Il faut noter qu'en dépit de nombreuses améliorations apportées plus tardivement, ce type de capteur fut le premier à permettre la réalisation de microphones directifs (cardioïdes ou plus souvent bidirectionnels) grâce à un fonctionnement en gradient de pression. Le capteur de vitesse RCA 44 A, que l'on peut à juste titre considérer comme l'ancêtre des rubans modernes, présentait les caractéristiques suivantes : directivité en huit très uniforme sur toute la bande dans le plan horizontal, courbe de réponse régulière de 30 Hz à 15 000 Hz, impédance de sortie commutable entre 30, 150 et 250 Ω . Le ruban utilisé possédait des corrugations horizontales et mesurait 2,4 mm $\times$ 50 mm pour une épaisseur d'un dixième de millimètre. Des modèles encore plus élaborés furent conçus par la suite, permettant de choisir plusieurs directivités grâce à l'utilisation de deux rubans, l'un fonctionnant en pression et comportant une charge arrière (labyrinthe amorti) jouant le rôle de résistance acoustique variable, l'autre fonctionnant en capteur de vitesse. Les résultats et la souplesse d'utilisation étaient d'un très haut niveau et ces modèles furent utilisés jusque dans les années 60. Parallèlement à cela, on chercha dès l'après-guerre à réduire les dimensions de ce type de capteur : une étude menée par le service de recherche de la BBC fut lancée en 1951 pour aboutir un an plus tard au microphone type PSG dont la taille et le poids étaient fort réduits pour l'époque (197 $\times$ 61 $\times$ 83 mm, 1,08 kg). La géométrie du circuit magnétique comportant un aimant en ticonal, l'amortissement mécanique du ruban ainsi que la forme

générale du microphone étaient très soigneusement étudiés afin de garantir, sous un volume réduit, de bonnes performances. Ce capteur fut produit sous licence par la firme Standard Telephone & Cables Ltd et, pour l'anecdote, est encore fabriqué actuellement chez Coles Electroacoustics !

Mais la palme des réalisations les plus abouties dans ce domaine revient probablement à Beyerdynamic qui s'intéressa dès 1948 à la technologie du ruban pour proposer dix ans plus tard un capteur à ruban court dont les dimensions étaient pour la première fois comparables à celles des capteurs électrodynamiques. Il faut croire que la firme possédait une certaine avance dans ce domaine puisque des produits tels que le M 130 (bidirectionnel) et le M 160 (hypercardioïde) sont encore proposés de nos jours et restent, sauf erreur, uniques sur le marché. Ainsi le M 130 possède deux rubans de taille extrêmement réduite câblés en parallèle et présentant des corrugations verticales sur la quasi-totalité de leur longueur, mais aussi des corrugations transversales près de leurs extrémités afin d'assurer une certaine compliance. Cette méthode de fabrication se maîtrise difficilement mais présente en revanche d'innombrables avantages : la partie centrale du ruban, très rigide, permet de réduire la distance ruban-pièce polaire (meilleure sensibilité) et, d'autre part, les plis transversaux aux extrémités de la membrane assurent une bonne tenue mécanique dans le temps de même qu'un montage simplifié ; lors de sa mise en place, le ruban est plus facile à accorder. Par ailleurs, les corrugations verticales évitent les irrégularités dans le haut du spectre et enfin la taille réduite des rubans permet d'obtenir dans le plan vertical un diaphragme polaire en fonction de la fréquence plus uniforme.

Ce genre de conception a

toutefois tendance, malgré d'évidentes qualités, à disparaître pour des raisons facilement imaginables, au chapitre desquelles on peut citer les difficultés et les coûts de réalisation, la concurrence de la technologie électret ainsi qu'une sensibilité assez basse. Une variante intéressante est cependant apparue il y a quelques années à la suite des travaux de S. Tabuchi et S. Kawamura pour le compte de la firme Fostex. Le capteur en question reprend le principe d'une grecque conductrice imprimée sur une membrane (dont quelques fabricants de haut-parleurs ont fait leur spécialité) sous la forme d'un diaphragme en polyester de 4 μ m d'épaisseur comportant un ruban spiralé en aluminium de 20 μ m imprimé dessus. Le circuit magnétique n'est pas sans originalité. Il comporte deux anneaux aimantés devant le diaphragme et deux autres derrière. Les deux pièces polaires se faisant face, les lignes de forces magnétiques sont parallèles au diaphragme, lequel, en se déplaçant, permet au ruban de couper ces lignes de force, induisant ainsi une tension. Ce capteur possédant un circuit magnétique distribué symétriquement de part et d'autre de sa membrane, il fonctionne en gradient de pression et, du fait de la relative raideur de sa membrane par rapport à un ruban conventionnel, il possède une fréquence de résonance située entre 50 et 100 Hz, c'est-à-dire assez haut, toujours par rapport aux autres rubans. La sensibilité, en revanche, est plutôt élevée (-52 dB/Pa) avec, en contrepartie, une impédance de sortie de 600 Ω .

Les capteurs au silicium

Les premières tentatives sérieuses dans ce domaine remontent à une trentaine d'années, sous l'impulsion, entre autres, de M.E. Sikorski. L'idée était d'utiliser un transistor de façon

“détournée”, c’est-à-dire d’en faire un transducteur électroacoustique. Le dispositif expérimental visible figure 1 repose sur la modification des caractéristiques de la jonction émetteur-base d’un transistor lorsqu’une contrainte mécanique (un stress) est réalisé dans la région de l’émetteur. Le transistor sans boîtier est installé dans un montage qui autorise son déplacement par rapport à une pointe de contact en saphir liée à un diaphragme. Le déplacement dans le sens horizontal facilite le positionnement de la pointe dans la zone de l’émetteur, tandis que le degré de liberté dans le sens vertical permet de définir un appui de précontrainte de l’ordre de quelques grammes sur la zone choisie. Cette précontrainte permet de placer le transistor dans une plage de fonctionnement où la sensibilité de l’émetteur au stress mécanique, donc celle du microphone, est maximale. Les essais ont porté sur des transistors de différentes géométrie (technologie planar ou mesa). La sensibilité varie selon l’épaisseur de la jonction d’émetteur, la localisation et la surface du point de contact, la force d’appui de la pointe et la tension de polarisation du transistor. La photo 1 représente un transistor 2N2865 (Texas Instrument) modifié dont la surface de l’émetteur a seulement subi une métallisation partielle par dépôt sous vide, ce qui diminue le risque de court-circuit base-émetteur par des particules de métal entraînées lors du positionnement de la pointe. Le substrat de ce transistor étant de dimension plus réduite, pour une même surface de contact, le rapport entre la surface d’émetteur contrainte et celle laissée libre sera plus élevé, d’où un accroissement de la sensibilité du microphone. Malgré tout, les performances de ce type de capteur ne le destinaient pas - à l’époque tout au moins - à autre chose qu’aux expériences de laboratoire ; la courbe de réponse

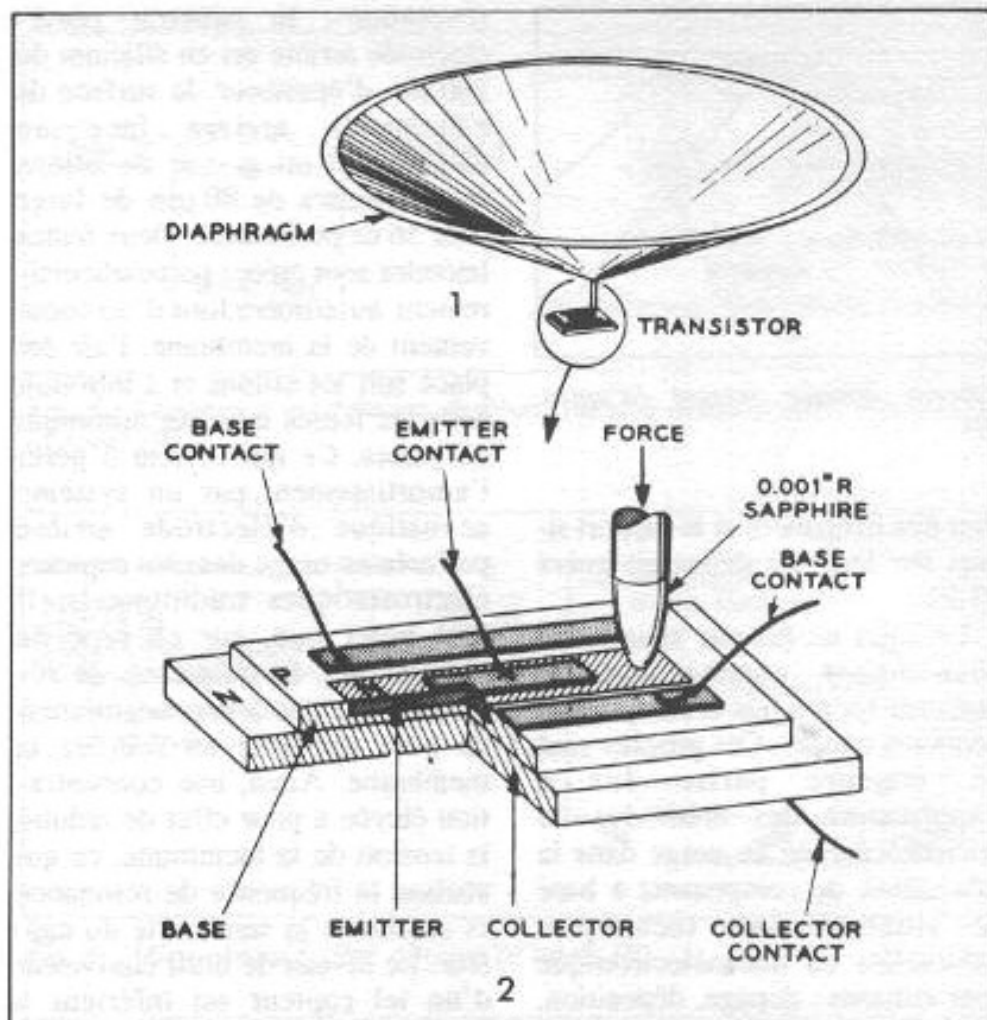


Fig. 1 : Microphone expérimental à transistor (d’après [IV]).

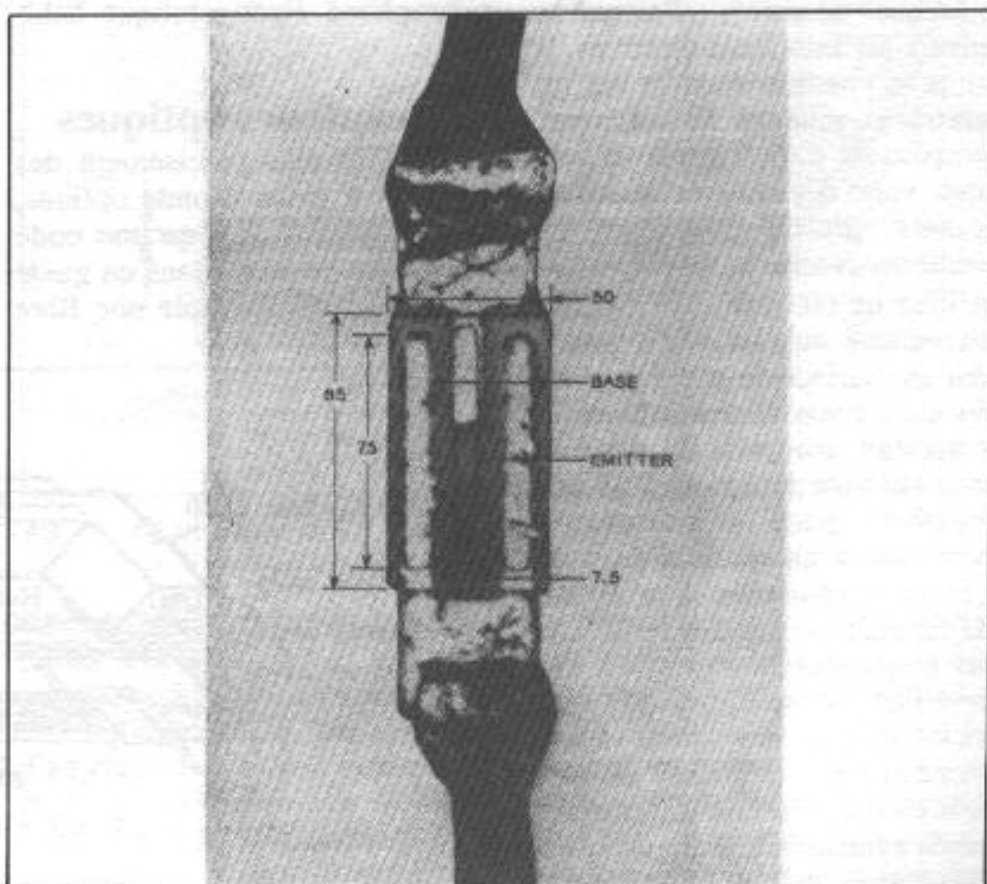
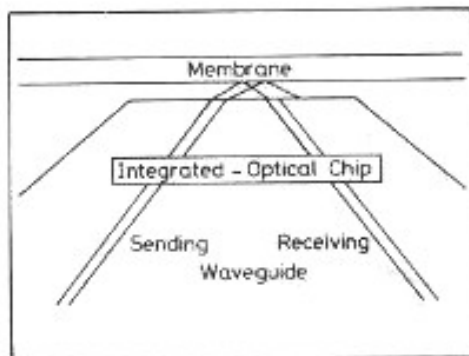


Photo 1 (d’après [IV]).



Capteur optique intégré (d'après [1]).

était très irrégulière et le rapport signal sur bruit ne dépassait guère 40 dB.

Le sujet ne fut pas abandonné pour autant, comme nous le prouvent les progrès accomplis ces dernières années. Ces progrès sont en majeure partie dus à l'application des méthodes de micromécanique en usage dans la fabrication de composants à base de silicium. Des techniques habituelles en microélectronique sont utilisées : dopage, déposition, oxydation et lithographie mais aussi et plus récemment des techniques de pointe telles que la gravure par faisceau d'électrons. Il est alors possible d'usiner sur un substrat de silicium les différents composants d'un capteur acoustique, voire d'y intégrer des composants microélectroniques de conditionnement du signal. C'est en 1985 qu'est apparu le premier microphone subminiature possédant une surface de membrane inférieure à 1 mm. Electrostatique, il comportait une puce de silicium porte-électrode arrière ainsi qu'une deuxième puce supportant la membrane en nitrure de silicium de 0,15 μm d'épaisseur. Son défaut majeur était une perte de sensibilité aux fréquences élevées due à l'amortissement provoqué par l'air enclos dans le très faible espace inter-électrodes (2 μm). Il est possible en revanche, sur des capteurs moins miniaturisés, d'atteindre des résultats très concluants. L'exemple de la figure 2 est

révélateur : le substrat porte-électrode arrière est en silicium de 280 μm d'épaisseur, la surface de l'électrode arrière face au diaphragme est gravée de sillons rectangulaires de 80 μm de large pour 56 de profondeur. Deux fentes latérales sont créées perpendiculairement au sillon : lors d'un mouvement de la membrane, l'air déplacé suit les sillons et s'introduit dans les fentes avec un minimum de pertes. Ce qui revient à gérer l'amortissement par un système acoustique d'électrode arrière perforée en usage dans les capteurs électrostatiques traditionnels. Il faut noter que, sur ce type de microphone, la fréquence de résonance est liée à la concentration de bore implanté au sein de la membrane. Ainsi, une concentration élevée a pour effet de réduire la tension de la membrane, ce qui abaisse la fréquence de résonance et augmente la sensibilité du capteur. Le niveau de bruit équivalent d'un tel capteur est inférieur à 25 dB (A) et ses performances globales se rapprochent de celles d'un microphone électrostatique habituel.

Les capteurs optiques

Ce sont plus précisément des capteurs à guide d'onde optique, qui utilisent le fait qu'une onde lumineuse circulant dans un guide approprié (par exemple une fibre

optique) peut être modulée en phase ou en intensité par une onde sonore. On distingue logiquement deux catégories : les capteurs à modulation d'intensité et à modulation de phase (voir figure 3). Ces derniers, pourvus d'un dispositif d'interférométrie détectant la modulation de phase dans une fibre optique soumise à une onde sonore, présentent des inconvénients propres à limiter leur application dans le domaine des capteurs audio. Il faut citer d'une part la propagation de la lumière qui, dans une fibre, dépend très fortement de la température et, d'autre part, la nécessité d'utiliser comme source lumineuse un laser très stable. Compte tenu de ces inconvénients, il semble bien plus simple, pour réaliser des capteurs audiofréquence à guide d'onde optique, de faire appel à des dispositifs à modulation d'intensité qui, eux, supportent fort bien les variations de température et se contentent comme source lumineuse de simples diodes électroluminescentes. Ces dispositifs ont récemment connu des progrès significatifs, ainsi qu'on peut le voir en figure 4. Ce capteur utilise une membrane dont la partie arrière est attaquée par un faisceau lumineux acheminé par fibre optique. Le faisceau traverse une lentille, est réfléchi par la membrane et, transitant à nouveau par la

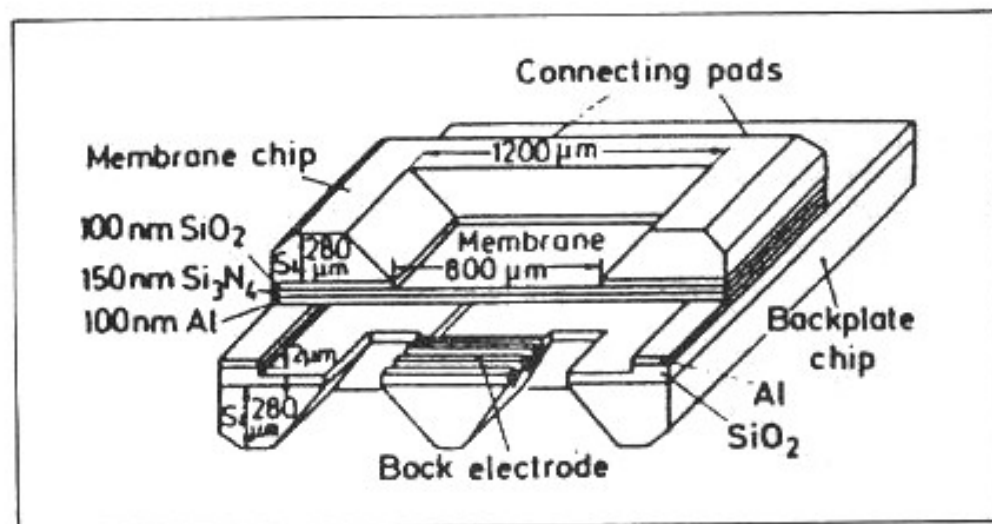


Fig. 2 : Vue en coupe d'un capteur silicium à condensateur (d'après [1]).

lentille, est finalement focalisé sur une deuxième fibre optique jouant le rôle de récepteur. Certaines astuces de construction, telles que le placement du dispositif optique près du bord de la membrane, permettent d'augmenter l'intensité de la modulation. Le capteur de la figure 4 possède une membrane en Mylar de 8 mm de diamètre et de 2 μm d'épaisseur. Dans cette configuration, les essais montrent une réponse en fréquence qui s'étend jusqu'à 18 kHz (grâce à un amortissement atténuant une forte résonance à 8 kHz) et un niveau de bruit de 38 dB (A), obtenu en soustrayant le bruit du laser au signal de sortie du microphone.

Mais la solution d'avenir dans le domaine des capteurs optiques consiste probablement à rechercher la plus haute intégration possible. Des capteurs optiques à modulation d'intensité ont d'ores et déjà été réalisés comportant, en lieu et place des deux fibres optiques, une puce intégrant les deux guides d'onde nécessaires. Ce procédé offre les avantages suivants : réduction du nombre d'éléments distincts composant le système (seule reste à ajuster la distance chip/membrane) et, d'autre part, possibilité d'obtenir une sensibilité plus grande grâce à un trajet plus court du faisceau lumineux, l'intervalle entre le guide d'onde et le diaphragme ne pouvant être réduit.

ETMF, le film

Développé par deux chercheurs finlandais, Kirjavainen et Savolainen (v. biblio.), ce matériau relativement récent - le brevet date de 1987 - laisse présumer de nombreuses applications dans le domaine de l'audio. Il s'agit d'une mousse à cellules fermées comportant des électrodes sur au moins l'une de ses faces, dont l'épaisseur approximative est de 20 μm et qui peut être faite en polypropylène ou en polyéthylène. Comme on peut le voir sur la figure

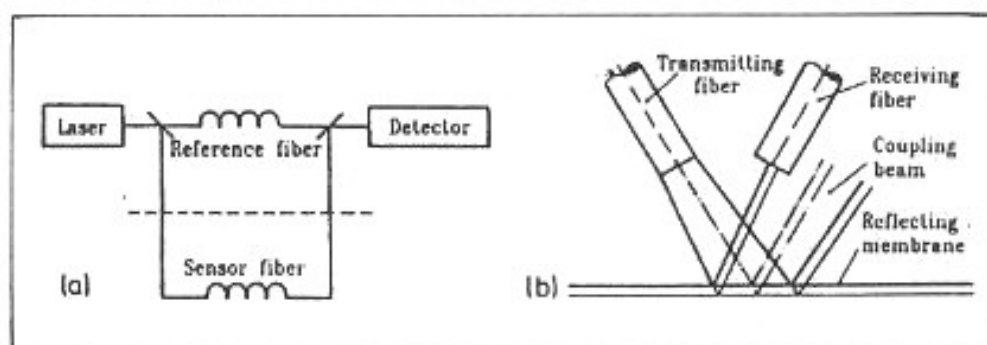


Fig. 3 : Capteurs à modulation de phase (a) et à modulation d'intensité (b) (d'après [I]).

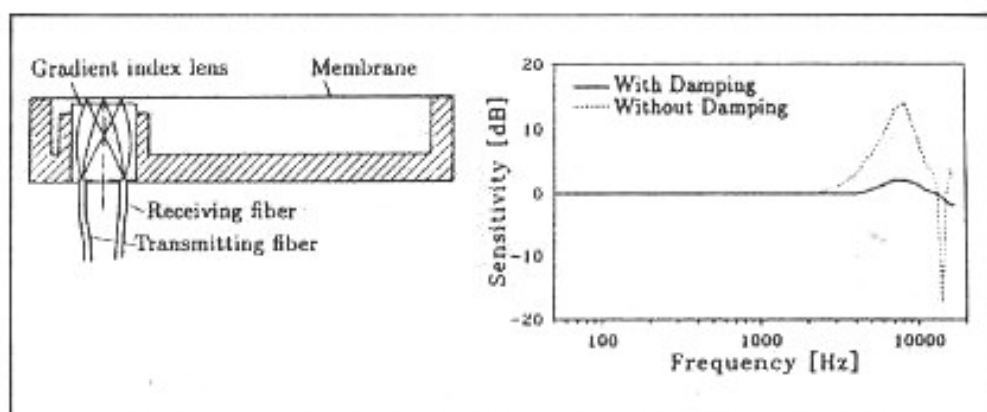


Fig. 4 : Microphone à fibre optique (d'après [II]).

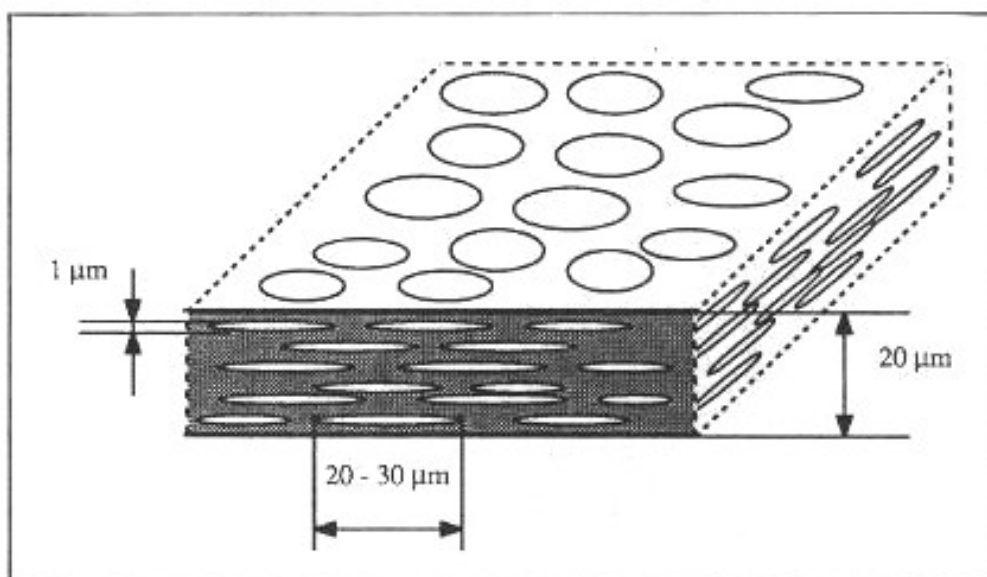


Fig. 5 : La structure de l'ETMF (d'après [II]).

5, les cellules sont en fait de petites bulles très aplaties et qui sont orientées selon des plans parallèles. Ces bulles peuvent être remplies d'air ou bien d'un gaz quelconque et constituent environ 50% du volume de l'ETMF. Grâce à cette structure particulière, la compliance du film est très proche de celle du gaz qu'il renferme.

L'élaboration de ce film semble maîtrisée et ne devrait pas constituer un obstacle à son industrialisation. La figure 6 en montre les principales étapes. On procède tout d'abord au mélange de la matière première et du gaz pour ensuite produire par extrusion un tube dont les parois font à peu près 4/10^e de mm d'épaisseur et qui inclut des

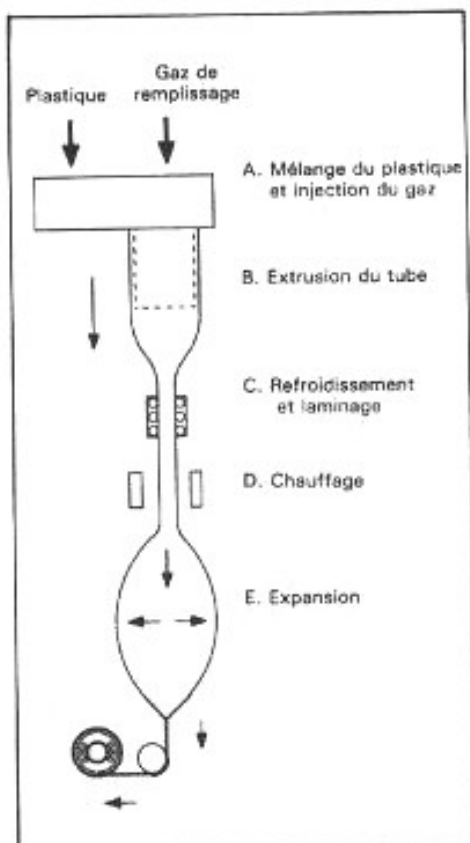


Fig. 6 : Fabrication du film ETMF (d'après [II]).

poches de gaz de $10\mu\text{m}$ de diamètre espacées entre elles de la même distance. Après refroidissement et mise à plat, le tube est réchauffé puis étiré et expansé afin d'obtenir la taille voulue, tant en ce qui concerne l'épaisseur des parois que les dimensions des cellules de gaz.

Comme son nom l'indique, le film mécano-thermo-électrique est plus un concept lié à une méthode précise de fabrication qu'un "produit" figé : la structure de base reste identique mais ses composantes possibles sont très diverses. Selon le gaz - ou le liquide - inclus dans les cellules, selon la composition du support et celle des électrodes, on peut varier à l'infini le champ des applications dans le domaine des transducteurs. Qu'il s'agisse des capteurs, microphones, hydrophones, capteurs de température, ou bien des transducteurs, les utilisations possibles ne manquent pas. On aura compris que l'atout décisif de

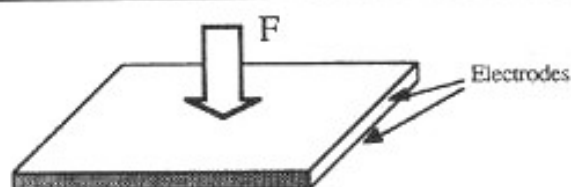


Fig. 3.1. ETMF as a force transducer

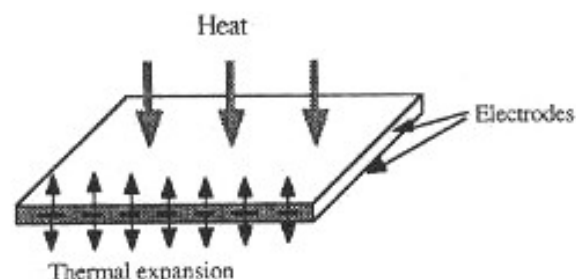


Fig. 3.2. ETMF as a thermal sensor

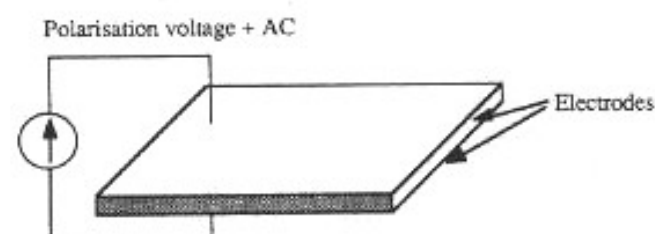


Fig. 3.3. ETMF as an electrostatic transducer

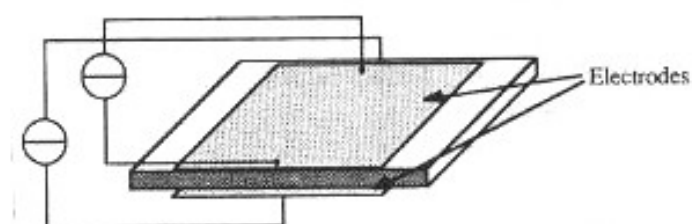


Fig. 3.4. ETMF as an electrodynamic transducer with two conductors

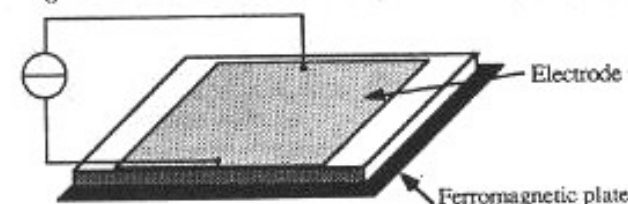


Fig. 3.5. ETMF as an electrodynamic transducer with a ferromagnetic plate

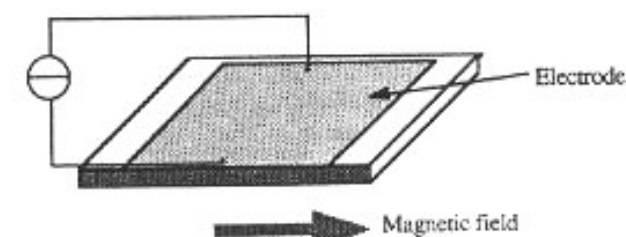


Fig. 3.6. ETMF as an electrodynamic transducer with an external magnetic field

Fig. 7 : Les différentes applications du film ETMF (d'après [II]).

l'ETMF, c'est sa versatilité, qui rend son exploitation possible avec la majorité des principes de conversion électroacoustique (voir figure 7).

S'il peut sembler hasardeux d'établir un pronostic quelconque sur l'avenir des recherches évoquées plus haut, on ne peut qu'attendre avec impatience le moment où existeront des capteurs proches de la perfection : minuscules, (très) performants et, qui plus est, (très) bon marché. Pour l'instant nous n'en sommes malheureusement pas là : les microphones actuels ne ressemblent guère à notre capteur idéal ; ils sont souvent coûteux, ils ne tiennent pas encore sur une tête d'épingle mais, et c'est une conso-

lation, ils ne marchent pas si mal...

Bibliographie

[I] **G.M. Sessler** : "New Acoustic Sensors". *AES*. 94th convention, mars 1993. Preprint 3525.

[II] **Juha Backman** : "Audio Applications of Electrothermomechanical Film (ETMF)". *AES*. 86th convention, mars 1989. Preprint 2781.

[III] **Masahiko Tamura, Tadahiro Yamaguchi, Takachi Oyaba & Toshikazu Yoshimi** : "Electroacoustic Transducers with Piezoelectric High Polymer Film". *JAES*, janvier/février 1975.

[IV] **M.E. Sikorski** : "Transistor Microphones". *JAES*, juillet 1965.

[V] **Harry F. Olson** :

- "Ribbon Velocity Microphones". *JAES*, juin 1970.

- "A History of High Quality Studio Microphones". *JAES*, décembre 1976.

- "Microphones for Recording". *JAES*, octobre/novembre 1977.

[VI] **S. Tabuchi & S. Kawamura** : "The Development and Design of a Flat Diaphragm, Printed Ribbon Microphone Capsule". *JAES*, décembre 1982.

Enfin pour une bibliographie particulièrement complète sur les microphones, on consultera

Richard Knoppow : "A bibliography of the Relevant Literature on the Subject of Microphones". *JAES*, juillet/août 1985.

**Page non
disponible**



Chronique d'une optimisation sous contraintes

2ème partie



Après l'énoncé des voies et moyens, des résultats concrets de mise en phase de transducteurs en régime impulsionnel sont présentés. La faisabilité de la procédure itérative et corrélative proposée est établie. Celle-ci permet à l'amateur éclairé un alignement correct de son équipement multi-amplifié sans pour autant disposer d'un logiciel spécialisé et sophistiqué.

9. Les résultats

9.1. Le fonctionnement électrique temporel du filtre

La réponse des différentes voies du filtre à une impulsion de 1,2 ms appliquée à l'entrée est illustrée en figure 8. Les traces sont repérées.

Les figures 8a et 8b sont relatives au filtrage "maximum hybride" (voir figure 5c) tandis que la figure 8c se rapporte à un filtrage voisin du filtrage "constructeur".

Les figures 8a et 8b ne diffèrent que par le fait que $\Delta t = 0$ pour toutes les voies sur la figure b.

La valeur de Δt_{HM} de la figure 8a est donnée par la position du curseur de l'oscilloscope : 1,45 ms ; les autres valeurs sont mentionnées sur la légende.

Sur la figure c relative au filtrage proche du constructeur, le curseur a été positionné sur la trace BM conduisant à $\Delta t = 1,16$ ms.

Les traces qui apparaissent sur ces figures sont en fait le profil

idéal que devraient présenter les signatures des différents transducteurs si tout était parfait... !

Les résultats de mesures électriques relatifs à la solution maximale (-24 dB/oct pour la plupart des pentes) donnent lieu à des signaux résultants plus tranchés, plus déphasés, moins lisses, laissant présager une écoute moins agréable.

Les résultats correspondant à la solution sécurisante correspondent plus aux courbes habituellement

observées jusqu'ici et sont plus réconfortantes pour l'audiophile traditionnaliste.

9.2. Résultats acoustiques

9.2.1. Mesures

Un ensemble cohérent de relevés oscillographiques et de mesures en bruit rose à la position d'écoute a été reporté en figure 9 pour les canaux G et D et les deux solutions adoptées.

L'examen de cette figure ne permet pas de trancher fermement entre les deux solutions tant il est vrai que les traces se ressemblent dans tous les cas.

Les différences de niveau observées d'une courbe à l'autre correspondent à des conditions de mesures à un moment donné et ne doivent pas faire croire à une qualité plus grande ou moins grande : seule la forme de l'onde est importante. Les figures de réponse en bruit rose montrent que la bosse à 650 Hz sur le canal de gauche n'a pas complètement disparu.

Les tracés relevés à la position d'écoute (4 m de distance de l'enceinte en fonctionnement) ne peuvent pas être réalisés avec la même échelle de temps car la trace sort des limites de l'écran de l'oscilloscope. L'obtention du tracé optimum à cet endroit nécessite en général de légères retouches de Δt_{BM} car les distances et les angles relatifs des différents transducteurs par rapport au microphone se modifient sensiblement lorsque la distance de mesure passe de 1 m à 4 m.

En ce qui concerne les formes d'ondes à 1 m, elles sont encore certes très imparfaites et donc perfectibles, mais elles ne permettent pas de départager nettement une solution d'une autre.

Et cependant, la séparation maximale des voies (-24 dB/oct.) devrait avec des avantages indéniables pour les sybarites de l'audio puisqu'elle porte à leur plus haut niveau les avantages de la multiplification :

- les HP fonctionnent plus sélec-

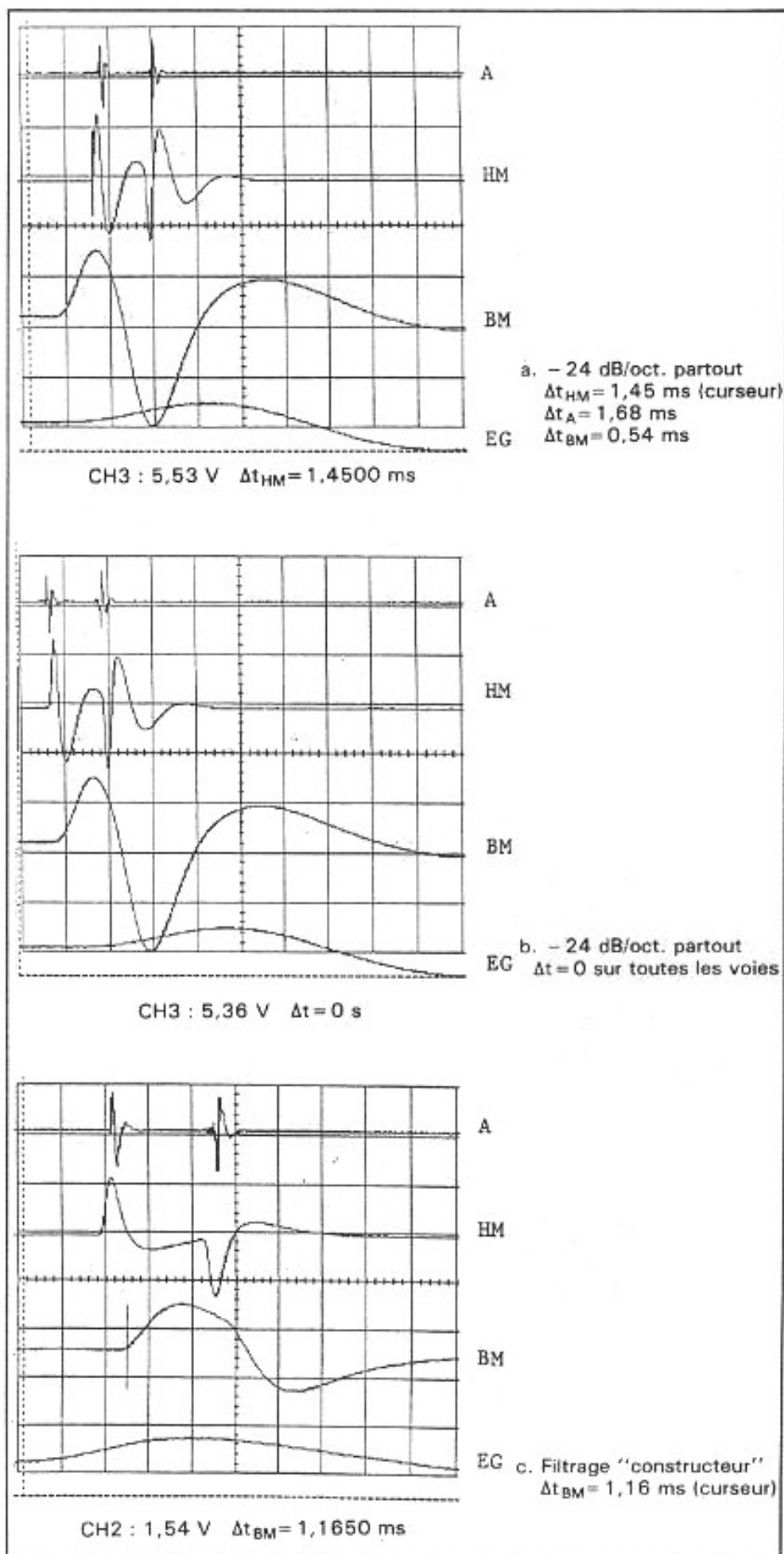


Fig. 8 : Fonctionnement du filtre actif.

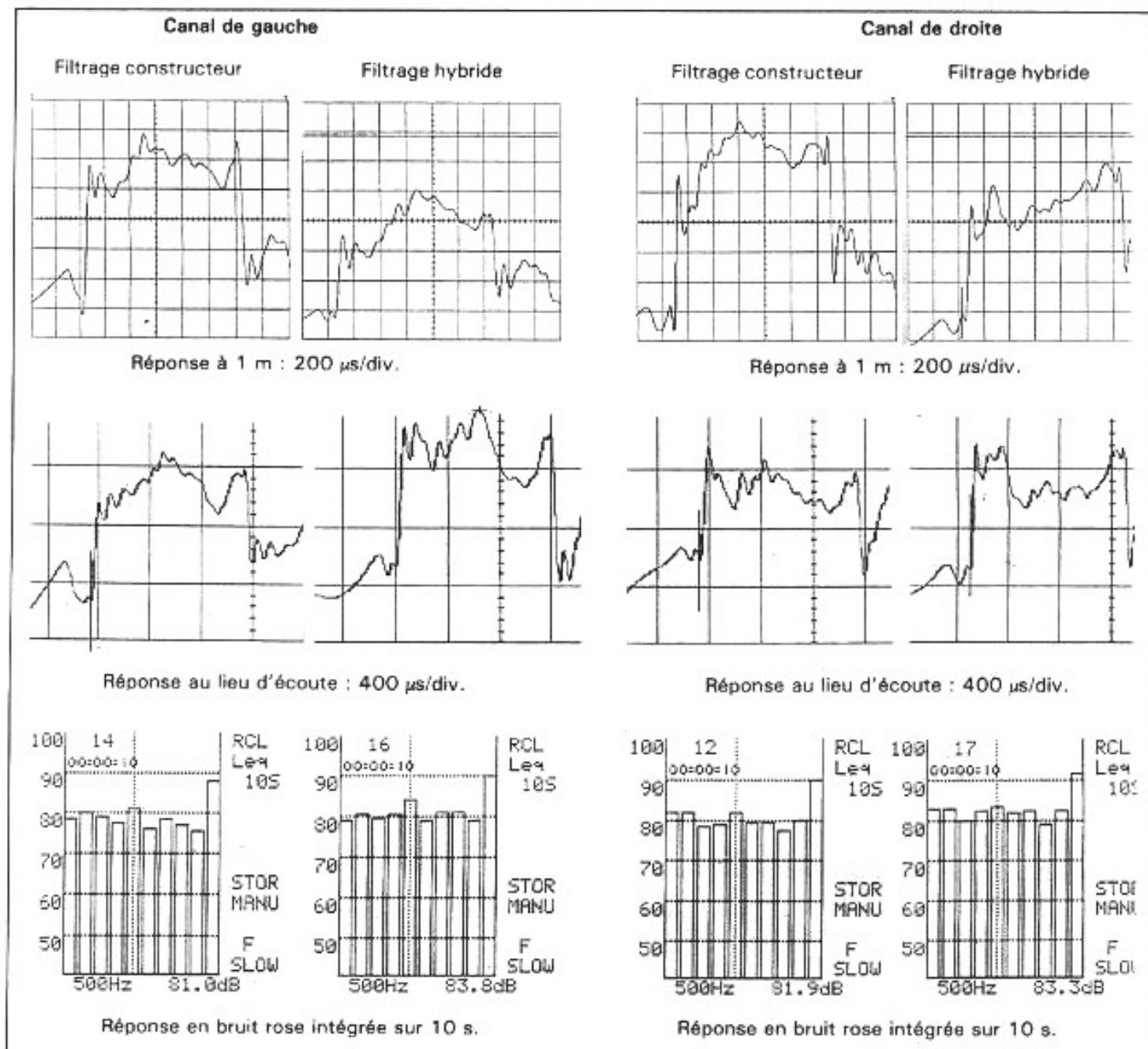


Fig. 9 : Résultats acoustiques d'ensemble.

tivement dans la bande de fréquence qui leur est allouée, où leur comportement fréquentiel est idéal., leur impédance constante car loin de résonance... bref, le confort pour tout le monde !

- les amplificateurs de puissance, de même, fonctionnent dans un domaine fréquentiel plus restreint, réduisant ipso facto la distorsion d'intermodulation,

- la séparation électrique plus nette entre voies réduit d'autant les interférences et les interactions entre elles : ceci facilite les ré-

glages puisque l'action sur le niveau d'une voie influence peu le niveau des voisins.

Cette grande sélectivité, combinée à des dérogations diverses du type :

- dédoublement des fréquences de coupure,

- recouvrement des fréquences de coupure,

- jeu sur les pentes et les atténuations à f_c conduisant à des solutions "hybrides"

permet plus aisément une adaptation au local d'écoute, surtout si les

enceintes sont disposées dissymétriquement.

9.2.2. Et l'écoute dans tout cela ?

Contrairement à toute attente (préjugé ?), l'auteur marque une préférence pour la solution maximale hybride.

L'écoute de signaux monophoniques divers (musicaux et autres...) ne fait pas apparaître de différence sensible ou gênante entre G et D justifiant le rejet de cette solution. L'écoute de signaux impulsionnels (eh oui !) en monophonie conduit à des conclusions

semblables et ne permet pas de distinguer de différence de comportement entre l'ensemble de gauche et celui de droite.

Sur les quelques rares (oui, malheureusement) excellents disques disponibles sur le marché, cet énorme bataclan flatte généreusement nos enclumes et étriers. C'est vrai : l'impression d'espace sonore, de localisation spatiale est saisissante après réglage. Les pincements de cordes surgissent de l'orchestre : merveilleuse découverte du détail et de la spatialisation, émergence du subliminal, jaillissement du son, analyse fouillée de l'espace sonore, volupté des sonorités...

9.2.3. Inattendu ?

Sous réserve d'une écoute plus attentive et plus prolongée de différents messages sonores, ces premiers résultats d'écoute ne sont peut-être pas surprenants puisqu'il faut bien reconnaître que ce genre de filtrage dissymétrique tentant une adaptation au local n'est pas chose courante aujourd'hui.

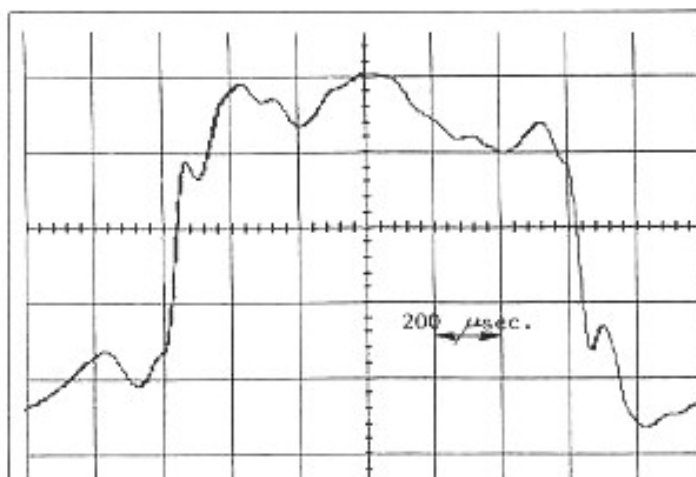
9.2.4. Optimum et sous-optimum

Deux solutions extrêmes ont été choisies parmi un grand éventail de moyens d'action pour tendre vers un (sous-)optimum provisoire. D'autres solutions peuvent être porteuses. Il reste du travail !

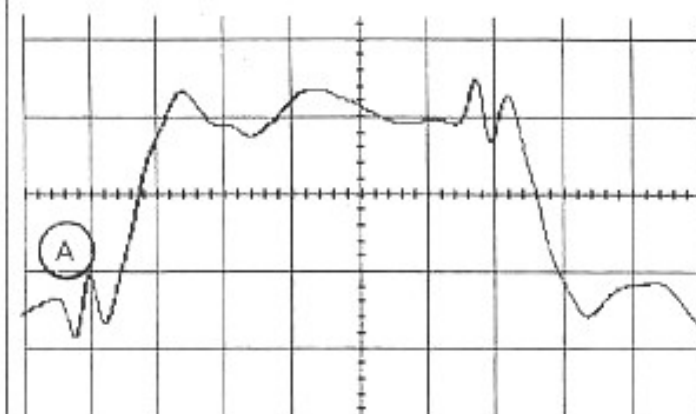
9.2.5. Le niveau de l'aigu : in medio virtus

Les enregistrements en bruit rose présentés montrent qu'il est très facile d'obtenir une réponse fréquentielle linéaire jusques et y compris les deux dernières octaves du spectre audible (5-10 kHz et 10-20 kHz) avec les réglages de niveau disponibles sur les voies Aiguës. Comme déjà signalé, cette contrainte est rarement active.

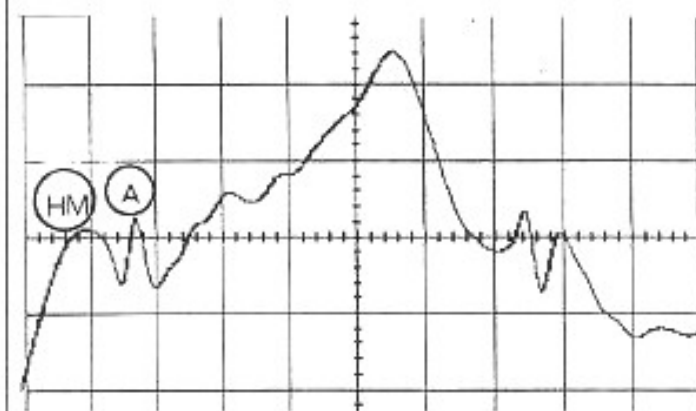
Sur les oscillogrammes temporels, ce relevé de l'aigu se traduit par un front d'onde bien plus raide et un respect plus strict de l'onde rectangulaire. Ceci apparaît clairement sur les figures 7.1/7.3 d'une part, 7.4/7.3' d'autre part, reprodui-



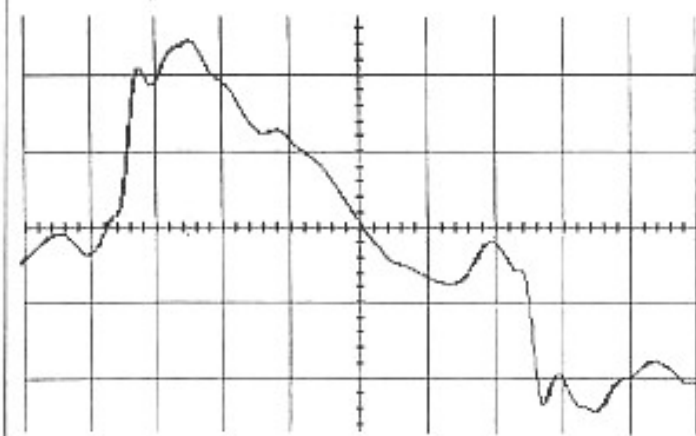
a. Réponse globale de l'enceinte à 1 m à une impulsion de 1,2 m.s.



b. Idem a. mais voie A avancée d'environ 200 µs.



c. Idem a. mais voie HM avancée de 300 µs.



d. Idem a. mais voie BM avancée d'environ 500 µs.

Fig. 10 : Visualisation des décalages de phase sur la réponse impulsionnelle.

sant côte à côte la réponse impulsionnelle et le relevé en bruit rose correspondant.

Mais l'optimum théorique correspondant à une réponse en fréquence linéaire jusqu'à 20 kHz (surtout à la position d'écoute...) ne correspond pas nécessairement à la satisfaction auditive maximum et n'est pas la panacée universelle en matière d'audition subjective.

Le respect strict de cet optimum théorique peut conduire à un son tranchant, chirurgical, à une impression d'agressivité ne correspondant guère à l'ambiance du concert.

Un juste milieu doit donc être trouvé dans ce domaine sous peine de passer à côté du gallinacé aurifère...

9.2.6. Visualisation de la mise en phase

a. Effet de déphasages sur la forme de la réponse.

Les figures 10a à 10c montrent les déformations que subit le tracé microphonique lorsque les différents transducteurs sont désalignés séparément (un à la fois).

La figure 10a est l'onde "idéale" correspondant au meilleur alignement obtenu dans ce cas sur une impulsion de 1,2 ms. L'échelle de ces figures est de 200 μ s/div.

La figure 10b correspond au cas où la voie A a été avancée d'environ 200 μ s : la trace de la voie A en avance apparaît clairement sur la gauche.

Sur la figure 10c, la voie HM a été avancée d'environ 200 μ s : la figure montre clairement les traces HM et A. L'onde est complètement déformée.

La voie BM à son tour a été avancée de 300 μ s sur la figure 10d : la déformation est importante dans ce cas également.

b. Annulation de tous les déphasages de voie Δt

Les figures 11a à 11c sont des relevés microphoniques de la réponse globale d'un canal à la position d'écoute. Elles ont été

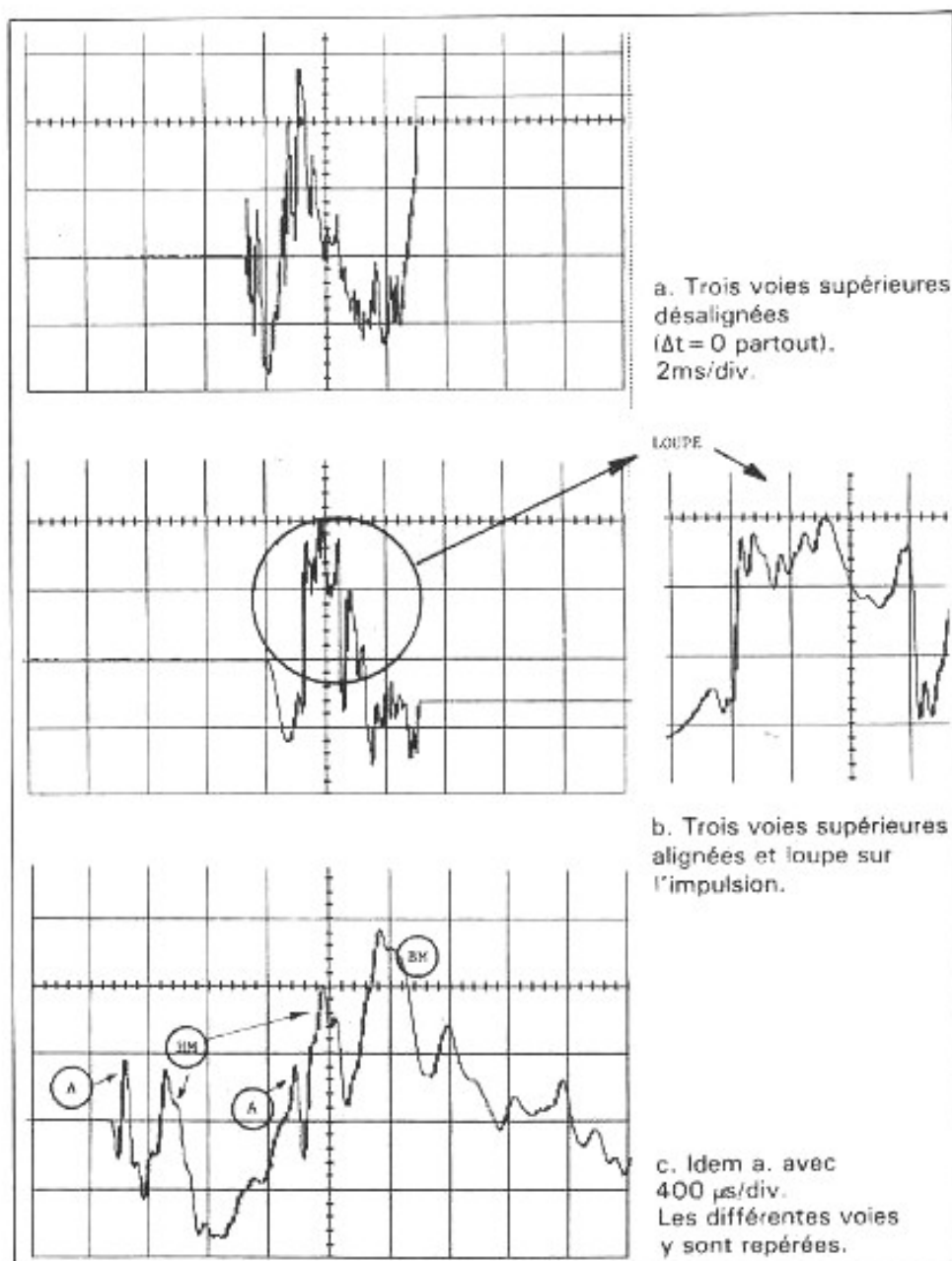


Fig.11 : Visualisation de l'effet de mise en phase.

réalisées dans des conditions strictement identiques, mais sur les figures 11a et 11c, les Δt des trois voies (A, HM et BM) ont été ramenés à zéro. Le lecteur appréciera le beau désordre correspondant et reconnaîtra, pêle-mêle, les traces A, HM et BM repérées sur la figure 11c.

Sur la figure 11b, par contre, le profil de l'impulsion de 1,2 ms se reconnaît aisément grâce à l'effet de loupe.

Aux esprits chagrins qui objecteraient que cette trace n'est pas bien glorieuse, il faut rappeler

qu'il s'agit d'aller récupérer à 4 m de distance de l'enceinte en fonctionnement des vibrations d'air d'une durée de 1,2 ms provoquées par quatre cônes de papier en mouvement !

Vu ce point de vue, la trace à la loupe de la figure 11b tient plutôt du prodige... !

10. In cauda venenum

10.1 Performances des lecteurs CD

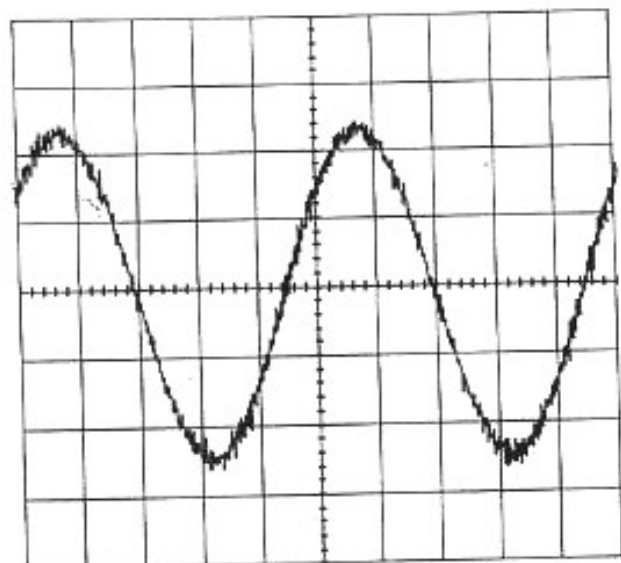
et électronique symétrique

Après ces énormes effets de réglage, d'optimisation et de mise au

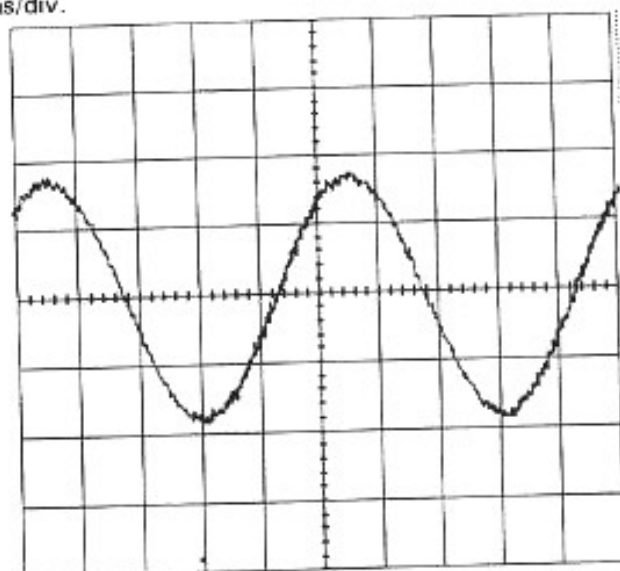
a. Câblage coaxial Cinch

b. Câblage symétrique

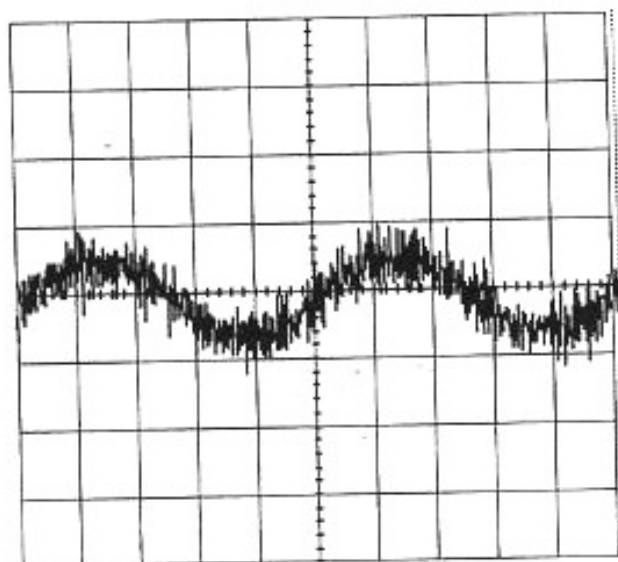
Base de temps 200 μ s/div.



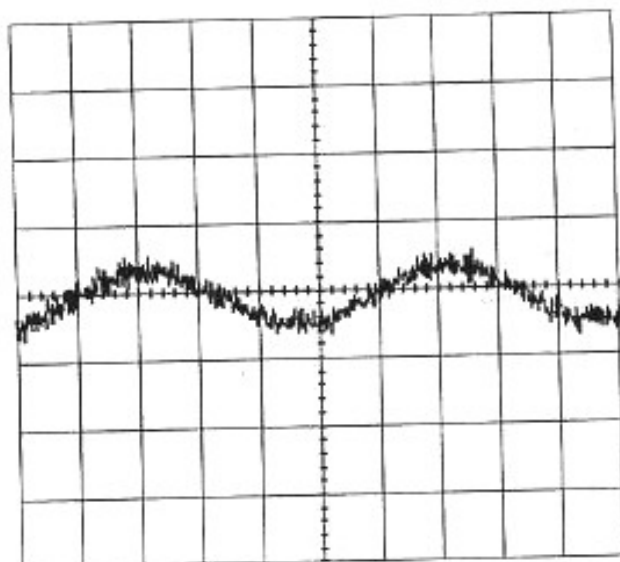
5 mV/div.



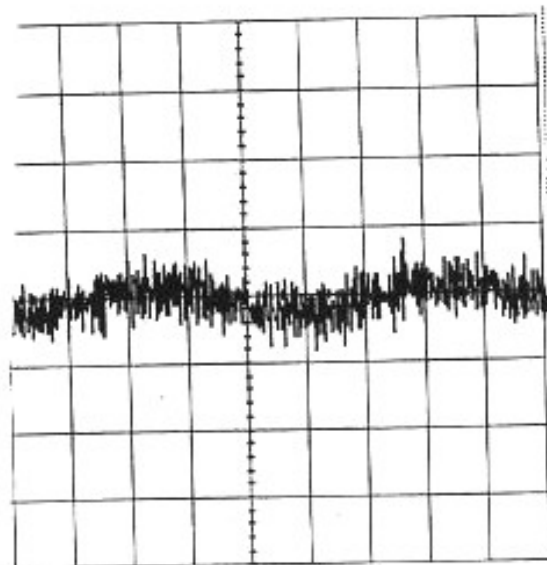
5 mV/div.



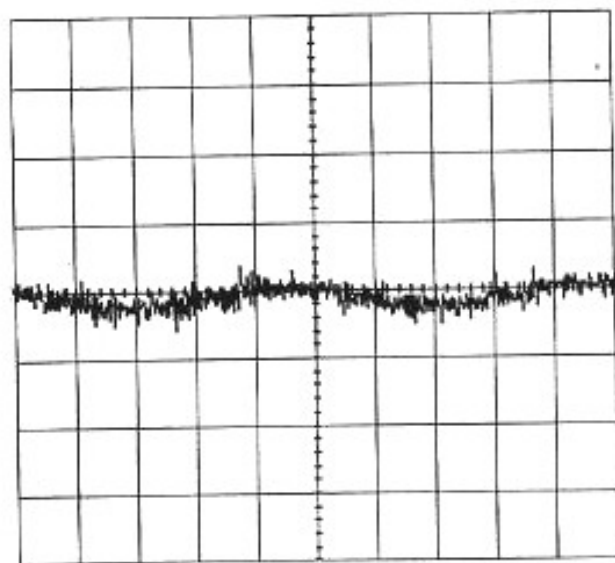
2 mV/div.



2 mV/div.



2 mV/div.



2 mV/div.

Fig. 12 : Performances du lecteur CD (997 Hz).

point, l'auteur a eu la curiosité de vérifier les performances des "meilleures" sources de modulation disponibles au moyen du disque test "Philips Sample 3." Une plage y est consacrée à la lecture d'un signal de 997 Hz à des niveaux variant de 0 à -90 dB. Les mesures présentées en figure 12a à 12c ont toutes été effectuées à la sortie du préamplificateur à volume constant.

Dans le cas a., du câble coaxial et des connecteurs Cinch ont été utilisés du lecteur CD jusqu'à l'entrée oscilloscope. Dans le cas b., le câblage est symétrique (XLR) d'un bout à l'autre.

Dans les deux cas, une minuscule résistance shunt de 20 k Ω a été placée dans la fiche d'entrée oscilloscope pour simuler l'impédance de charge normale du préamplificateur. Le lecteur utilise la technologie One Bit, est âgé de deux ans (eh oui !) et représentait, à l'époque, le haut de gamme d'une marque très connue. Les résultats mis en évidence sur la figure 12 ne sont guère encourageants pour un audiophile perfectionniste.

Comme l'avaient déjà signalé des auteurs japonais dans *L'Audiophile* n° 13, la distorsion sur le signal apparaît dès -60 dB, est fort importante à -80 dB et plus rien ne reste à -90 dB. Tout au plus une légère amélioration est-elle décelée lors de l'utilisation d'une électronique symétrique. Il faut préciser que l'épaisseur de la trace -90 dB n'a rien à voir avec le bruit de fond du préamplificateur : lors de la lecture de la plage de "silence" du même disque-test, la trace oscillographique est une ligne droite sans aucune bavure.

Ne parlons pas du signal carré dont la reproduction (au niveau nominal de 2 V !) à 1,0 kHz et 5 kHz est franchement décevante (horresco referens...).

L'audio numérique a encore des progrès à réaliser... et les audiophiles de l'espoir à entretenir. Ils

ont encore de belles années devant eux et certains coupeurs de cheveux en quatre devraient peut-être réfléchir à leurs conclusions sur les câbles, le bi-wiring et d'autres techniques ésotériques en observant ces imperfections des meilleures sources actuelles.

10.2. Le cas du câble audiophilisé

La curiosité et le scepticisme aidant, une voie Aiguë a été équipée de câble "audiophile" monobrin dûment muni d'entretoises de 3,5 cm, terminé sur son impédance caractéristique (environ 300 Ω et 5,6 μ F) et muni de deux selfs (variées...).

Le choix de la voie Aiguë et d'impulsions très courtes (jusqu'à 25 μ s) se justifie par la nécessité de solliciter au maximum le haut du spectre sonore (voir la figure 16 donnant la réponse fréquentielle d'une impulsion de 25 μ s : le haut du spectre est bien représenté...).

Des impulsions de 25 μ s à 200 μ s ont donc été envoyées via le filtrage passe-haut (à 4,5 kHz) à l'amplificateur de la voie aiguë et la signature de la voie A a été relevée systématiquement (voir figure 7 méthodologie) et examinée à la loupe (au télescope).

La figure 13 donne les résultats de ces investigations : la colonne de gauche est relative au câble "normal", celle du milieu au câble audiophilisé sans self et celle de droite au câble audiophilisé avec self.

Il est extrêmement difficile de détecter les minuscules différences existant entre la colonne de gauche et celle du centre. Quant aux différences entre la colonne du centre et celle de droite avec deux selfs de 1 μ H, elles étaient proprement inexistantes. Avec 2 x 65 μ H (!), mesurés en laboratoire (ce qui représente une impédance totale d'environ 8 Ω à 10 kHz), des observateurs aux yeux de lynx peuvent apercevoir de minimes différences entre les traces de droite et celles

du centre : elles ont été marquées de flèches.

Le scepticisme reste de rigueur... et cependant certains calculs chiffrés semblent indiquer que le phénomène n'est pas auditivement négligeable.

10.3. L'effet pervers du filtrage numérique

La figure 14a représente la réponse typique (signature) du BM filtré comme indiqué en figure 7 (méthodologie). Un "faux départ" est bien visible et a longtemps intrigué l'auteur. La figure 14b représente la même signature relevée dans des conditions strictement identiques mais en supprimant le filtrage actif et en alimentant l'amplificateur BM directement par le préamplificateur. Cette figure 14b ne présente pas de faux départ : le haut-parleur BM part instantanément dans la bonne direction.

Il semble donc que le filtrage actif numérique présente encore des maladies de jeunesse à éliminer : rien n'est parfait en ce bas monde.

Des investigations plus approfondies seront effectuées pour mieux identifier l'origine du phénomène.

11. Perspectives

Les idées foisonnent.

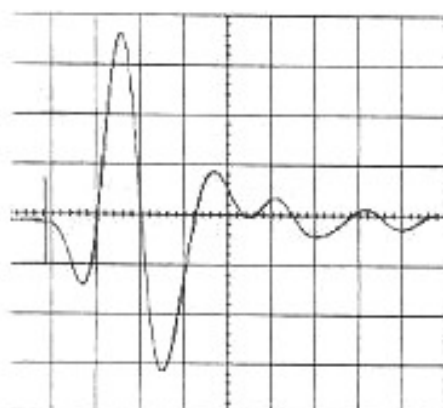
Point n'est besoin d'espérer pour entreprendre. D'ores et déjà, les difficultés rencontrées présagent de longs week-ends d'hiver 1993-1994 très occupés. Il ne faut jamais jeter le manche avant la cognée.

Au programme :

- Le traitement de l'EG en impulsionnel.

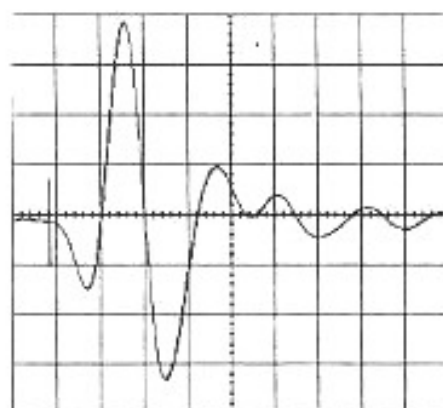
- La quête d'un meilleur lecteur qui ne soit pas un appareil de studio inaccessible, mais tout de même capable de lire un signal de -60 dB correctement. C'est la partie la plus simple des investigations : il suffit de se promener avec un disque test et un oscilloscope chez des commerçants ahuris ou compréhensifs et de faire 15

Câble Scindex "normal"
 $2 \times 6 \text{ mm}^2$
 700 brins



CH2 : 854 mV : 46,400 µs

Câble audiophilisé
 $330 \Omega + 5,6 \text{ nF}$
 sans self



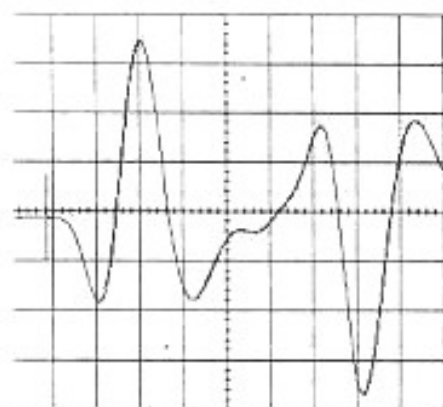
CH2 : 854 mV : 46,400 µs

Impulsion de 25 µs, 50 µs/div.

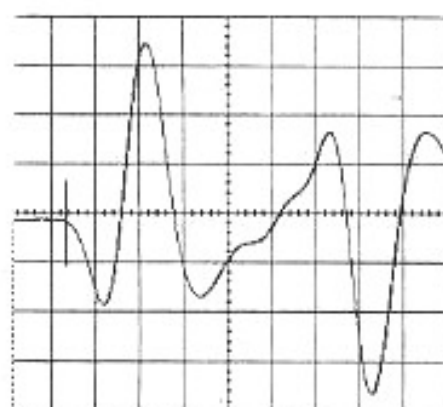
Câble audiophilisé
 $330 \Omega + 5,6 \text{ nF}$
 $2 \times 65 \mu\text{H}$



CH2 : 854 mV : 46,400 µs

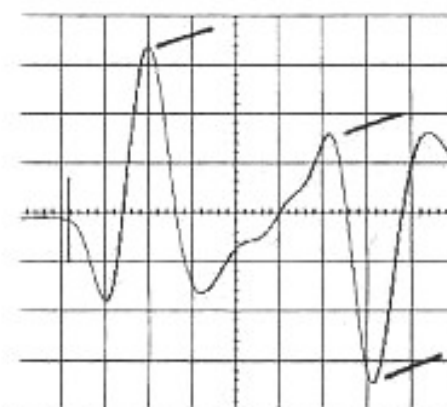


CH2 : 861 mV : 46,400 µs

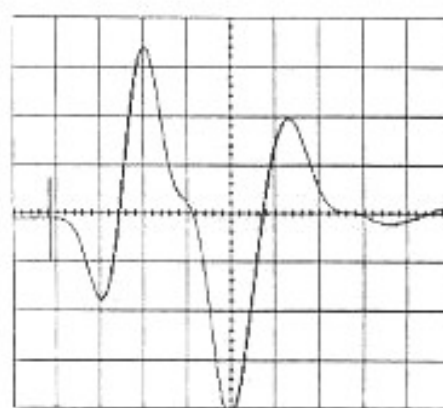


CH2 : 847 mV : 62,400 µs

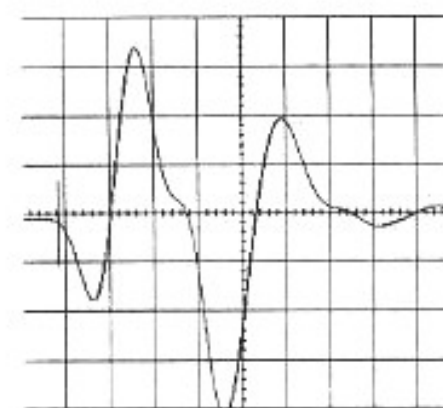
Impulsion de 100 µs, 50 µs/div.



CH2 : 854 mV : 62,400 µs

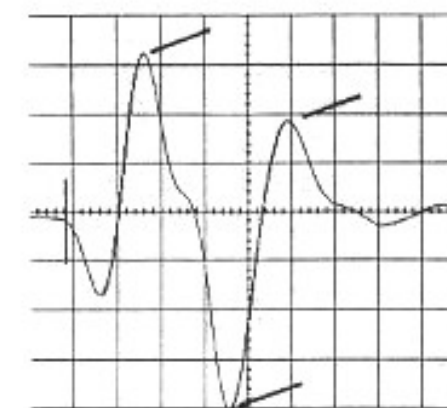


CH2 : 861 mV : 46,400 µs



CH2 : 847 mV : 46,400 µs

Impulsion de 200 µs, 50 µs/div.



CH2 : 847 mV : 46,400 µs

Fig. 13 : Réponse d'une voie aiguë avec différents câbles.

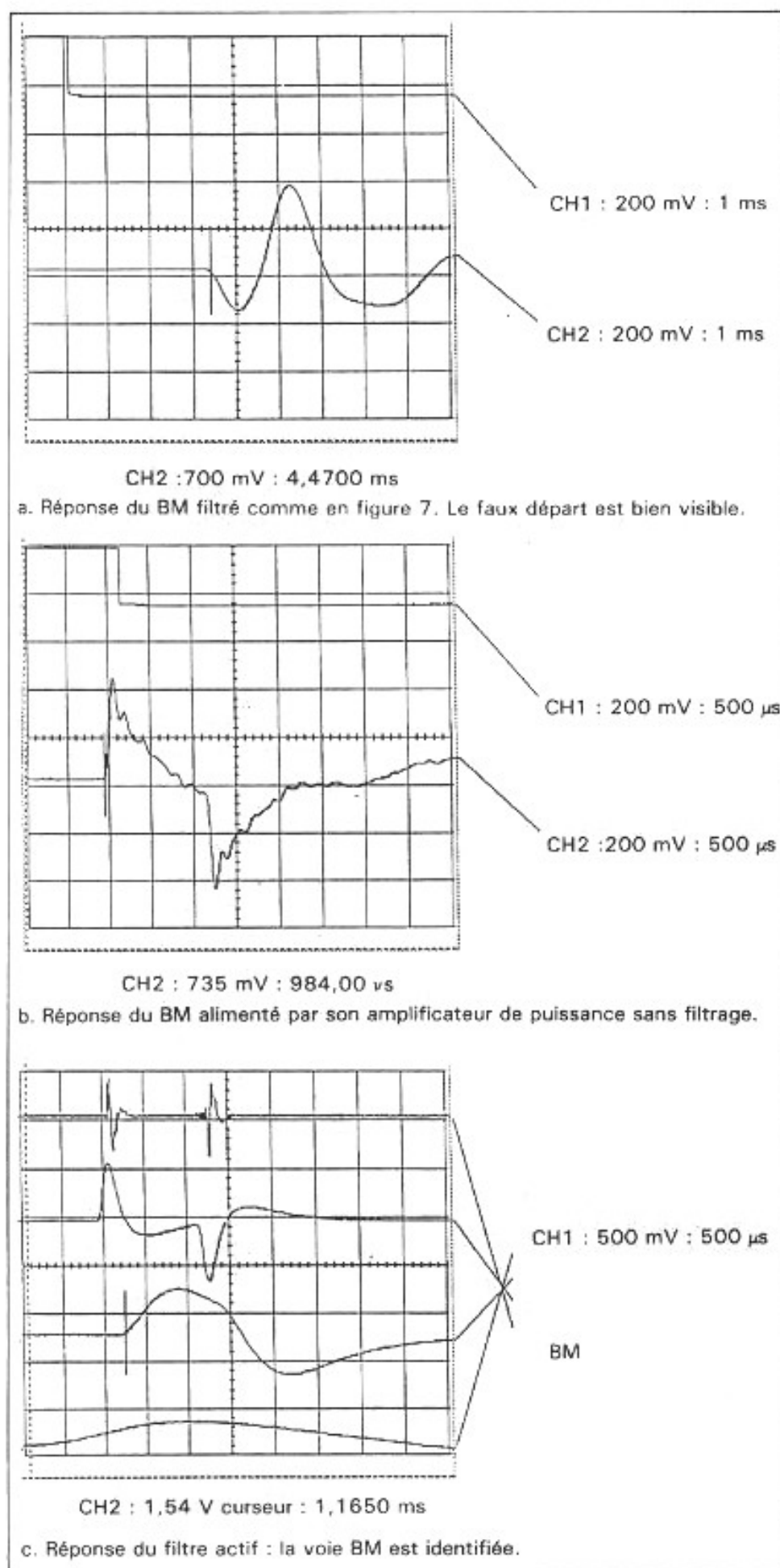


Fig. 14 : L'effet pervers du filtrage numérique.

minutes de mesures silencieuses.

- Quelques surprises en gestation qui seront gardées par devers soi, le temps de s'administrer la preuve qu'elles sont porteuses...

- Des résultats d'écoute un peu plus mûris par le temps, car les impératifs de la rédaction obligent à une course effrénée : des contacts avec le concert et quelques musiciens confirmés pourraient aider substantiellement et calmement dans la recherche :

- du sous-optimum le plus crédible aujourd'hui (niveau d'aigu, dissymétrie G/D), ajustement à la position d'écoute ou à 1 m...),

- de l'égalisation la plus réaliste conduisant à une reproduction fidèle du message musical : la courbe de réponse en bruit rose se doit d'être plus régulière qu'étendue...

- L'examen d'impulsions de largeur différente. Il pourrait conduire à des découvertes intéressantes : le problème est en fait tridimensionnel et un axe relatif à la longueur de l'impulsion devrait être ajouté aux figures 9 (temporelles).

- L'accident à 630 Hz (fréquence de coupure BM/HM) du canal de gauche toujours imparfaitement résolu.

- L'adoption d'une électronique symétrique de A à Z est un rêve intéressant à caresser... mais fort dispendieux.

- Un traitement minimal de la salle d'écoute et/ou la modification de la disposition des enceintes, bien que ces idées aillent à l'encontre des principes évoqués en 6.3 : pas d'envahissement domestique. La paix des ménages passe bien avant une satisfaction non partagée. Le traitement acoustique de la salle d'écoute est difficilement compatible avec des conditions de vie normales.

- L'examen d'autres solutions constituant d'autres sous-optimums possibles et pouvant déboucher sur des résultats meilleurs. La théorie de l'optimum montre en effet que, si celui-ci n'est pas très pointu, de

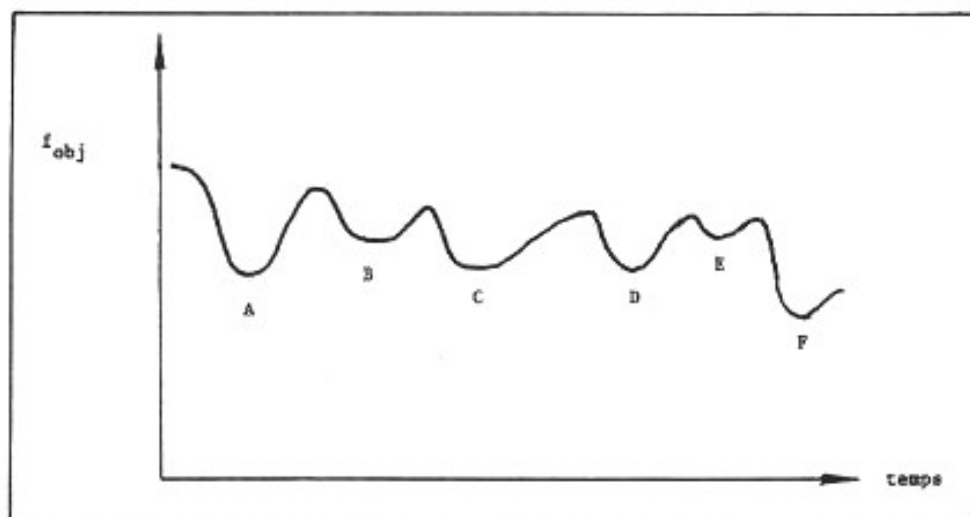


Fig. 15 : Cheminement au cours du temps d'un processus d'optimisation heuristique.

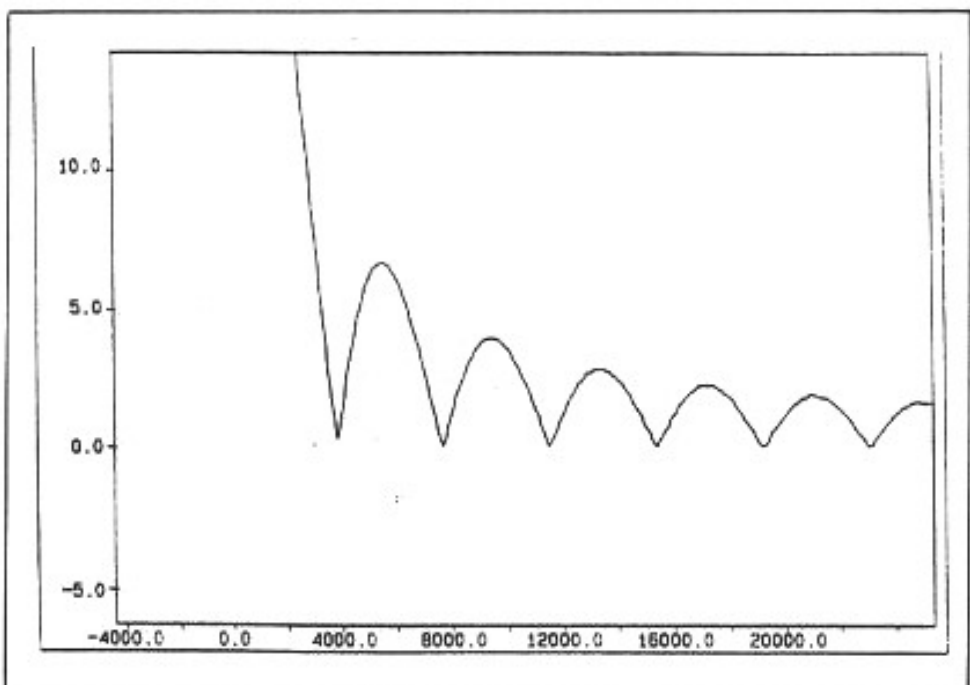


Fig. 16 : Analyse du contenu fréquentiel d'une impulsion de 25 µs.

nombreuses "pseudo-solutions" peuvent faire croire au nirvana alors que celui-ci est très loin.

En effet (fig. 15), le cheminement au cours du temps d'un algorithme d'optimisation (ou d'un audiophile/mélobasique exigeant et futé) peut le conduire dans sa recherche de la minimisation de sa fonction objectif f_{obj} en fonction du temps à la découverte de diverses solutions successives A, B, C... E dont il pourra nettement distinguer les meilleures (A, C, D) des moins bonnes (B et E). Mais il ne sait pas

encore, par manque exploratoire, qu'une solution bien meilleure F n'est pas loin de sa portée...

Bref, de nouvelles explorations attendent les audiophiles et mélobasiques.

12. Miscellanées

Dans l'attente du traitement de l'EG (en impulsif) qui se profile à l'horizon, une touche d'électisme, voire d'ésotérisme de façon à effleurer quelques sujets épars mais dignes d'intérêt et gardés pour la bonne bouche.

Ils ont été glanés çà et là, à la croisée des sentiers sinueux du processus de réglage, et sont susceptibles d'interpeller le lecteur intéressé par la chose technique.

La modernité du matériel et des méthodes utilisés permet en effet des approfondissements parfois surprenants.

12.1. Bruit rose et régime impulsif : une autre vision

En revenant au paragraphe 3 et à la figure 1, le problème de la mise en phase des voies peut être examiné par la méthode des vecteurs tournants appliquée aux pressions acoustiques en régime sinusoïdal. Le cas de l'enceinte deux voies B et H rayonnant respectivement 4 et 2 unités est repris ci-dessous (voir les figures 17 et 17 bis).

Si, à la fréquence f_c , le vecteur pression acoustique $p_{a,T}$ attendu des deux voies dans l'axe d'écoute est de 6 unités :

$$p_{a,T} = p_{a,H} + p_{a,B} \quad (1)$$

il y a une infinité de façons de l'obtenir si la condition relative à la phase n'est pas respectée (fig. 17 bis). Celle-ci s'écrit :

$$\phi_H = \phi_B \quad (2)$$

Opérer uniquement du réglage en bruit rose revient, dans le système de deux équations à deux inconnues ($p_{a,H}$, ϕ_H) ci-dessus, à négliger l'équation (2) relative aux phases et donc la réponse impulsionnelle.

En adoptant la représentation en vecteurs tournants, la relation (1) s'écrit (figure 17)

$$A_T \sin(\omega_c t + \psi) =$$

$$A_H \sin(\omega_c t + \phi_H) + A_B \sin(\omega_c t)$$

avec :

- $\phi_B = 0^\circ$ = origine des phases
- A_H et A_B sont les amplitudes respectives des signaux H et B
- $\omega_c = 2\pi f_c$
- ϕ_H = déphasage du vecteur pression acoustique de l'aigu par

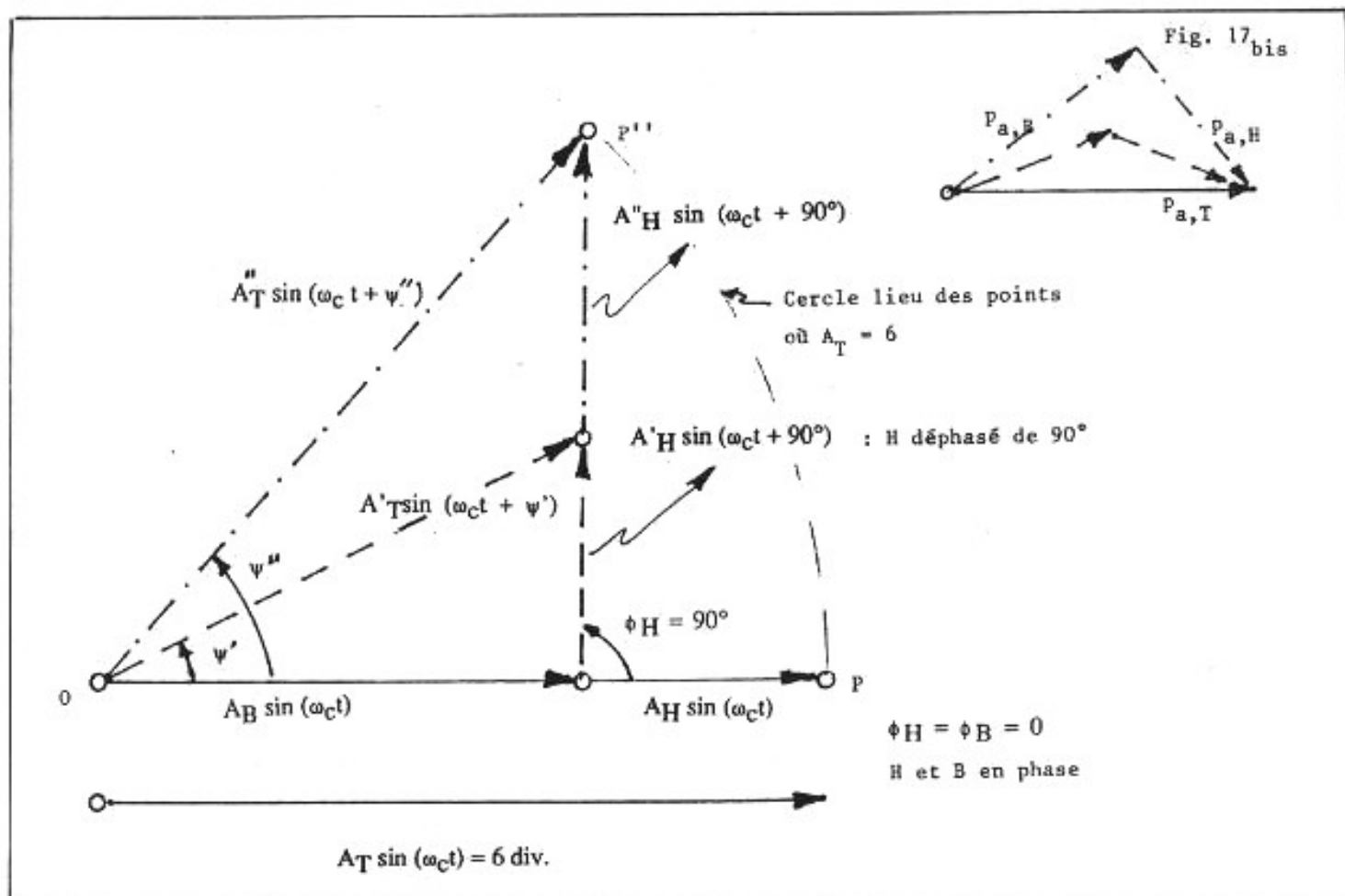


Fig. 17 : Diagramme vectoriel des pressions $p_{a,H}$ et $p_{a,B}$ d'un HP deux voies fonctionnant à f_c

rapport au grave $\phi_B = 0^\circ$

- ψ = déphasage du vecteur pression totale $p_{a,T}$.

Il doit être clair que des mesures en régime établi ou en bruit rose n'ont d'effet que sur les amplitudes A_H et A_B et s'évertuent à réaliser $A_T = 6$ unités en oubliant la condition $\phi_H = \phi_B$ indispensable à une réponse impulsionnelle correcte.

Le raisonnement " $A_T = 6$ unités à tout prix" en bruit rose peut conduire à des aberrations du type illustré en figure 17 : sur cette figure le vecteur aigu A'_H (pointillé) a été supposé déphasé de 90° par rapport à A_B ($\phi = 0$). La valeur exagérée de 90° a été choisie de façon à clarifier le diagramme vectoriel.

Si l'on garde $A'_H = 2$ c'est-à-dire le niveau normal de l'aigu, ceci conduit à un vecteur

$$A'_T \sin(\omega_c t + \psi')$$

dont l'amplitude A'_T (pointillé) est

nettement inférieure à A_T . Le fait de vouloir à tout prix rétablir $A'_T = 6$ (tireté) à f_c avec $\phi_H = 90^\circ$ conduit à utiliser un vecteur aigu $A''_H \sin(\omega_c t + 90^\circ)$ aboutissant sur le cercle centré en O et à avoir $OP'' = A''_T = 6$ mais fortement déphasé d'un angle ψ'' sur A_B ... et donc au détriment de la réponse impulsionnelle.

Ces phases relatives ϕ_H et ϕ_B doivent donc être ajustées. Dans le cas du filtre actif utilisé, elles le seront par action sur les retards de voie Δt (en ms).

12.2 Analyse du fonctionnement temporel du filtre

Ce fonctionnement est illustré par la figure 18 : une impulsion de 1,2 ms (2 V) a été appliquée à l'entrée du filtre et les sorties sont observées. Les constatations suivantes peuvent être faites :

- Les amplitudes des réponses de sortie sont à peu près égales : le choix de la durée de l'impulsion est bon pour solliciter les trois voies supérieures. L'EG, par contre, est moins fortement sollicité.

- Les dérivées en $t=0$ (pentes à l'origine) de ces courbes croissent de l'EG à l'A : ceci correspond bien à la physique des choses puisqu'un dôme d'aigu de 2,5 mm pesant 0,2 g est accéléré plus rapidement de sa position de repos à sa position finale qu'un bas-médium de 21 cm de diamètre et de 13 g de masse (équipage mobile).

Ces dérivées ne font que refléter les temps de montée des différents transducteurs spécialisés et correspondent à des vitesses de montée du signal d'environ :

1 V/10 μ s pour l'aigu, soit 100 V/ms (A)

1 V/0,1 ms pour l'HM, soit 10 V/ms (HM)

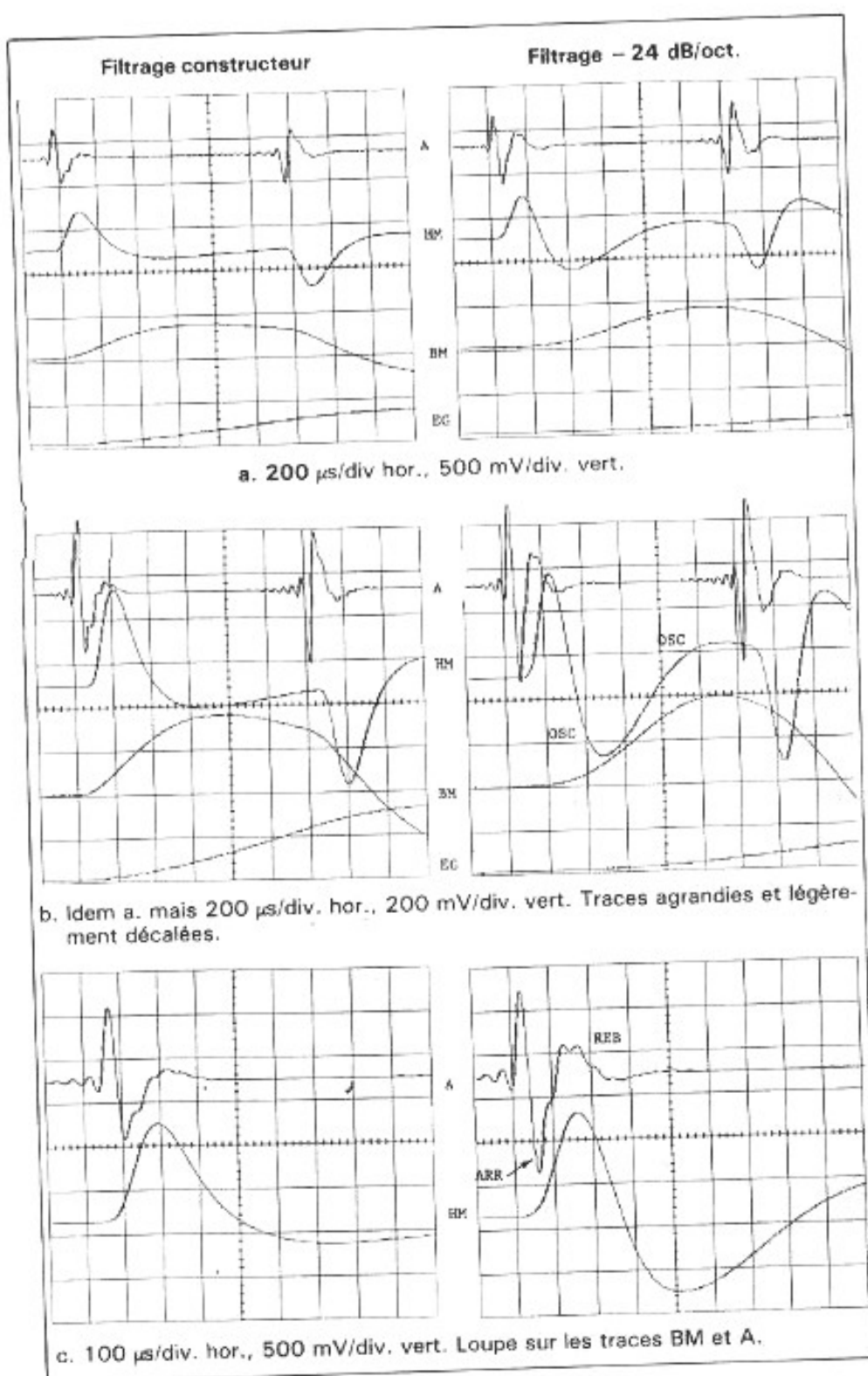


Fig. 18 : Comportement électrique temporel du filtre numérique sur une impulsion de 1,2 ms.

1 V/0,5 ms pour le BM, soit 2 V/ms (BM)

0,3 V/ms pour l'EG, soit 0,3 V/ms (EG)

- Les signaux filtrés A et HM réagissent à cette impulsion de 1,2 ms relativement longue par deux pics brefs et de sens opposés

au début et à la fin de l'impulsion appliquée ; les HP légers correspondants atteignent leur position finale très rapidement après le front de montée de l'impulsion et redescendent à leur position de repos (puisque V appliqué à la bobine mobile ne change plus) en atten-

dant le front de descente de l'impulsion principale qui provoque un pic en sens inverse : la pression acoustique mesurée en sortie HP (fig. 7, signatures) suit effectivement le même type de tracé.

- Le maximum d'énergie (surface correspondant à l'impulsion filtrée) est envoyée au transducteur BM par le filtre : le temps de montée de ce transducteur correspond à peu près à la moitié de la durée de l'impulsion appliquée, soit environ 0,5 ms.

- Comparativement, les contributions énergétiques instantanées des signaux HM et A sont bien plus faibles que celle du BM. Elles sont d'ailleurs nulles sur toute la durée de l'impulsion 1,2 ms puisque de sens opposés au début et à la fin.

- L'EG, quant à lui, n'est quasiment pas sollicité par cette impulsion de 1,2 ms car le contenu fréquentiel au-dessous de $f_c = 100$ Hz est très faible. Son temps de montée est d'ailleurs nettement plus élevé et atteint environ 1,5 ms.

- Le choix d'une impulsion sollicitant suffisamment les 4 voies peut être fait par le seul examen de la réponse du filtre : seul le niveau du grave doit monter pour atteindre environ 1 V.

- Les figures relatives au filtrage à -24 dB/oct. mettent en évidence des profils plus tranchés et des déphasages plus importants : ceci est particulièrement marqué pour les traces HM et A en figure 18b et 18c. Sur ces figures, les niveaux et les échelles de temps ont été modifiés de façon à bien montrer le profil de ces traces :

• La trace A sur la figure c montre une onde arrière ARR ainsi qu'un rebondissement REB plus marqué en -24 dB/oct. qu'avec le filtrage constructeur (-18 dB/oct.).

• La figure b met en évidence une oscillation (OSC) du signal HM entre les deux points de montée et de descente manquant le début et la fin de l'impulsion.

- Enfin, le lecteur intéressé par

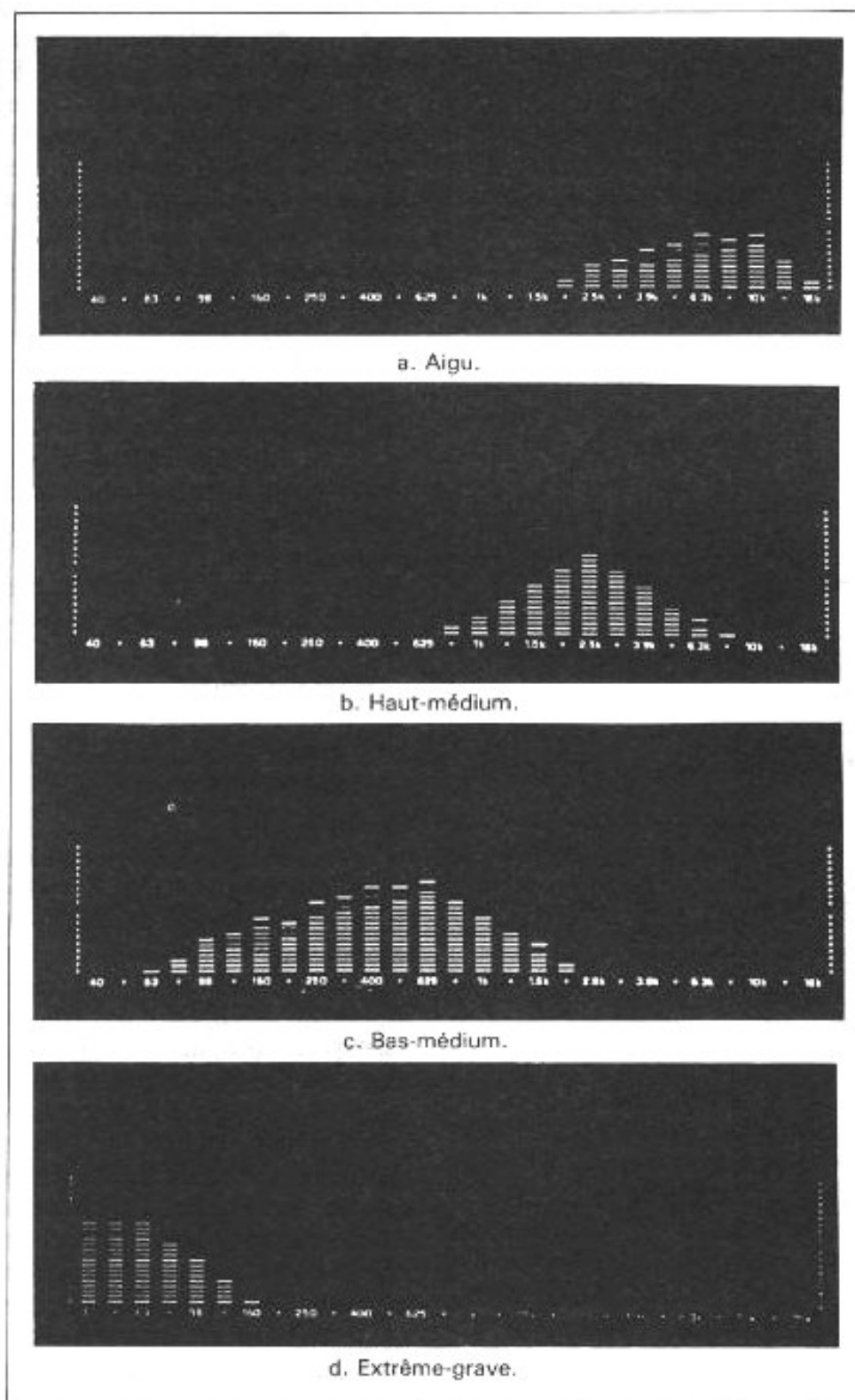


Fig. 19 : Analyse spectrale en tiers d'octave du contenu des différentes voies.

les constructions graphiques peut aisément vérifier que la somme des quatre traces restitue bien l'impulsion originale.

12.3 Analyse fréquentielle en tiers d'octave

Les photos présentées en figure

19 ont été relevées avec le microphone placé à la position d'écoute et un seul canal en service. Elles permettent de visualiser clairement le contenu fréquentiel de chaque voie, les niveaux, les pentes et les fréquences de coupure.

Elles permettent une ultime véri-

fication du bon réglage du système. Une division verticale sur l'analyseur correspond à 1 dB.

Il faut noter que ces photos figurent l'affichage de l'analyseur et introduisent, ipso facto, une certaine erreur sur les niveaux lus. Ceux-ci sont en effet continuellement variables, d'autant plus que la fréquence baisse. Les mesures présentées dans le grave et le BM sont donc approximatives. Ce fait est d'ailleurs illustré clairement sur la figure 18c relative au BM : les indicateurs relatifs à 160 Hz, 250 Hz montrent le niveau de pointe (dernier trait supérieur) en plus du niveau moyen (environ -3 dB au-dessous du précédent).

12.4 Une nouvelle valeur de la vitesse du son dans l'air ?

Le lecteur aura probablement été surpris par l'adoption de la valeur de 339,7 m/s pour la vitesse du son (voir paragraphe 3). Il est communément admis que cette valeur est d'environ 344,0 m/s dans l'air à 22°C et sous une pression atmosphérique normale. Ce subtil distinguo a pour origine la valeur de v mémorisée dans l'appareil (environ 340 m/s et la numérisation des paramètres Δt et f_c du filtre. Ceux-ci ne peuvent en effet varier de façon continue, mais bien par pas de 7,1 mm (ou de 0,021 ms) pour Δt et par 1/6° d'octave pour f_c .

De ce fait, l'hyperbole caractérisant la relation

$$\lambda_c f_c = v = 340,0 \text{ m/s}$$

dans le plan (λ_c , f_c) est approximée dans la mémoire de l'appareil de filtrage numérique par une suite d'échelons (exagérés sur la figure 20 en coordonnées linéaires pour clarifier) qui sont tels que le produit $\lambda_c f_c$ est légèrement différent en A', B', C'... Ces points matérialisent les valeurs successives que peuvent prendre les couples de valeurs (λ_c , f_c) en fonction de la position du bouton de réglage correspondant sur l'appareil. Tous ces points A',

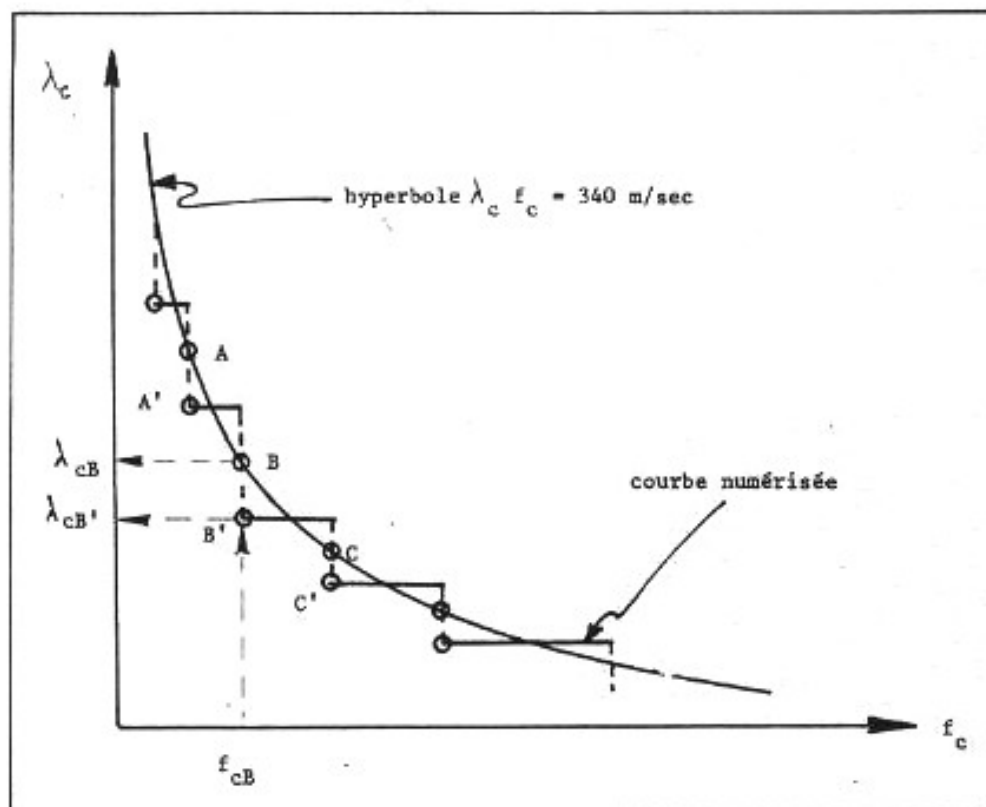


Fig. 20 : Numérisation de l'hyperbole $\lambda_c f_c = v$. Détermination de λ_c à partir de f_c

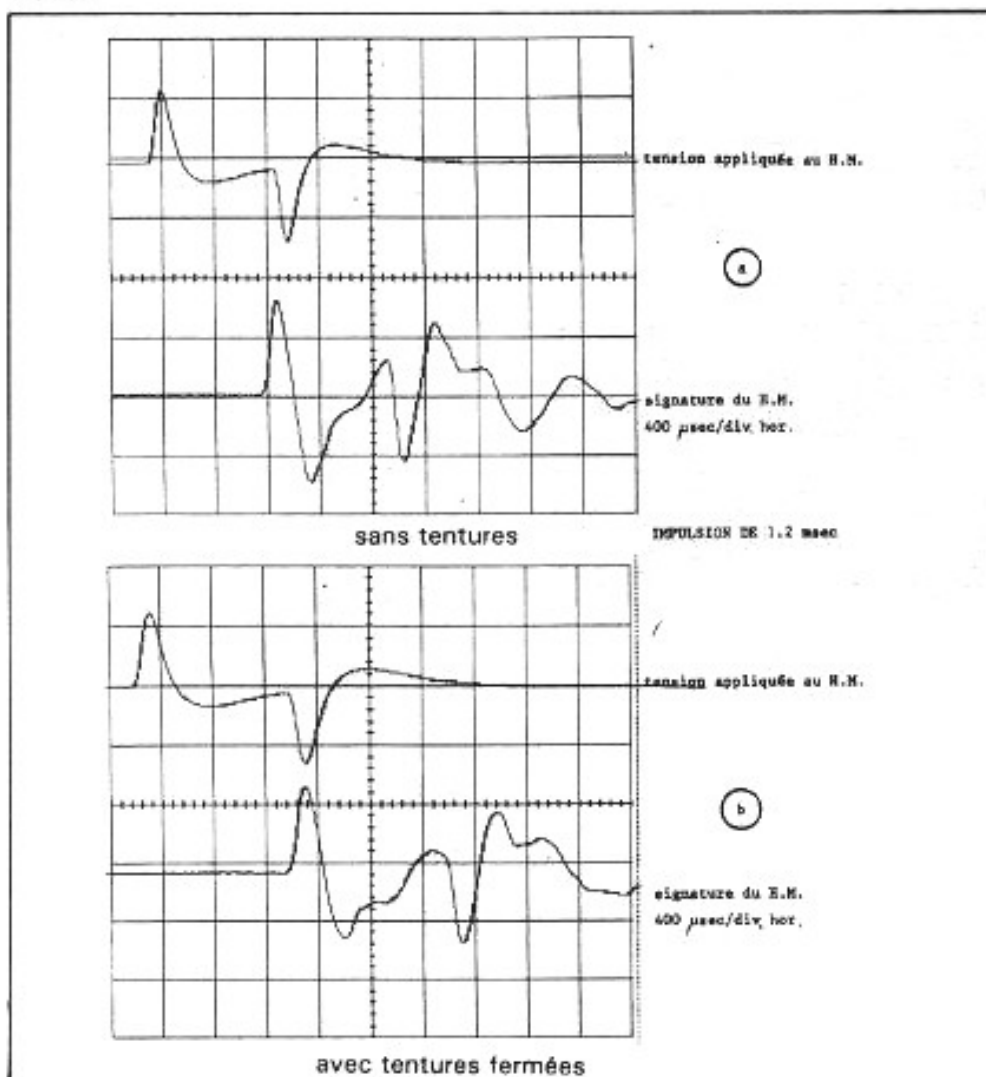


Fig. 21 : Réponse du transducteur HM au signal filtré.

B', C'... sont légèrement écartés de l'hyperbole théorique (340 m/s). Il en résulte qu'à l'introduction d'une fréquence de coupure f_{cB} l'appareil réagit en prenant en compte une longueur d'onde $\lambda_{cB'}$ différente de la valeur théorique λ_{cB} . Les écarts sont tels que la vitesse du son, calculée sur l'ensemble des positions possibles sur l'appareil, varie entre 338,1 m/s et 340,0 m/s, avec une moyenne centrée sur 340 m/s. Le constructeur brouille donc les cartes en introduisant en mémoire 340 m/s au lieu de 344 m/s et cette erreur s'ajoute à celle due à la numérisation.

Tout ceci pour élucider l'énigme des 339,7 m/s rencontrée au paragraphe 3...!

Mystère éclairci.

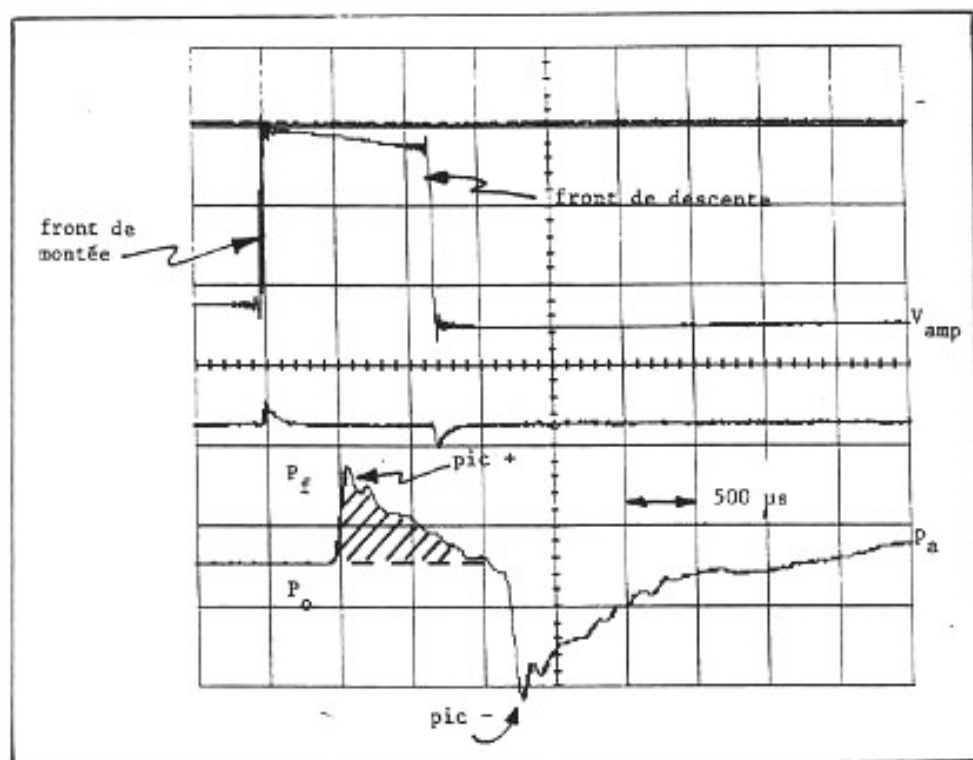
12.5 Réponse du transducteur HM au signal filtré

Les figures 21a et 21b montrent la réponse temporelle de ce transducteur de 13 cm de diamètre à une impulsion de 1,2 ms filtrée avec les pentes "constructeur". La trace supérieure de chacune des figures correspond au signal HM filtré à la sortie de l'amplificateur de puissance HM et donc à la tension appliquée aux bornes HP. Cette signature est identique à celle donnée en figure 18, filtrage constructeur, tandis que la trace inférieure est la pression acoustique reçue par le microphone dans l'axe à 1 m de distance (signature).

Qualitativement, trois constatations sautent aux yeux :

- la vitesse de montée de la pression acoustique est la même que celle du signal électrique ;
- après le premier front d'onde, parfait, la pression acoustique présente quelques déformations variables suivant que les tentures (situées à environ 60 cm de l'enceinte en test) sont fermées ou pas ;
- le traînage est visible à la fin de la trace pression acoustique.

Rien n'est parfait !



- V_{amp} : tension de sortie de l'amplificateur de puissance
- p_a : pression acoustique reçue par le microphone.
- P_0 : position de repos de la bobine mobile.
- P_f : position finale de la bobine mobile.
- Vitesse de montée = pente $P_0 \rightarrow P_f$.
- L'énergie acoustique rayonnée est proportionnelle aux surfaces hachurées : celles-ci sont à peu près égales.
- Les oscillations HF apparaissant sur la trace V_{amp} sont dues à la numérisation du signal : l'impulsion originale ne contient pas ces oscillations.

Fig. 22 : Réponse impulsionnelle d'un transducteur BM. Impulsion de 1,2 ms.

12.6 Analyse de la réponse impulsionnelle d'un haut-parleur

La réponse à une impulsion d'un HP présente quelques particularités non évidentes qu'il est intéressant de décrire ici.

La figure 22 précise le vocabulaire, les sigles et les indices qui seront utilisés dans les deux figures suivantes.

12.6.1 Haut-parleurs non filtrés

La figure 23 illustre ces réponses pour un transducteur Aigu (à gauche) et pour un Bas Médium (à droite) avec différentes bases de temps horizontales. Sur cette figure, les trois traces oscillographiques présentes sont, du haut en bas :

- la tension de sortie de l'ampli-

ficateur de puissance attaquant le HP : V_{amp}

- une trace médiane sans intérêt dans ce cas
- la pression acoustique reçue par le microphone : p_a .

La durée de l'impulsion appliquée est de 1,2 ms.

Cette figure 23 montre que les deux transducteurs A et BM réagissent de façon différente à cette impulsion de 1,2 ms :

A : ce transducteur léger (environ 0,2 g) atteint très rapidement sa position finale P_f comme le montre la trace p_a , à laquelle il reste jusqu'au début du front de descente car la tension appliquée V_{amp} est constante. La pression acoustique, par contre, redescend à zéro très rapidement. L'impulsion est très

longue comparée au temps de montée de ce transducteur (environ 50 μs sur la figure 23 cA). A la fin de cette impulsion, comme la tension appliquée varie brutalement en sens inverse (descente), le HP produit un nouveau pic de pression acoustique p_a dans le sens inverse (pic - sur la figure 23 bA).

BM : ce transducteur plus lourd, dont l'équipage mobile pèse environ 13 g (diamètre 21 cm) a un temps de montée plus long (environ 100 μs sur la figure 23 c BM) et l'énergie acoustique rayonnée est beaucoup plus importante (proportionnelle à la surface hachurée en figure 22). La pression acoustique décroît rapidement et passe par zéro à peu près au moment du front de descente de l'impulsion. Il donne alors un pic de pression acoustique dans l'autre sens, pour les mêmes raisons que le transducteur A.

12.6.2 Haut-parleurs filtrés

La figure 24 présente les mêmes traces que la précédente (V_{amp} et p_a).

La figure 24 a est d'ailleurs identique à la figure 23 cA et permet la comparaison entre le comportement d'un transducteur A soumis au filtrage (figure 24 b) et non soumis au filtrage (figure 24 a). Le filtrage est celui du constructeur (passe-haut à 4,5 Hz, -18 dB/oct.). La trace de V_{amp} sur la figure b est évidemment considérablement différente de celle de la figure a puisque l'amplificateur de la voie A reçoit cette fois non plus l'impulsion de 1,2 ms, mais sa valeur filtrée. La trace de la pression acoustique délivrée (pic+ uniquement) est cependant très semblable, à part le faux départ déjà signalé, à celle de la figure 24a.

Le résultat acoustique (p_a) est à peu près le même en a et en b, mais le transducteur encaisse en a une onde pour laquelle il n'est

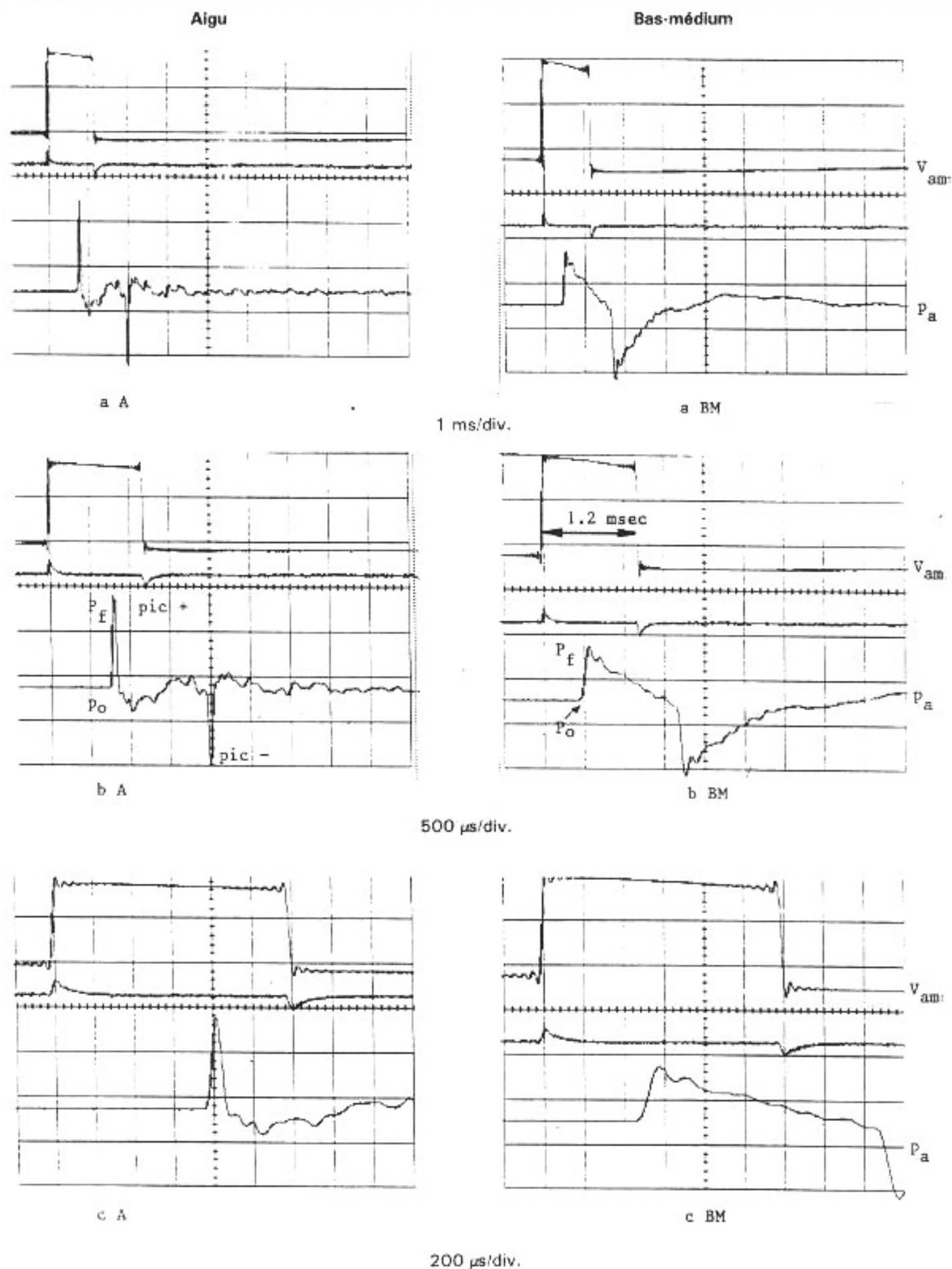


Fig. 23 : Réponse impulsionnelle de transducteurs non filtrés.

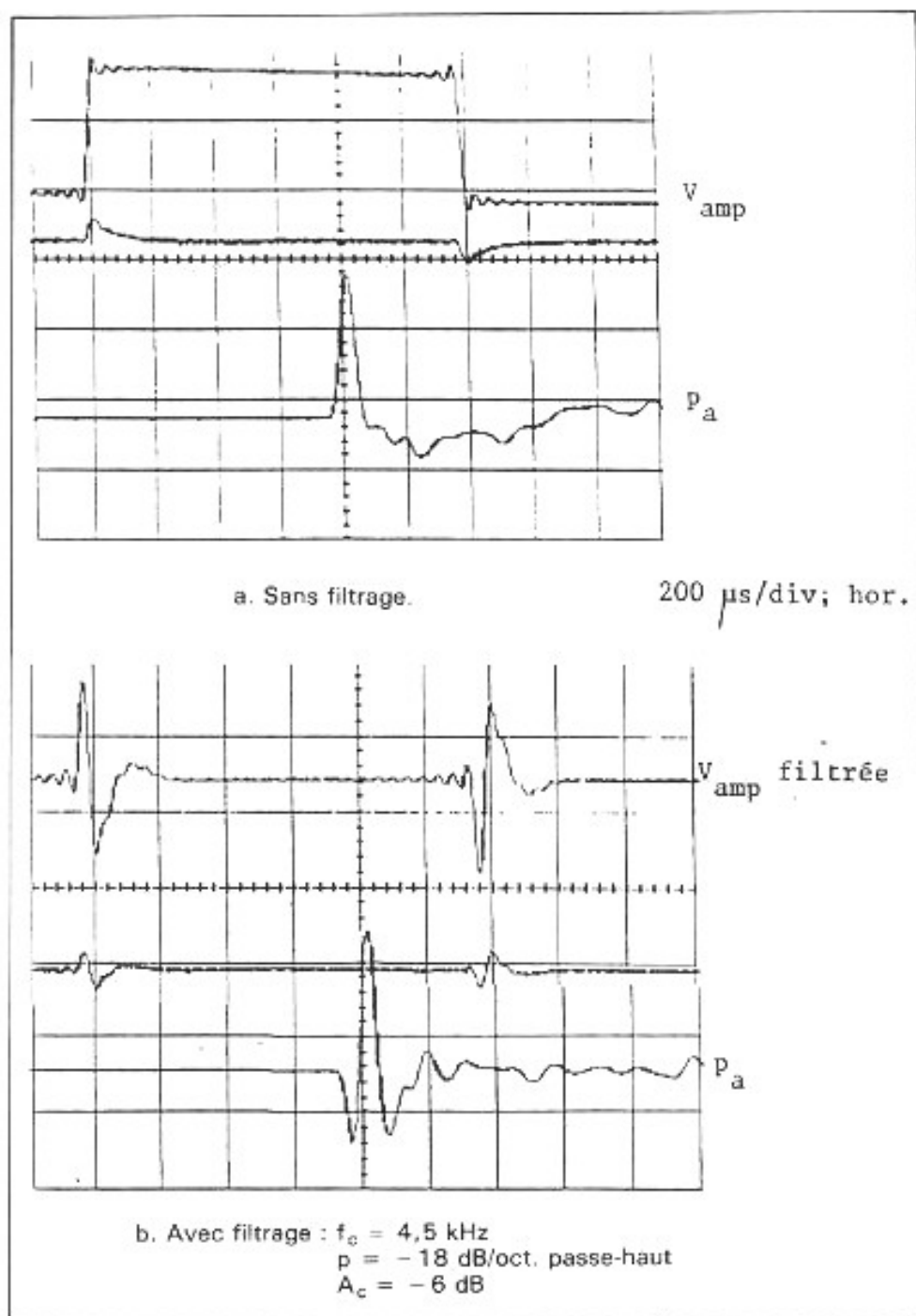


Fig. 24 : Réponse impulsionnelle du transducteur aigu.

pas fait ! Il a réalisé lui-même le filtrage...

Le traînage est bien visible sur la trace p_a après le pic +.

12.7 Effet microphonique d'un transducteur

12.7.1 Transducteur EG

Celui-ci sera analysé en observant la figure 25. Celle-ci matérialise les réponses V_{EG} de l'amplificateur de puissance et I_{EG} (courant dans le fil). La mise en évidence de ce phénomène a été tentée par l'in-

sertion dans le câble HP de la voie EG d'une résistance R faible (environ $0,015 \Omega$) permettant de donner une image oscillographique des variations de courant I_{HP} dans le câble pendant la durée de l'impulsion.

L'effet microphonique du HP, dû à la loi de Lenz, est tel que, lorsque la bobine mobile se déplace dans le champ magnétique de l'entrefer, elle produit une force contre-électromotrice $e(t)$ s'opposant au courant I_{EG} qui a provoqué le

mouvement, c'est-à-dire le courant qui s'établit lors du front de montée de l'impulsion.

Le transducteur EG (push-pull série, 14Ω) a été utilisé car il permet l'utilisation de courants élevés et donc de produits RI_{EG} pas trop faibles. L'EG est alimenté par son amplificateur de puissance sans filtrage.

La durée de l'impulsion appliquée passe de 1,2 ms (fig. 25a) à 2,4 ms (fig. 25b) puis à 10 ms (fig. 25c) et enfin à 20 ms (fig. 25d). La tension de sortie de l'amplificateur V_{EG} (à CC) suit impeccablement le profil de l'impulsion de 20 ms et est maintenue constante à 16 volts. Lors du front de montée de l'impulsion, la bobine mobile d'inductance $L_{EG}(t)$ se met en mouvement et produit une fcem $e(t)$ dont la valeur est proportionnelle à

$$e(t) = -L_{EG}(t) \left(\frac{d\phi}{dt} \right)$$

et s'opposant à la tension appliquée V_{EG} avec un retard dans le temps.

Les figures 25a à 25d mettent clairement en évidence l'effet de cette fcem dont les effets apparaissent après environ 0,3 ms (fig. 25a et 25b) et atteignent leur maximum au point C après environ 2 ms (fig. 25c et 25d) : le courant I_{EG} commence à diminuer dans la bobine mobile. La valeur minimale du courant est atteinte après environ 2 ms (point C).

Les figures 25c et 25d montrent également l'effet de la fcem après le front de descente de l'impulsion : le courant I_{EG} qui devrait revenir à zéro présente une augmentation après environ 2 ms (point E) ; ces variations de courant après le front de montée et de front de descente sont symétriques et d'ampleur non négligeable puisque $I_C = 0,5 I_A$ et $I_E = 0,5 I_D$.

Les paramètres électriques principaux du HP d'EG sont :

$$R_{EG} = 2 \times 6,9 \Omega$$

$$L_{EG} = 2 \times 0,79 \text{ mH}$$

Une autre façon très imagée

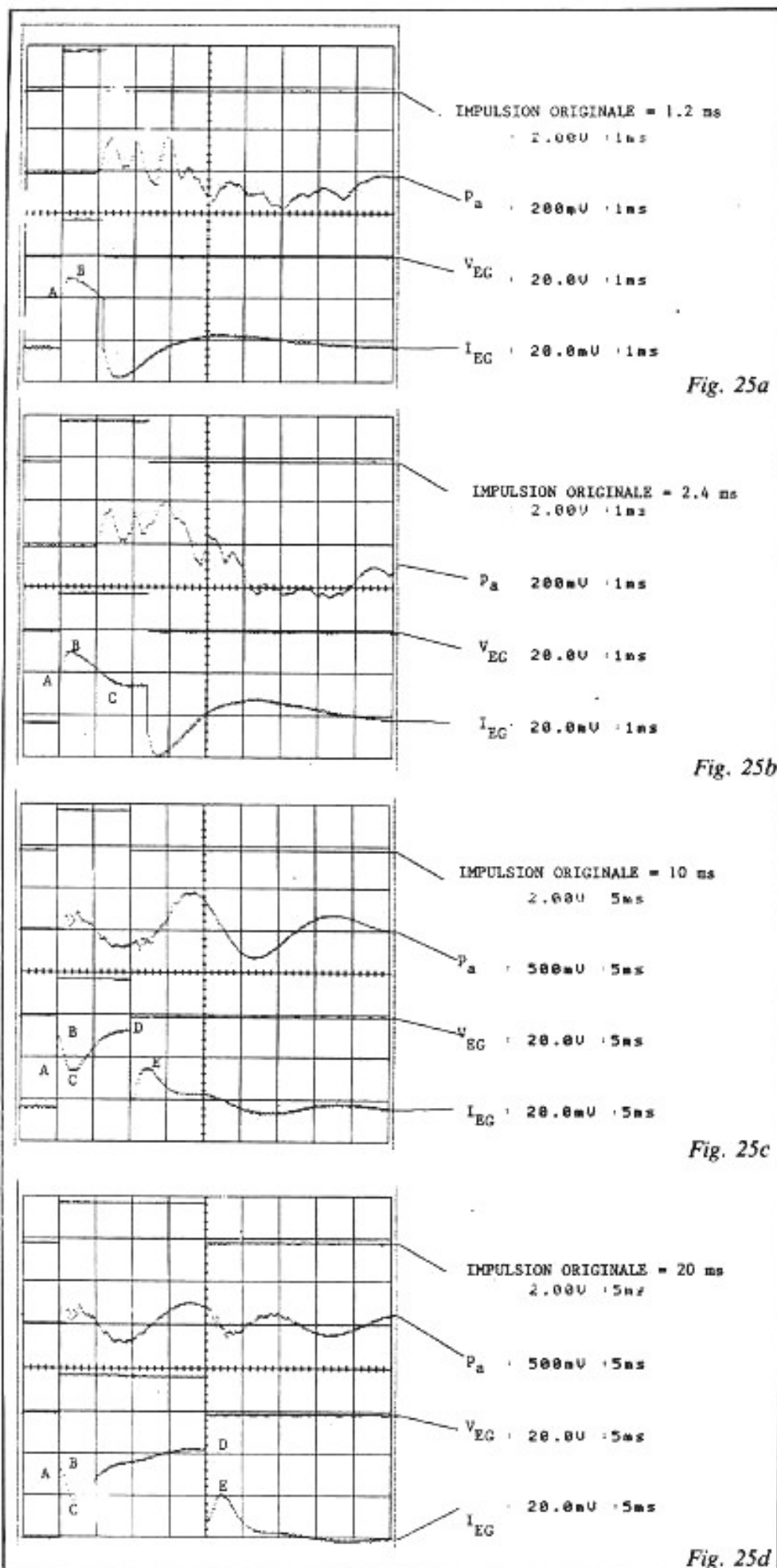


Fig. 25 : Effet microphonique sur un transducteur EG non filtré.

d'examiner cet effet microphonique est d'observer la figure 27 : sur celle-ci, quatre impulsions de 1,2, 2,4, 5 et 10 ms ont été appliquées à l'EG et toutes examinées avec la même échelle de temps : 1 ms/div.

L'examen de ces figures permet les réflexions suivantes :

- P_a :

- les points A, B, C, D sur la trace p_a montrent que, peu après le front de montée l'impulsion; le transducteur EG oscille à une fréquence d'environ 1 kHz (dans son enceinte à charge symétrique) et que ces oscillations sont amorties après trois périodes environ (point C) :

- lors du front de descente de l'impulsion, des réactions symétriques sont observées en A', B', C' :

- sur les impulsions les plus courtes (figures 27a et b) seul le premier (A) ou les premiers points A et B apparaissent, mais ils se situent de la même façon dans le temps.

- I_{EG} :

la figure 27c montre clairement le front de montée très raide correspondant à la constante de temps du transducteur EG :

$$\tau_{EG} = \frac{L_{EG}}{R_{EG}} = \frac{0,0016}{14} = 0,12 \text{ ms}$$

ce front de montée est tout simplement assimilé à une verticale sur la figure 27c.

Après ce front de montée très rapide correspondant au moment où la bobine mobile n'est pas encore en mouvement (0 sur la trace p_a), la croissance de I_{EG} se ralentit fortement jusqu'en a (correspondant à peu près dans le temps à A) puis diminue fortement jusqu'en c où la bobine mobile est à peu près stabilisée à la position haute.

A ce moment, la tension appliquée V_{EG} -e(t) et le courant I_{EG} réaugmentent jusqu'en d dans une bobine mobile fixe mais présentant de l'inductance (variable en fonction du champ magnétique...).

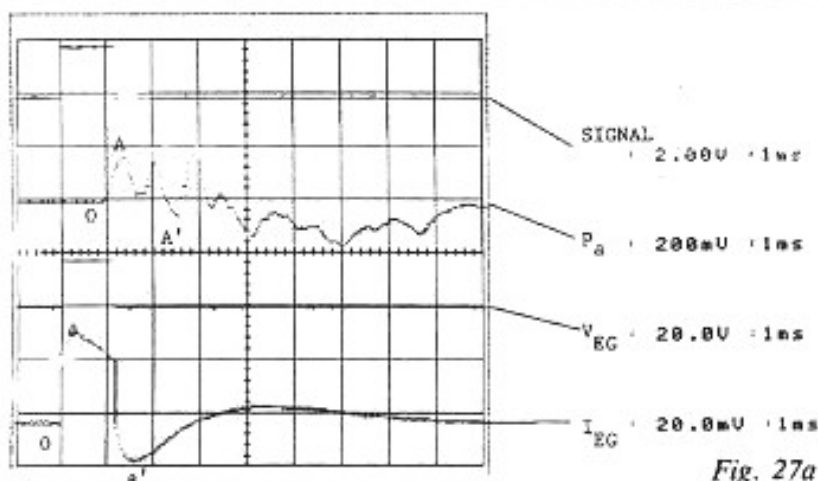


Fig. 27a : 1,2 ms.

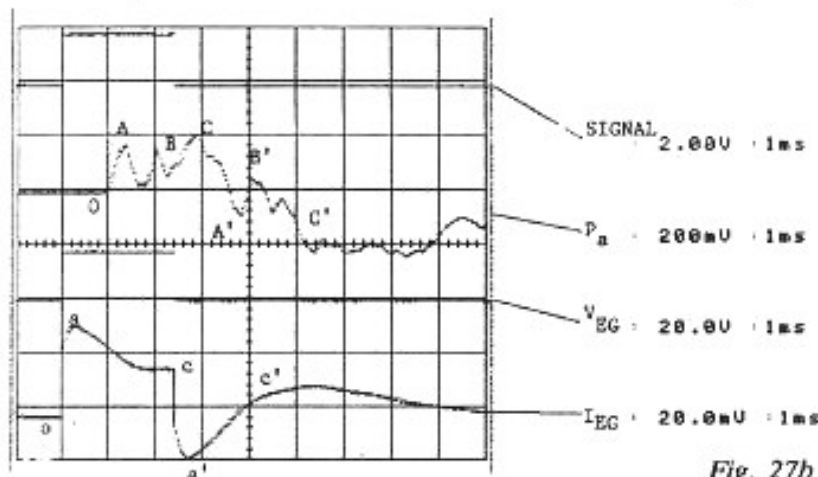


Fig. 27b : 2,4 ms.

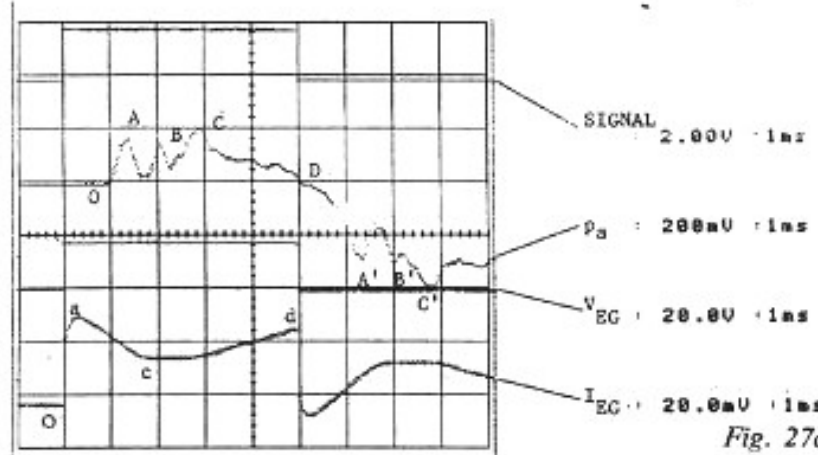


Fig. 27c : 5 ms.

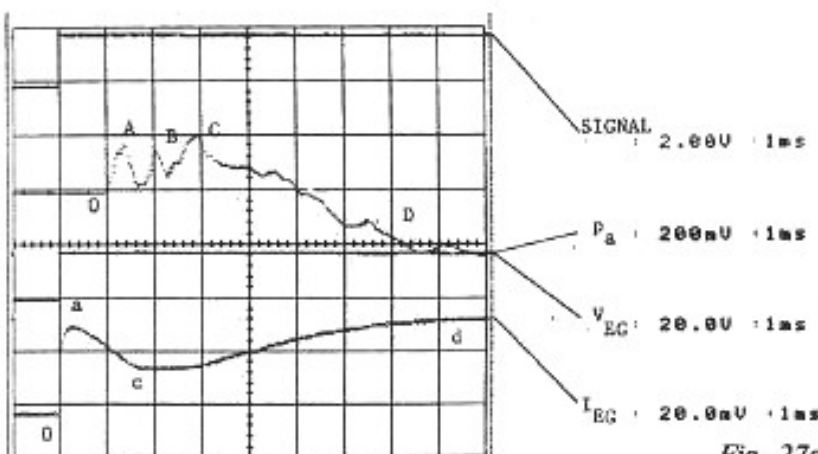


Fig. 27d : 10 ms.

Fig. 27 : Evolution du comportement temporel de l'EG en fonction de la durée de l'impulsion.

L'effet microphonique de ce transducteur est donc très clairement matérialisé par le creux c sur la trace des figures 27c et d; Il n'est pas négligeable puisqu'il fait momentanément passer le courant I_{EG} à environ 50 % de sa valeur de régime.

12.7.2 Effet microphonique sur les 3 voies supérieures

La figure 28 analyse à nouveau les traces p_a et I pour les trois transducteurs A, HM et BM alimentés soit directement par leur amplificateur de puissance, soit via le filtrage actif "constructeur". Les traces sans filtrage sont les plus démonstratives.

- A :

- l'effet microphonique est très net sur la trace I_A non filtrée sur laquelle les points B et B' matérialisent l'effet de la $f_{cem} e(t)$ sur le courant. En l'absence de celle-ci, la trace I_A devrait suivre le tracé AA'.

Le point B' montre nettement qu'après extinction de l'impulsion appliquée, le transducteur A renvoie à l'amplificateur un courant (B') atteignant environ 25 % du courant de régime (A') ;

- l'effet microphonique est beaucoup plus difficile à mettre en évidence sur la trace I_A filtrée puisque la trace V_A elle-même présente un front arrière ARR (voir figure 18) ;

- sur la trace p_a , l'effet de la f_{cem} se traduit en b par une légère diminution de la pression acoustique. Celle-ci est bien mieux visible sur la figure 24a où l'échelle de temps est de 200 $\mu s/div.$ (voir également le point E sur les figures 25c et 25d relatives à l'EG). Les phénomènes sont identiques pourvu que l'on applique aux transducteurs une impulsion d'une durée correcte (en l'occurrence au moins 10 ms pour l'EG, tandis que 1,2 ms suffit pour l'A). L'effet microphonique est bien plus difficile à mettre en évidence sur des HP filtrés : il n'en existe pas moins et perturbe la reproduction fidèle du son.

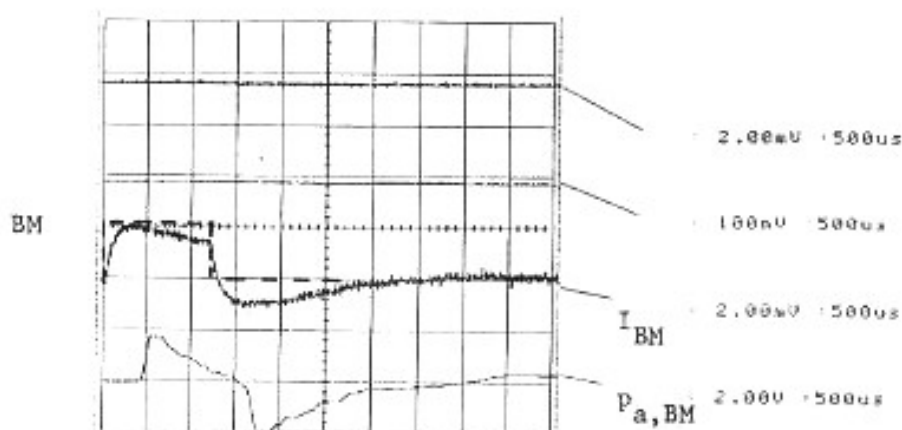
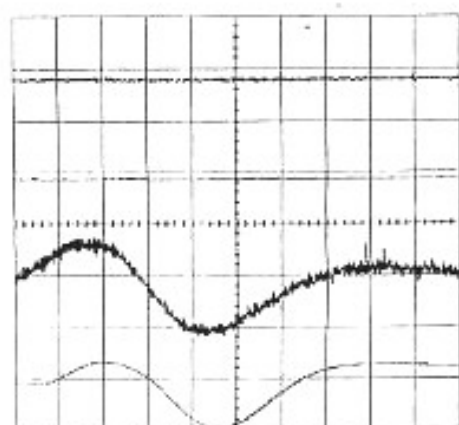
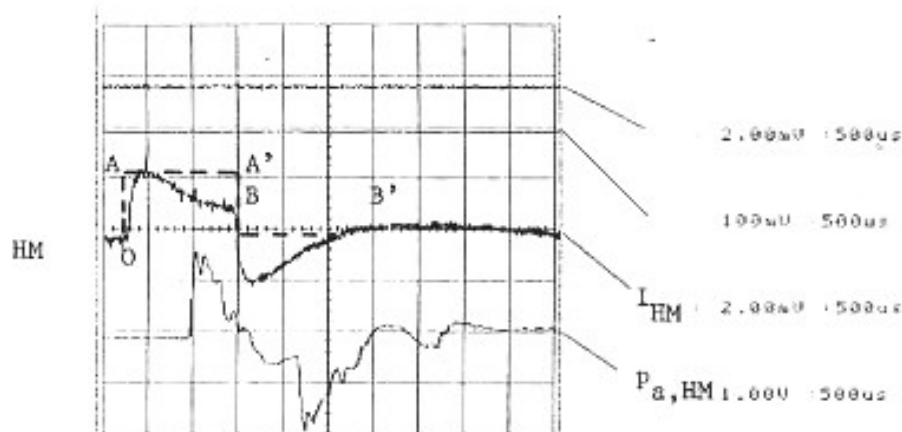
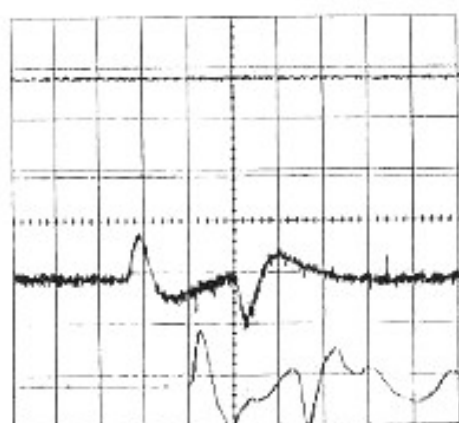
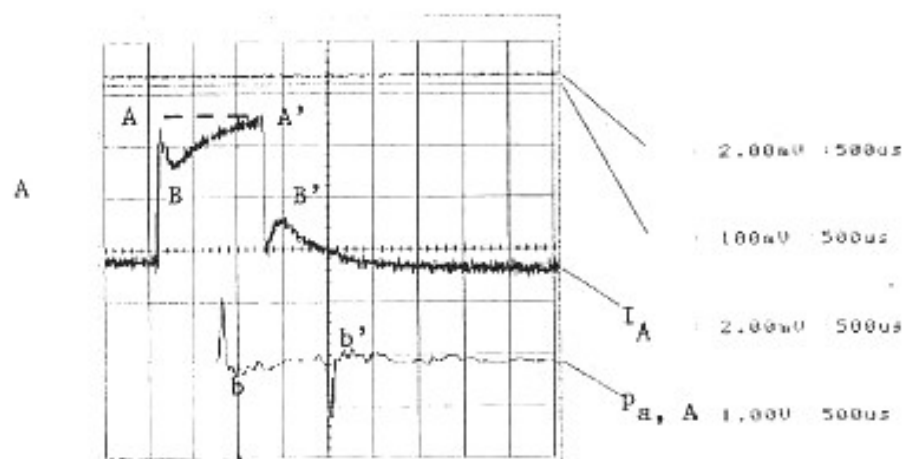
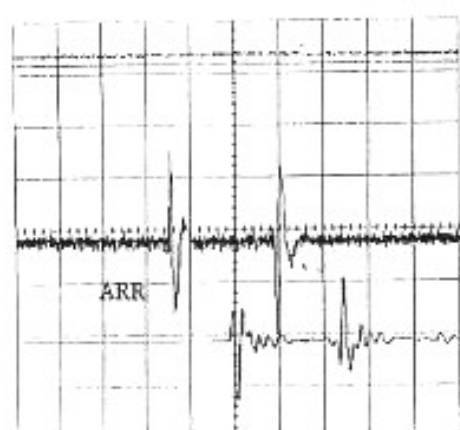


Fig. 28 : Réponse des trois voies supérieures à une impulsion de 1,2 ms.

- HM : cette figure 28_{HM} non filtrée doit être mise en parallèle avec la figure 27b afin d'analyser la trace I_{HM} . La longueur de l'impulsion appliquée au HM n'est pas suffisante pour lui permettre de réagir complètement comme l'EG en figure 25d ou l'A en figure 28A. Après la montée OA du courant I_{HM} , celui-ci descend de A vers B

alors qu'en absence de $f_{cem} e(t)$, il suivrait l'horizontale AA'.

- BM : les mêmes considérations sont valables mais encore atténuées sur la trace I_{BM} car la longueur de l'impulsion est insuffisante pour un HP de ce type.

12.7.3 Irréductibilité...

Les figures 25, 27 et 28 mon-

est loin d'être parfait. Il n'est d'ailleurs, de ce point de vue, guère perfectible car si cet effet peut être amoindri par des précautions lors de la construction, il ne pourra jamais être totalement éliminé : les lois de la physique sont là, incontournables. Elles sont décrites avec précision dans la matrice à couplage antisymétrique du haut-

parleur proposée par Beranek [1], [3].

12.7.4 Impact du filtrage sur l'effet microphonique

La figure 18 et le paragraphe 12.2 mettent clairement en évidence que le filtrage donne lieu à des fronts de montée et de descente des signaux moins raides ; les pentes à l'origine (dérivées) des signaux (infinies pour le signal rectangulaire) décroissent ici de l'A à l'EG.

La fœem de Lenz

$$e = -L \frac{d\phi}{dt}$$

proportionnelle à la vitesse de déplacement de la bobine mobile dans l'entrefer doit donc décroître également. L'effet microphonique des HP est donc atténué par le filtrage (actif tout au moins...). Ceci apparaît clairement sur la figure 26 réalisée dans des conditions très semblables à la figure 25d (impulsion de 20 ms appliquée à l'EG) : sur cette figure 26, l'impulsion est envoyée à l'amplificateur EG à travers le filtre actif numérique. Ceci explique la dérive de la trace V_{EG} : le filtre numérique s'accommode mal d'une si longue impulsion et le lecteur devra oublier par la pensée cette dérive qui ne perturbe pas vraiment le raisonnement qui suit.

Les points A, B, C, D et E ont été repérés sur le signal I_{EG} de la même façon qu'en fig. 25d et il apparaît qu'à part la dérive, les deux traces I_{EG} de la figure 25d et de la figure 26a sont identiques. La figure 26b illustre simplement le fait, pour les incrédules, qu'en remplaçant l'EG par une résistance de 16 Ω , la trace I_{EG} a exactement le même profil que la trace V_{EG} .

La figure 26c est réalisée dans des conditions identiques à la figure 26a mais avec l'EG filtré à -12 dB/oct. à 100 Hz : le creusement de la trace I_{EG} au point C est bien moins marqué que sur la figure 26a et la trace I_{EG} suit plus fi-

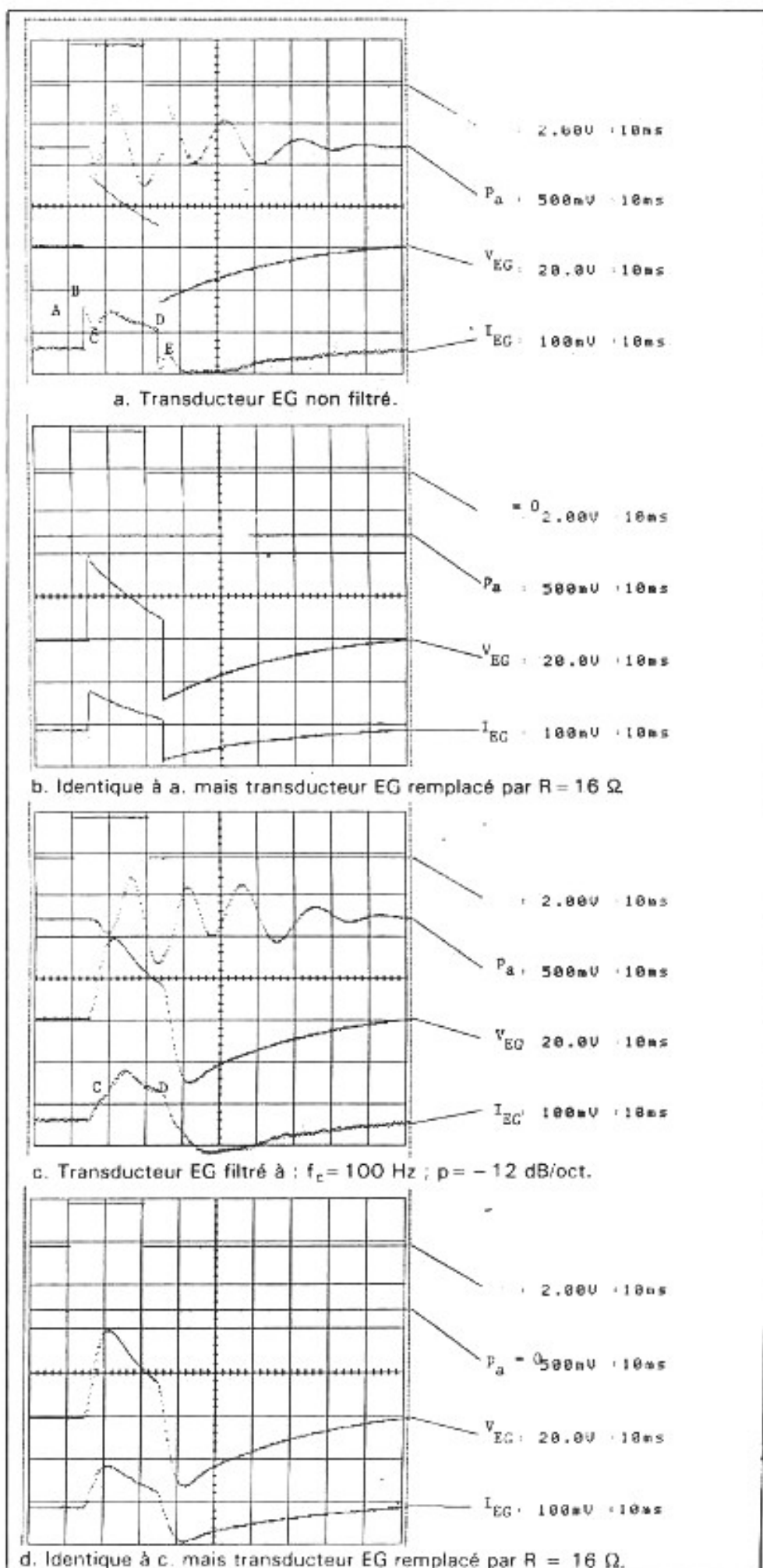
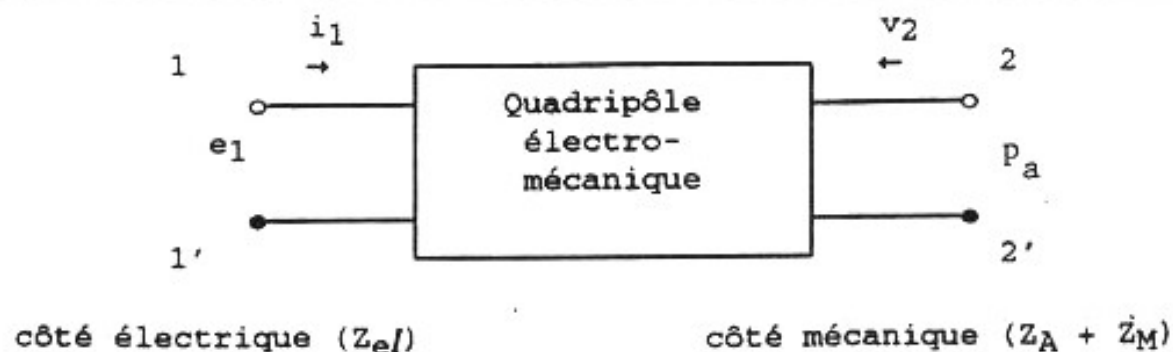


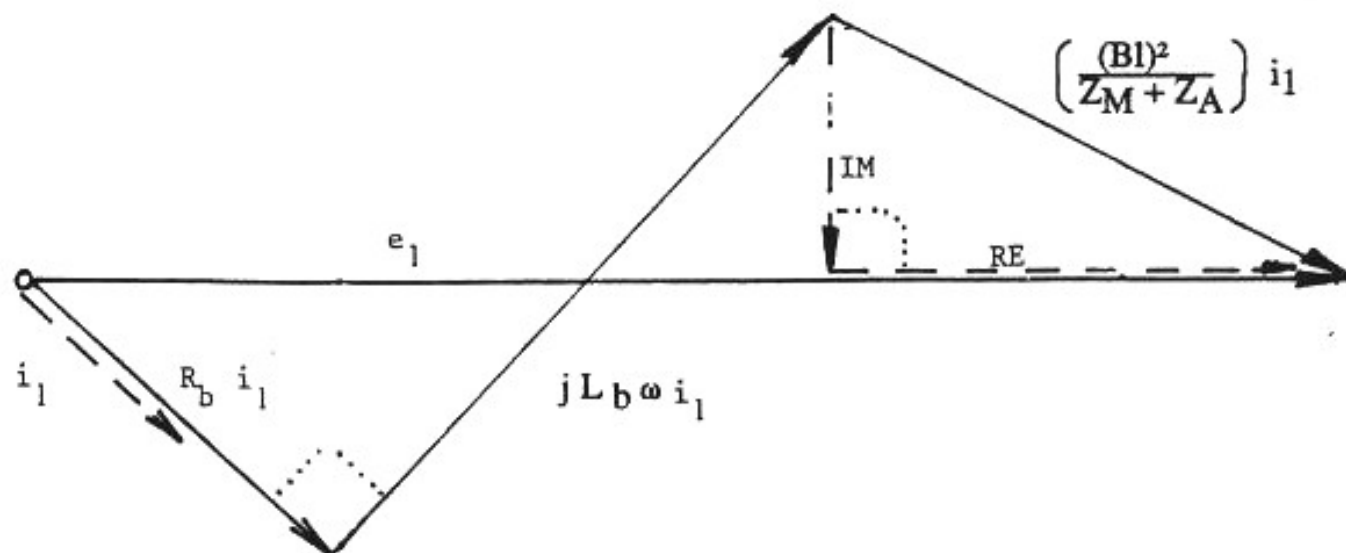
Fig. 26 : Impact du filtrage sur l'effet microphonique.



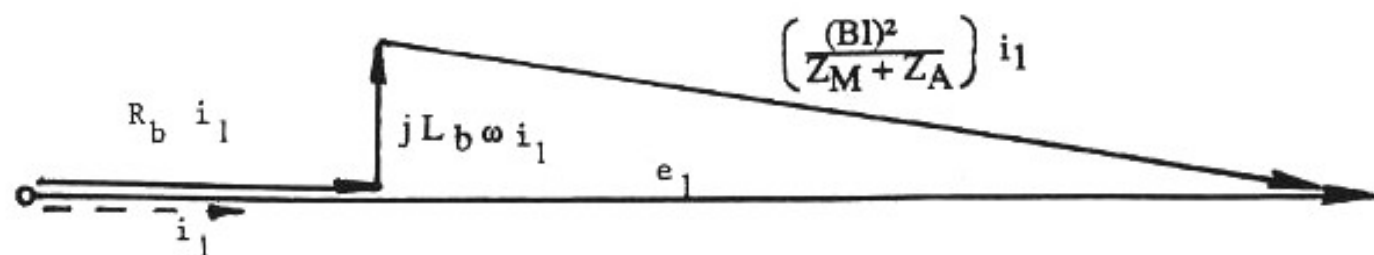
Fonctionnement en haut-parleur
Les bornes 2 et 2' doivent être court-circuitées et la bobine mobile alimentée en appliquant une tension e_1 aux bornes 1 et 1'.

Fonctionnement en microphone
Les bornes 1 et 1' doivent être chargées par le circuit électrique amplifiant le signal microphonique e_1 produit par la membrane vibrant à la vitesse v_2 lorsqu'elle est soumise à une pression p_a .

a. Quadripôle représentatif d'un HP ou d'un microphone.



b. Diagramme vectoriel de fonctionnement en régime inductif ($f \gg f_0$).



c. Fonctionnement à la résonance f_r (i_1 en phase avec e_1).

Fig. 29 : Quadripôle représentatif d'un HP ou d'un microphone.

dèlement celle de V_{EG} . A nouveau la figure 26d concerne les adeptes de Saint Thomas puisque seul l'EG a été remplacé par 16 Ω résistifs.

12.7.5 Le couplage antisymétrique et la fem de Lenz

La matrice d'impédance Z_{HP} du quadripôle électromécanique qu'est le haut-parleur à bobine mobile s'écrit (voir [1]) :

$$Z_{HP} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{12} & Z_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_b + jL_b\omega & Bl \\ -Bl & Z_A + Z_M \end{pmatrix} \quad (1)$$

Dans cette relation, le côté 1 est constitué des bornes électriques du HP tandis que le côté 2 concerne le côté mécanique, c'est-à-dire le couplage de la membrane avec l'air (Z_A) et le saladier (Z_M).

La figure 29a illustre ce quadripôle électromécanique.

La plupart des notations utilisées ci-dessus sont évidentes :

R_b : résistance de la bobine mobile

L_b : inductance de la bobine mobile

$Z_{e1} : R_b + jL_b\omega$

B : induction dans l'entrefer

l : longueur de la bobine mobile

Z_M : impédance mécanique de la suspension du cône mobile au saladier

Z_A : charge acoustique du cône mobile (=impédance présentée par l'air au mouvement de celui-ci).

Cette matrice d'impédance des HP électrodynamiques n'a pas la propriété usuelle des quadripôles électriques passifs : elle n'est pas symétrique. Elle est au contraire du type "à couplage antisymétrique" du fait de l'existence du terme $-Bl = Z_{21}$. C'est là que gît la fem de Lenz puisque cette matrice Z_{HP} conduit à la relation suivante entre la tension e_1 appliquée à la bobine mobile et le courant i_1 qui en résulte (voir figure 29) :

$$e_1 = Z_{e1} i_1 + \left(\frac{(Bl)^2}{Z_M + Z_A} \right) i_1 \quad (2)$$

Cette relation déduite de (1) et des relations matricielles $E=ZI$ du quadripôle fait clairement apparaître que le courant i_1 parcourant la bobine mobile produit lors de son mouvement dans l'induction B de l'entrefer une fem

$$e(t) = \left(\frac{(Bl)^2 i_1}{Z_A + Z_M} \right) \quad (3)$$

qui s'oppose à la fem appliquée e_1 .

L'impédance totale Z_{HP} qui y correspond est constituée de deux termes de natures totalement différentes :

$$Z_{HP} = Z_{e1} + \left(\frac{(Bl)^2}{Z_A + Z_M} \right) \quad (4)$$

Z_{e1} : impédance électrique bobine mobile $= R_b + jL_b\omega$

$\left(\frac{(Bl)^2}{Z_A + Z_M} \right)$: impédance due au

mouvement de l'équipage mobile dans le champ magnétique de l'entrefer.

La figure 29b illustre le diagramme vectoriel de fonctionnement d'un HP répondant à l'équation (2) et fonctionnant en régime inductif. Ce diagramme met clairement en évidence, à une fréquence donnée f , les trois termes constitutifs de l'impédance Z_{HP} . En fonctionnement normal, l'amplitude et la phase de ces trois termes varient continuellement. Le terme en $(Bl)^2 i_1$ peut être décomposé en ses deux composantes active RE et réactive IM (par rapport à e_1). Il atteint sa valeur maximum à la fréquence de résonance f_r à laquelle il est presque en phase avec la tension e_1 . Sa valeur est alors prédominante dans Z_{HP} . La figure 29c illustre ce phénomène.

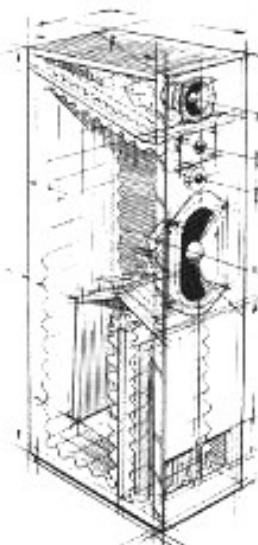
TDL ELECTRONICS

7 enceintes qui vont redéfinir le sens du mot «neutralité» entre 6 000 et 40 000 F la paire.

«Impressionnant, grandiose, et un peu effrayant...»

TEST DU MODELE 4
REVUE HI-FI WORLD

TDL MONITOR



«La meilleure enceinte à moins de 5 000 F»

Ken Kessler

TEST DU MODELE 0.5
REVUE HFN/RR

EUTERPE AUDIO

4, RUE THIERS 94130 NOGENT
DEMONSTRATIONS SUR R.V.
TÉL. : 48.76.34.74
FAX : 48.77.08.98

A suivre.

**Page non
disponible**

NOUVELLES TECHNOLOGIES

CLIO VERSION 3

Charles-Henry Delaleu

N

ous avons, lors de précédents numéros, présenté le système de mesure MLSSA. Aujourd'hui, nous décrivons un nouveau produit tout à fait révolutionnaire, le système CLIO version 3. En effet, bien qu'il fasse partie des systèmes les plus économiques, il est aussi l'un des plus complets. Les mesures effectuées par CLIO 3 sont exportables vers les logiciels de simulation que nous avons déjà décrits : LEAP et CALSOD.

Il existe de nos jours sur le marché plusieurs systèmes de mesures électroacoustiques assistés par ordinateur. Les plus connus sont MLSSA, LMS, SYSID, AUDIO PRECISION, etc. Chacun de ces systèmes fonctionne sur un type de signal privilégié. Ces signaux sont de type MLS pour MLSSA, Tone-Burst pour LMS, bruit rose et signaux carrés pour SYSID, sinus pour AUDIO PRECISION. Cette particularité a tendance à spécialiser chacun de ces systèmes.

Le système CLIO 3 peut travailler en sinus pur, en Tone Burst, en impulsions, en LMS, en bruit rose et en bruit blanc. En termes de générateur, c'est le système le plus complet sur le marché. Ses fonctions sont très nombreuses et ses possibilités variées.

Principales fonctions

- Analyseur de spectre
- Distorsiomètres (harmonique et Total harmoniques)

- Phasemètres électrique et acoustique

- Fonctions de transfert

- Courbes de réponse à partir de signaux LMS

- Réponses impulsionnelles

- Courbe énergie-temps

- Analyse tridimensionnelle amplitude-temps-fréquence

- Courbe de réponse en mode sinusoïdal

- Mesures en champ proche

- Mesure d'impédance

- Mesures et calculs automatiques du paramètre de haut-parleur

- Analyseur tiers d'octave temps réel

- Générateur de fonctions

- Oscilloscope

- Sonomètre

- Voltmètre

- Pont de mesure LC.

Les principales caractéristiques techniques sont :

Générateur :

- 2 voies, convertisseur 16 bits
- Bande passante : 1 Hz-22 kHz

- Précision : > 0,01 %
- Résolution : 0,01 Hz
- Impédance de sortie : 100 Ω
- Niveau de sortie maximum : 3,1 V RMS
- Distorsion (sinus) : 0,015 %

Analyseur :

- 2 voies, convertisseur 16 bits
- Niveau d'entrée : +30 à -42 dBV
- Impédance d'entrée : 64 k Ω
- Phantom : 8,2 V

Hardware :

- Une carte d'acquisition échantillonnage à 51,2 kHz
- Un microphone étalon de mesure
- Un préamplificateur de mesure en option.

Le générateur

Le générateur de CLIO 3 produit tous les types de signaux décrits précédemment. Il est configurable par menu à l'aide d'une souris. Ses principales fonctions sont reportées sur la figure 1. Bien entendu, CLIO

3 pourra se servir de générateurs extérieurs, mais ses fonctions sont déjà amplement suffisantes.

L'oscilloscope

Grâce à l'oscilloscope intégré au système, il sera possible de contrôler les signaux utilisés par CLIO 3. Cet oscilloscope possède les principales caractéristiques d'un oscilloscope numérique (voir fig. 2).

Le pont de mesure LC

Le pont de mesure LC compris dans CLIO 3 sera d'une grande utilité pour les concepteurs de filtres d'enceintes acoustiques. Il permet de mesurer la valeur d'un condensateur ou d'une inductance (self) de manière automatique. Il n'y a rien à régler ni à programmer (fig. 3).

L'analyseur de spectre

Un analyseur de spectre permet d'effectuer l'analyse des signaux reçus par le système. Il sera possible de connaître par exemple le dégradé harmonique d'un signal sinusoïdal (voir fig. 4), le taux de distorsion par harmonique. A cet analyseur est intégré un distorsiomètre Total harmoniques.

Système de mesure MLS

CLIO 3 peut travailler sur des signaux MLS. Pour simplifier le problème, un signal MLS est une sorte de bruit rose à partir duquel on calcule la réponse impulsionnelle d'un système mesuré. De cette réponse impulsionnelle, par analyse transformée de Fourier, on obtient la réponse amplitude-fréquence et la réponse en phase. Sur la figure 5 est représentée la réponse impulsionnelle d'une enceinte acoustique excitée par un signal de type MLS. Sur la figure 6, on observe la réponse amplitude-fréquence de cette enceinte calculée par analyse de Fourier. Par découpages temporels, il est possible d'obtenir la réponse

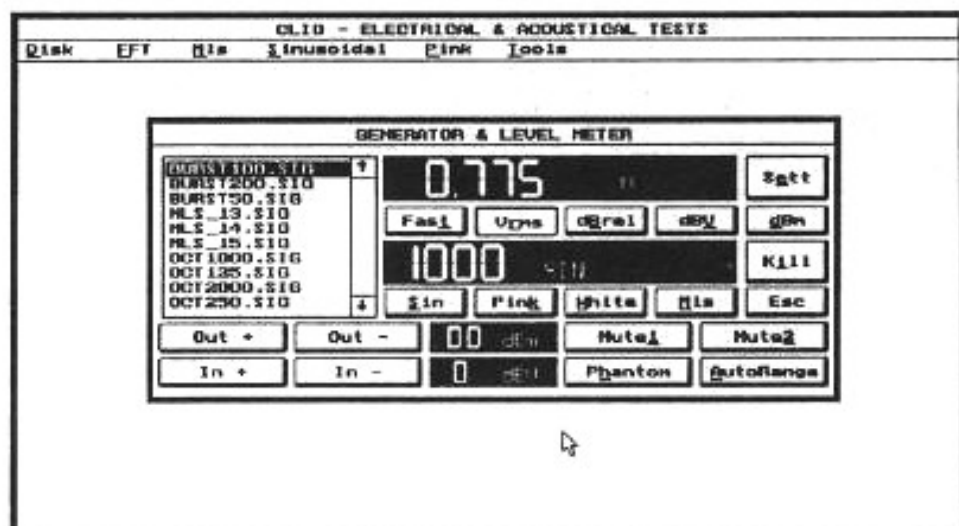


Fig. 1 : Le générateur intégré de CLIO 3. Il possède toutes sortes de signaux. Un voltmètre y est associé.

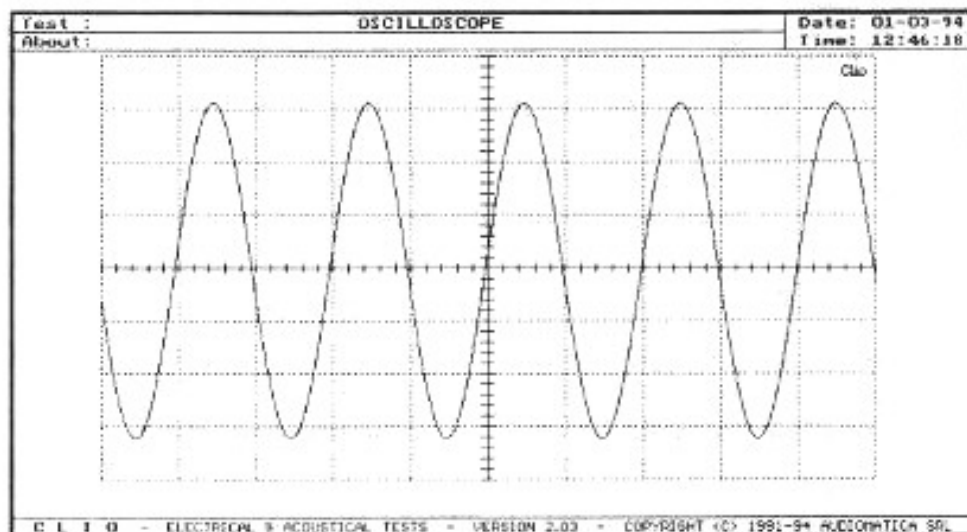


Fig. 2 : L'oscilloscope intégré à CLIO 3 permet de vérifier les manipulations effectuées par CLIO 3. Bien entendu, il peut être utilisé en tant qu'oscilloscope indépendant. Il est possible de régler les différentes fonctions généralement rencontrées sur ce type d'appareil.



Fig. 3 : Le pont de mesure LC est extrêmement précis et très facile à utiliser.

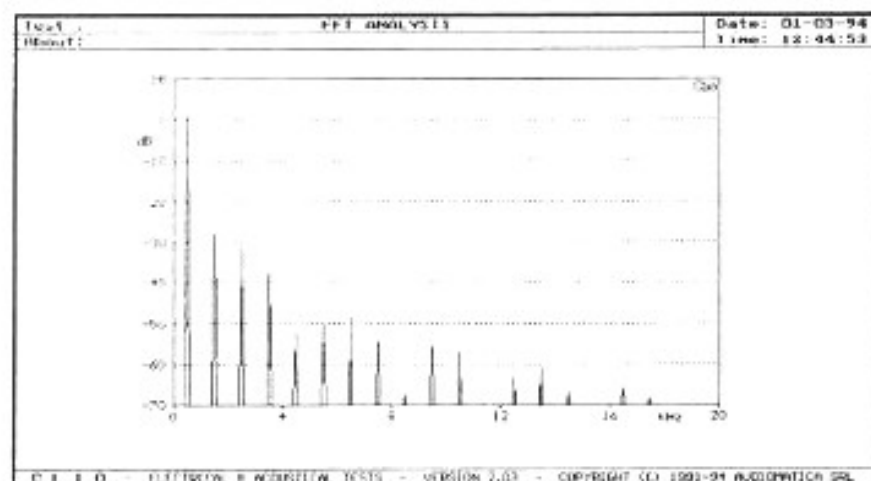


Fig. 4 : L'analyseur de spectre de CLIO 3. Nous avons ici un beau dégradé harmonique d'un signal sinusoïdal ayant un fort taux de distorsion, pour exemple.

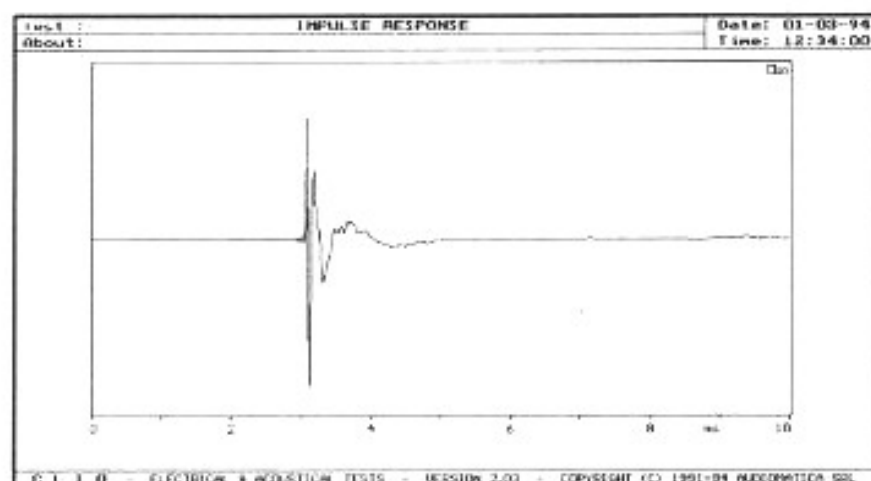


Fig. 5 : Réponse impulsionnelle calculée à partir de signaux MLS d'une enceinte acoustique.

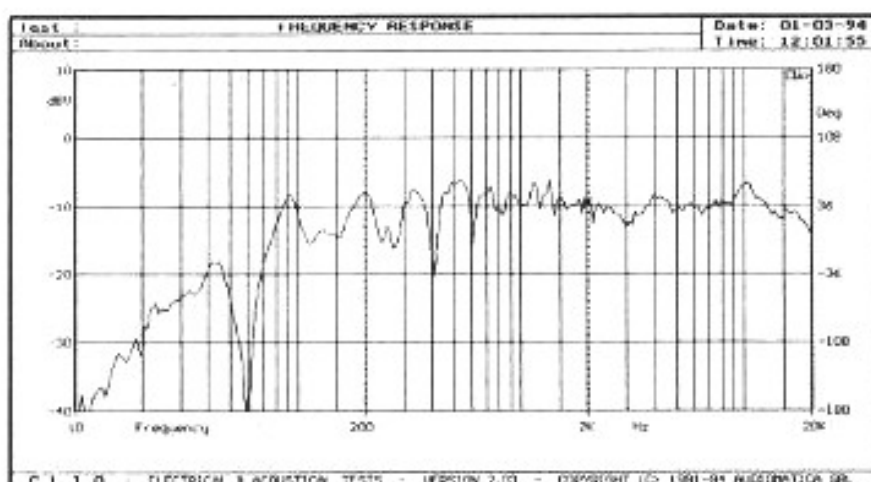


Fig. 6 : Courbe amplitude-fréquence d'une enceinte acoustique réalisée à partir de signaux MLS.

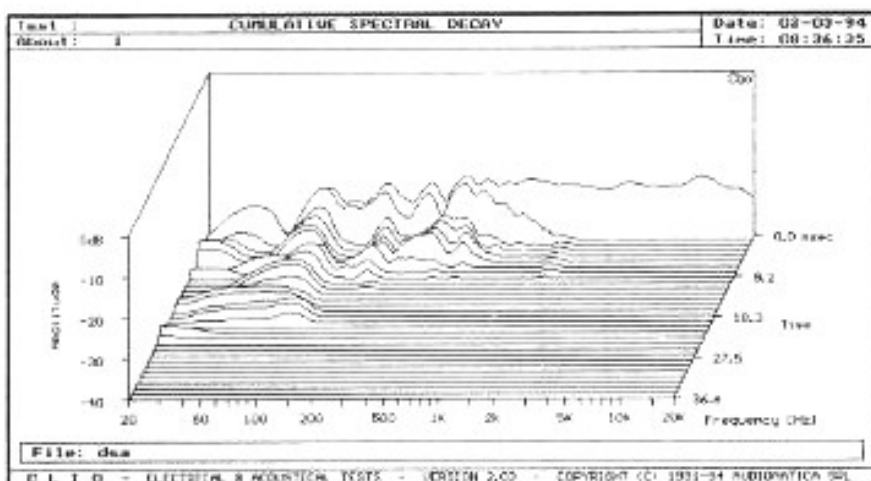


Fig. 7 : Courbes amplitude-temps-fréquence d'une enceinte acoustique.

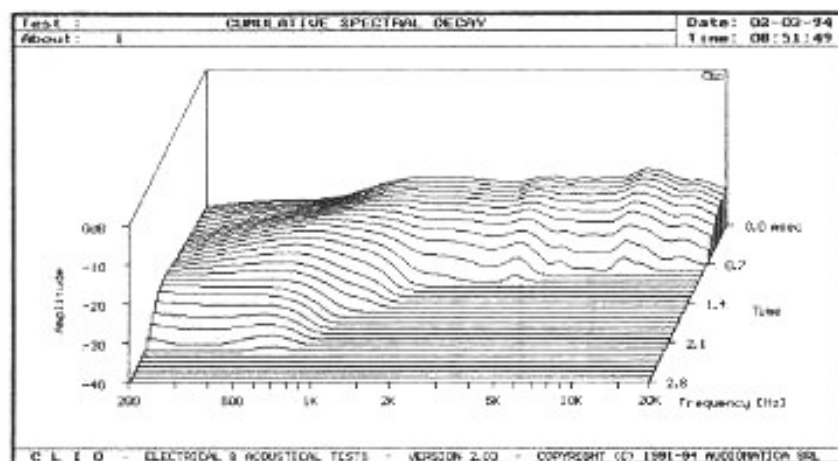


Fig. 8 : Zoom des courbes représentées en figure 7.

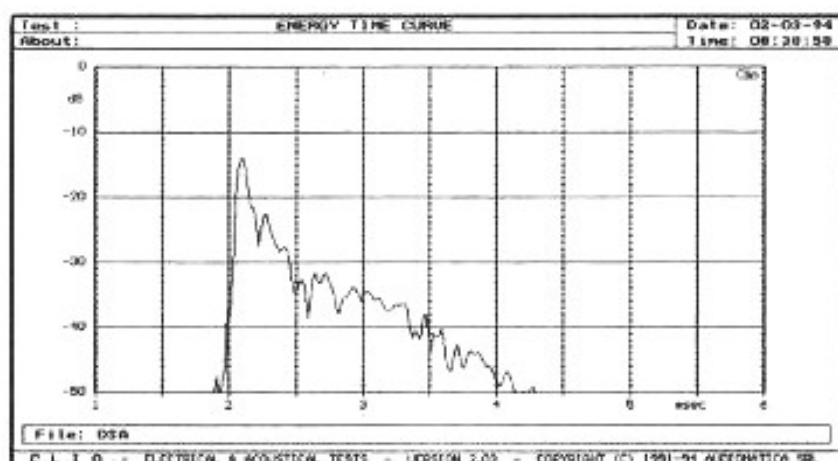


Fig. 9 : Courbe énergie-temps de l'enceinte mesurée en figure 6.

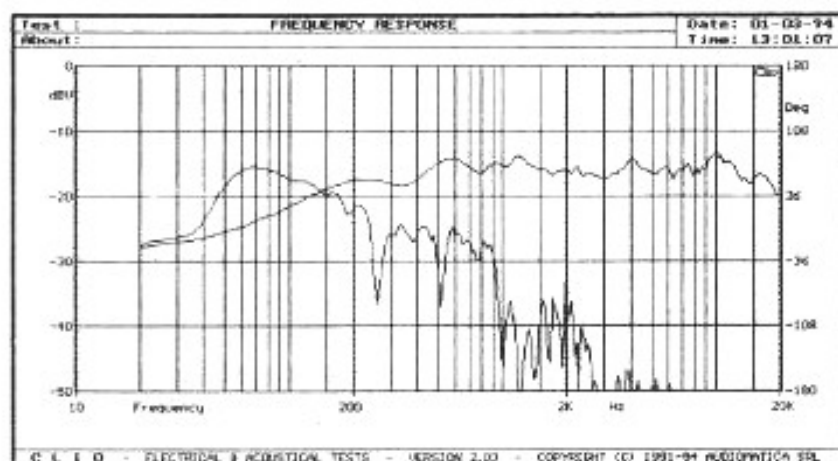


Fig. 10 : Courbes amplitude-fréquence d'une enceinte acoustique. La première courbe représente la réponse en pression du haut-parleur de grave, la seconde celle de l'enceinte acoustique mesurée dans une petite pièce.

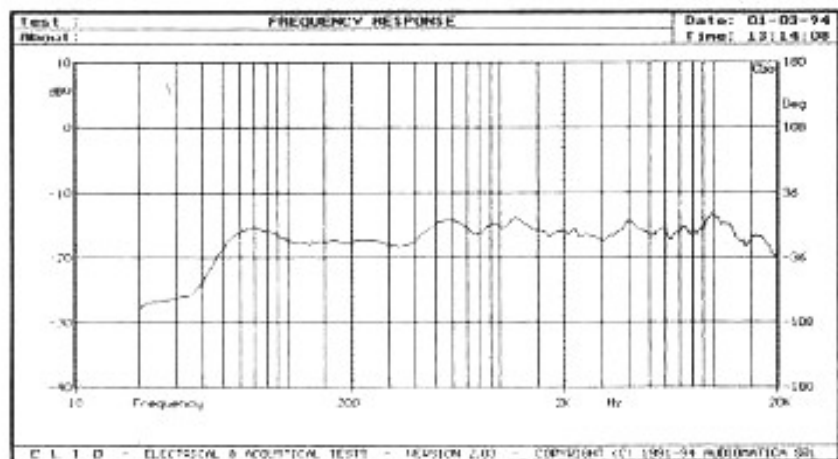


Fig. 11 : Courbe amplitude-fréquence simulée d'une enceinte acoustique réalisée à partir des courbes de la figure 10.

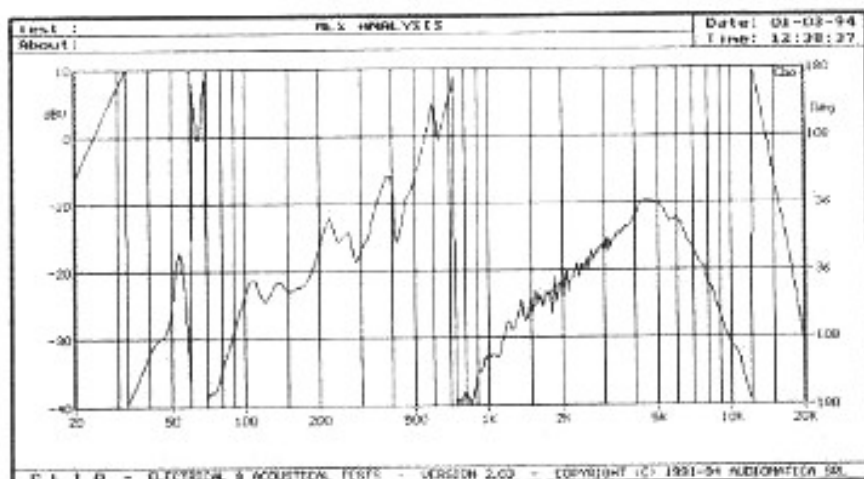


Fig. 12 : Courbe phase-fréquence d'une enceinte réalisée à partir de CLIO 3.

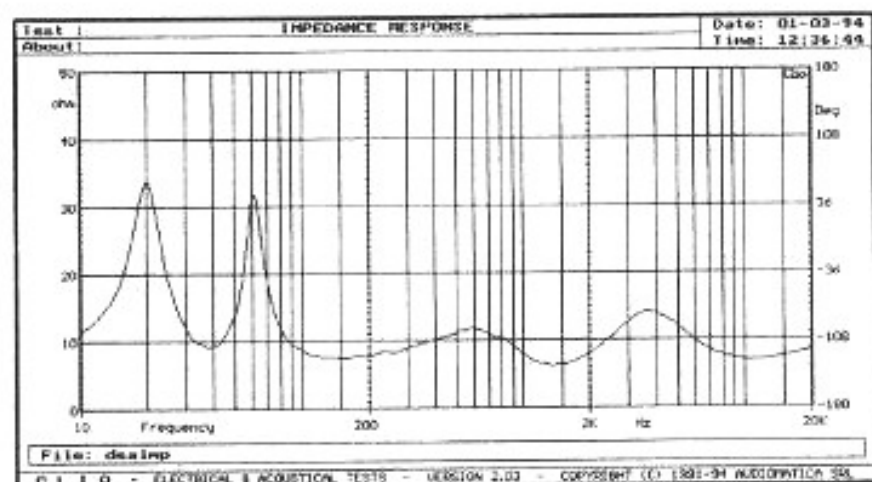


Fig. 13 : Courbe d'impédance d'une enceinte acoustique réalisée à partir de CLIO 3. Il convient de noter que cette mesure est réalisée de manière automatique. Il n'y a aucune calibration à effectuer.

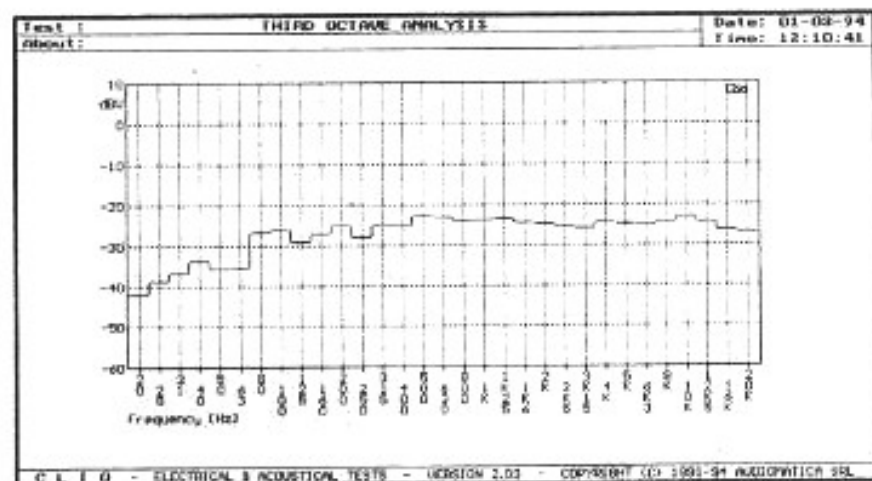


Fig. 14 : Courbe en tiers d'octave d'une enceinte acoustique excitée en bruit rose.

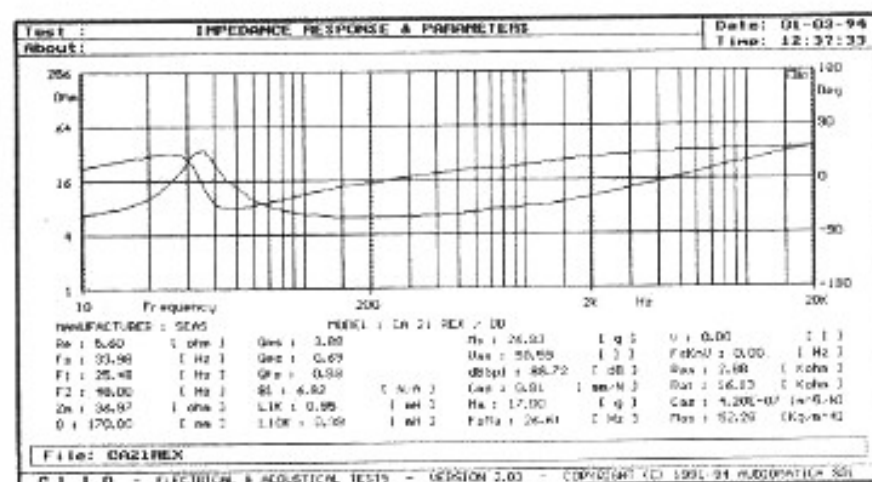


Fig. 15 : Paramètres électromécano-acoustiques d'un haut-parleur calculés par CLIO 3.

amplitude-temps-fréquence du système mesuré (voir fig. 7). Sur la figure 8, nous avons réalisé un zoom des courbes de la figure 7 afin d'analyser le comportement du système en haute fréquence. Le système MLS permet d'observer la réponse énergie-temps de l'enceinte (voir fig. 9).

Système de mesure en Tone Burst

Il est possible de mesurer les caractéristiques d'un circuit électrique ou électronique et d'une enceinte acoustique à partir de Tone Burst. Un Tone Burst est une salve d'un signal sinusoïdal. Sur la figure 10 sont représentées la courbe amplitude-fréquence d'une enceinte acoustique ainsi que la réponse en proximité du haut-parleur de grave équipant cette enceinte. Grâce aux fonctions intégrées au menu, il est possible d'effectuer des opérations sur les mesures faites. En figure 11, nous avons calculé l'addition des deux courbes représentées en figure 10. Ceci permet d'obtenir des résultats plus réalistes d'une enceinte acoustique. En d'autres termes, il est possible de mesurer une enceinte dans un milieu quelconque puis de simuler sa réponse dans une chambre sourde de grand volume. Comme en mode MLS, on peut obtenir la réponse en phase d'un

système (voir fig. 12).

Une des possibilités de cette fonction est la courbe d'impédance. Sur la figure 13, nous avons celle de l'enceinte mesurée.

Analyseur tiers d'octave

Un analyseur tiers d'octave est intégré au système CLIO 3. Cet analyseur peut être en temps réel si le calculateur utilisé est suffisamment rapide. Dans notre cas, nous avons testé CLIO 3 sur un PC équipé d'un microprocesseur 386+coprocésseur à 20 MHz. La vitesse de calcul est déjà très satisfaisante. Sur la figure 14, nous avons la réponse amplitude-fréquence de notre enceinte en tiers d'octave.

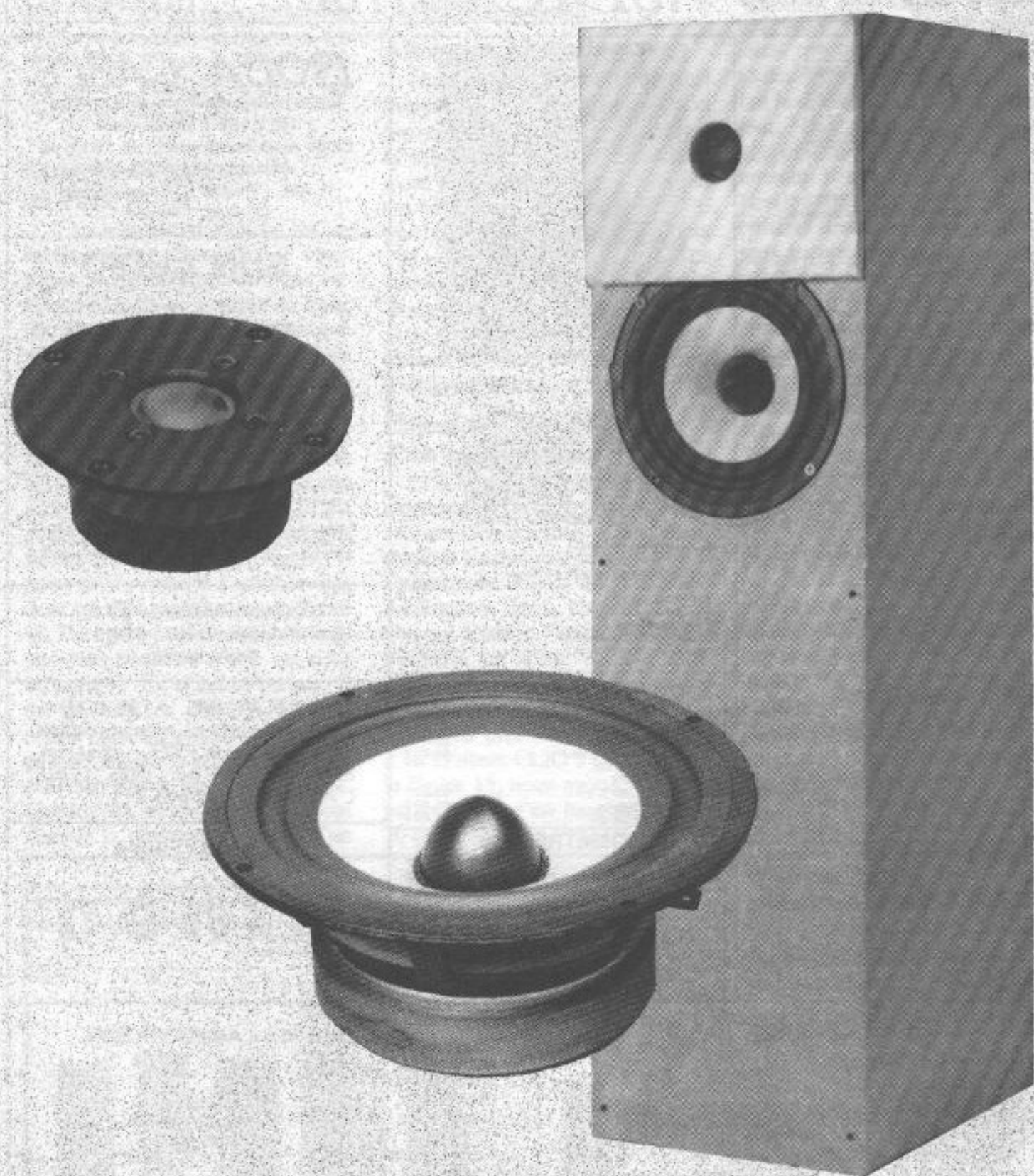
Calcul des paramètres d'un haut-parleur

CLIO 3 peut calculer de manière automatique les paramètres électromécano-acoustiques d'un haut-parleur. Ces paramètres sont aussi connus sous le nom de paramètres de Thiele & Small. Ils peuvent être obtenus à partir d'une masse additionnelle ou d'un volume clos. Cette fonction existe en option dans le système MLSSA. Son coût est à peu près équivalent à celui d'un système CLIO 3 complet. Sur la figure 15, nous avons réalisé le paramétrage d'un haut-parleur de 20 cm.

Conclusion

Nous avons travaillé plusieurs jours avec CLIO 3. Nous avons beaucoup apprécié que le système soit aussi simple d'utilisation et aussi complet. Il permet de faire toutes sortes de mesures, ce qui en fait le système le plus complet à ce jour. Nous avons vérifié les résultats obtenus à l'aide de bancs de mesure Bruël & Kjaer ainsi et Hewlett-Packard. Les résultats obtenus sont tout à fait probants et sans aucune comparaison en ce qui concerne le coût. Comme pour tout système informatisé, il sera possible de gérer tous les fichiers de mesure. Ces fichiers peuvent être enregistrés en format interne ou en format ASCII, dès lors ils pourront être travaillés sur des programmes de style Word ou Excel, et bien sûr ils sont exportables vers des logiciels de simulation comme LEAP et CALSOD. Ce système tourne sur PC et compatibles PC et ne pose pas de problèmes majeurs d'implantation. La documentation fournie est claire et abondante. Elle explique, bien entendu, le fonctionnement du système et donne de nombreux exemples d'utilisation. Son seul défaut est d'être imprimée en anglais. Ce système est désormais distribué en France par la Sté S.I.E.A. à Paris, tél. (16-1) 40.38.10.29.

**Page non
disponible**



- Réalisation personnelle -

Kit S217

Charles-Henry Delaleu



près le kit DSA décrit dans ces colonnes, nous abordons aujourd'hui la réalisation d'une petite enceinte deux voies en forme de colonne. Cette réalisation a été conçue à partir des progiciels LEAP et CALSOD. La mise au point a été vérifiée par le tout nouveau système CLIO chroniqué dans ce numéro.

Le kit DSA nous a permis de valider les différents articles sur MLSSA, CALSOD et LEAP. Il s'agit d'un kit haut de gamme parfaitement abouti. Malheureusement, il est dans une tranche de budget supérieure à la moyenne des kits généralement réalisés. Afin de conclure cette série d'articles, nous vous avons annoncé la fabrication d'un modèle plus économique. Il s'agit du kit S217.

Ce'est une enceinte bass-reflex deux voies de type colonne filtrée à 12 dB/octave. Nous avons choisi deux nouveaux haut-parleurs de la gamme S.E.A.S. : le tweeter est le 25TFFC, le boomer le G17REX/P.

Le 25TFFC

Le 25TFFC est un tweeter à dôme souple qui possède un sala-

dier en fibres de verre chargées. Sa membrane en tissu a la particularité d'être traitée sur sa face interne et non externe comme la majorité des tweeters à dôme souple, ce qui a l'avantage de fournir un bien meilleur amortissement. Le moteur magnétique architecturé autour d'une ferrite de 72 mm de diamètre est équipé d'un résonateur acoustique. Le noyau ouvert débouche sur une cavité qui a pour but de charger acoustiquement l'équipage mobile. Cette technologie est d'habitude réservée à des transducteurs beaucoup plus onéreux. L'énorme avantage de ce principe consiste à autoriser des pressions acoustiques maximums bien supérieures à celles de la technologie standard. Dans la majorité des tweeters à dôme souple, la charge acoustique

de la membrane est réalisée à partir d'un petit tampon de feutre collé sur le noyau. Dans ces conditions, le volume d'air compris entre la membrane et le noyau est ridicule. Ceci apporte une compression très importante de l'air ambiant, le haut-parleur ne peut donc travailler de manière optimum. Dans le cas d'un tweeter avec résonateur, le volume de charge est sans comparaison avec celui d'un tweeter standard, dès lors l'équipage mobile "respire". Il faut savoir que la majorité des tweeters à dôme souple satureront très vite en pression. La technologie actuelle permet d'obtenir des puissances admissibles de plus en plus importantes mais, passé le cap d'une dizaine de watts électriques, peu de tweeters sont capables de suivre en pression

acoustique. Il y a une compression notable passée cette puissance. Si le haut-parleur peut sans problème encaisser des puissances supérieures, sa pression acoustique émise n'augmente plus. Avec la technologie d'un noyau ouvert débouchant sur une charge acoustique appropriée, les pressions acoustiques émises sont beaucoup plus importantes en fortes puissances. Dans les meilleures réalisations elles sont multipliées par une valeur allant de 3 à 10 fois.

Caractéristiques du 25TFFC :

- Tweeter à dôme souple de 26 mm
- Efficacité : 92 dB/1 W/1 m
- Aimant : ferrite de 72 mm de diamètre
- Fréquence de résonance : 1 200 Hz
- Bande passante : 2 000-25 000 Hz
- Puissance : 80 W

Le G17REX/P

Le G17REX/P est un haut-parleur de grave équipé d'une membrane en fibres de verre. Le saladier est en magnésium injecté. Le diamètre de la bobine mobile est de 39 mm. Le noyau est équipé d'une ogive autorisant une dispersion hors de l'axe mieux contrôlée. Les membranes en fibres de verre autorisent la réalisation d'équipages mobiles ayant une faible masse. En raison des paramètres électro-mécano-acoustiques de ce transducteur, nous avons choisi de l'utiliser dans une charge de type bass-reflex.

Caractéristiques du G17REX/P :

- Membrane : fibres de verre
- Fréquence de résonance : 33 Hz
- Q_{TS} : 0,25
- V_{AS} : 27,5 l
- Sensibilité : 89 dB/1 W/1 m
- Bande passante : 38-3 000 Hz
- Puissance : 100 W

- Aimant : ferrite de 110 mm
- Bobine : 39 mm de diamètre

Le filtre

Le filtre de l'enceinte S217 est composé de deux cellules à 12 dB/octave. Le niveau acoustique du

tweeter est légèrement atténué par une résistance câblée en série sur ce dernier. Afin de réaliser un filtre de qualité, nous conseillons d'employer des selfs à air, ainsi que des condensateurs de type polypropylène ou polyester de qualité. Il y a

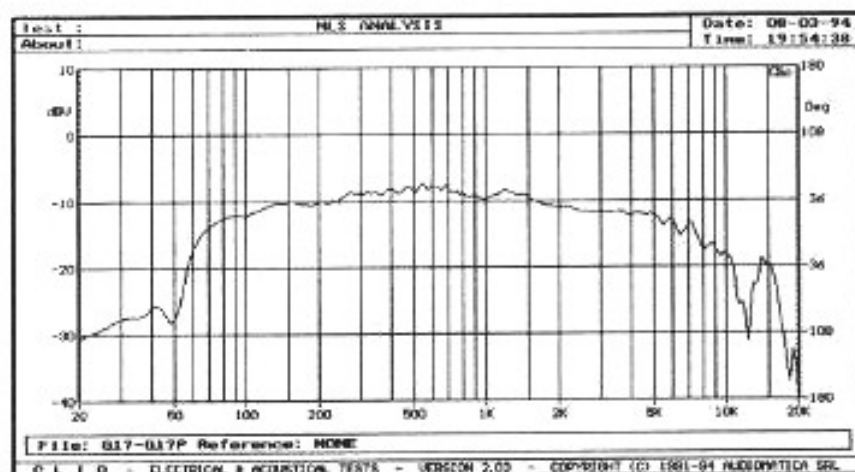


Fig. 1a : Courbe amplitude-fréquence du G17REX/P.

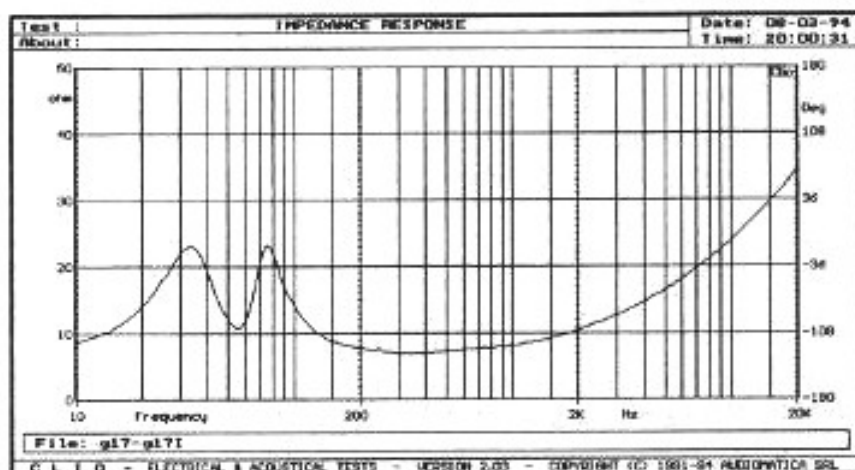


Fig. 1b : Courbe d'impédance du G17REX/P.

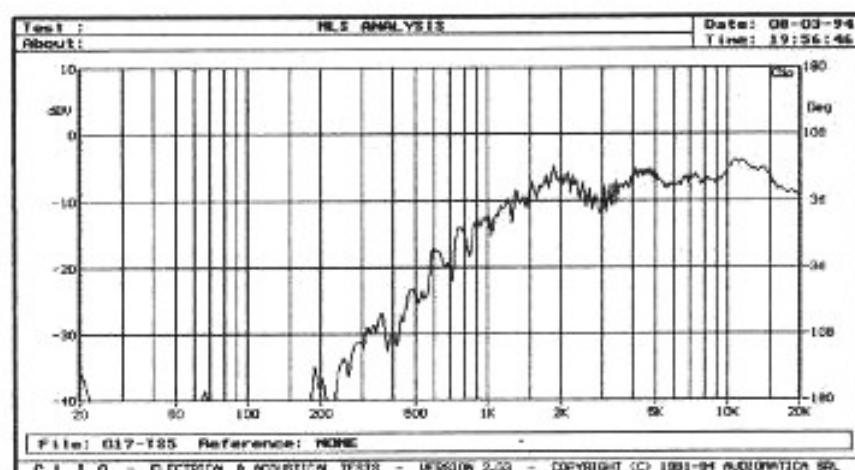


Fig. 2 : Courbe amplitude-fréquence du 25TFFC sans feutre.

peu de composants dans ce filtre, ceci permet un montage en l'air des composants. Ce principe donne toujours une meilleure qualité qu'un montage à partir d'un circuit imprimé.

L'enceinte

Comme nous l'avons dit, l'enceinte est de type colonne, sa forme est extrêmement simple ; elle ne posera donc aucun problème pour sa réalisation. Nous vous rappelons qu'une enceinte doit être rigide pour obtenir un grave ferme et précis ; elle doit être neutre mécaniquement afin de ne pas colorer la zone médium. Elle sera réalisée à partir de médium (Médite ou MDF) d'une épaisseur suffisante (voir plan). Les façades internes pourront éventuellement être doublées par des feuilles de bitume collées à la colle Néoprène. Dans ce cas, il convient de ne pas monter les haut-parleurs tout de suite et d'attendre quelques heures que les vapeurs dégagées par la colle soient dissipées. Il arrive dans certains cas qu'un dégagement trop rapide des solvants contenus dans la colle attaque les suspensions ou la membrane du haut-parleur.

L'amortissement acoustique sera réalisé de manière tout à fait classique à l'aide de laine de verre de densité moyenne d'une épaisseur d'environ 5 cm sur toutes les parois sauf la façade avant. En effet, il est préférable de laisser le haut-parleur de grave bien "respirer". La quantité de laine de verre à mettre dans une enceinte acoustique est toujours délicate. Un manque d'amortissement se manifeste par un grave lourd et non amorti. Un excès provoque un manque de grave ainsi qu'une limitation de la dynamique. Tout ici est affaire de compromis.

La mise au point

La mise au point de notre enceinte s'est faite grâce au système de mesure CLIO 3 et du système de simulation LEAP. Sur la figure 1,

nous avons la courbe de réponse amplitude-fréquence du G17REX/P monté dans l'enceinte acoustique. Sur la figure 2, nous avons la même mesure en ce qui concerne le 25TFFC. Il faut noter que nous obtenons une bosse à 2 kHz suivi

d'un creux à 3 kHz. Dans un premier temps, nous avons essayé de corriger ces accidents grâce au filtre répartiteur de fréquence. Après quelques réflexions, nous avons pensé qu'il était plus judicieux de corriger ces défauts par un

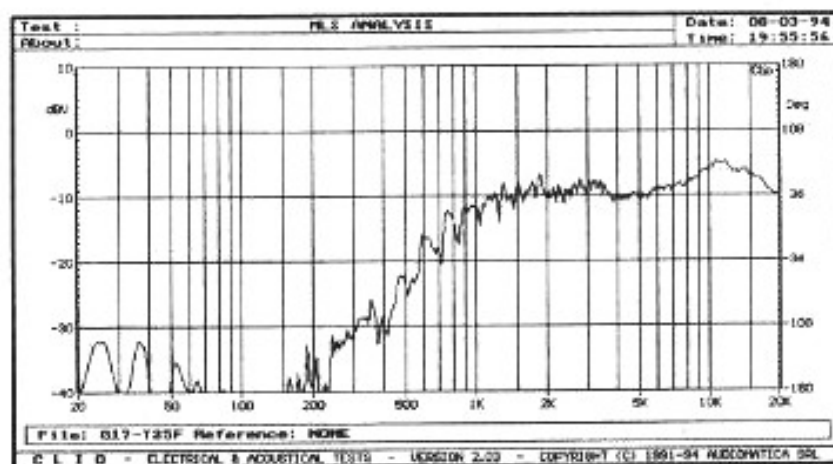


Fig. 3a : Courbe amplitude-fréquence du 25TFFC avec feutre.

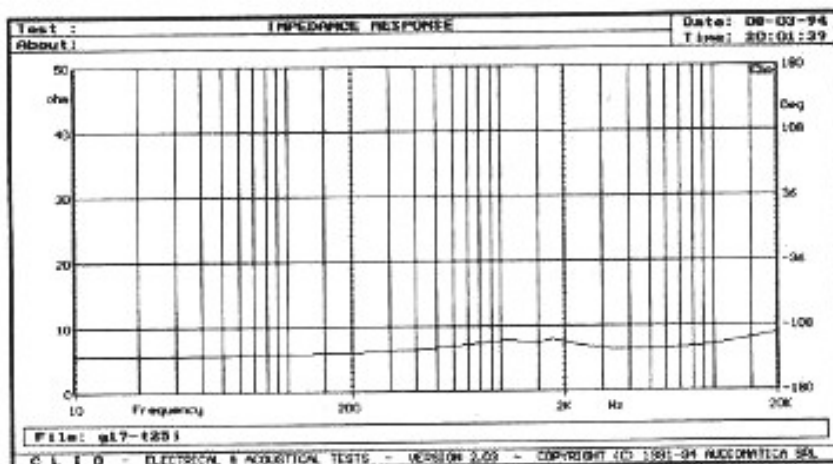


Fig. 3b : Courbe d'impédance du 25TFFC.

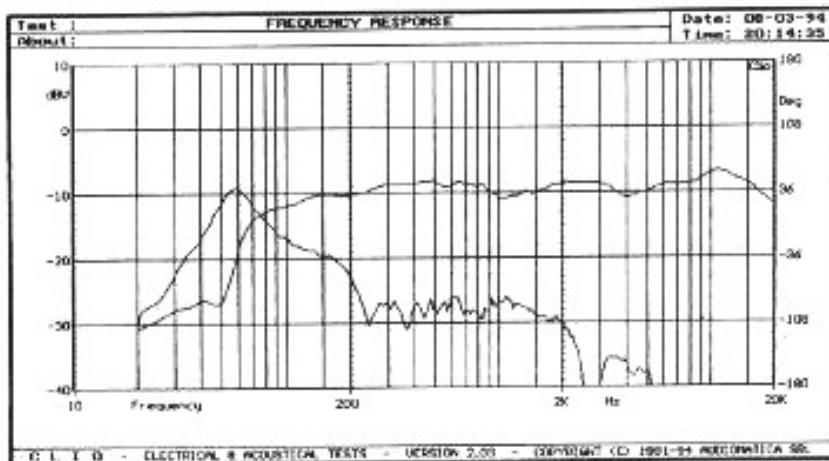


Fig. 4 : a) Courbe amplitude-fréquence de notre enceinte finie mesurée par CLIO 3. En b) courbe de l'évent mesuré en pression.

bafflage mieux approprié du haut-parleur. Après avoir collé une feuille de feutre sur l'environnement proche du tweeter, nous obtenons la courbe de réponse présentée en figure 3. Nos deux anomalies ont complètement disparu.

Sur la figure 4, nous avons la courbe amplitude-fréquence de notre enceinte une fois finie. En a) la courbe à 1 m ; en b) l'évent en proximité. Notre enceinte possède une réponse en fréquence allant de 45 Hz à 20 kHz dans un couloir de 2 dB.

En figure 5 est représentée la courbe phase-fréquence de notre enceinte. Cette courbe est particulièrement éloquent. Comme l'amplitude-fréquence, la phase-fréquence est très linéaire.

Sur la figure 6, on peut voir la réponse en énergie-temps de notre kit. Il convient de noter une montée sans accident et une décroissance sans redondance, signes d'une réponse homogène.

Sur la figure 7, on observe la réponse en amplitude-fréquence-temps. Cette mesure, pour plus de précision, est zoomée sur une fenêtre de 4,8 ms. Il n'y a aucun accident.

Sur la figure 8, nous avons la simulation de la courbe amplitude-fréquence effectuée par le progiciel LEAP. Elle est conforme aux mesures effectuées par le système de mesure CLIO 3.

Pour vérification, nous avons en figure 9 la mesure effectuée en chambre sourde par un banc Brüel & Kjaer. Nous observons une concordance des résultats obtenus entre les systèmes CLIO 3 et B & K ainsi que la simulation effectuée sur LEAP.

La réalisation

La réalisation de notre coffret est assez simple. La forme de l'enceinte, de type parallélépipédique, ne posera aucune difficulté à l'assemblage des différentes parois. Le

bois utilisé est du médium de 22 mm d'épaisseur, le plus simple étant de l'acheter déjà découpé chez son détaillant. Les embrèvements (découpes des haut-parleurs) seront effectués grâce à une défonceuse. Ce genre d'appareil peut être

loué chez certains spécialistes du bricolage. Les personnes n'ayant pas l'expérience de ce genre d'appareil pourront réaliser les embrèvements en utilisant deux planches ayant chacune les découpes adéquates. Il est souhaitable d'ajouter

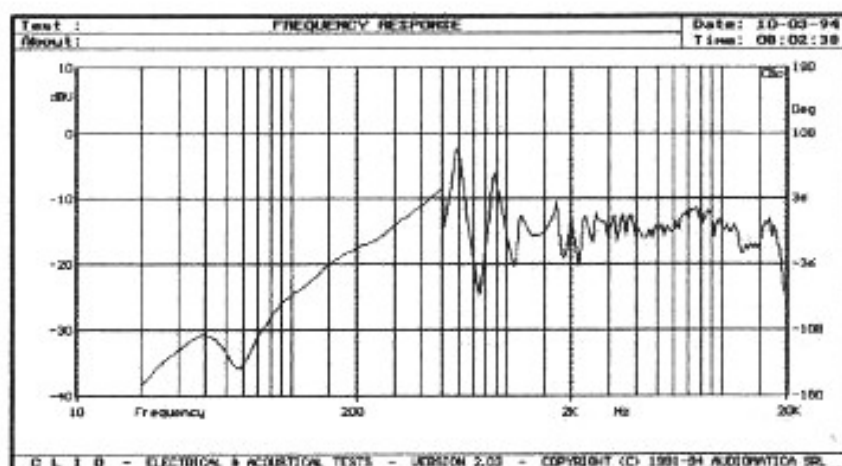


Fig. 5 : Courbe de phase du kit S217. La phase est très homogène.

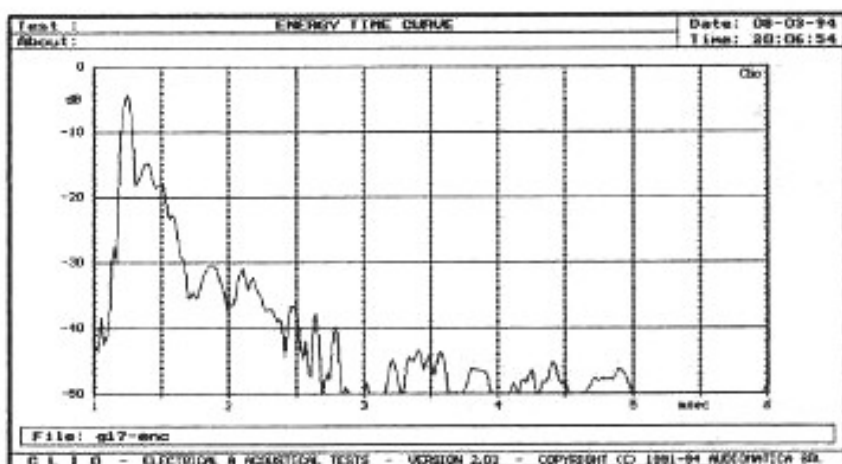


Fig. 6 : Courbe énergie-temps du kit S217. Les caractéristiques sont excellentes.

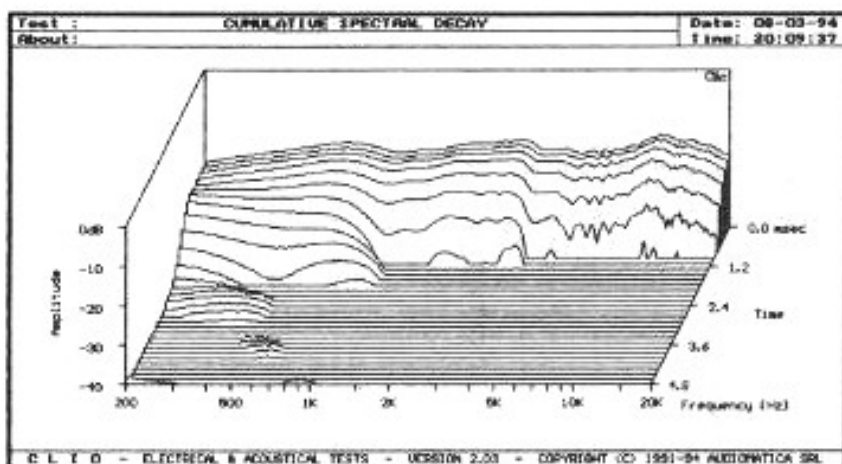


Fig. 7 : Courbes amplitude-temps-fréquence du kit S217. Cette mesure est zoomée pour plus de précision. La réponse est exceptionnelle.

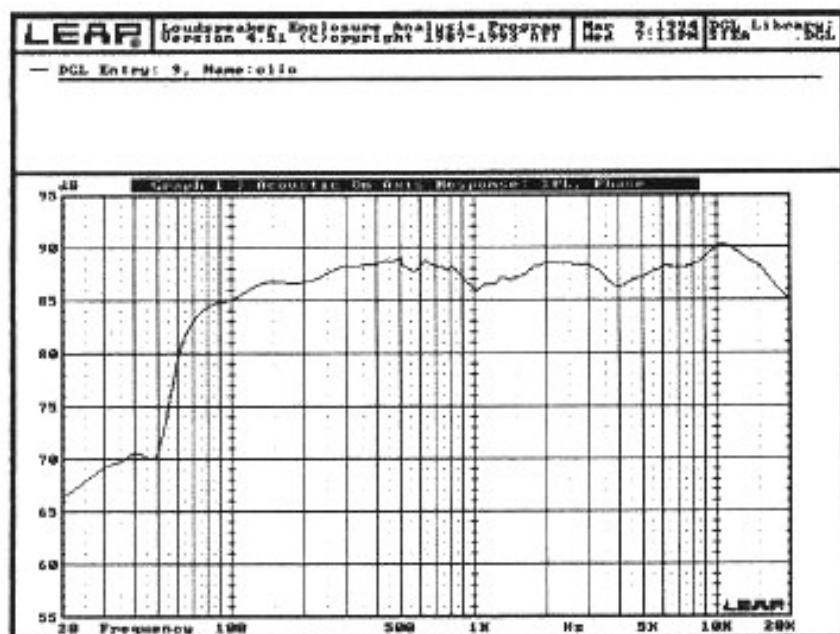


Fig. 8 : Simulation sur LEAP de notre kit S217. Noter la similitude avec les courbes mesurées par CLIO 2 (fig. 4) et par le banc Bruël & Kjaer (fig. 9).

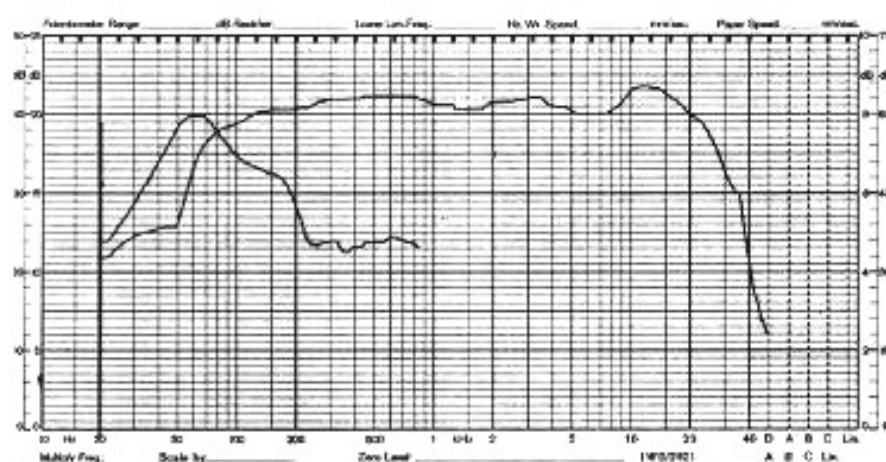


Fig. 9 : Courbes amplitude-fréquence du kit S217 mesuré par un banc Bruël & Kjaer en chambre sourde. Noter la similitude avec la simulation sur LEAP. L'enceinte est mesurée à 1 m, l'évent en proximité. La courbe tient dans 2 dB, ce qui est remarquable. La petite bosse à 12 kHz permet d'obtenir une courbe droite à 15° hors de l'axe. De ce fait, l'écoute domestique sera très linéaire.

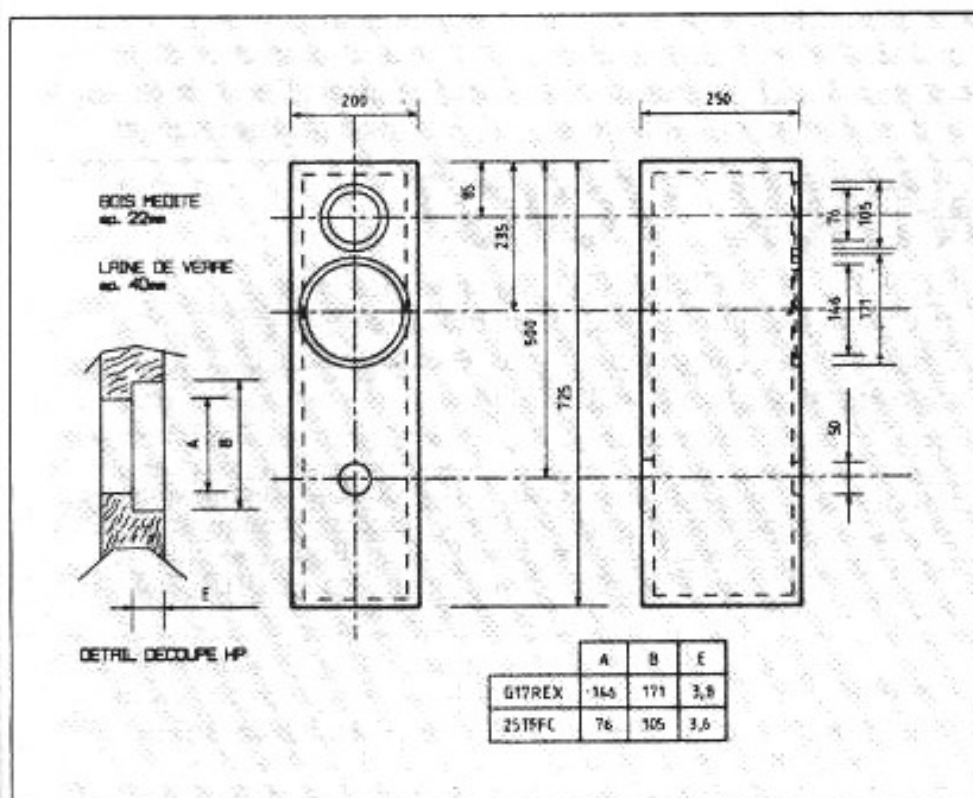


Fig. 10 : Plan du kit S217. Noter qu'il faut prévoir une feuille de feutre dont les cotes sont précisées en fig. 11.

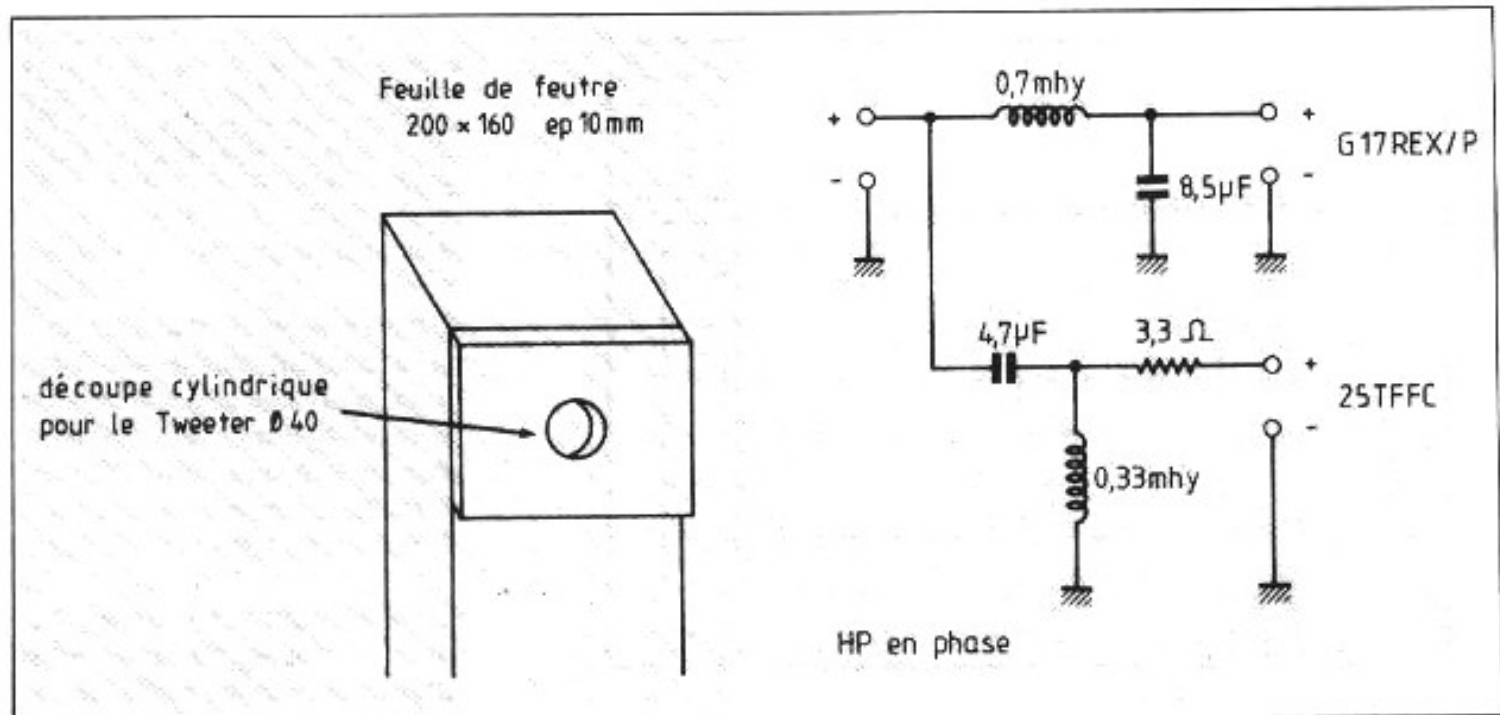


Fig. 11 : Détail de découpe du feutre à placer sur la façade avant autour du tweeter.

Fig. 12 : Schéma du filtre répartiteur de fréquence.

deux tasseaux qui seront placés au centre de l'enceinte. Ces tasseaux mettront en tension la face avant par rapport à la face arrière et les deux côtés latéraux. Il est possible, afin d'amortir les vibrations des coffrets, de plaquer les faces internes avec des feuilles de bitume de 5 mm d'épaisseur. Sur la figure 10, on peut voir les plans de notre enceinte S217.

Le câblage

Le schéma du filtre est précisé en figure 12. On veillera à la qua-

lité des composants choisis. Il est fortement conseillé d'utiliser pour le câblage interne un câble haute-définition.

Conclusion

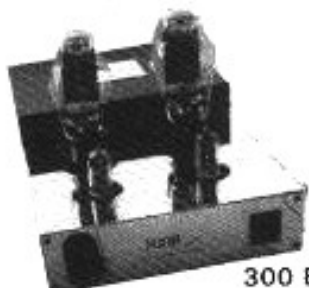
Nous voici arrivés au terme de cette réalisation et de nos études sur les différents systèmes d'aide à la réalisation d'enceintes acoustiques. Les programmes de style CALSOD et LEAP sont de précieuses aides à la conception. Ils permettent de diviser en moyenne

par 5 le temps d'étude d'une réalisation.

L'utilisation de notre kit S217 ne posera aucun problème. Grâce à son rendement ainsi qu'à son impédance homogène, il pourra être aussi bien utilisé avec des petits amplificateurs intégrés ou de grosses électroniques. Le son délivré est clair et dynamique, l'image stéréophonique bien localisée. Grâce aux paramètres du haut-parleur de grave, l'énergie émise dans le grave est plus que satisfaisant.

LOWTHER VOIGT

Les nouvelles enceintes "DELPHIC" et "BEL CANTO" équipées des fameux haut-parleurs PM2C Hi-Ferric sont exceptionnelles. Alimentées par l'ampli AUDION 300B push-pull, l'écoute vous surprendra : vous écoutez enfin la vraie musique : dynamique, transparence, la vérité des timbres.



300 B : 28 500 F

300 B push-pull par AUDION (Angleterre), vous comprendrez pourquoi Chris Beeching termine son banc d'essai en disant dans *Valve et Vinyl* d'avril 93 : "J'étais effrayé de devoir rendre les AUDION 300 B" (28 500 F/paire).

MAGAVOX FRANCE : 34, RUE DE PENTHIEVRE - 75008 PARIS - TÉL. : 45.63.44.10

MAGAVOX PROPOSE ÉGALEMENT

LA RÉPARATION OU LE REMPLACEMENT DES MEMBRANES POUR TOUS LES HAUT-PARLEURS LOWTHER VOIGT

**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**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**

**Page non
disponible**



DÉMONSTRATION

KIRON 94

Jean Hiraga



Chaque année les festivités de mars attirent des dizaines de milliers de visiteurs français et étrangers à l'affût des dernières nouveautés du domaine audio et vidéo. Cette année, la Maison de L'Audiophile et la société Lectron ont su faire face à la foule des passionnés en organisant du 4 au 7 mars derniers une manifestation baptisée "KIRON 94". En 1993, ces séries de démonstrations alternées de leurs différents produits avaient attiré quelques 1 500 passionnés inconditionnels de l'audio. Cette année, "Kiron 94" a battu son record précédent avec plus de 2 600 visiteurs.

En mars 1987, L'Espace Kiron, situé à deux pas de La Maison de L'Audiophile avait déjà battu des records d'affluence lors de la présentation d'un système d'enceintes incluant des éléments très anciens tels que le célèbre pavillon américain Western Electric 15A, dont la première présentation sous cette forme remonte à juin 1985. Si certains habitués ont fort bien compris cette démarche consistant à associer des transducteurs performants sans se soucier ni de leur époque ni de leur taille, d'autres visiteurs n'ont pas manqué d'être surpris, soit par les dimensions imposantes du système, soit par l'association de

chambres de compression aussi anciennes que la WE 555W (1928) avec d'autres beaucoup plus récentes comme la TAD 2001.

Le progrès ne peut réduire la longueur d'onde

Il semble bon de reprendre à ce titre une citation du chercheur japonais célèbre, M. Naota Iwata, grand spécialiste des haut-parleurs à pavillons: "Le progrès ne peut réduire la longueur d'onde". Cette loi immuable liée à la physique et à l'acoustique reste, pour des questions d'encombrement, très diffi-

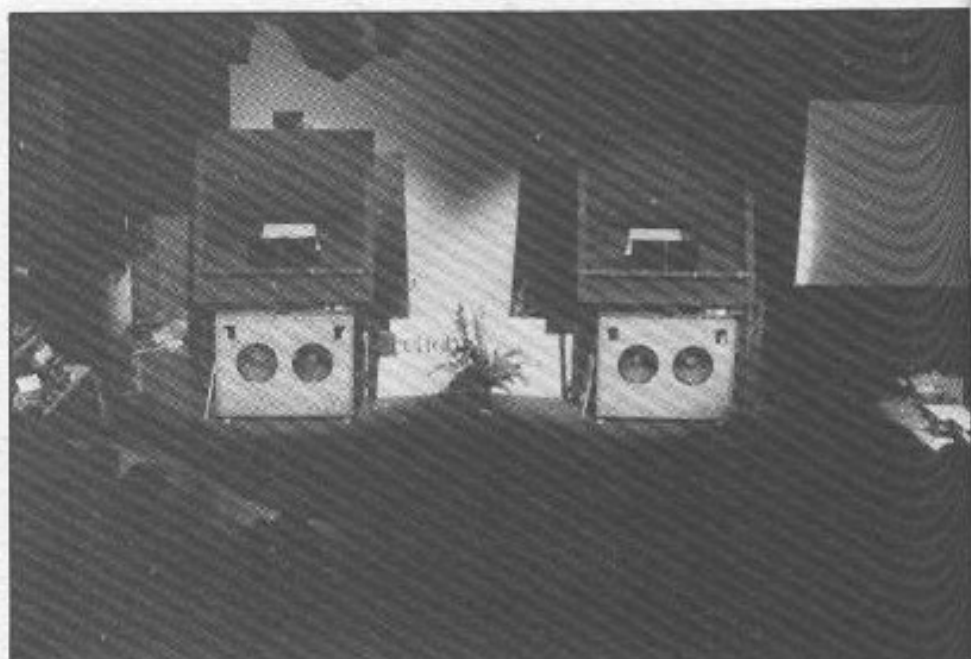
cile, voire impossible à appliquer sur les matériels audio traditionnels. Les exceptions sont de plus en plus rares.

La fréquence du son audible le plus grave se situe aux environs de 16 Hz. A température ambiante, sous un degré d'hygrométrie courant, la longueur d'onde de cette fréquence est voisine de 21,4 m. Des calculs, des abaques nous montrent qu'il est impossible, même en faisant le meilleur usage des corrections audionumériques les plus perfectionnées, de faire totalement abstraction des lois relatives à l'émission acoustique basées sur la surface équivalente et sur

l'amplitude de déplacement de structures vibrantes. Des paramètres inviolables régissent sur l'émission acoustique de structures vibrantes montées en charge close. Ils démontrent que l'émission sonore non atténuée d'une fréquence aussi basse que 16 Hz nécessite un coffret dont la profondeur doit être égale ou supérieure au 1/8ème de la longueur d'onde reproduite, ce qui correspondrait théoriquement à quelques 2,70 m! Soit une profondeur 10 à 20 fois supérieure à celle des enceintes traditionnelles!

Le principe de l'émission sonore reposant sur le rayonnement acoustique d'une surface vibrante équivalente, il est impossible de prétendre être en mesure de pouvoir produire un niveau sonore élevé, comme 105 dB à 1 m, à une fréquence aussi basse que 40 Hz par exemple, en prenant pour prétexte de disposer d'un haut-parleur à "haut rendement" dont le diamètre de la surface active ne dépasse guère 16 cm (haut-parleur de 20 cm environ). A ce titre, il semble important de se remettre en mémoire le fait qu'à niveau sonore égal, à distance égale et à surface active égale en rayonnement direct, l'amplitude de déplacement d'un haut-parleur électrodynamique à haut rendement est rigoureusement la même que celle d'un haut-parleur dont le rendement est plus faible. La différence se situe en réalité au niveau de la puissance admise aux bornes de ces haut-parleurs car il est par contre exact de dire qu'à puissance électrique égale admise aux bornes de ces haut-parleurs, le modèle à haut rendement produira dans les mêmes conditions un niveau sonore plus élevé, se traduisant forcément par une amplitude de déplacement plus élevée de sa surface active.

En pratique, si l'on applique aux principes énoncés ci-dessus celui des haut-parleurs électrodynamiques, on se trouve contraint de prendre impérativement en compte



1. Vue d'ensemble du système incluant les pavillons Western Electric WE 15A.

la notion d'amplitude de déplacement linéaire maximum autorisé par la surface active. Elle se limite en général à 3 ou 4 mm pour un haut-parleur de 21 cm. Ainsi, dès que l'on cherche à atteindre la perfection dans les registres de grave et de sous-grave, on parvient très vite à des surfaces vibrantes, à des charges "démesurées", bien que "normales" du point de vue acoustique.

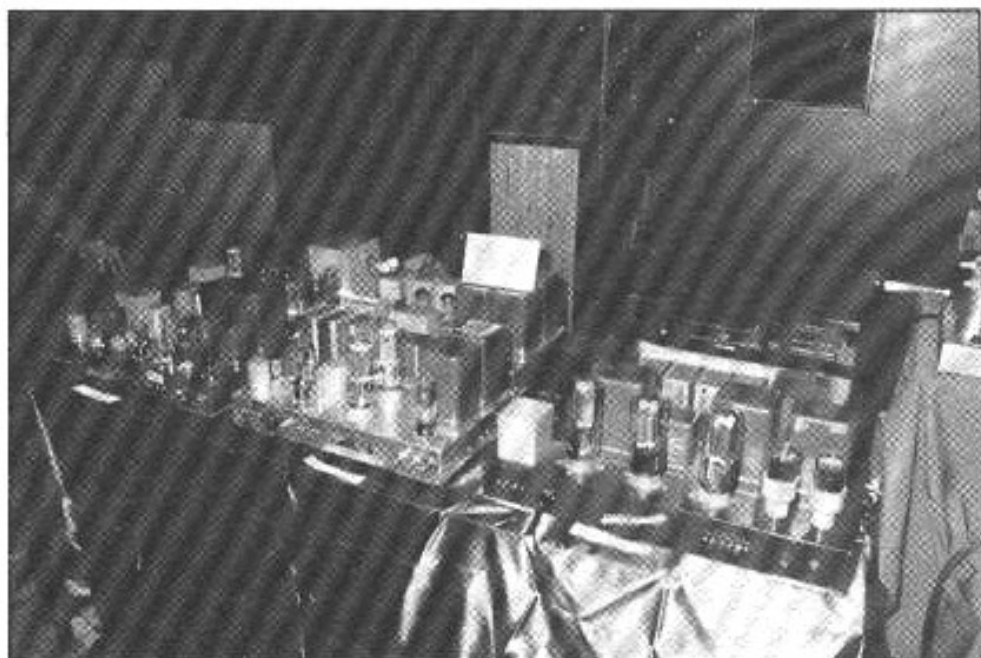
Dans les ouvrages traitant des techniques de l'audio, on ne fait que rarement état de la longueur d'onde des fréquences graves que l'on souhaite reproduire. En 1960, les haut-parleurs de diamètre 16 à 20 cm étaient destinés à la reproduction des fréquences médium. A ce sujet, une règle en matière d'émission acoustique exige que le diamètre minimal de la surface active soit au moins égal à la demi-longueur d'onde de la fréquence la plus basse que l'on souhaite reproduire, ceci pour des questions impératives de distorsion. Autrefois, à une époque où l'on ne se préoccupait pas autant qu'aujourd'hui de l'encombrement et du coût de revient, ces conditions étaient assez bien respectées et 20 cm correspondait

au diamètre d'un haut-parleur de médium dont la limite d'utilisation inférieure se situait vers 850 Hz. De nos jours, grâce à la "haute compliance" associée au faible rendement, aux charges de faible volume associées aux surfaces vibrantes petites, mais de masse plus élevée, il n'est plus rare de constater que ces diamètres sont désormais destinés aux haut-parleurs graves, aux "boomers", voire aux caissons graves actifs ou passifs. En 1960, dans ses différents ouvrages relatifs au piano, aux haut-parleurs, le célèbre G.A. Briggs fait partie des derniers à insister lourdement sur la longueur d'onde: 1,37 m pour 250 Hz, 3,43 m pour 100 Hz ou 8,57 m pour 40 Hz.

Aussi imposant puisse-t-il paraître, le système de haut-parleurs présenté à L'Espace Kiron ne fait ainsi que "tenter" de respecter ces différentes lois immuables relatives à la physique et à l'acoustique. Le terme "tenter" n'a rien de modeste car, si le gigantesque pavillon WE 15A respecte cette notion de longueur d'onde, de coupure basse située au moins une fois et demi au-dessus de sa coupure basse naturelle (elle est de 90 Hz pour un coupure électrique située

250 Hz), il en est tout autrement du caisson grave utilisé. Le Onken W, malgré la présence de ses deux haut-parleurs de 38 cm et sa charge de plus de 600 litres, reste un compromis sous une forme très compacte, donc très en-deçà des conditions optimales requises pour la reproduction sonore fidèle et non atténuée des fréquences audibles les plus basses. Précisons qu'un système à pavillon grave avec fréquence de coupure située vers 10 Hz, nécessaire pour charger correctement les fréquences supérieures à 16 Hz devrait avoir une embouchure dont le diamètre serait de l'ordre de 17 mètres! On imagine l'encombrement d'un tel système en stéréophonie.

Ces règles sont néanmoins aussi immuables que celles relatives à un piano droit de 1,30 m de hauteur, aux petites cordes graves croisées, que l'on ne pourra jamais élever au niveau des possibilités d'un grand piano de concert, même en s'acharnant à y inclure les derniers progrès technologiques en termes de matériaux ou d'optimisation assistée par ordinateur. Aussi, dans l'attente de la présentation d'un système parfaitement adapté à ces règles de l'acoustique, donc forcément "géant" et totalement inadapté à une utilisation dans un cadre domestique, le système de haut-parleurs proposé à l'Espace Kiron tente seulement de réunir des critères de rendement élevé et de qualité jugés nécessaires pour mettre en valeur les possibilités des électroniques présentées. Précisons à ce sujet que, malgré la taille importante de la salle prévue pour quelque 160 personnes, le petit amplificateur monotriode à tubes Sun Audio SV 2A3, s'est avéré largement suffisant, malgré une puissance réelle limitée à 3,2 watts seulement par canal. Cette expérience prouve que les systèmes à "haut rendement" sont rares et forcément encombrants dès qu'il s'agit de reproduire sans perte de



2. Une partie des électroniques à tubes présentées par un amateur japonais, M. Sakuma, dans le cadre de l'animation intitulée "Triodemania".

sensibilité les fréquences audibles les plus basses. A ce sujet, un seul coup d'œil sur le volume des charges utilisées, sur la taille des haut-parleurs et sur leur surface active montre que ce terme est souvent galvaudé, exception faite de quelques firmes telles que Klipsch aux U.S.A.

Par ailleurs, l'utilisation de ces éléments, parfois très anciens, a pu démontrer que les progrès en électroacoustique ne sont pas aussi importants que l'on tente de le faire croire, que de nombreuses inventions comme la stéréophonie ou la multiphonie n'ont rien de récent (cf: conférence de M. A. Balaton sur la stéréophonie sur disque microsillon 33 tours/mn réalisée par la Bell Labs en 1932) et que la "haute fidélité" existait déjà, grâce au cinéma parlant, dès le début des années 30 (système Western Electric/Bell Labs couvrant les 30 Hz à 16 kHz à 3 dB près, développé en 1931).

Les démonstrations

Quelque 2 600 passionnés, d'audiophiles venus de toutes parts, de région parisienne, de France comme de l'étranger ont pu assister à différentes séries de dé-

monstrations assorties de conférences et également à deux concerts. Les quatre journées Kiron 94 étaient subdivisées en trois programmes principaux avec:

- programme 1: écoutes alternées des électroniques de la Maison de L'Audiophile, des électroniques à tubes japonaises Sun Audio et des électroniques Lectron;

- programme 2: animation "Triodemania" avec écoutes d'amplificateurs et d'électroniques à tubes françaises et japonaises réalisées par des amateurs, composées essentiellement de tubes triodes;

- programme 3: écoute collective d'amplificateurs provenant d'une partie de la collection privée de M. Balaton.

Au tout s'ajoutait, les samedi 5 et dimanche 6 mars deux concerts avec, le samedi, un récital de la pianiste russe Elena Varvarova (premier Prix, mention Excellence, Conservatoire Tchaïkovski de Moscou, Grand Prix Marguerite Long 1977, premier concert à Moscou à 6 ans en compagnie du pianiste américain Van Cliburn) et avec, le dimanche, la participation de trois jeunes artistes de grand talent: Isabelle Dubuis (premier

Prix de piano, Conservatoire National Supérieur de Musique de Paris, lauréate de plusieurs concours internationaux, assistante de Pascal Devoyon), Angélique Vinson (mezzo, soliste Opéra de Lille) accompagnée de Philippe Tamborini (piano, premier prix piano/musique de chambre de Paris) et de Hervé Beutin (violoncelle, premier prix CNSMP 93). Les organisateurs de Kiron 94 tiennent ici à remercier chaleureusement tous ces artistes qui ont accepté de participer bénévolement à ces deux concerts. Ils remercient également M. Marc Mann, ex-facteur accordeur chez Steinway et Gaveau. Il a été autrefois l'accordeur, parfois attiré de grands interprètes comme Sviatoslav Richter, Wilhem Kempff, Arthur Rubinstein, Samson François, Aldo Ciccolini, Lili Krauss et bien d'autres encore et a accepté de se charger à titre bénévole de l'accord du piano.

Si la finalité de toute chaîne hi-fi digne de ce nom est la reproduction fidèle des sons et de la musique, l'animation de Kiron 94 avec ces deux événements musicaux a révélé qu'un nombre relativement restreint de visiteurs, pourtant passionnés de musique, avait l'occasion de se rendre régulièrement au concert. Ils ont pu ainsi se rendre compte de la dynamique réelle d'un piano ou d'une voix de mezzo, ceci en comparaison avec les écoutes habituelles sur un système de reproduction sonore domestique. Pour ceux qui ont regretté l'absence de comparaison son direct/son reproduit, nous n'avons pas jugé utile de reprendre des expériences déjà fort bien menées par des firmes célèbres. Nous suggérons cependant à ceux qui disposent de bons microphones et d'un magnétophone DAT d'effectuer chez eux l'enregistrement direct d'un instrument de musique, puis de tenter la reproduction du son enregistré sur leur système. Ils s'apercevront ainsi que, pour

obtenir sur leurs enceintes l'illusion de la réalité sonore, il faut non seulement disposer de modèles très performants, mais également être un expert en matière de prise de son, voire de correction active des défauts acoustiques de la salle dans laquelle vient d'être effectué la prise de son. Des constructeurs, fiers de leurs dernières réalisations, prétendent avoir pratiquement atteint l'illusion de la réalité sonore. Nous nous demandons à ce sujet de quoi seront faits leurs progrès dans les années à venir. Nous serons plus modestes en disant tout simplement:

"Devant les progrès qui restent à accomplir en haute fidélité, nous retirons notre veste et retrouvons nos manches. Devant la Musique, nous ôtons notre chapeau".

Les systèmes de haut-parleurs

Le système de haut-parleurs principal est similaire à celui présenté à L'Espace Kiron en 1993. La salle, déjà entièrement restaurée en 1993, a entre-temps été aménagée en air conditionné de façon à assurer des spectacles en été sans les problèmes de chaleur liés à l'éclairage de la scène. Ces petites transformations au niveau des premières rangées de sièges ont produit de légères modifications des conditions acoustiques de la salle par rapport aux années précédentes.

Cette année, nous avons décidé de traiter partiellement les murs latéraux, au niveau de la scène, à l'aide de panneaux acoustiques de marque Ecophon (du groupe St-Gobain).

Nous remercions à ce titre M. Navarron, de la société Ecophon, qui a accepté de se charger de la mise en place, provisoire mais précieuse, de panneaux muraux de type A et B destinés à éliminer les ondes stationnaires les plus gênantes situés à ce niveau.

Contrairement à d'autres traite-

ments acoustiques muraux nécessitant la mise en place de systèmes porteurs, de colle, de tasseaux, ainsi qu'une finition de surface incluant parfois une protection anti-poussières, les panneaux Ecophon ont pour gros mérite d'être auto-porteurs. Ils sont réalisés à partir de laine de verre de très forte densité et sont habillés d'une finition de surface (tissus variés, teintes claires ou peinture microporeuse lavable). Ces panneaux, de largeur 600 ou 1 200 mm ont une hauteur de 2,70 m et une épaisseur de 40 mm. Leur montage est facilité par un système très étudié de structures métalliques comprenant des profilés en "U", en "T", des équerres, des blocs d'angles et autres moulures. Des ouvriers qualifiés peuvent ainsi, moyennant le perçage de trous pour la fixation de ces profilés, quelques découpes très faciles des panneaux, transformer en quelques heures, visuellement et acoustiquement un local en un superbe auditorium, éliminant du même coup la nécessité de tout autre travail de finition ultérieur (peinture, moulures ou tapisserie murale). Extrêmement efficaces, ces panneaux apportent en plus une isolation thermique complémentaire non négligeable. Ils se complètent de plafonds et de faux plafonds acoustiques conçus selon le même principe. Ils offrent, à l'opposé des traitements acoustiques traditionnels, la possibilité d'être entièrement démontables, ce qui n'a rien de négligeable pour tout audiophile localitaire de son appartement.

Le système principal se compose du traditionnel caisson grave Onken W, équipé des haut-parleurs Altec 416-8B, avec coupure haute située à 250 Hz. Dans le bas-médium, on retrouve le pavillon Western Electric WE 15A, avec son embouchure carrée de 1,45 m x 1,45 m et son développement de plus de 3,50 m chargeant la chambre de compression d'origine Western Electric WE 555W.

Rappelons une nouvelle fois que cette chambre de compression, très en avance sur son temps, est à considérer comme la base de toutes les chambres de compression modernes. Conçue en 1928, elle incluait déjà une membrane en duralumin avec suspension périphérique tangentielle et une bobine mobile en fil d'aluminium plat. Avec son rendement avoisinant les 112 dB/m/W, on obtient de la sorte dans la bande utilisée, comprise ici entre 250 Hz et 1 kHz environ, un taux de distorsion harmonique extrêmement faible: à niveau sonore égal par rapport à la voie grave dont le rendement se situe aux alentours de 100 dB/m/W, la puissance appliquée aux bornes de la voie de bas-médium est beaucoup plus faible. La distorsion harmonique produite étant proportionnelle à la puissance appliquée aux bornes du transducteur, la voie de bas-médium, dont l'importance est capitale sur le plan subjectif (la quasi-totalité des informations musicales se situe dans la bande comprise entre 80 Hz et 900 Hz environ) peut de la sorte être utilisée avec un taux de distorsion infime, l'énorme inconvénient étant comme on le sait les dimensions imposantes du pavillon chargeant le moteur 555W. Rappelons que lors des démonstrations en 1993, le moteur 555W ne fut utilisé que le dernier jour des démonstrations et qu'au cours des deux premiers jours, le moteur Altec 288C fut utilisé conjointement avec un raccord de gorge plus court que celui d'origine. Cette modification a conduit bien entendu à des petites différences au niveau de l'équilibre subjectif général et des timbres: son plus doux avec le WE 555W mais moins bonne tenue en puissance qu'avec le moteur Altec 288C. Avec le WE 555W, légère tendance de mise en avant du haut-médium, dans le registre confié au moteur TAD 2001 associé au pavillon en bois sablé Le Dauphin,

lors de l'association du système avec des amplificateurs au facteur d'amortissement plutôt élevé (cas du Lectron JH 60 évolution et de l'amplificateur OTL sans transformateur de sortie Taki 3380M). Il ne fait aucun doute que dans le cas de l'utilisation d'un seul type d'amplificateur de puissance, une optimisation des réglages aurait été possible. Le moteur 1 pouce TAD 2001 a été utilisé à partir de 600 Hz, sans coupure haute tandis que l'aigu a été confié au tweeter JBL 2405. Ce dernier, rappelons-le, ne travaille pas de façon traditionnelle au-dessus de 8 kHz. Il subit une première correction, en-deçà de 18 kHz, puis une coupure basse située à 8 kHz. L'orientation des tweeters vers le point d'écoute permet ainsi de compenser l'effet de directivité horizontale. Il se produit ainsi un effet d'élargissement de la zone optimale d'écoute stéréophonique du registre aigu. Ceci permet à un auditeur, placé relativement à droite ou à gauche par rapport à l'axe de symétrie central, de continuer de percevoir les sons aigus issus du canal gauche ou droit sans déséquilibre sensible de niveau. Cette disposition a été jugée plus favorable que celles de sources aiguës à la fois ponctuelles et omnidirectionnelles, que l'on pourrait assimiler à des cylindres ou à des sphères pulsantes: les nombreuses réflexions dues aux parois environnantes entraînent une perte sensible de la précision de la localisation de la source virtuelle dans le plan horizontal. A ce sujet, un essai "en aveugle" en chambre sourde est édifiant: il démontre qu'une écoute en milieu semi-réverbérant de deux sources ponctuelles et omnidirectionnelles en stéréophonie conduit à un degré de précision des sources virtuelles sur le plan latéral très inférieur à celui obtenu en chambre sourde. Un tapis placé au sol devant les enceintes a réduit les réflexions primaires provenant de celui-ci. Le TAD 2001, très peu directif sur le

plan horizontal (merci encore, M. Le Dauphin) a pu ainsi s'associer tout en apportant dans la zone d'écoute optimale de la salle, située au centre entre le 3ème et le 6ème rang environ, des sources gauche, droite et centrale parfaitement ponctuelles. Pour illustrer ce critère important en stéréophonie, il a été choisi quelques enregistrements produisant au centre ou légèrement en dehors de l'axe central des voix très ponctuelles, comme celles de Brassens (dans "Les copains d'abord"), de Jacques Brel, de Rickie Lee Jones ou de Thérèse Juel (ces deux derniers étant extraits du disque très en vogue actuellement intitulé "Voice and Instruments", du label Phono Music Audio).

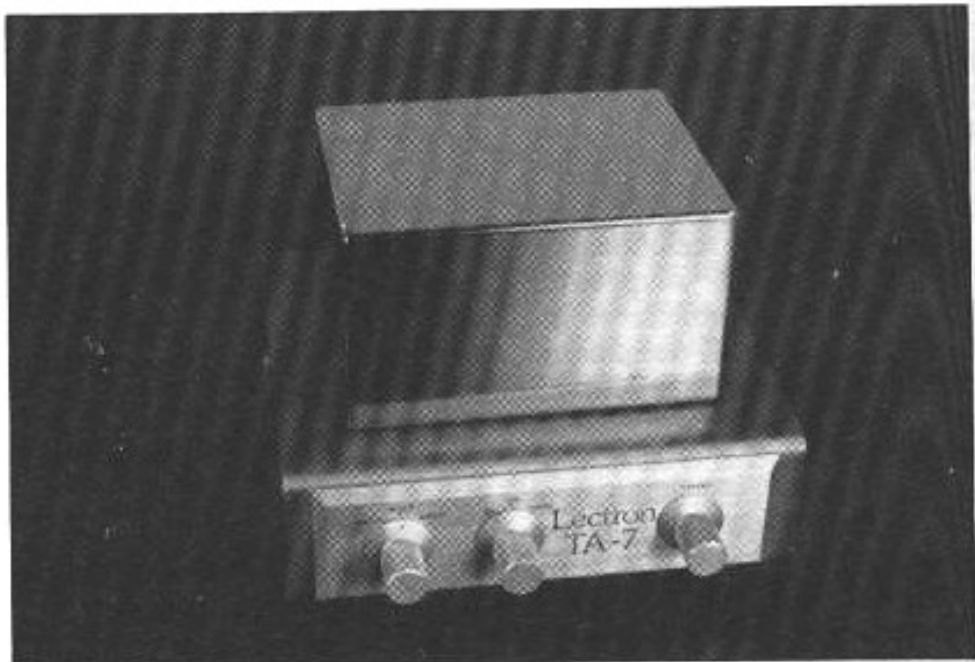
Enceintes IPC/ Western Electric

Les séries d'écoutes incluaient, dans le cadre de l'animation intitulée "Triodemania", les amplificateurs Taki 335S (version stéréophonique équipée sur chaque canal d'un étage de sortie push-pull de tubes russes à très faible résistance interne 6C (ou EC) 33CB et Taki 3380M (blocs mono, push-pull parallèle de 6C/EC 33CB). Comme on le sait, l'inconvénient des amplificateurs OTL, dont la réputation en termes de transparence sonore n'est plus à faire, est la variation très sensible de la puissance de sortie en fonction de la charge. Le bloc stéréo Taki 335S, de puissance 35 watts sur 16 Ω n'aurait pu de la sorte procurer de bons résultats en association avec le système principal: la mise en parallèle des haut-parleurs sur la voie grave ramène l'impédance moyenne de l'ensemble et de son filtre passif à quelques 3,5 Ω . A cet effet, et afin de profiter au mieux des possibilités des amplificateurs OTL à tubes Taki, il a été fait usage d'une paire d'enceintes IPC/Western Electric (voir plan page 256, ouvrage "Les Haut-

parleurs", troisième édition). Ces enceintes diffèrent des versions Altec A7 "Voix du Théâtre" non pas au niveau des cotes externes qui restent les mêmes, mais au niveau de la construction interne, notamment au niveau du dos des parties latérales du pavillon (le dos est clos et amorti) et des événements, dont la hauteur a été réduite ici de 4 cm. L'intérieur de l'enceinte a été tapissé de feutre mixte, genre thibaude d'épaisseur 1 cm. Un rideau de feutre, d'épaisseur 4 mm a été suspendu à mi-profondeur sous le pavillon, de façon à éviter des phénomènes d'ondes stationnaires. Contrairement aux Voix du Théâtre A7, ces enceintes sont équipées dans le grave du haut-parleur 38 cm IPC LU 1081 (ancêtre du 515, spider en bakélite dit "papillon", suspension raide non rapportée) et dans le médium-aigu de la chambre de compression 1 pouce 1/4 IPC LU 1104 (ancêtre du 288 Altec) associée à un pavillon 10 cellules à parois sablées 805B Altec. Destinées aux applications du cinéma, ces enceintes ont le privilège, dans le cadre de cette utilisation précise, d'offrir une impédance moyenne de 20 Ω environ (20 Ω dans le grave et 24 Ω dans le médium-aigu), les adaptant du même coup de façon optimale aux électroniques OTL Taki. Précisons encore que les filtres passifs ont été entièrement refaits (coupure 500 Hz).

Les électroniques

Les électroniques utilisées étaient de différentes origines: La Maison de L'Audiophile, Lectron, Sun Audio. Elles étaient complétées, dans le cadre de l'animation "Triodemia", des amplificateurs OTL à tubes Taki, des réalisations artisanales d'un passionné japonais, M. Susumu Sakuma, des amplificateurs Western Electric issus de la collection Balaton ainsi que des amplificateurs réalisés par des amateurs français comme M. Lizounat.



3. Préamplificateur "passif" Lectron TA-7. Dépourvu d'alimentation externe ou interne, il procure un gain de l'ordre de 15 dB grâce à l'utilisation d'un transformateur spécial, d'origine anglaise Partridge, de très haute qualité. Le TA-7 comporte 4 entrées dont une symétrique monitoring, 1 sortie enregistrement, 1 sortie asymétrique et un contrôle de volume.

- La Maison de L'Audiophile présentait son "best-seller", l'amplificateur 300B Legend, équipé à 100% de transformateurs et self de filtrage d'origine Partridge. De puissance nominale 8 watts, la renommée de cet amplificateur monotriode n'est plus à faire, même au-delà de nos frontières.

- Lectron présentait trois nouveautés: l'amplificateur hybride JH 60 évolution, dernière évolution d'un modèle créé il y a trois ans, puissance 2 x 50 watts, tubes de sortie EL34, conception hybride, transformateur de sortie Partridge surdimensionnés, alimentations stabilisées avec utilisation de condensateurs de filtrage au polypropylène de forte valeur, nouvelle version sur circuit imprimé double face à trous métallisés éliminant de nombreux fils de câblage. On pourra, pour plus de détails, se reporter au banc d'essai paru dans la Nouvelle Revue du Son n° 172 de novembre 93.

Seconde nouveauté, le convertisseur/préampli Lectron DA 60 (voir banc d'essai NRDS, n° 175, février 94), équipé de trois

transformateurs d'alimentation et de 13 alimentations stabilisées. Il associe un convertisseur N/A performant, 18 bits, octuple suréchantillonnage et un préamplificateur à tubes très performant, avec possibilité d'utiliser séparément ou ensemble ces deux éléments.

Troisième nouveauté, dont la commercialisation est imminente, le TA-7, un préamplificateur "passif", c'est à dire avec du gain mais sans alimentation extérieure, comprenant un transformateur de très haute qualité d'origine Partridge, surdimensionné environ 1 000 fois de façon à assurer une bande passante couvrant les 5 Hz - 100 kHz, sans les colorations ni les limites des transformateurs traditionnels, grâce notamment à une inductance primaire de quelque 30 H, (contre 1 à 4 H en moyenne sur les produits concurrents). Le TA-7, équipé de 2 entrées asymétriques, d'une entrée symétrique 600 Ω , d'une entrée monitoring, se complète également d'une commande de monitoring, d'une commande de volume

(potentiomètre de très haute qualité d'origine japonaise disponible jusqu'à présent uniquement au Japon chez les quelques rares revendeurs de composants audio de très haute qualité) et d'une sortie asymétrique sur prises Cinch dorées, le tout avec une distorsion non mesurable (moins de 0,004%). Le gain moyen obtenu est compris entre 11 et 15 dB, valeur jugée suffisante pour associer les sources habituelles aux amplificateurs dont la sensibilité d'entrée moyenne est comprise entre 0,7 V et 1,2 V.

- Sun Audio, représenté en France par La Maison de L'Audio-ophile, présentait, outre le célèbre amplificateur monotriode SV-2A3 (version stéréo 2 x 3,5 watts) le nouvel amplificateur push-pull, le bloc mono SV-300B MKII (push-pull de triodes 300B, montage à deux étages sans condensateurs de liaison, avec transformateur déphaseur/driver, redressement par valve 5U4G, tube d'entrée 6SN7), l'adaptateur phono 5VPE-700CR, avec correction RIAA passive, un transformateur ligne universel réversible 600 Ω /2,5 k Ω /10 k Ω portant la référence SCD-1000 ainsi qu'un préamplificateur à tubes.

- M. Susumu Sakuma était venu spécialement du Japon avec son équipe de passionnés pour faire écouter aux audiophiles présents une série d'amplificateurs essentiellement triodes. Passionné depuis une trentaine d'années par les amplificateurs triodes, M. Sakuma a réalisé de nombreux amplificateurs par pure passion (ils n'ont donc aucune vocation commerciale). Il est propriétaire d'un restaurant baptisé "Concord", situé près de Tokyo. C'est un endroit où, comme dans certains autres salons de thé et restaurants de ce pays, il est possible de prendre un verre, de dîner, mais aussi d'écouter de la musique classique, du jazz à partir d'un système de reproduction très évolué (certains salons de thé n'ont pas hésité, dès 1970, à s'équiper des maté-



4. Vue de quelques électroniques à tubes présentées lors des démonstrations.

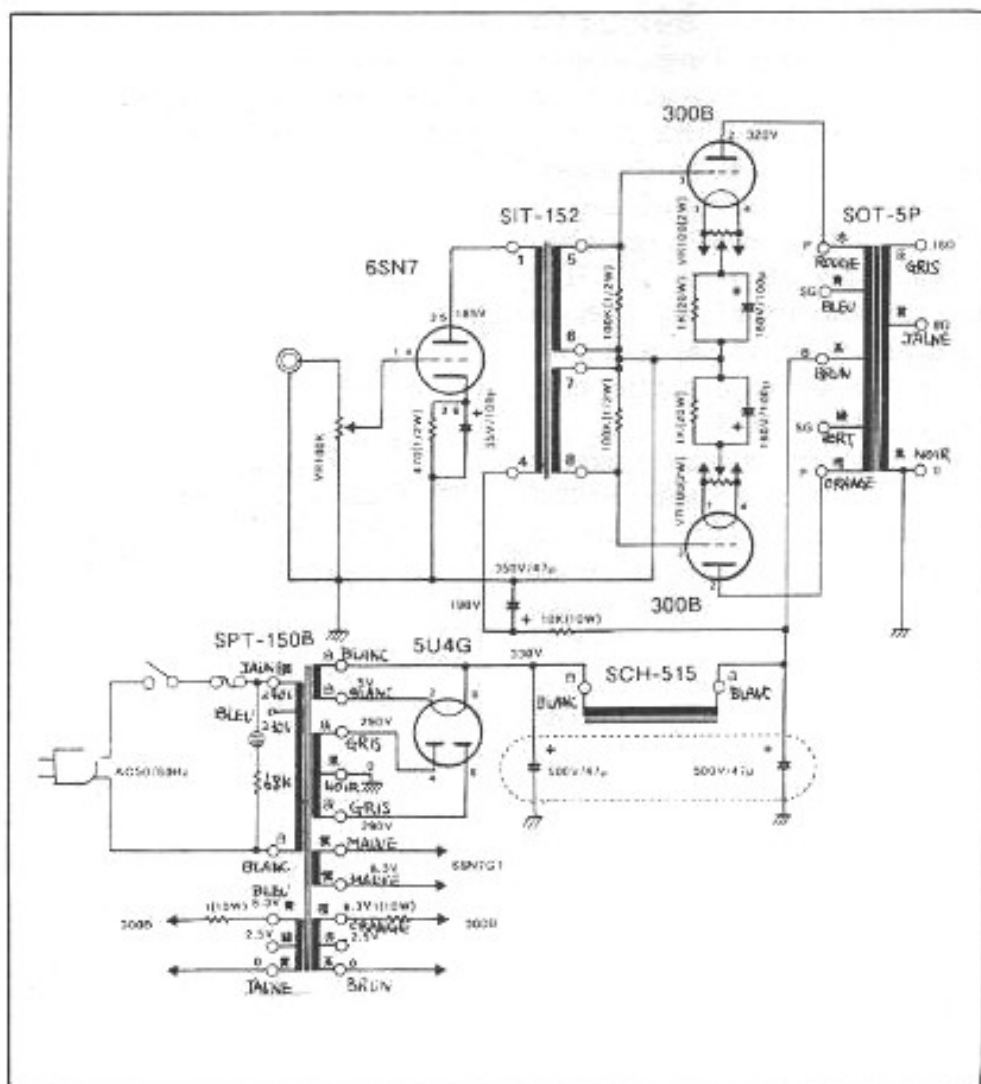
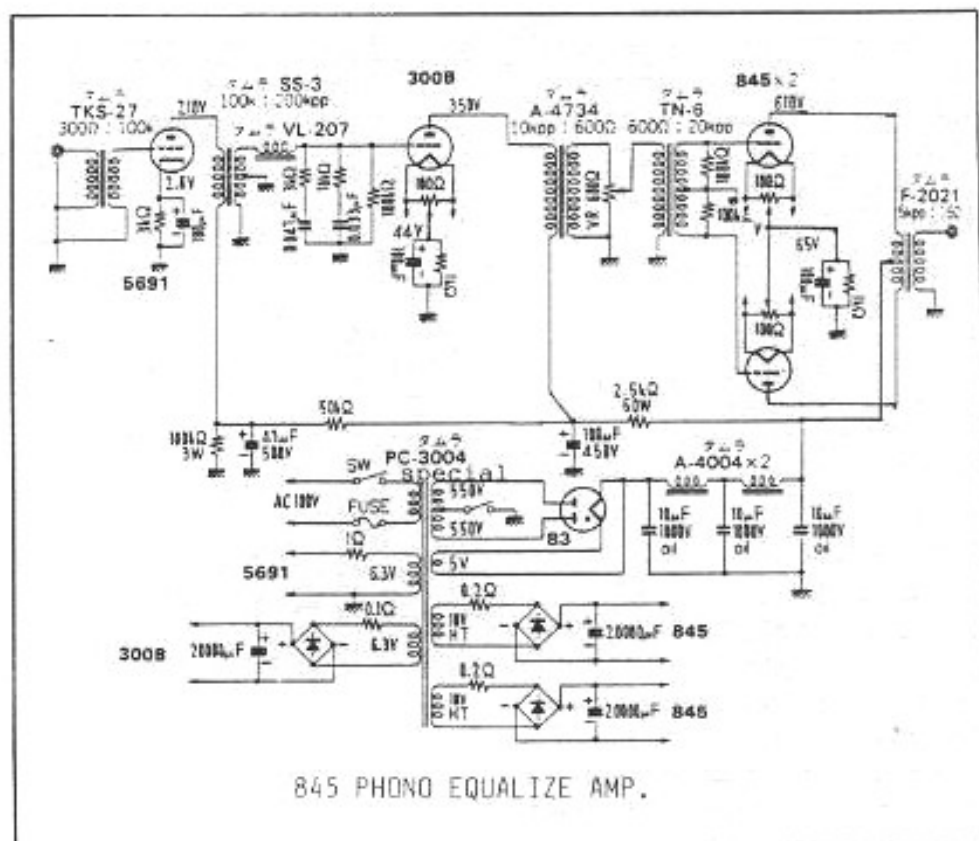


Schéma de l'amplificateur monaural push-pull avec triodes 300B, Sun Audio SV-300B MKII. Il utilise un transformateur déphaseur/driver qui permet entre autres de supprimer les condensateurs de liaison entre les étages. Il existe en version kit et en version montée.

riels les plus sophistiqués réalisés par JBL (Paragon, Olympus etc.), par Mac Intosh (amplificateurs 2300 ou 3500 à tubes), par Mark Levinson, EMT ou Tannoy). Passionné des vieux enregistrements des années 30, 40, 50 ou 60, M. Sakuma est resté un inconditionnel du monaural, ce qui explique le pourquoi de ses séries d'écoutes à Kiron 94 exclusivement en monaural, ce à partir d'une seule enceinte Altec Voix du Théâtre A7 (modifiée) disposée pour l'occasion au centre, entre la paire d'enceintes principales. M. Sakuma, que l'on remercie pour avoir transporté depuis Tokyo autant d'appareils, utilisait des amplificateurs push-pull de triodes 845, fabuleuses triodes à chauffage direct extrêmement linéaires mais difficiles à bien "driver" et fonctionnant généralement sous des tensions d'alimentation très élevées (plus de 1 000 V en moyenne), des amplificateurs push-pull de 6C/EC 33CB, 6GB8 (sorte de 6L6 en version japonaise) et 4P55s (triode japonaise quasi introuvable conçue pour la NHK) ainsi qu'un préamplificateur phono sur lequel ce grand passionné n'a pas hésité à utiliser, chose très rare, les tubes 300B et 845.

Ceux qui ont pu avoir recours à l'expérience intéressante consistant à passer de l'écoute stéréo à l'écoute en mono sur une seule enceinte, puis à écouter des enregistrements anciens dont la bande passante est limitée à 70 Hz environ dans le grave et quelque 8 à 10 kHz dans l'aigu avec, en prime, un bruit de fond non négligeable, savent à quel point il est difficile, vraiment très difficile, d'en extraire et de reproduire des informations essentiellement musicales sans "salir", sans détruire celles-ci par le bruit de surface, par le bruit de fond présent sur tous les vieux disques 78 tours et microsillons mono des années 50.

Dans la majorité des cas, l'écoute d'une seule enceinte sur un système que l'on croyait performant



Autre version du préamplificateur pour entrée phono avec correction RIAA LRC passive, avec étage de sortie push-pull et triodes 845.

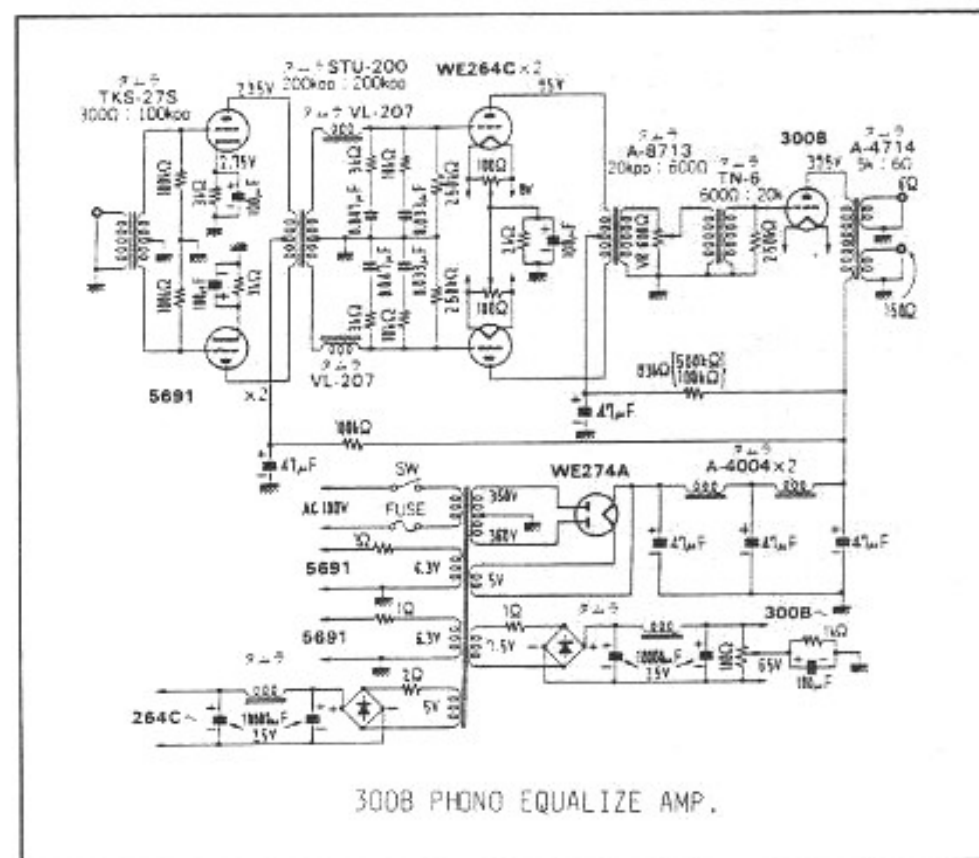


Schéma d'un préamplificateur pour entrée phono, avec correction RIAA LRC passive conçu par M. Sakuma. Il utilise en sortie la triode 300B.

abaisse sensiblement la qualité sonore. Ensuite, la lecture d'un disque ancien fait apparaître généralement un bruit de fond extrêmement désagréable. En plus, la bande passante limitée à une dizaine de kHz des vieux enregistrements rend un système que l'on croyait excellent quasiment insupportable à l'écoute.

M. Sakuma, expert en la matière a su tirer le meilleur parti de ces vieux enregistrements grâce à un laborieux travail, grâce à des amplificateurs, à une philosophie des circuits qui lancent un défi aux appareils de mesure (il a repris à ce sujet une phrase de Jean Cocteau: "je ne veux pas être l'esclave des appareils de mesure"). Il a été obtenu ainsi sur des vieux disques de jazz ou d'opéra une qualité d'écoute impressionnante, avec un bruit de fond qui a semblé être comme "totalement séparé de la musique". M. Sakuma a reçu à ce titre, de la part de tous les auditeurs présents qui avaient compris sa démarche, des applaudissements chaleureux, ceci d'autant plus qu'elle n'avait aucun caractère commercial.

Pour terminer, il nous a été donné l'occasion d'écouter l'énorme amplificateur monotriode 845 de M. Lizounat, un amateur français qui n'a pas hésité à "driver" les "impossibles" 845 à l'aide de triodes 300B, en alimentant le tout à l'aide de 4 énormes tubes redresseurs à vapeur de mercure capables de délivrer chacun 5 000 volts sous 5 ampères. Les résultats d'écoute de ces électroniques se sont révélés très impressionnants, en particulier dans le registre compris entre le bas-médium et l'extrême-aigu. On peut dire à ce sujet que, pour la première fois, il été possible de mettre en valeur l'extraordinaire linéarité du tube 845, grâce à un étage driver approprié à la hauteur des difficultés d'attaque de grille de ce tube: une centaine de volts RMS!

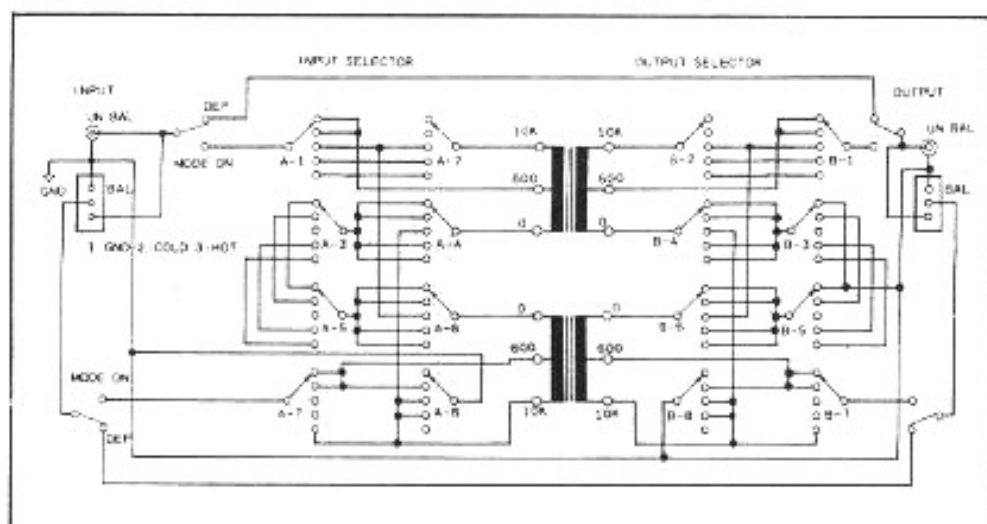
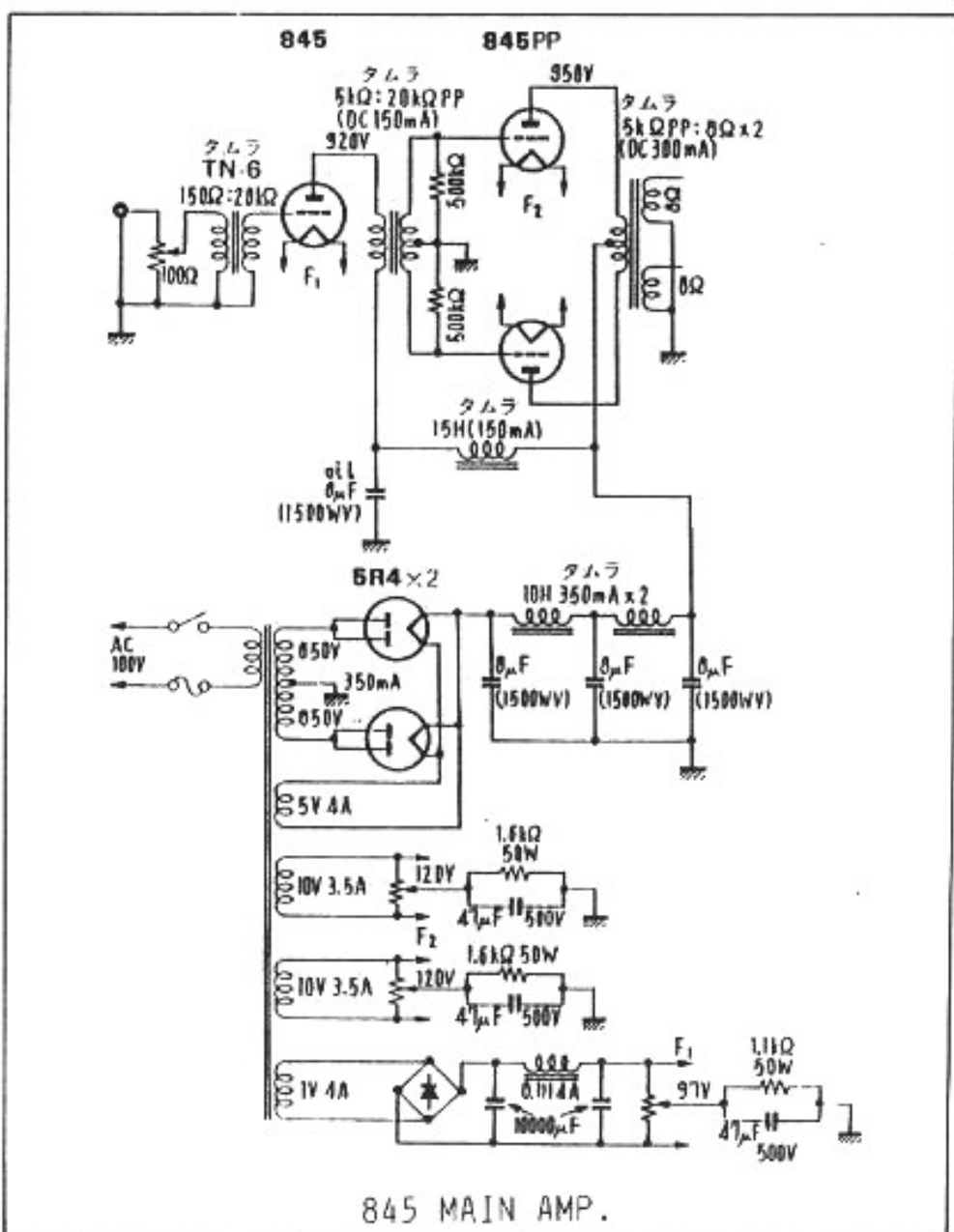


Schéma du transformateur adaptateur universel réversible 600 Ω /2,5 k Ω /10 k Ω , Sun Audio SCD-1000.



Amplificateur de puissance monaural, avec triodes 845 montées en push-pull, réalisé par M. Sakuma. Il utilise également en entrée la triode 845 associée à un transformateur d'entrée.

Conclusion

On peut dire, en guise de conclusion, qu'en raison des excellentes conditions d'écoute, chacune des électroniques a su mettre en valeur ses qualités tout en révélant ses différences, voire ses limites par rapport aux autres modèles présentés: qualités exceptionnelles des Sun Audio dans les registres de médium et d'aigu, capacités dynamiques et d'exploration du grave stupéfiantes du Lectron JH 60 évolution, qualités exceptionnelles de transparence du préamplificateur "passif" Lectron TA-7 et du convertisseur préampli Lectron DA 60, performances inégalées des triodes 300B des réalisations de La Maison de L'Audiophile. Au tout s'ajoutait les performances toujours égales à elles-mêmes de la table de lecture EMT 927st, de la cellule Denon DL 103 ainsi que la surprenante écoute de bandes master des années 70 sur un magnétophone Schlumberger F 230.

Ce très vif succès obtenu une nouvelle fois lors de ces quatre journées baptisées "Kiron 94" en laissent présager d'autres. Elles inclueront peut-être un jour, espérons-le, un système de reproduction respectant intégralement ou presque les lois fondamentales de l'acoustique.

Citons, pour terminer, quelques événements avec leur date de parution: WE 555W et WE 15A : 1928, EMT 927st: 1957, enceintes Altec Voix du Théâtre: 1960 environ, Denon DL 103: 1966, démonstrations aux Audio Fairs de Tokyo et d'Osaka d'amplificateurs mono-triodes par l'auteur sur enceintes à haut rendement: entre 1970 et 1973... Ceci nous permet de dire:

"La haute fidélité n'est pas une question de mode, car c'est en nos oreilles, instruments irremplaçables, que nous devons toujours croire."

NOUVEAUTÉS

La Hi-Fi fait son cinéma

Didier Flacon



es constructeurs ont entrepris de renouveler

leurs catalogues découverts en avant première à l'occasion du Consumer Electronics Show de Las Vegas en février, du Hi-Fi 94 de mars au palais des Congrès de la Porte Maillot, avec à chaque fois des records d'affluence. Oublié le doux ronron de ces dernières années.

Non seulement 94 nous arrive avec une avalanche de nouveaux produits, mais apparaissent également de véritables concepts, des perspectives nouvelles qui devraient logiquement révolutionner à court et moyen terme notre propre perception de la très haute fidélité. Pour la première fois en effet, il nous est permis d'envisager la reproduction sonore autrement qu'avec deux canaux.

Tout visiteur s'étant présenté aux portes du Hi-Fi 94 n'a pas manqué d'être happé par un flot de décibels propagé par la nouvelle tendance dure de la reproduction sonore : le "Home Theater", ou encore le "Cinéma Vidéo", ou bien "Cinéma à Domicile". Sous les rafales lancinantes d'un "Terminator" au mieux de sa forme, de secousses sismiques et autres délicieuses catastrophes naturelles menées tambour battant, l'amatteur, venu écouter de la musique sur des matériels de qualité dans le calme et la sérénité qui devrait leur convenir, en prenait pour son grade. Pourtant, dans ce vacarme - car cela en était un - luisait une petite lumière bien réjouissante. Ce que nous avons pu voir à ce Salon

n'était pas une représentation exacte du Home Theater, mais seulement certaines approches d'un procédé dont la mise au point parfaite n'a rien d'évident. Les démonstrations forcenées, quelquefois très réussies, se laissaient aller à un côté volontairement spectaculaire, afin de mieux marquer l'événement.

Le son multicanaux, une réalité pour l'an 2000

On a trop souvent tendance à enfermer la diffusion multicanaux dans la rubrique Home Theater. Il s'agit d'une réalité historique puisque l'industrie du cinéma a connu le son multipiste dès les années 50. Désormais, on a pris

pour-bonne-habitude de produire des films avec une bande son multipiste, le fameux Dolby Stereo. Aujourd'hui, n'importe qui peut avoir accès à ces bandes-son grâce aux magnétoscopes VHS Hi-Fi Stéréo ou mieux encore grâce au Laserdisc, pour peu que cet utilisateur ait acquis un décodeur Dolby Surround et les cinq enceintes acoustiques préconisées. Malheureusement, l'industrie du disque audio n'a pas encore l'habitude de promouvoir la production de disques CD encodés Dolby, alors qu'ils seraient fondamentalement compatibles avec un lecteur laser standard et que la durée de l'enregistrement ne serait même pas écourtée d'une seconde. Question de culture probablement différente

de celle du cinéma, de coût sûrement, de difficulté de production aussi. Quelques expériences timides ont pourtant vu le jour et quelques artistes de variétés commencent à ressentir l'intérêt qu'ils auraient à offrir ce "plus".

Toujours est-il que les publics américains, japonais et désormais français qui sont aujourd'hui les plus concernés semblent de plus en plus sensibilisés à la reproduction sonore multicanaux. L'éveil spectaculaire des technologies usant des circuits DSP pour la synthèse d'ambiances reproduites sur des enceintes arrière "surround" y est pour beaucoup, même si la formule ne semble pas encore avoir séduit les audiophiles purs et durs, ceci pour des raisons souvent justifiées.

Pourtant la notion de réalisme sonore passe inévitablement par la diffusion spatiale, ce qui nécessite au moins quatre enceintes canalisant des véritables informations de distance et de direction, captées par des micros ou générées en studio d'enregistrement et non pas des informations "imaginées" de façon synthétique, purement arbitraire par un quelconque processeur.

La démonstration de cette notion de réalisme sonore avait déjà été faite au début de ce siècle par les industriels du cinéma à une époque où le terme haute-fidélité n'existait pas encore.

Dès les années 30, la firme légendaire Bell Laboratories avait déjà défini les lois fondamentales de la stéréophonie au sens propre du terme, très longtemps avant que le particulier puisse en bénéficier. A la suite d'expériences concrètes, cette firme comprit que les notions de perspective tridimensionnelle, de réalisme, de localisation nécessitaient un minimum de quatre canaux. Par opposition à ce que des décennies de haute-fidélité nous ont apporté, le canal le plus important pour la diffusion d'une bande-son de cinéma est le canal central. Il est donc monophonique. L'adjonction des deux enceintes latérales droite et gauche situées de part et d'autre de ce canal central sert à reproduire des effets de perspective, des effets de déplacement latéral ou en profondeur des sources, ceci afin de mieux transcrire la notion de réalisme audiovisuel. Enfin, les

enceintes "surround" arrière diffusent en général un signal qui est lui aussi monophonique. On a souvent considéré à tort cette solution comme une option "super-luxe". Ce procédé de son multicanaux mis au point par les laboratoires Bell il y a près de 65 ans s'est vulgarisé aujourd'hui, avec des moyens qui n'ont cessé d'évoluer. Ils ont fini par se regrouper autour du standard Dolby stéréo et de ses dérivés (Dolby SR, Dolby SR-D, THX). Finalement, le terme de "stéréophonie", le "son en relief" que nous connaissons sous la forme de l'écoute dite "binaurale" apparaît ainsi comme un terme galvaudé, lorsque l'on sait qu'il a été "récupéré" pour les besoins d'une activité florissante qui succéda à l'ère de la monophonie.

Mais la simulation chez soi de l'atmosphère sonore d'une salle de cinéma n'est pas si simple. Les possesseurs des célèbrissimes enceintes Altec "Voice of the Theater", de systèmes à haut rendement sur la base de diffuseurs à pavillon ou de haut-parleurs de grave de grand diamètre savent bien l'importance qu'il faut attribuer à la taille et à la qualité des enceintes.

De son côté, le cinéma continuait de promouvoir la diffusion multicanal mais en analogique, tandis que la haute-fidélité passait à l'ère du numérique avec le CD, tout en restant au stade des 2 pistes sonores gauche et droite.

Depuis peu de temps en fait, l'industrie du cinéma commence à bénéficier à son tour du son



La rétroprojection selon GAOO, littéralement "Dieu de l'image". Pour Panasonic et pour les constructeurs nippons, les grands écrans deviennent une source de profits de tout premier ordre et son développement connaît une progression exponentielle. Un fait qui ne manque pas d'intérêt lorsque l'on sait que l'image et le son sont appelés à terme à vivre conjointement.



La Haute Fidélité vue côté rue. Pour les réalisations autostéréo les plus prestigieuses, on n'hésite pas à avoir recours à d'énormes capacités jusqu'à 2 farads (2.000.000 µF !) pour abaisser l'impédance interne des batteries.



Vu à Las Vegas : le fauteuil qui parle. Le caisson de grave logé sous l'assise du siège garanti des basses physiques...



Le Minidisc de seconde génération, au format baladeur ou salon. Des résultats plus satisfaisants que sur la première...

numérique tout en conservant les avantages du son multipiste : recul du bruit de fond et marge dynamique considérablement améliorés, stabilité, fiabilité, parfaite séparation entre les canaux... Plusieurs principes de diffusion multicanaux numériques ont pu ainsi voir le jour et continuent tant bien que mal de coexister même s'il semble maintenant établi que le système Dolby SR-D (Spectral Recording Digital) ait pris le dessus dans l'équipement des salles de cinéma "haut de gamme".

Juste retour des choses, il serait aujourd'hui bon de voir la haute-fidélité tirer enfin avantage de la percée technologique effectuée dans les salles obscures.

La haute-fidélité de l'an 2000

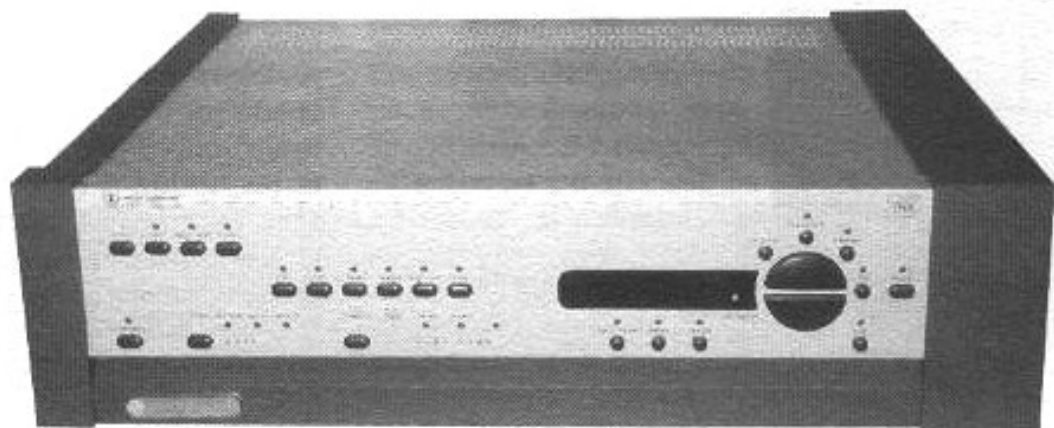
Depuis quelques temps déjà, quelques événements en apparence anodins ou presque, ayant eu lieu un peu partout à travers le monde, semblent se rejoindre à travers un seul objectif : la diffusion d'un message sonore multicanaux. Le Home Theater avec son décodeur Dolby Surround Pro-Logic a certainement mis le feu aux poudres, même si ses applications étaient plutôt réservées à la diffusion de bandes sonores de films. Cependant, il est certain qu'après avoir assisté à des démonstrations audio-vidéo de qualité, l'envie nous prend de voir s'appliquer des principes similaires pour la reproduction seule de la musique. En l'espace de moins d'un an, tous les constructeurs



Pour les amateurs de panneaux électrostatiques désireux d'évoluer vers un Home Theater en harmonie, Apogee Acoustique présentait son "Ribbin Wall", enceinte centrale hybride électrostatique : électrodynamique encastrable.



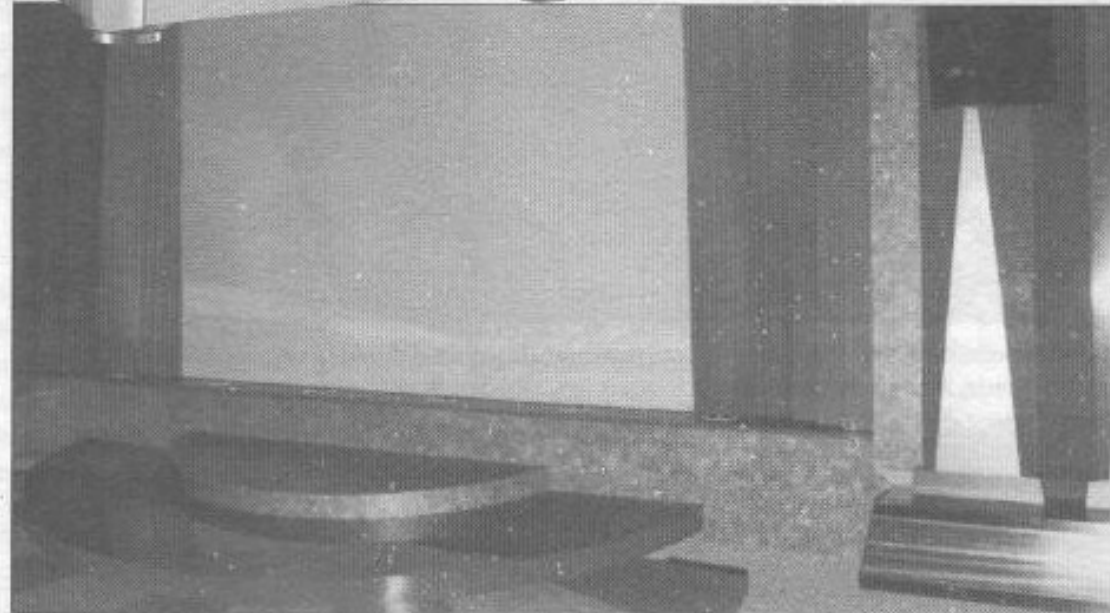
Le nec plus ultra chez Infinity porte désormais un nom, Epsilon, enceinte quatre voies au gabarit impressionnant, constituée d'un boomer 31cm à membrane polypropylène/graphite, et de trois HP isodynamiques pour les bas médium, médium et tweeter, respectivement appelés L-EMIN, EMIN et EMIT.



Madrigal Proceed : un décodeur audio-vidéo Dolby Pro Logic plus THX de très haute volée.



Après les "Muses d'or" accordées aux DA-S1/DP-S1 associés pour la lecture de CD et les blocs de puissance POA-S1, vient d'apparaître le pré-ampli avec alimentation séparée PRA-S1.



La "télé" lorgne du côté du cinéma. Ici, une démonstration Audio-Vidéo avec son THX orchestrée par Onkyo. Coût du système clef en main (3 HP avant, un subwoofer, 2 HP arrière plus l'amplificateur intégré multicanaux et décodeur Dolby/THX) : environ 50 000 F.



Eugenex conçoit des médium /aigu à ruban, chargé par pavillon en pierre synthétique. Ecoutes fantastiques.

Grand Public, légendaires, mythiques, se sont investis avec une énergie que l'on n'avait plus vue depuis l'apparition des premiers lecteurs laser dans la commercialisation de systèmes multicanaux : McIntosh, JBL, Madrigal Proceed, Marantz et tous les grands constructeurs asiatiques en général ont fini par se rendre compte du formidable potentiel de vente qu'allait représenter ce nouveau créneau de marché. La conjonction de leur efforts s'est retrouvée récemment au dernier CES de Las Vegas. C'est là que la machine s'est emballée.

Deux stands y ont particulièrement capté notre attention. Le premier était né de l'association entre Pioneer, principal acteur

du Home Theater et des laboratoires Dolby, largement impliqués dans tous les stades de la diffusion sonore, aussi bien dans les cinémas que chez le particulier. La démonstration mettait en œuvre un système tout à fait radical avec un décodeur de type Dolby AC-3, directement issu du procédé SRD de cinéma. Ce système de diffusion, qui n'était pas encore disponible sur le marché (et ne le sera pas avant quelque temps), offre au particulier la possibilité d'écouter chez lui une bande son composée de 5 pistes réelles + 1 canal subwoofer, soit 6 au total, par opposition au Dolby Surround Pro-Logic sur lequel les 4 canaux étaient obtenus par le biais de 2

pistes matricées et décodées. Paradoxalement, le second stand était tenu par ces sorciers de l'image et du son, ceux de la LucasFilm chez qui les prouesses cinématographiques ne se comptent plus. La LucasFilm, est, rappelons-le, créatrice du procédé de diffusion THX. Elle proposait cette fois un système 5 pistes expérimental (qui se ralliera très probablement au standard Dolby AC-3). Bien sûr, la démonstration mettait en vedettariat quelques films célèbres comme le redoutable "Jurassic Park", ou quelques extraits du "Dracula" de Coppola. Ces démonstrations privées avaient de quoi vous faire dresser les cheveux sur la tête. Il est plutôt désagréable que l'on puisse vous donner l'illusion qu'un tyranosaure vous marche sur les pieds ! Le plus intéressant était de constater que ces surdoués du cinéma avaient aussi prévu à leur programme des passages musicaux... sans images. Il serait assez improbable que la Lucas Film, qui compte aussi quelques géants du marketing, n'ait pas en tête quelques débouchés commerciaux, ou que cette représentation n'ait été là que par le simple fait du hasard...

Toujours au chapitre "le hasard n'existe pas", ces démonstrations coïn-

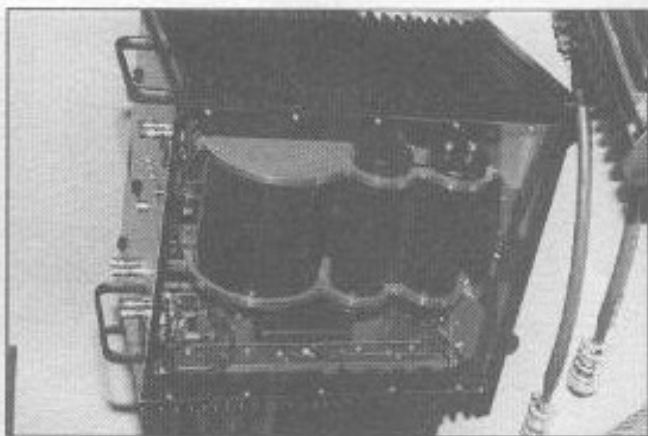
cidaient curieusement avec la télévision numérique DSS (Digital Satellite System) avec, comme principal artisan, notre Thomson national qui devrait à terme introduire, devinez quoi, "l'Arlésienne" de la décennie, c'est-à-dire la Télé-Vision Haute-Définition. Par hasard, les Laboratoires Dolby (encore eux) viennent tout juste d'éditer un petit fascicule sur lequel est clairement indiqué que la Haute-Définition made in USA aurait retenu dans sa formule le décodeur Dolby AC-3... Or, il faut savoir que si la bataille opposant toujours les industriels européens, japonais et américains sur le standard de cette image haute-définition est encore d'actualité, un consensus existe par contre quant à la normalisation de la diffusion sonore. Ayant pour dénomination 5.1, c'est-à-dire 5 canaux principaux + 1 canal grave optionnel, il est fort possible que l'AC-3 vienne troubler la quiétude de nos foyers et de nos voisins.

Du cinéma à la Haute-Fidélité

Pour cerner un peu plus le problème, quelques fabricants se sont livrés à différentes "petites expériences publiques" qui nous ont mis la puce à l'oreille. Nous pensons tout particulièrement à celle effectuée par Cabasse aux studios de Radio France où l'on pouvait découvrir une première tentative très réussie de diffusion d'une symphonie enregistrée en multipistes. Cette expérience a été réitérée



Percée des écrans plats comme ce Panasonic d'environ 6 cm d'épaisseur pour 55 de diagonale.



Exemple de ce qu'il faudrait toujours faire. Voici le module d'alimentation d'un bloc mono d'un Jeff Rowland Model 9. Et il en faut deux comme celui-ci pour alimenter les deux blocs de puissance...



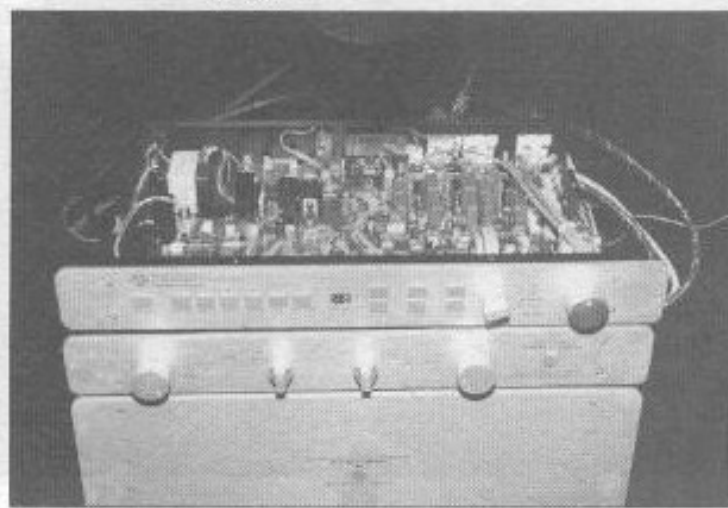
Une des plus belles écoutes de Las Vegas. Les enceintes ESP à radiation frontale et arrière procuraient une scène stéréo d'un réalisme rare.



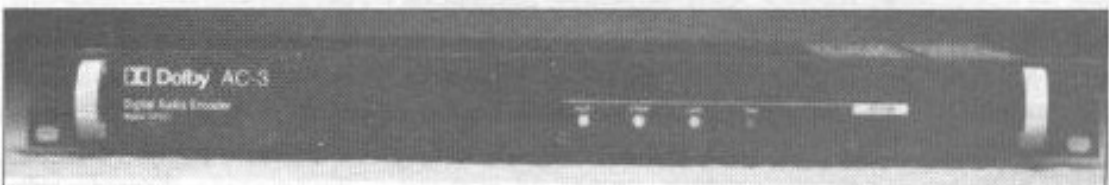
A Las Vegas comme à Paris, les systèmes A/V de JM Lab, ont partout fait sensation. Le caisson au premier plan s'avère particulièrement efficace.



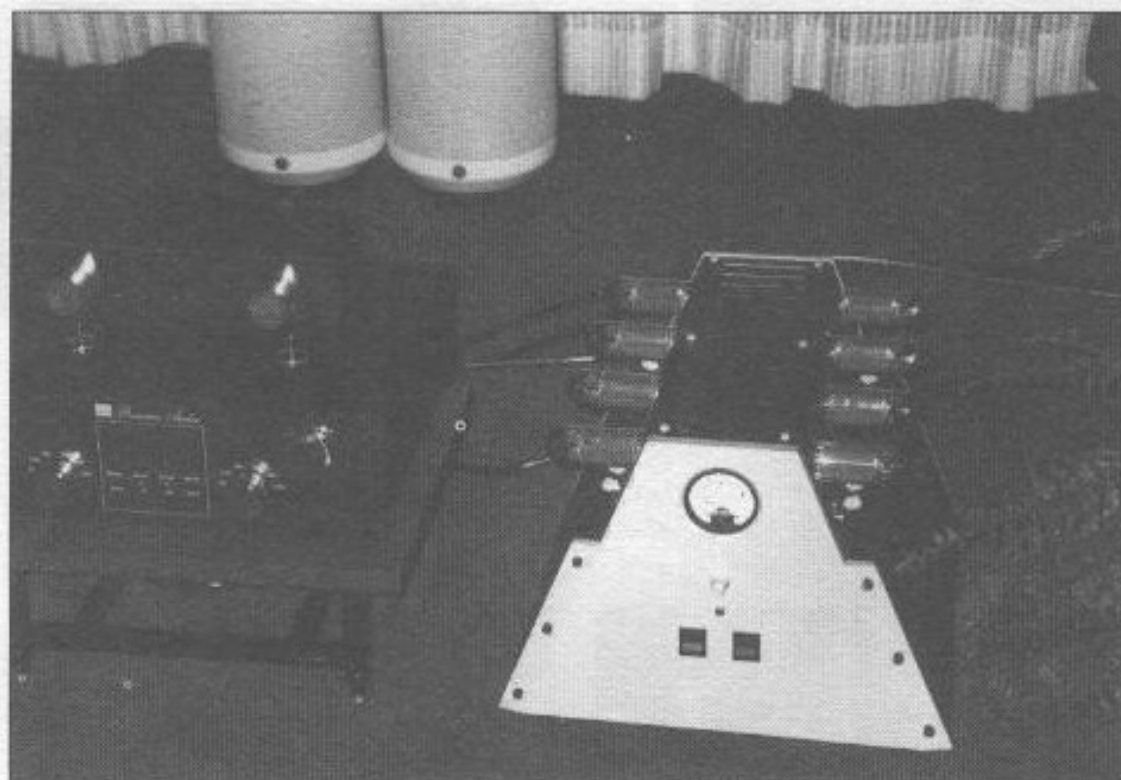
Le vidéoprojecteur monté sur chariot élévateur disparaît dans le plafond.



Tous les spécialistes traditionnellement "Hi-Fi" se mettent à l'audio vidéo. Ici Counterpoint avec son processeur Dolby Surround Pro Logic et son amplificateur de puissance multi-canaux.



Le décodeur Dolby SR-D AC-3. Prochainement disponible aux USA, tout du moins pour le particulier.



Les Américains sont friands, on le sait, des gros V8. En voici une représentation à tubes sur la base de blocs mono avec quadruple push-pull de 6550



La firme Nordost à qui l'on doit déjà les excellents câbles Flatline vient de sortir de ses cartons le modèle Blue Heaven constitué de 72 conducteurs en argent sous isolant téflon.

quelques semaines plus tard au Salon Hi-Fi 94 de mars dernier où le public aura eu tout loisir de découvrir les bienfaits de la pentaphonie. Plus de 65 ans après les chercheurs de Bell Laboratories, il semble que la définition

même de la stéréophonie soit toujours identique, comme nous le précisait le sympathique animateur du stand Cabasse, à savoir en substance qu'entre "deux points ne pouvait passer qu'une droite, qu'entre trois on pouvait

élaborer une surface et qu'entre quatre seulement un volume". Les conséquences d'une "association" Cabasse-Radio France annonce des répercussions directes très officielles mais néanmoins suffisamment expli-



Rack audiovidéo typiquement haut de gamme : lecteur laser-disc, amplis, doubleur de lignes Faroudja.

cites qui permettraient d'envisager la diffusion de programmes radiodiffusés en numérique par satellite, le DBS (Digital Broadcast Satellite), en mode multicanaux. Toujours dans la même brochure, Dolby annonçait par ailleurs que la première station émettant en DBS avait retenu l'AC-3 pour la diffusion de ses programmes audio.

De l'analyse de ces faits ressort clairement que la télévision et la Haute-Fidélité pourraient emprunter le même canal pour parvenir jusqu'au particulier, non seulement à travers les airs mais aussi grâce à des appareils permettant de diffuser ces deux médias. En tout état de cause, il est fort probable qu'après être passée de la monophonie à la stéréophonie, la Haute-Fidélité, entraînée dans le sillage de la télévision, devrait passer sous peu à l'étape supérieure.

**Page non
disponible**

LOGICIEL AUDIOBASE

Philippe Hiraga



Publié depuis 1977, le magazine *L'Audiophile* est la seule revue française consacrée à la haute-fidélité haut de gamme. Les 70 numéros parus représentent un volume considérable d'informations techniques avec près de 900 articles.

L'électroacoustique faisant appel à des sciences exactes, les articles anciens sont souvent encore d'actualité, toutefois les schémas, plans, courbes... se comptant par centaines, la recherche manuelle de l'un d'entre eux est toujours problématique avec un résultat incertain.

A quoi sert le logiciel Audiobase ?

Le logiciel Audiobase a été spécialement conçu pour gérer cette masse d'informations. Il ne donne ni schéma ni article mais il dispose de puissantes fonctions de recherche. A partir d'un mot, d'un nom propre, d'un sujet, il permet la localisation quasi-instantanée d'un ou plusieurs articles du magazine. Il dispose également d'une fonction de liste qui permet de mieux connaître le contenu des 70 numéros parus.

Configuration requise

Il est prévu pour fonctionner sur micro-ordinateur IBM PC/PS et compatibles et s'utilise sous MS-DOS ou Windows.

A l'opposé de la tendance actuelle, Audiobase est peu exigeant au niveau du matériel, il tourne fort bien sur des machines considérées aujourd'hui comme totalement "obsolètes".

La configuration minimale est : microprocesseur 8088 ou 8086, 128 ko de mémoire vive, 1 lecteur 5 pouces 1/4 de 360 ko, écran mo-

nochrome ou couleur, système d'exploitation MS-DOS 3.10 ou ultérieur. Un disque dur n'est pas nécessaire pas plus qu'une carte graphique évoluée car le logiciel n'utilise que le mode texte.

Bien entendu, le fonctionnement du logiciel sera plus rapide si l'utilisateur dispose d'un ordinateur équipé d'un processeur 80286, 80386, 80486 et d'un disque dur.

Le logiciel est livré en standard sur une disquette de 3 pouces 1/2 de 1,44 Mo ou une disquette 5 pouces 1/4 de 1,2 Mo. Sur demande, il peut être livré sur deux



disquettes 3 pouces 1/2 de 720 ko
ou quatre disquettes 5 pouces 1/4
de 360 ko.

- Le nom du ou des auteurs.
- Le numéro de page.
- Une liste plus ou moins importante de mots clés. Ce ne sont pas des mots comme "amplificateur", "tube", "haut-parleur" qui permettent de retrouver un article car ceux-ci peuvent se trouver dans n'importe quel article. Les "mots clés" sont les noms propres, les noms de marques, les références de matériels et de composants, les noms de procédés et de techniques, etc., extraits de l'article et qui permettent de l'identifier avec certitude. C'est un des points forts et une originalité du logiciel Audio-base.
- Une rubrique soulignant les points importants, notamment la nature des schémas ou des figures.
- Une liste des sujets traités. Les articles étant classés selon 38 sujets

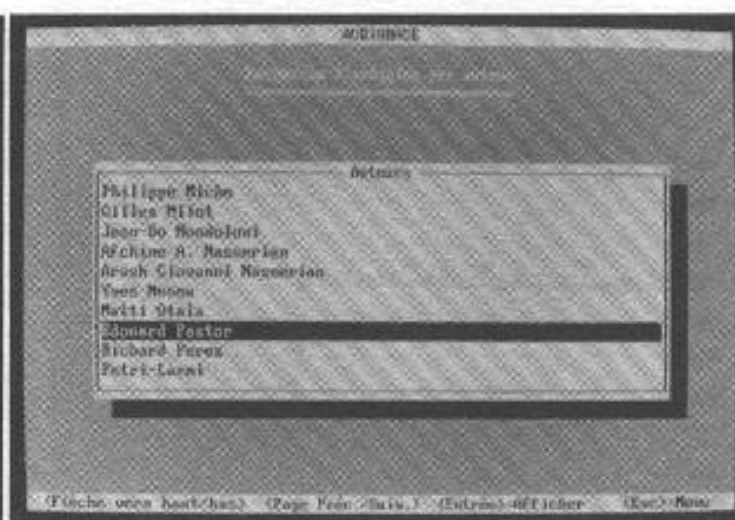
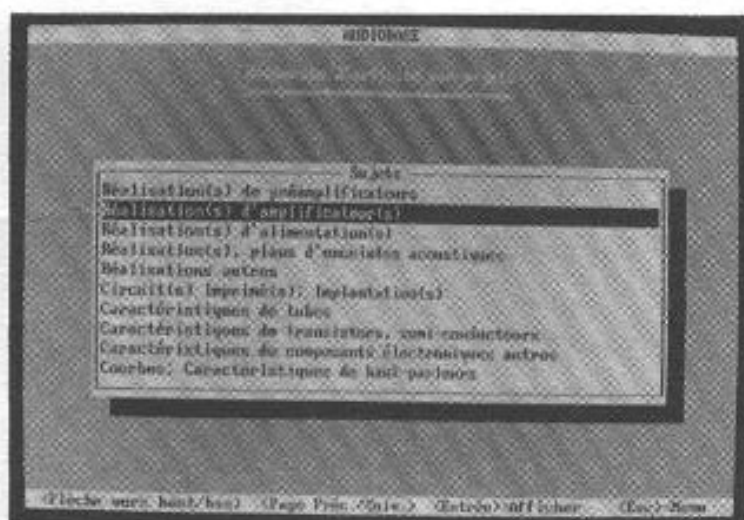
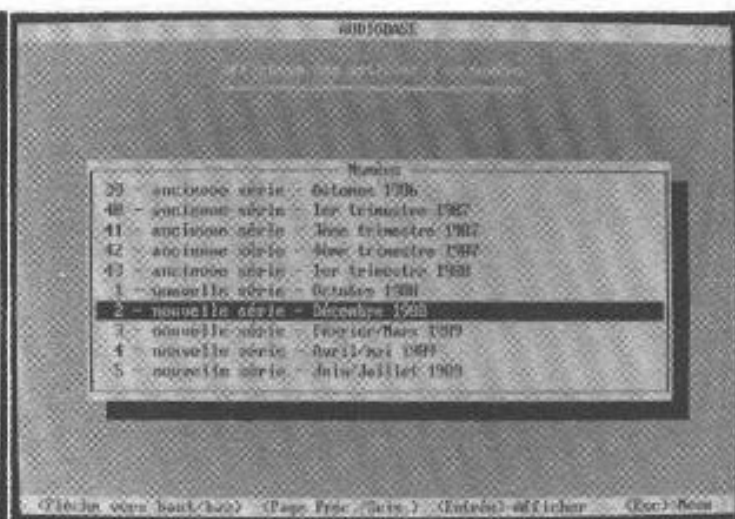
Comment fonctionne Audiobase ?

Pour chaque article de *L'Audio-ophile*, le logiciel utilise une "fiche d'information". Il ne s'agit pas d'un résumé, mais d'une sorte de fiche d'inventaire de l'article. L'ensemble des fiches forme une base de données de près d'un million de caractères. Chaque fiche contient :

- Le numéro de *L'Audiophile* et la série "Ancienne" ou "Nouvelle".
- La date de parution.
- Le titre de l'article, suivi éventuellement du sous-titre.
- La rubrique à laquelle il appartient ("Techniques sonores", "Acoustique", "Théories")

- La recherche par mots clés.
- L'affichage des articles d'un numéro.
- La recherche d'articles par sujet.
- La recherche d'articles par auteur.
- La recherche d'articles par titre.

Le choix d'une fonction s'effectue avec les touches de fonction ou



les flèches de direction. A tout moment, la ligne d'état située en bas de l'écran indique les touches utilisables.

La recherche par mots clés

Une fenêtre permet de saisir un texte de 1 à 24 caractères. Il est possible de taper une marque, une référence de haut-parleur, de transistor, etc., même incomplète. La recherche s'effectue à partir du premier numéro ; si le texte existe, la fiche du premier article trouvé est obtenue après quelques instants. La recherche peut être poursuivie jusqu'au dernier numéro paru.

Afin d'aider et d'orienter la recherche, un lexique des mots clés se trouve en annexe du manuel fourni avec le logiciel, il contient plus de quatorze mille marques, références, noms de personnes, de

techniques, etc., citées au moins une fois dans *L'Audiophile* depuis 1977. Le nombre total de mots clés de la base de données dépasse cinquante mille.

Remarque

Les mots clés du logiciel Audio-base, en particulier noms de marques et références d'appareils sont conformes à celles des constructeurs. Exemple : il faudra taper "Mc Intosh" et non "Mac Intosh" ou "Macintosh".

Exemple

Recherche des articles où il est question du moteur à chambre de compression JBL 2441, dans le but de trouver toutes les informations concernant ses performances, son évolution et son utilisation. Comme il est intéressant de connaître également les informations au sujet du moteur JBL 2440, on tapera JBL 244, on obtiendra ainsi les fiches

où figurent "JBL 2440" et "JBL 2441".

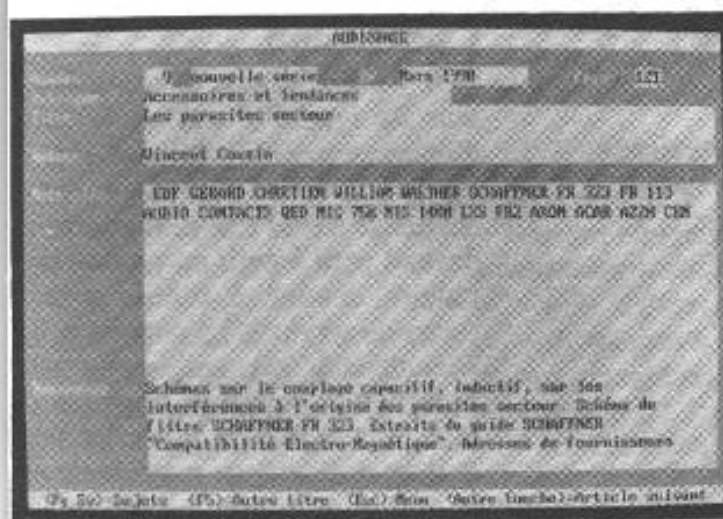
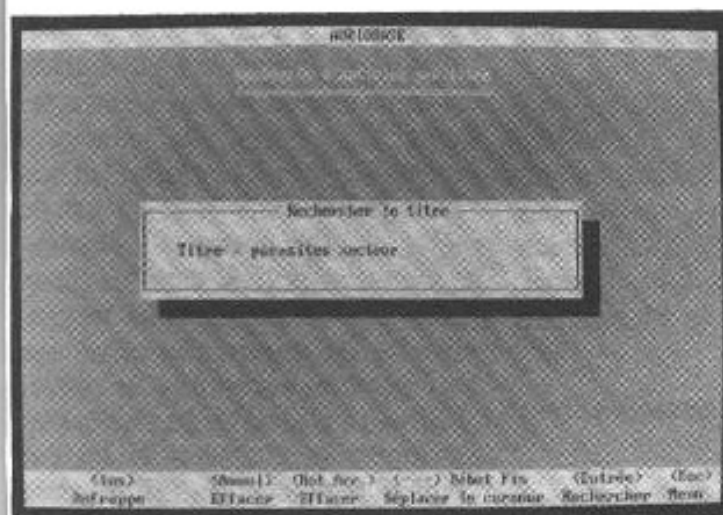
Lancer la recherche. Une fenêtre donne au fur et à mesure les numéros dans lesquels s'effectue la recherche, à commencer par le plus ancien.

Lorsque la première occurrence du mot clé est trouvée, le logiciel donne la fiche de l'article.

La première lettre du mot recherché clignote dans la liste des mots clés, ce qui permet de vérifier s'il y a bien correspondance entre le texte recherché et le mot clé obtenu.

Une deuxième page écran permet d'obtenir les sujets traités par l'article, ainsi que le nombre de figures, photos et oscillogrammes éventuellement.

La recherche peut être poursuivie. Lorsque tous les numéros ont été explorés, un message et un bip



Photos obtenues sur écran monochrome, des différents modes de recherche en logiciel Audiobase. Le logiciel démarre en tapant la commande "AUDIO" dès que l'indication MS-DOS apparaît sur l'écran. Le menu affiche alors 4 modes de recherche : par mots clés, par sujet, par auteur, par titre d'article, ainsi que l'affichage de tous les articles contenus dans un des 70 numéros parus jusqu'à présent. Ce logiciel fera l'objet de mises à jour régulières.

sonore annoncent la fin de recherche.

Dans l'exemple, 9 fiches d'articles sont obtenues avec le mot clé "JBL 244". Ces articles donnent notamment des courbes de réponse, de directivité, de distorsion, avec et sans pavillon ainsi que le plan d'une réalisation de pavillon de type Iwata de 85 cm pour ce moteur à chambre de compression.

Remarque

Il est nécessaire de taper un texte précis pour obtenir un article précis car un mot comme AUDIO donne des dizaines de fiches où figurent les mots AUDIO : DYNAUDIO, AUDIOMECA, AUDIO-TECHNICA, AUDIO RESEARCH... Pour affiner la recherche, le texte tapé peut commencer par un espace ou en contenir plusieurs.

Affichage des articles d'un numéro

En choisissant dans une liste déroulante un numéro, on obtient les fiches de tous les articles de ce numéro.

Exemple

Que contient le numéro 43, ancienne série de *L'Audiophile* ? Demander la fonction d'affichage d'un numéro. Choisir dans la liste déroulante le numéro "43 ancienne série 1er trimestre 1988", on obtient la fiche du premier article de ce numéro dont le titre est "Amplificateur hybride Pacific", puis les fiches suivantes.

La première fiche est obtenue instantanément. Il est possible de revenir en arrière jusqu'au premier article du numéro.

La recherche d'articles par sujets

Cette fonction permet de retrouver les articles traitant d'un sujet précis. A cet effet, tous les articles de *L'Audiophile* ont été classés selon un ou plusieurs des 38 sujets suivants :

- Théorie des préamplificateurs
- Théorie des amplificateurs
- Théorie des alimentations
- Théorie des haut-parleurs ou enceintes acoustiques
- Schéma(s) de préamplificateur(s)
- Schéma(s) d'amplificateur(s)
- Schéma(s) d'alimentation(s)
- Schéma(s) de filtre(s) passif(s)
- Schémas autres que ampli, pré-ampli, alim., filtre
- Réalisation(s) de préamplificateur(s)
- Réalisation(s) d'amplifica-

teur(s)

- Réalisation(s) d'alimentation(s)
- Réalisation(s), plans d'enceintes acoustiques
- Réalisations autres
- Circuit(s) imprimé(s) ; Implantation(s)
- Caractéristiques de tubes
- Caractéristiques de transistors, semi-conducteurs
- Caractéristiques de composants électroniques autres
- Courbes ; Caractéristiques de haut-parleurs
- Courbes d'enceintes acoustiques
- Pavillons (Théorie ; Réalisation ; Caractéristiques)
- Formules de calcul
- Réalisations personnelles
- Technique des platines tourne-disques ou bras de lecture
- Technique des phonolecteurs
- Techniques numériques ou (et) du Compact-Disc
- Câbles de liaison ; Connectique
- Matériels et produits ; Nouveautés ; Comptes rendus d'exposition
- Matériel de mesure
- Acoustique architecturale ; Isolation phonique
- Installations audiophiles ; Auditoriums
- Audition ; Stéréophonie ; Psychoacoustique
- Ecoute critique
- Interview ; Personnalités
- Critique de disques
- Musique (Compositeurs ; Interprètes ; Instruments, etc.)

- Technique du Cinéma ou (et) de la Vidéo.

Par exemple le sujet "Pavillons (Théorie ; Réalisation ; Caractéristiques)" donnera les articles traitant d'installations, plans, réalisations personnelles, études théoriques avec formules de calcul, écoutes critiques, courbes de réponse de pavillons.

La recherche d'articles par auteur

Donne les fiches de tous les articles écrits par un auteur choisi dans une liste déroulante de plus de 110 auteurs triés sur le nom patronymique.

La recherche d'articles par titre

Cette fonction permet de retrouver des articles en tapant un mot, même en partie, susceptible de figurer dans un titre d'article. Elle est identique à la recherche par mots clés. La recherche s'effectue dans les titres mais également dans la rubrique sous-titre parfois dans l'en-tête de l'article mais pas dans le sommaire du magazine.

Exemple

Il existe dans *L'Audiophile* au moins un article traitant de parasites secteur. Comment le retrouver ? demander la recherche par titre puis taper le mot "secteur". après un court instant, le logiciel donne la fiche de l'article où il est question des parasites secteur et de leurs remèdes.

Remarque

Pour que la recherche aboutisse, il est nécessaire de taper correctement les noms de marques (exemple : "Mark Levinson" et non "Mark LEVISON"), il en est de même pour les quelques références de matériels utilisés dans les titres, il faut également respecter les majuscules ou minuscules ainsi que les caractères accentués. Se référer si besoin au lexique des mots clés en annexe de ce manuel. Le lexique contient les mots clés utilisés dans les titres.

Conclusion

Il y a dix ans un micro-ordinateur de type PC coûtait le prix d'une automobile. Aujourd'hui, il est dix fois moins cher tout en étant cinquante à cent fois plus rapide. Il devient petit à petit un produit populaire destiné à rendre toutes sortes de services. La collection de *L'Audiophile* est unique en son genre, elle méritait un outil informatique capable de gérer ses 900 articles et d'indiquer rapidement où se trouve un schéma, un banc d'essai, une courbe. Bien entendu, le logiciel Audiobase fera l'objet de mises à jours régulières.

La vente de cet outil précieux sera assurée par la Maison de *L'Audiophile* à Paris. Toute l'équipe de la rédaction remercie chaleureusement Philippe Hiraga pour cet énorme travail de compilation qui s'est étendu sur plusieurs années.

Point de repère

ABAQUES

Jean Hiraga

D

ans bien des domaines comme en électroacoustique les abaqes mettent en relation plusieurs paramètres et permettent de trouver la valeur prise par l'un d'entre-eux à partir d'un ou de plusieurs autres ou bien de les faire coïncider tout en évitant des calculs parfois fastidieux.

Nos lecteurs en trouveront quelques uns dans cet article. Ils concernent essentiellement les haut-parleurs.

Les haut-parleurs, transducteurs électro-mécano-acoustiques font appel à différents principes de transduction, le plus populaire étant le haut-parleur électrodynamique à aimant permanent. Conçu d'après la base célèbre de Rice-Kellogg, il est constitué d'un circuit magnétique pourvu d'un entrefer circulaire. Dans celui-ci plonge une bobine mobile reliée à une membrane montée sur une suspension et centrée à l'aide d'un spider. Aux débuts de l'électro-acoustique, les amplificateurs à tubes étaient de puissance très modérée, de l'ordre de quelques watts. Ceci explique pourquoi les ingénieurs de l'époque s'attachèrent tant à la notion

d'efficacité, de sensibilité, de rendement des haut-parleurs. A la fin du siècle dernier et au début de ce siècle, les premiers haut-parleurs faisaient usage d'écouteurs téléphoniques chargeant des cornets acoustiques. Malgré une assez bonne sensibilité, ils n'offraient qu'une qualité sonore médiocre. Il fallut attendre le milieu des années 20 pour voir apparaître grâce aux laboratoires de la Bell Labs et à la firme américaine Western Electric les premières vraies chambres de compression de qualité associées à des pavillons parfaitement étudiés. Ainsi, la célèbre chambre de compression Western Electric 555W assura-t-

elle, dès 1928, en association avec le grand pavillon WE 15A un rendement avoisinant les 60% ainsi qu'une excellente linéarité de réponse en fréquence dans une plage comprise entre 100 Hz et 8 kHz environ. Ces recherches aboutirent très vite à des résultats spectaculaires et précoces à la fois vu que la Bell Labs proposa dès 1931 un système de reproduction sonore ultrasophistiqué qui couvrait déjà les 30 Hz à 16 kHz à $\pm 1,5$ dB près. Plus tard, l'arrivée des aimants permanents, appelés "aimants japonais" à leurs débuts changea très vite la situation. On attacha une importance de plus en plus grande à la miniaturisation, ceci aussi bien

pour les supports enregistrés que pour les appareils électro-acoustiques comprenant les lampes, les amplificateurs, les haut-parleurs et coffrets associés. Lentement mais sûrement et exception faite des matériels professionnels ou bien destinés à la sonorisation, on délaissa le rendement des haut-parleurs au profit d'une plus grande admissibilité en puissance, de coffrets aux dimensions plus réduites, de haut-parleurs de plus petit diamètre, ce qui eut pour conséquence une diminution sensible du rendement. Il y a 65 ans, le rendement d'une chambre de compression telle que la Western Electric WE 555W avoisinait les 60%, ce qui correspond à un niveau d'efficacité caractéristique voisin de 112 dB/m/W. De nos jours, le rendement des enceintes domestiques se situe dans une fourchette de valeurs comprises entre 0,25% et 1%, ce qui correspond à un niveau d'efficacité caractéristique compris entre 86 dB/m/W et 92 dB/m/W. Pour ces cas très courants, le reste de l'énergie appliquée aux bornes de l'enceinte, soit une valeur comprise entre 99 et 99,25% est transformé principalement en chaleur.

Efficacité et rendement

L'abaque de la figure 1 met en relation deux paramètres, l'efficacité, exprimée ici en % et le niveau d'efficacité caractéristique, le "rendement", exprimé ici en décibel à une distance de 1 mètre dans l'axe pour une puissance 1 watt. Cet abaque confirmera ce qui est dit ci-dessus, à savoir que la plupart des enceintes grand public ont une efficacité moyenne égale ou inférieure à 1%. Nous verrons plus loin que si l'on peut faire mieux, les exemples réels sont rares. Il suffira de consulter plus loin d'autres abaques relatifs entre autres à l'amplitude de déplacement de la surface active pour se rendre compte de deux évidences: le constructeur donne soit une donnée fausse ou

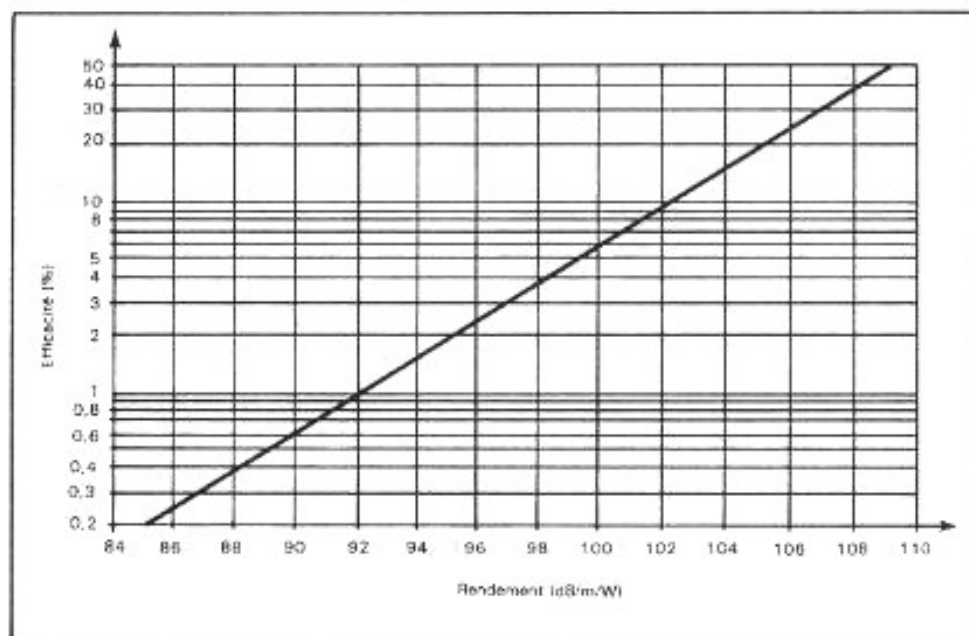


Fig. 1 : Abaque efficacité (%) / niveau d'efficacité caractéristique (rendement) en dB/m/W.

autre que celle de la norme internationale IEC 268-5, comme par exemple une mesure effectuée à 0,5 m au lieu de 1 m, soit une mesure qui correspond sur la réponse niveau/fréquence à une pointe. Le haut-parleur bien connu Altec 515B, par exemple, est donné pour un "rendement" de 103 dB dans l'axe à 4 pieds, soit 1,21 m. Or, des mesures précises montrent que la réponse niveau/fréquence de ce haut-parleur est relativement montante, sauf dans le cas d'une charge à l'aide d'un immense baffle plan ou d'un pavillon de très grandes dimensions. On s'aperçoit ainsi que ces 103 dB/m/W indiqués par le constructeur correspondent en fait à une valeur moyenne pour une plage de fréquences située entre 800 Hz et 2 kHz. Dans la bande "utile", comprise en général entre 40 Hz et 600 Hz, on obtient en fait sur charge bass-reflex munie d'une charge frontale complémentaire par amorce de pavillon un "rendement" qui ne dépasse guère les 98 dB/m/W, ce qui est déjà remarquable. Si, en comparaison, un constructeur annonce un rendement supérieur à cette valeur à partir d'un haut-parleur de diamètre très inférieur, 21 cm par exemple, chargé par un

volume lui-même très inférieur comme 30 litres par exemple, on s'aperçoit immédiatement qu'il s'agit d'une valeur impossible à obtenir: elle correspondrait, pour des fréquences de l'ordre de 40 ou 50 Hz, à un débattement de membrane l'ordre de 8 à 10 cm! (nous le verrons plus loin).

Puissance électrique et efficacité

Il est fort pratique de connaître la puissance qu'il faut appliquer aux bornes d'une enceinte acoustique pour un niveau sonore donné et pour un modèle d'enceinte dont on connaît le "rendement" réel. Si l'on dispose d'un sonomètre calibré, c'est en plus un excellent moyen de vérifier si les spécifications données par le constructeur sont exactes. L'abaque de la figure 2 intègre les quatre paramètres qui concernent ce sujet précis: la puissance électrique en watts appliquée à l'enceinte, le niveau sonore obtenu dans l'axe à 1 m, l'efficacité de l'enceinte en % et son "rendement" équivalent en dB/m/W. Grâce à cet abaque, un simple coup d'oeil permet de constater par exemple que si l'on désire obtenir un niveau de

110 dB à 1 m dans l'axe à l'aide d'une enceinte dont l'efficacité est de 0,6 %; soit un "rendement" de 90 dB/m/W, il faut appliquer aux bornes de l'enceinte une puissance efficace de 100 watts. Si l'on utilisait dans les mêmes conditions une enceinte dont l'efficacité est de 2,5%, à savoir un "rendement" équivalent de 96 dB/m/W, la puissance qu'il faudrait appliquer aux bornes de cette enceinte pour obtenir le même niveau sonore de 110 dB à 1 m dans l'axe de celle-ci serait de 25 watts seulement. En prenant ces deux exemples, on note que dans le cas de l'enceinte dont l'efficacité est la plus faible, il faut appliquer à ses bornes 100 watts contre 25 dans l'autre cas. Le taux de distorsion harmonique étant directement lié à la puissance électrique appliquée aux bornes de l'enceinte, l'enceinte dont le rendement est le plus élevé aura toutes les chances de produire un taux de distorsion harmonique plus faible ou beaucoup plus faible que celle dont le rendement est moins bon. Par ailleurs, et comme on le verra plus loin, il est un fait incontournable qu'une enceinte dont le rendement est faible dissipe une part d'énergie thermique non négligeable au niveau des bobines mobiles des haut-parleurs qu'elle utilise. De ce fait, compte tenu du coefficient de température positif des bobines mobiles, une plus grande puissance appliquée aux bornes se traduit simultanément par une augmentation de température et, par la même occasion, d'une augmentation de l'impédance. Il en résulte, comme on le verra plus loin, pour les enceintes dont le rendement est faible ou très faible, un phénomène de compression de la dynamique. Plus le rendement de l'enceinte sera faible, plus on appliquera à ses bornes une puissance élevée et plus ce phénomène sera marqué. Rappelons à ce sujet que le phénomène de compression sonore n'est pas forcément désagréable à l'écoute pour autant. Il en

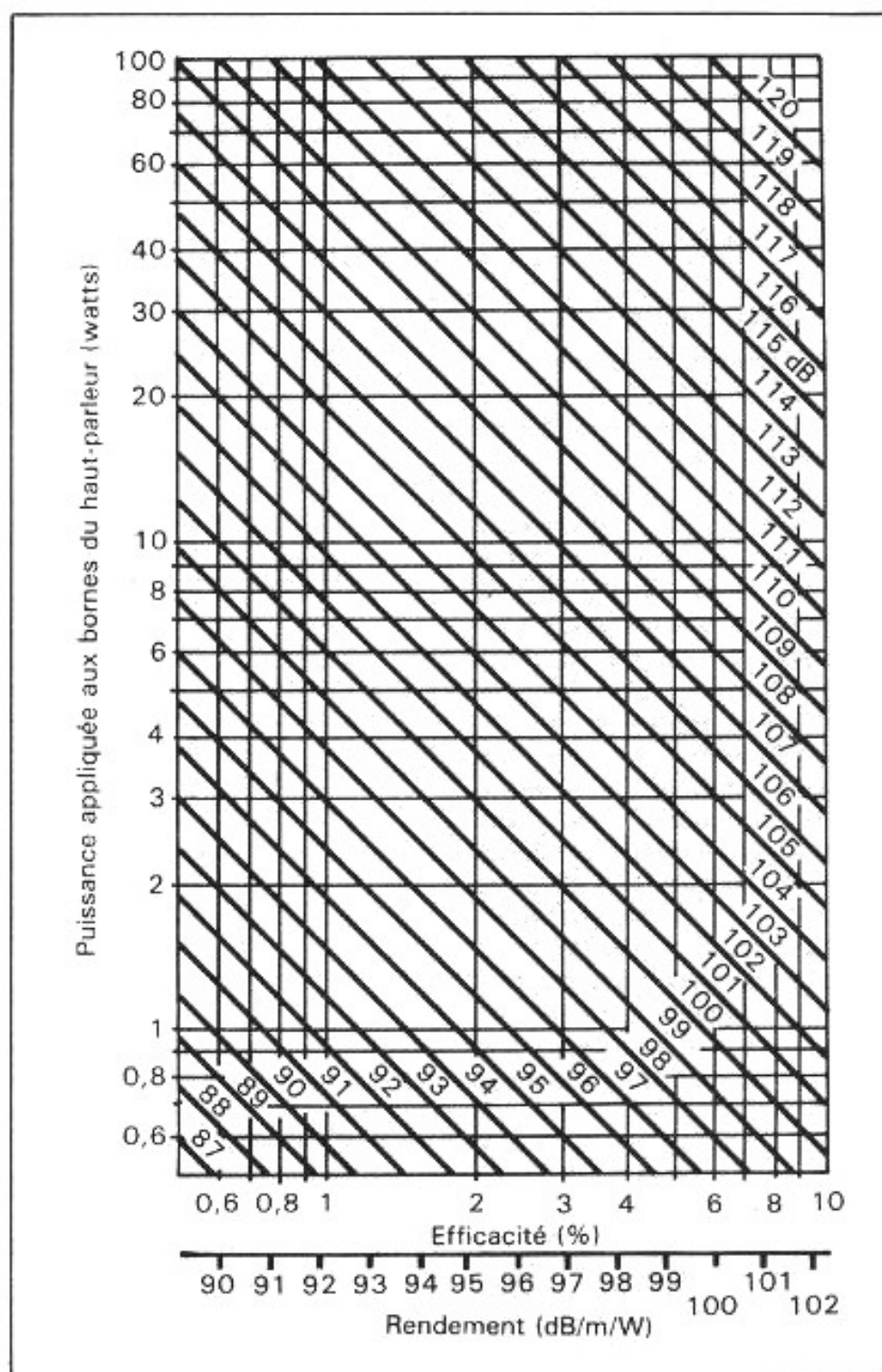


Fig. 2 : Abaque mettant en relation la puissance électrique en watts appliquée aux bornes de l'enceinte, le niveau sonore en dB obtenu à 1 m dans l'axe, l'efficacité en % de l'enceinte avec sa conversion en "rendement" (dB/m/W).

est fait largement usage en radio et nombreux sont les disques noirs sur lesquels il a été nécessaire de relever le niveau de gravure sur les pianissimi, ce afin d'éviter d'entendre les sons faibles couverts par le bruit de surface. On remarquera, dans le cas d'une enceinte de

rendement élevé de qualité et capable de délivrer sans saturation des niveaux sonores élevés, que l'on ressent sur de la musique des écarts entre les niveaux faibles et les niveaux forts plus importants qu'avec des enceintes de plus faible rendement. Le célèbre "Boléro" de

Maurice Ravel est édifiant à ce sujet, car il suffit de se "caler" dans un cas comme dans l'autre soit sur le pianissimo du début, soit le forté fortissimo de la fin pour mettre en évidence ce phénomène de tassement de la dynamique.

Puissance acoustique et puissance admise

Le paramètre de puissance acoustique est assez peu utilisé en haute fidélité, mais si l'on prend pour référence une pression acoustique égale à $0,0002 \mu\text{bar}$ pour 0 dB pour le seuil inférieur d'audition (norme ISO R 389 de 1964), on obtient une puissance acoustique équivalente égale à $10^{-16} \text{ watts/cm}^2$. Le seuil supérieur de douleur se situe vers 140 dB, soit $2\,000 \mu\text{bar}$ ou bien une puissance acoustique équivalente de $10^{-2} \text{ watts/cm}^2$. Un grand orchestre peut produire un niveau sonore de quelques 130 dB, avec des pointes en puissance acoustique avoisinant les 70 watts. Des voix, des instruments de musique pris isolément comme un ténor, un piano, un cor, une contrebasse, une flûte produisent des puissances acoustiques dont la valeur est comprise entre quelques 0,02 watt acoustique et un maximum de 0,5 watt (piano de concert). L'abaque de la figure 3 prend en compte les notions de "rendement" des haut-parleurs, leur caractéristique de linéarité de conversion en watts acoustiques, ceci par rapport à la puissance électrique appliquée aux bornes de ces haut-parleurs. Ces haut-parleurs ont été subdivisés en deux catégories seulement, ceci pour mieux illustrer leurs différences sur le critère de linéarité de conversion puissance admise/puissance acoustique rayonnée. A la partie inférieure de l'abaque figure la caractéristique de distorsion. Elle est proportionnelle à la puissance admise aux bornes de l'enceinte, ce qui signifie qu'à puissance acoustique égale,

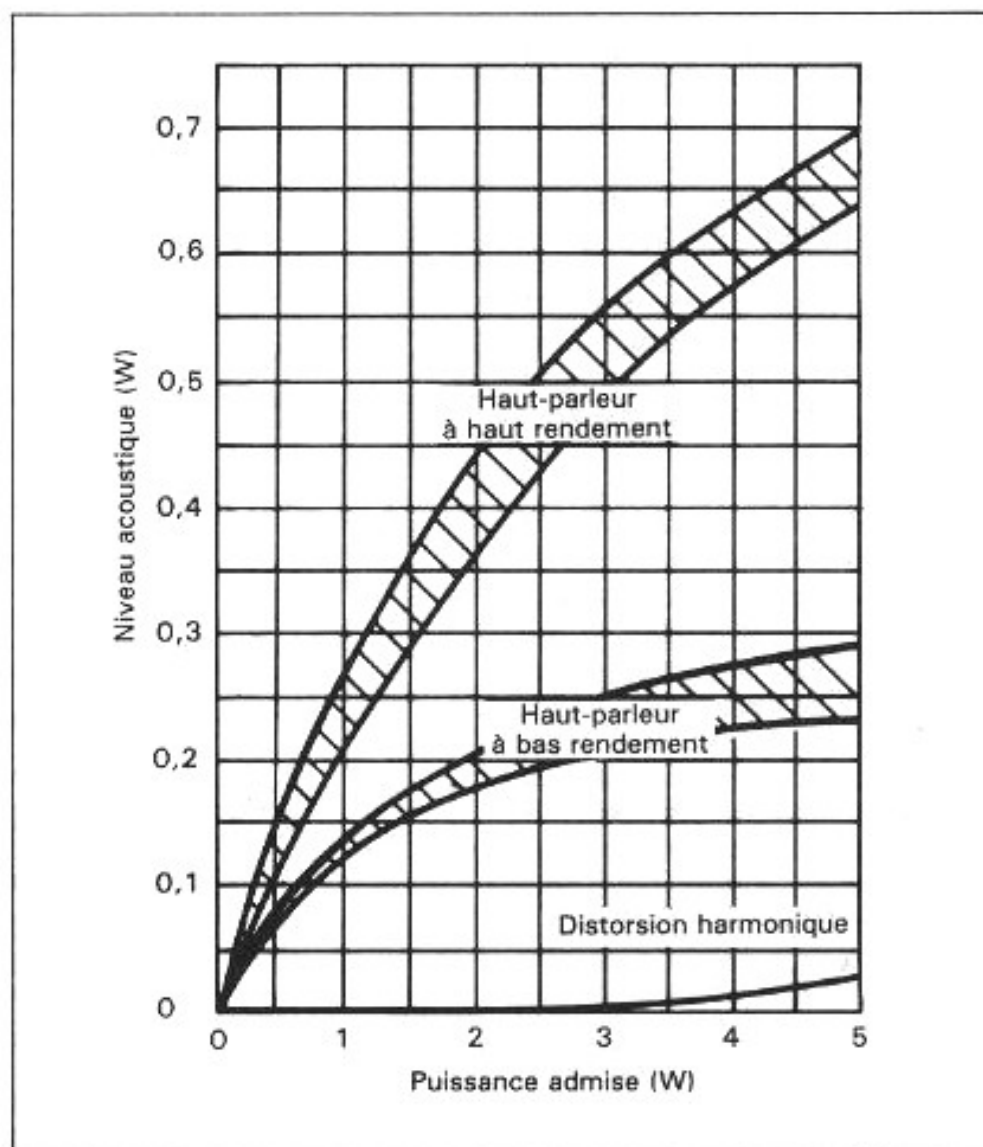


Fig. 3 : Abaque représentant la caractéristique de transfert puissance admise aux bornes de l'enceinte/puissance acoustique rayonnée, ceci pour deux catégories d'enceintes à rendement faible ou élevé.

l'enceinte dont le rendement sera élevé admettra à ses bornes une puissance moindre, en produisant par voie de conséquence moins de distorsion harmonique qu'une enceinte à faible rendement. Précisons toutefois qu'il existe au sein de chaque catégorie d'enceinte, différentes qualités avec un taux de distorsion qui peut varier sensiblement d'un modèle à un autre. Cet abaque ne représente qu'une valeur moyenne pour différents haut-parleurs. Il montre par exemple qu'à partir d'un modèle à faible rendement, une puissance électrique de 2 watts devrait produire une puissance acoustique voisine de 0,4 W, la non-linéarité

de conversion puissance électrique/puissance acoustique divisant approximativement 0,4 W par 2 soit 0,2 W environ. Avec un haut-parleur à rendement élevé, ce phénomène de "tassement" de la dynamique est beaucoup moins prononcé, vu que l'on obtient 0,4 W acoustiques pour 2 watts électriques admis aux bornes de l'enceinte. Si l'on s'en tient à des niveaux d'écoute "domestiques", ce phénomène de tassement de la dynamique est, fort heureusement moins prononcé mais n'est pas inexistant pour autant. Précisons encore que, si en présence d'une paire d'enceintes à faible rendement, on se "cale" sur le niveau acoustique

le plus élevé permis par celles-ci, le seuil inférieur se trouvera relevé, ce qui permettra d'entendre toujours aussi bien les "petits sons", l'écart entre les extrêmes se trouvant par contre plus ou moins diminué. Ajoutons ensuite qu'il existe en plus, principalement sur les enceintes à faible rendement, un paramètre dont on ne fait jamais état. On pourrait le baptiser "seuil inférieur de sensibilité", c'est-à-dire la puissance admise en deçà de laquelle on peut considérer que le haut-parleur ne produit plus aucun son. Il se constate sur les transducteurs équipés de circuits magnétiques peu puissants assortis d'une membrane fortement amortie (matériau, amortissement mécanique). Il faudrait à ce titre pouvoir établir un abaque qui prendrait en compte cette conversion puissance admise/puissance acoustique rayonnée depuis sa naissance.

Volume de "référence"

La mesure des haut-parleurs s'effectue généralement à l'aide d'un baffle ou d'une enceinte normalisée. Pour les haut-parleurs grave, la courbe de réponse niveau/fréquence la plus étendue dans le bas du spectre s'obtient toutefois sur baffle dit "infini". C'est dans ces conditions que l'on obtient également les meilleurs chiffres de distorsion et également la meilleure réponse transitoire. Dès 1961, G.A. Briggs en faisait déjà état dans son ouvrage traduit en français intitulé "Haut-parleurs" (chapitre "transitoires", page 228). Comme on le sait sans doute et par rapport à cette condition quasi-optimale, la charge en enceinte close dégrade de façon plus ou moins sensible ces performances de linéarité et d'étendue de la réponse en fréquence dans le bas du spectre, de distorsion et de réponse transitoire. On appelle volume de référence un volume clos de valeur telle que l'on n'observe plus de différence par rapport à la condition idéale d'une charge sur

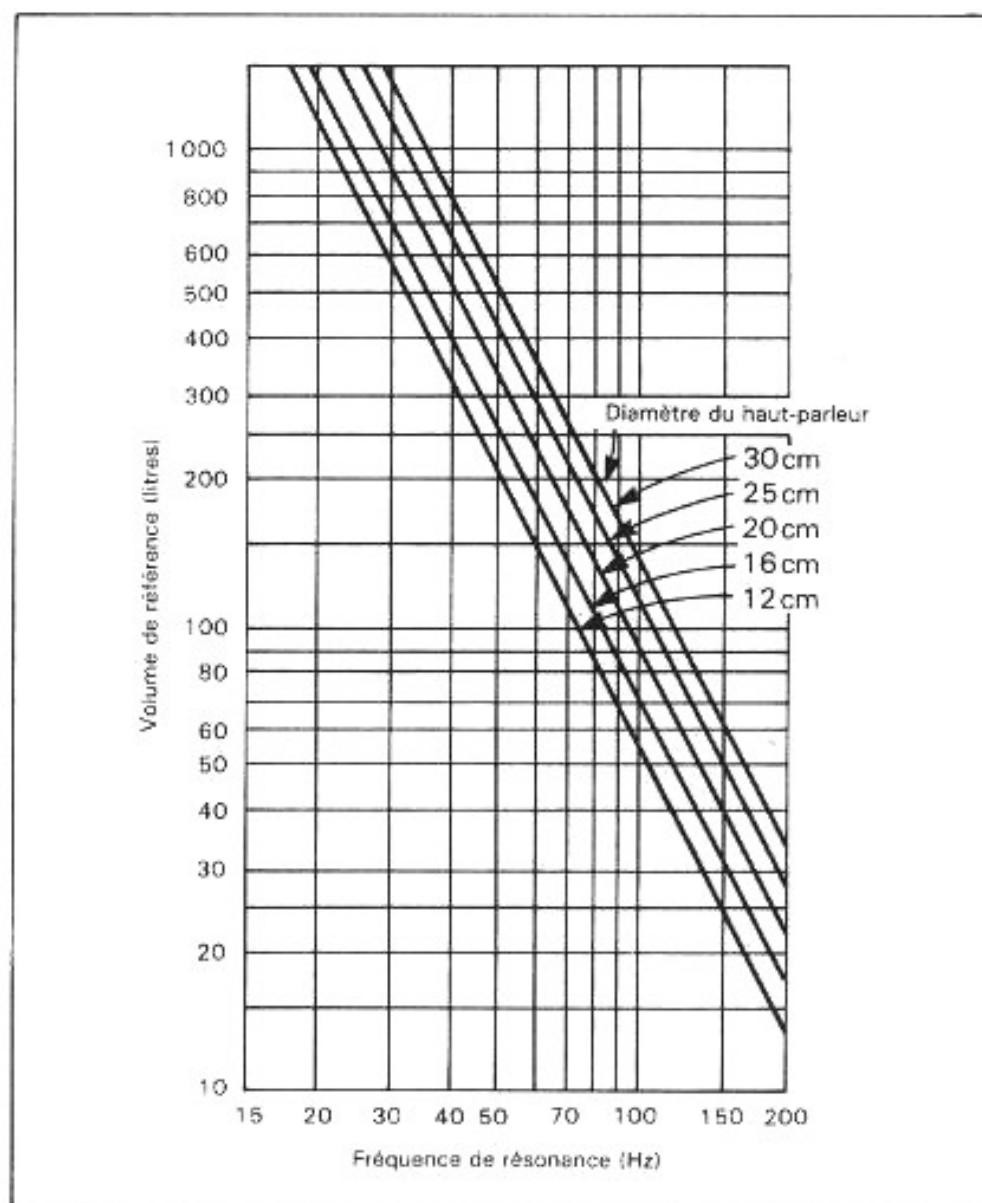


Fig. 4 : Abaque du "volume de référence" d'une enceinte close. C'est le volume critique à partir duquel les performances du haut-parleur peuvent être assimilées à celles qui seraient obtenues sur baffle infini.

baffle infini. Cette valeur reste, comme le montre l'abaque de la figure 4, étroitement liée au diamètre de la surface active du transducteur. Bien que l'on ne prenne pas en compte ici d'autres paramètres généralement liés à la conception d'une enceinte close, on remarquera d'après cet abaque que pour un haut-parleur de diamètre 20 cm dont la fréquence de résonance à l'air libre est de 30 Hz, un volume clos de 900 litres s'avère nécessaire pour obtenir des performances assimilables à celles obtenues sur baffle infini. Pour un haut-parleur de 16 cm dont la fréquence de résonance est de 50 Hz, le volume de

"référence" atteint malgré tout quelques 260 litres, ce qui représente une valeur 10 à 30 fois supérieure à celles habituellement rencontrées parmi les enceintes "Grand Public".

Abaque niveau sonore/diamètre du haut-parleur grave/excursion de la bobine mobile/fréquence à reproduire

Cet abaque est fort intéressant car il est valable pour n'importe

Toujours à propos de cet abaque, on voit également que pour obtenir un niveau de 106 dB à 1 m dans l'axe, à la fréquence de 40 Hz, ce à partir d'un haut-parleur de 20 cm de diamètre, l'amplitude de déplacement de la surface active de la membrane de celui-ci avoisinerait les 20 mm. Autant dire que les haut-parleurs capables d'une telle excursion en mode linéaire sont pour ainsi dire introuvables, la course linéaire se situant en moyenne entre 2 et 8 mm. On peut consulter à ce propos un article paru dans *L'Audiophile*, ancienne série, n° 6, page 64. Signalons encore à ce sujet qu'une excursion importante de la bobine mobile amplifie le phénomène de "roulis", de balancement de l'équipage mobile, ce qui n'autorise pas l'utilisation d'un entrefer étroit au niveau du circuit magnétique, signifiant par la même occasion la quasi-impossibilité de rechercher simultanément un rendement élevé.

Il s'agit là non pas d'un abaque, mais d'un graphique qui illustre les tendances générales prises par les

enceintes closes ou bass-reflex sur le critère de distorsion harmonique, ce par rapport à la fréquence de résonance fondamentale. Il est représenté par la figure 6. On y voit

que le taux de distorsion harmonique augmente très rapidement en deçà d'une valeur correspondant approximativement à 2 fois la fréquence de résonance. Ce graphique

s'applique aussi aux "panneaux" de type électrodynamique ou électrostatique et il n'est ni rare ni "vexant" de dire qu'il est fréquent de constater que le taux de distorsion dans la région des 40 à 50 Hz se situe entre 10 et plus de 50% pour un niveau sonore de l'ordre de 100 dB/1 m.

Niveau sonore relatif/distance par rapport à la source émissive

L'abaque de la figure 7 permet de connaître avec une bonne approximation le niveau sonore relatif par rapport à la source émissive en champ libre, dans un local dont l'acoustique est claire, mate ou très mate. On remarquera que dans une acoustique claire, donc réverbérante, souvent emprunte du défaut classique d'échos de murs parallèles, l'atténuation du niveau sonore est beaucoup plus faible en fonction de la distance qu'en champ libre. On pourrait à ce sujet faire intervenir un autre paramètre, car la source émissive peut former une onde plane (systèmes directifs), sphérique ou en portion de sphère (systèmes omnidirectionnels ou bien à directivité contrôlée) ou bien encore assimilables à des cylindres ou à des portions de cylindres pulsants. Ce sont des données dont l'importance est primordiale en sonorisation.

Conclusion

Bien d'autres abaques auraient pu être présentés ici : directivité des surfaces vibrantes et filtres passifs. Ceux qui ont été présentés ici permettront aux lecteurs de mieux comprendre l'intérêt des haut-parleurs à rendement élevé ainsi que la très forte sous-estimation des charges utilisées pour la restitution des fréquences graves. On en fait très souvent abstraction, le paradoxe consistant à rechercher malgré tout une meilleure qualité de restitution du registre grave.

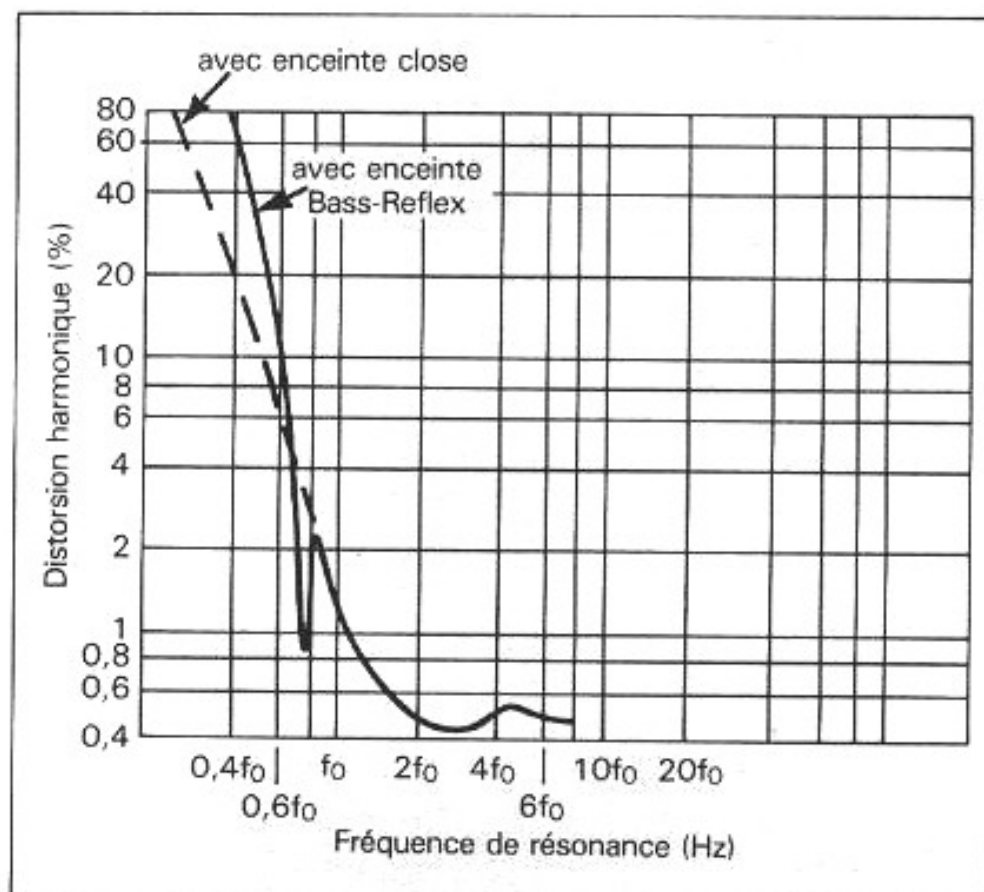


Fig. 6 : Tendances générales prises par des enceintes closes et bass-reflex sur le critère de distorsion harmonique au-dessous et en-deça de la résonance fondamentale.

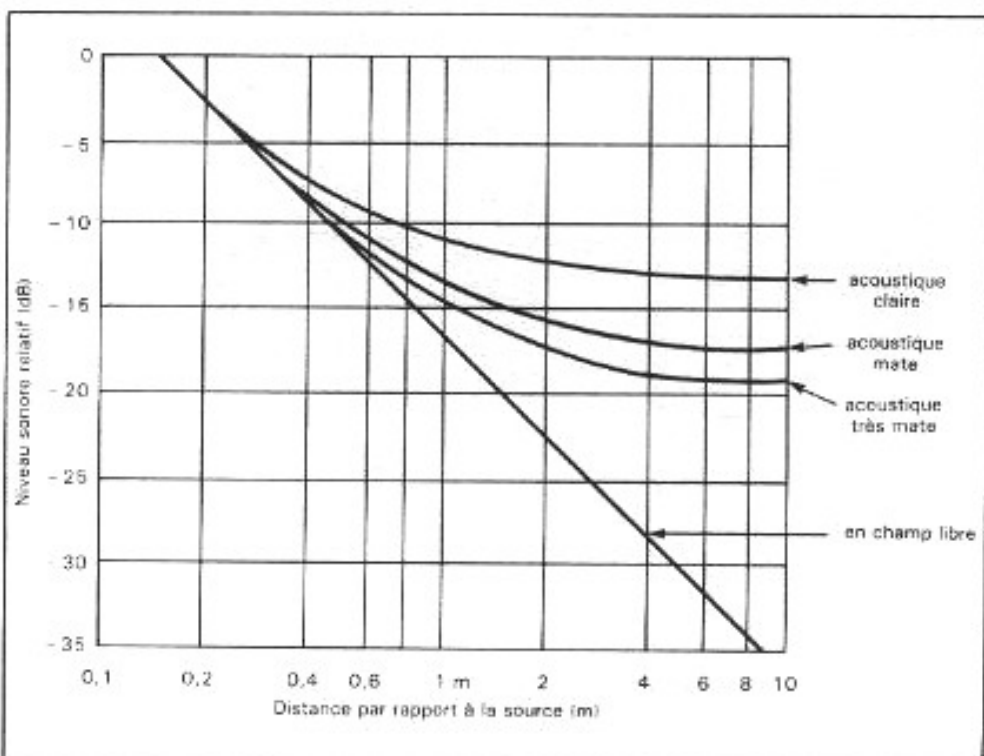


Fig. 7 : Caractéristique de variation du niveau sonore relatif (en dB) par rapport à la source en champ libre, dans un local dont l'acoustique est claire, mate ou très mate.

Ceci fait toute la différence entre ce que l'on pourrait appeler une charge acoustique "idéale" et une charge "commerciallement idéale".