

# la qualité et le choix des enceintes acoustiques dans une installation Haute-Fidélité

L'enceinte acoustique a toujours été, malgré les perfectionnements qui lui ont été apportés, le maillon le plus faible d'une chaîne Haute-Fidélité. C'est pourtant de l'enceinte acoustique que dépend, en grande partie, la qualité finale de la reproduction sonore.

De son côté, l'amateur de musique n'attache pas toujours suffisamment d'importance au choix de ses enceintes acoustiques qu'il estime bien souvent comme un élément secondaire.

Une chaîne Haute-Fidélité de qualité ne donnera, en fin de compte, qu'un résultat médiocre, si le dernier maillon est négligé.

Conscient de ce problème, Philips HiFi International a créé ses propres laboratoires d'acoustique où des recherches continues dans ce domaine ont permis de faire évoluer très sensiblement la technologie des haut-parleurs et des enceintes acoustiques destinés au matériel Haute-Fidélité.

Ces différents travaux sur les haut-parleurs et les enceintes menés en permanence par les ingénieurs de nos laboratoires de recherche, placent dans ce domaine Philips à la tête des réalisations internationales.

En effet nous produisons chaque année, dans nos propres usines européennes, plus de 20 millions de haut-parleurs, qui sont utilisés d'une part dans nos fabrications et livrés d'autre part à des tiers pour leur propre production, ce qui nous place en tête des producteurs européens.

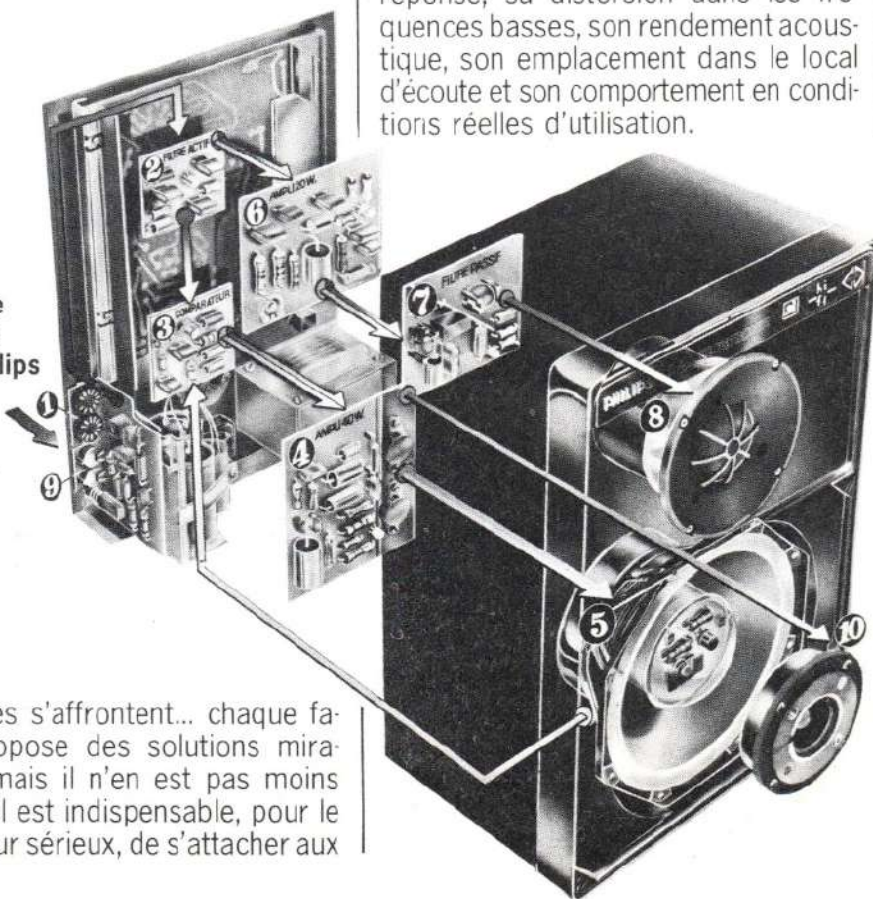
On a beaucoup écrit sur l'enceinte acoustique; il faut savoir avant tout, que cette dernière est un appareil de précision et non pas une simple boîte dissimulant un plus ou moins grand nombre de haut-parleurs.

L'enceinte n'est pas, comme certains le prétendent, un instrument de musique, car elle ne doit pas interpréter cette dernière mais la restituer dans son intégralité.

vrais problèmes s'il veut atteindre la qualité digne d'une enceinte HiFi.

Ces problèmes spécifiques à l'enceinte Haute-Fidélité concernent essentiellement : la linéarité de sa courbe de réponse, sa distorsion dans les fréquences basses, son rendement acoustique, son emplacement dans le local d'écoute et son comportement en conditions réelles d'utilisation.

Enceinte  
asservie  
MFB Philips  
RH 544



Les théories s'affrontent... chaque fabricant propose des solutions miraculeuses, mais il n'en est pas moins certain qu'il est indispensable, pour le constructeur sérieux, de s'attacher aux

# avant tout... une enceinte linéaire

La musique est une combinaison d'un certain nombre de vibrations audibles (situées entre 20 et 20 000 périodes par seconde) produites par les instruments de l'orchestre et les voix humaines. Une période/sec. = 1 Hz.

Il faut noter que chaque instrument délivre un son fondamental associé à des sons secondaires, appelés harmoniques, qui lui sont propres; c'est cet ensemble qui donne le caractère ou le timbre propre à chaque instrument, et qui permet la reconnaissance aisée de deux instruments jouant la même note. Nous vous présentons ici, un même son fondamental produit par deux instruments utilisés couramment dans un orchestre (fig. 1).

Nous avons choisi dans notre exemple, la note SOL<sup>2</sup> (196 périodes par seconde) jouée par un violon et une clarinette. Chacun sait que le violon possède un timbre différent de celui de la clarinette; ceci provient des harmoniques (multiple de la note fondamentale : ici 196 périodes/seconde) H<sup>2</sup> à H<sup>21</sup> sur la figure dont les niveaux sont très différents d'un instrument à un autre. La restitution des harmoniques a donc une très grande importance lors de la reproduction musicale si l'on sait qu'ils donnent en outre, toute la richesse et tout le brillant à l'interprétation.

Sur la figure 2, où les harmoniques du violon sont représentés moins colorés que les sons fondamentaux, nous voyons que cet instrument peut reproduire des notes dont les fréquences se situent entre 174 Hz et 3 950 Hz, et que les harmoniques situés dans les aigus couvrent une plage beaucoup plus étendue.

Certains instruments électroniques peuvent même produire des fréquences fondamentales qui couvrent la totalité de la gamme audible qui s'étend de 20 à 20 000 Hz.

Restituer ces différentes fréquences tout en conservant leur niveau respectif, c'est l'ambition d'une enceinte Haute-Fidélité.

Comme nous venons de le voir, chaque instrument ayant un timbre bien particulier, il est intéressant de connaître le contenu du message sonore qui sera

fonction, bien entendu, du genre de musique écouté.

A l'aide d'un appareil de mesure appelé "analyseur de fréquences en temps réel", nous pouvons rendre visible les différentes fréquences contenues dans ce message et mettre en évidence leurs niveaux respectifs.

L'affichage des informations : fréquence (par tiers d'octave de 20 à 20 000 Hz ou périodes par seconde) et amplitude est réalisé sur un grand écran étalonné. A titre d'exemple, nous avons reproduit

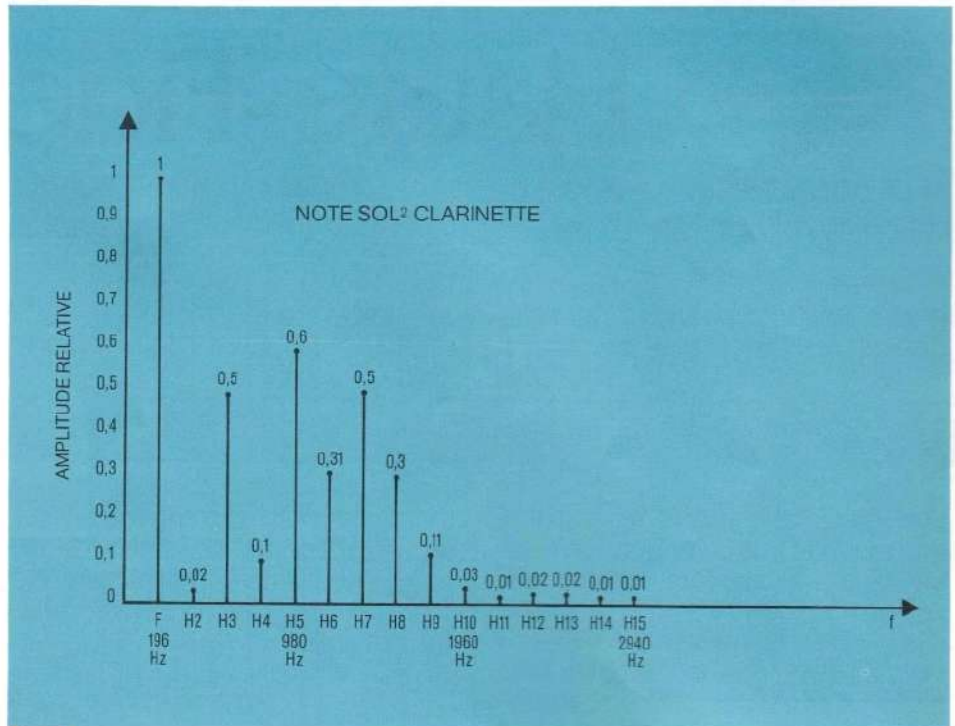


Fig. 1

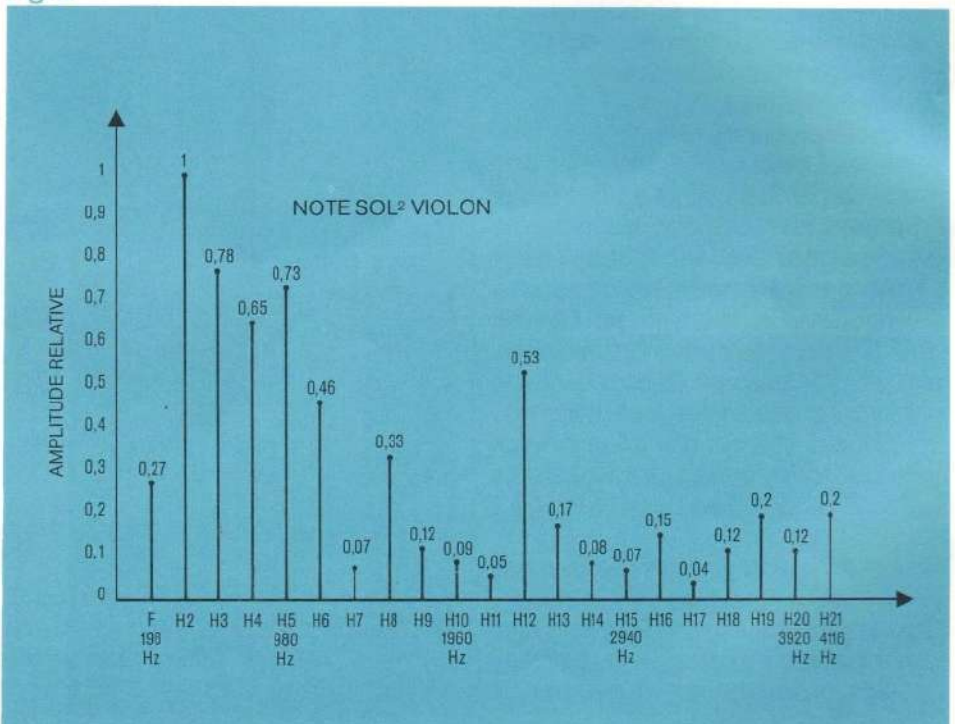


Fig. 2

## VIOLON



Il en est de même pour le piano et l'orgue, ce dernier couvrant à lui seul une gamme de fréquences fondamentales très étendue, de 16 Hz à 10 000 Hz environ.

à l'aide de cet analyseur, les informations musicales gravées sur un disque; la ligne horizontale indique la gamme des fréquences en Hz et la ligne verticale le niveau sonore (fig. 3).

Il s'agit ici d'un extrait d'une grande formation orchestrale classique : la symphonie n° 3 de Saint-Saëns. Nous voyons que les fréquences basses et médium ont un niveau élevé, alors que le niveau des aiguës diminue assez rapidement après 2 000 Hz.

La figure 4 reproduit, de la même

façon, les informations contenues dans un disque de musique populaire moderne "Non stop dancing" de James Last.

Nous constatons ici que les basses, le médium et les aiguës ont un niveau sonore élevé et sensiblement identique dans une plage de fréquences s'étendant de 70 à 15 000 Hz environ.

La figure 5 nous montre un extrait de disque avec une voix de soprano accompagnée par une formation orchestrale (Exultate jubilate de Mozart).

Dans cet exemple, nous voyons que le niveau sonore le plus élevé se situe dans le médium avec une chute assez rapide dans les basses et les aiguës. Tout ceci nous permet de dire que la musique ne contient pas une énergie identique dans toutes les bandes de fréquences.

En fonction du "genre" choisi, certaines régions sont fortement représentées et dans d'autres cas, les basses et les aiguës sont peu présentes dans le message musical.

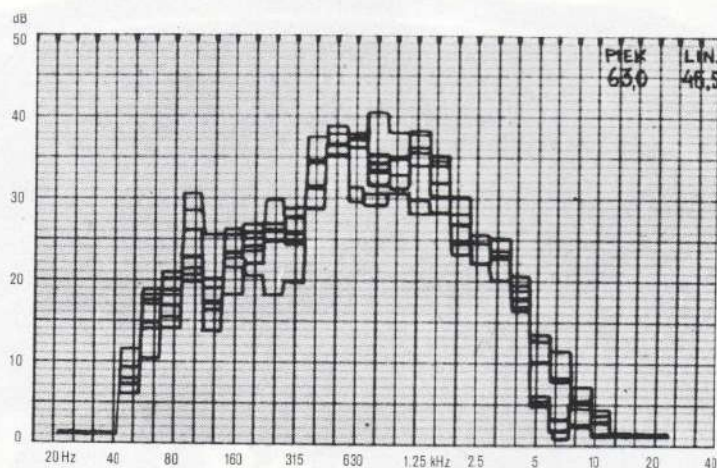


Fig. 3 Spectre audiofréquence d'un passage du disque "Symphonie n° 3" de Saint-Saëns

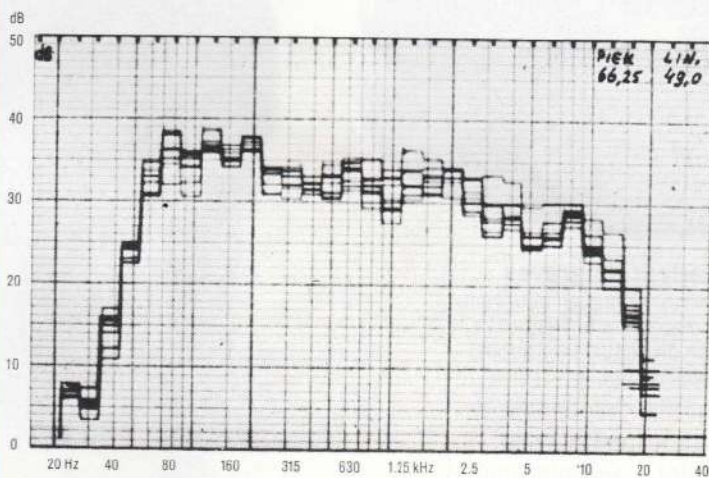


Fig. 4 Spectre audiofréquence d'un passage du disque "Non stop dancing"

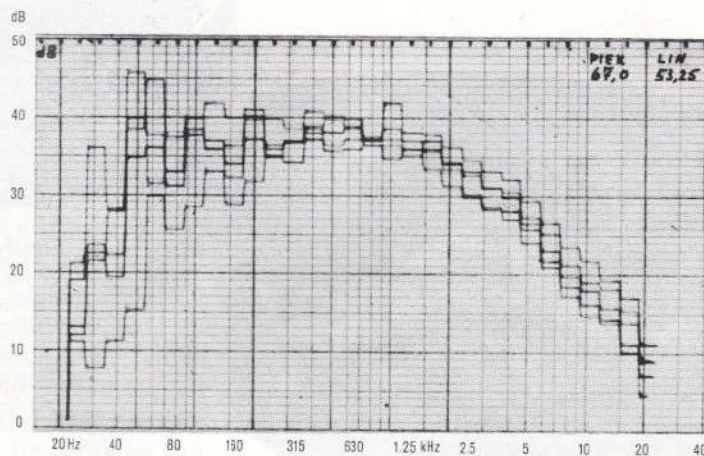


Fig. 5 Spectre audiofréquence d'un passage du disque "Exultate Jubilate" de Mozart.

On peut ainsi conclure, qu'il est indispensable dans un équipement Haute-Fidélité, d'obtenir non seulement une amplification mais aussi une restitution linéaire de toutes les fréquences situées entre 20 et 20 000 Hz.

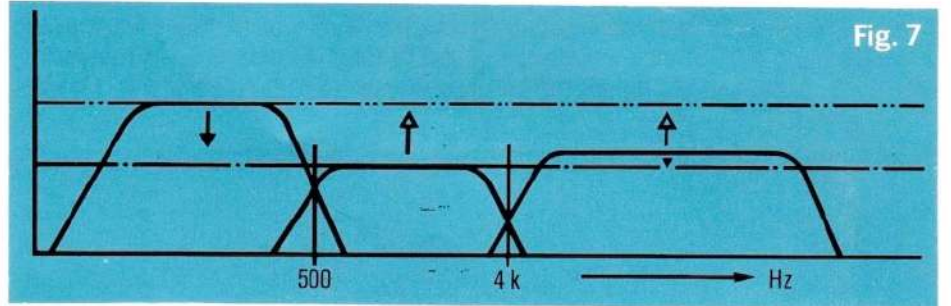
Ce dernier rôle est bien entendu confié à l'enceinte acoustique. Mais en fait, il est impossible de fabriquer un haut-parleur capable de reproduire la totalité du spectre audible; c'est pourquoi dans une enceinte acoustique de qualité, on utilise généralement 2 ou 3 types de haut-parleurs, chacun étant adapté à la reproduction d'une partie du spectre sonore :

- Pour les notes graves, au dessous de 500 Hz environ, un haut-parleur équipé d'une membrane conique.
- Pour les notes du médium comprises

entre 500 et 4 000 Hz environ, un haut-parleur avec une membrane en forme de dôme hémisphérique de 5 cm de diamètre.

- Pour les notes aiguës supérieures à environ 4 000 Hz, un haut-parleur lui aussi à dôme hémisphérique (fig. 6).
- A l'aide de filtres électroniques situés dans l'enceinte, chaque haut-parleur re-

çoit la gamme de fréquences qu'il devra reproduire. Ces filtres nécessitent de nombreux calculs et une grande précision dans leur réalisation si l'on désire obtenir des résultats constants. De plus, il est nécessaire d'égaliser le rendement des différents haut-parleurs pour obtenir une courbe de réponse plate (fig. 7).



**Haut-parleur d'aiguës**

Membrane de 25 mm de diamètre.  
Bobine mobile à amortissement, améliorant la linéarité de la courbe de réponse et assurant une reproduction des fréquences élevées dépassant la limite d'audibilité.

**Haut-parleur de graves**

Suspension périphérique en néoprène permettant d'abaisser la fréquence de résonance de l'équipage mobile.  
Bobine mobile réalisée sur mandrin en aluminium.

Fig. 6

# la distorsion dans les enceintes acoustiques

Il faut tenir compte, en outre, de la fréquence de résonance du haut-parleur de basses, associé au coffret acoustique et réduire au maximum ses effets pour éviter une coloration des fréquences reproduites. En effet, le problème crucial, dans la construction d'une enceinte est la reproduction sans distorsion des fréquences basses.

C'est pourquoi, les ingénieurs du laboratoire de recherche PHILIPS se sont penchés sur ce problème et après plusieurs années de recherche technologique très poussée, ont réalisé une enceinte acoustique de grande classe, l'enceinte asservie MFB PHILIPS qui résout efficacement le problème de la distorsion dans les basses fréquences et permet une pureté de reproduction jamais atteinte. Le système de correction, mis au point par PHILIPS, est constitué par un accéléromètre placé au sommet du cône du haut-parleur de basses et qui à tout moment contrôle ses déplacements (fig. 8).

Tous les mouvements de la membrane non conformes aux signaux d'origine, sont instantanément corrigés, ce qui permet au haut-parleur de basses de reproduire de manière linéaire, toutes les fréquences de 30 à 500 Hz. Grâce à ce système, on résout efficacement les problèmes de distorsion dans les graves, et l'on obtient en outre une meilleure reproduction des plus basses fréquences.

Conscients de ce problème, certains fabricants d'enceintes acoustiques, afin de donner l'impression d'une meilleure reproduction des basses, augmentent le niveau de ces fréquences entre 100 et 200 Hz. Ceci n'est qu'un pis-aller qui est inacceptable en Haute-Fidélité car cela détruit l'équilibre musical et produit une distorsion appelée coloration (fig. 9). Il ne faut pas oublier que toute altération, en provenance de ce dernier maillon, affectera notablement les caractéristiques de la reproduction musicale et dénaturera le timbre des différents instruments de musique.

L'amateur averti devra donc rejeter systématiquement toute enceinte acoustique que l'on prétendra spécialement bien adaptée à tel ou tel genre de musique, car celle-ci présentera nécessairement "des accidents" dans sa courbe de réponse favorisant ou atténuant telle ou telle gamme de fréquences.

C'est pourquoi, toutes les enceintes Haute-Fidélité PHILIPS qu'elles soient conventionnelles ou asservies, ont été

étudiées et construites pour avoir une réponse d'une neutralité absolue et une absence totale de coloration. Notre laboratoire d'acoustique a cherché avant tout à réaliser des enceintes "vérité" car celles-ci ne doivent pas interpréter la musique mais la restituer dans son intégralité.

Il faut savoir en outre, et pour terminer, qu'à l'inverse de la plupart des fabricants d'enceintes, Philips réalise la totalité des éléments qui rentrent dans sa fabrication. Ceci lui permet d'étudier et de développer simultanément ses propres haut-parleurs, ses filtres et ses enceintes acoustiques d'où une qualité optimale et une construction homogène et régulière tout au long de la série, ce qui est une garantie supplémentaire de fiabilité et de régularité dans la fabrication.



## Haut-parleur de médium

Membrane de 50 mm de diamètre, légère et très rigide permettant d'obtenir une grande pureté dans la restitution du haut-médium et une amélioration du rendement. Bobine mobile réalisée sur mandrin en aluminium.

Fig. 8

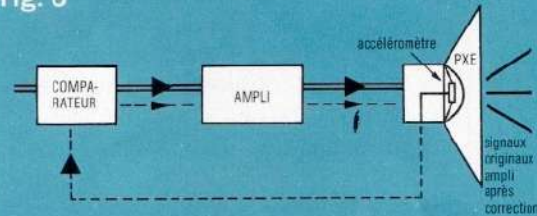


Fig. 9



# avant tout... une enceinte linéaire

La musique est une combinaison d'un certain nombre de vibrations audibles (situées entre 20 et 20 000 périodes par seconde) produites par les instruments de l'orchestre et les voix humaines. Une période/sec. = 1 Hz.

Il faut noter que chaque instrument délivre un son fondamental associé à des sons secondaires, appelés harmoniques, qui lui sont propres; c'est cet ensemble qui donne le caractère ou le timbre propre à chaque instrument, et qui permet la reconnaissance aisée de deux instruments jouant la même note. Nous vous présentons ici, un même son fondamental produit par deux instruments utilisés couramment dans un orchestre (fig. 1).

Nous avons choisi dans notre exemple, la note SOL<sup>2</sup> (196 périodes par seconde) jouée par un violon et une clarinette. Chacun sait que le violon possède un timbre différent de celui de la clarinette; ceci provient des harmoniques (multiple de la note fondamentale : ici 196 périodes/seconde) H<sup>2</sup> à H<sup>21</sup> sur la figure dont les niveaux sont très différents d'un instrument à un autre. La restitution des harmoniques a donc une très grande importance lors de la reproduction musicale si l'on sait qu'ils donnent en outre, toute la richesse et tout le brillant à l'interprétation.

Sur la figure 2, où les harmoniques du violon sont représentés moins colorés que les sons fondamentaux, nous voyons que cet instrument peut reproduire des notes dont les fréquences se situent entre 174 Hz et 3 950 Hz, et que les harmoniques situés dans les aigus couvrent une plage beaucoup plus étendue.

Certains instruments électroniques peuvent même produire des fréquences fondamentales qui couvrent la totalité de la gamme audible qui s'étend de 20 à 20 000 Hz.

Restituer ces différentes fréquences tout en conservant leur niveau respectif, c'est l'ambition d'une enceinte Haute-Fidélité.

Comme nous venons de le voir, chaque instrument ayant un timbre bien particulier, il est intéressant de connaître le contenu du message sonore qui sera

fonction, bien entendu, du genre de musique écouté.

A l'aide d'un appareil de mesure appelé "analyseur de fréquences en temps réel", nous pouvons rendre visible les différentes fréquences contenues dans ce message et mettre en évidence leurs niveaux respectifs.

L'affichage des informations : fréquence (par tiers d'octave de 20 à 20 000 Hz ou périodes par seconde) et amplitude est réalisé sur un grand écran étalonné. A titre d'exemple, nous avons reproduit

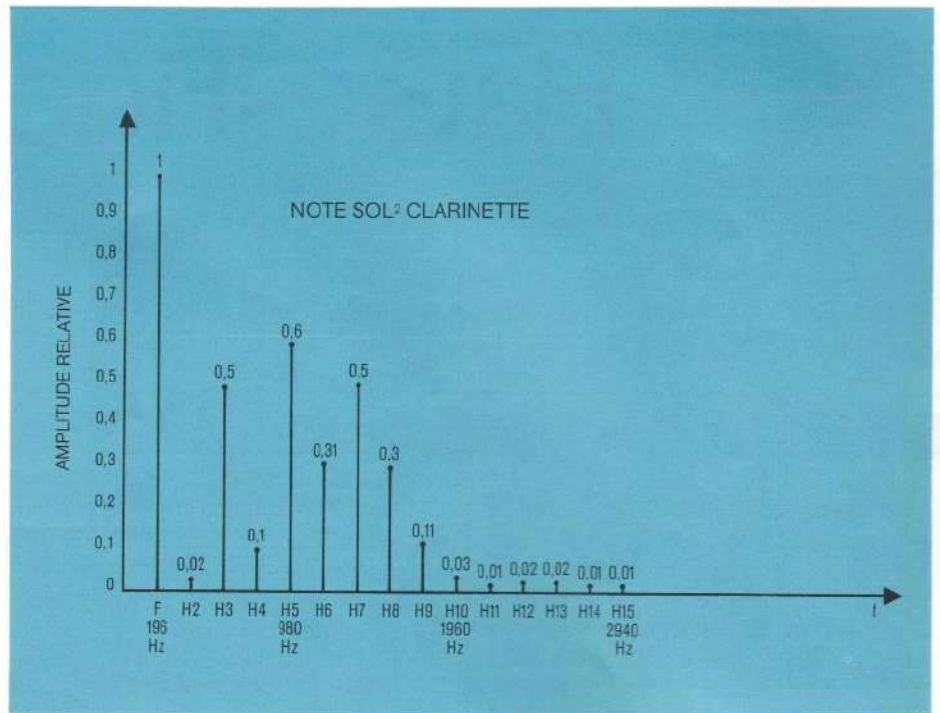


Fig. 1

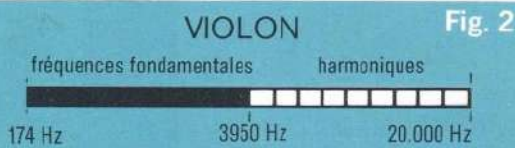
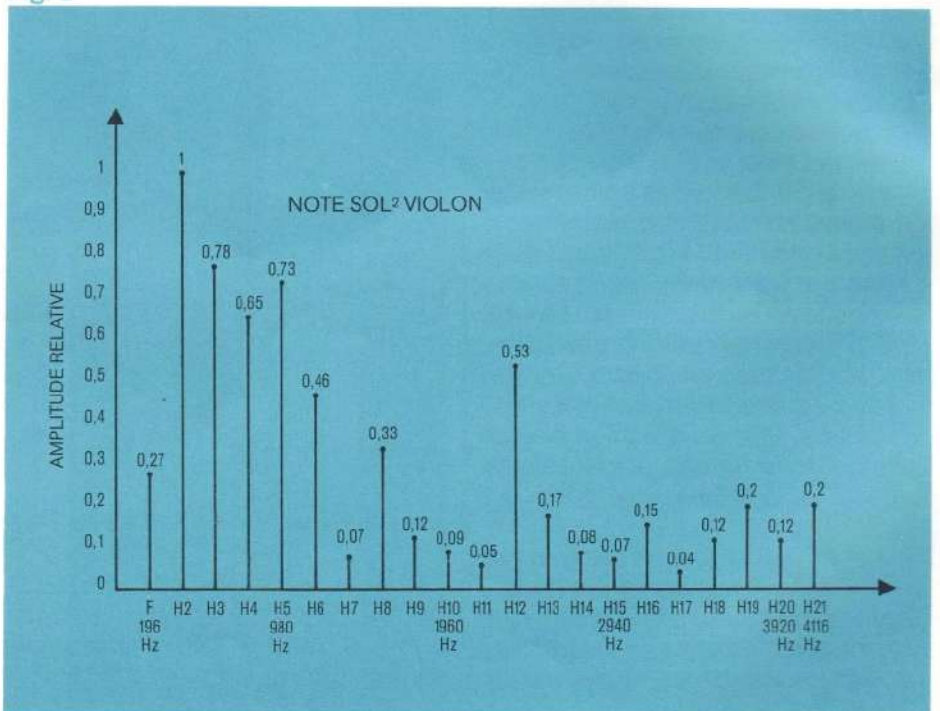


Fig. 2

Il en est de même pour le piano et l'orgue, ce dernier couvrant à lui seul une gamme de fréquences fondamentales très étendue, de 16 Hz à 10 000 Hz environ.

Quelques précisions concernant ces différentes données :

On considère généralement que le temps de réverbération d'une salle de séjour moyenne (60 m<sup>3</sup> environ) pour de bonnes conditions d'écoute, se situe aux environs de 0,5 s à 0,8 s pour des fréquences égales ou supérieures à 500 Hz. Cette valeur est du reste assez couramment rencontrée chez l'utilisateur. A titre indicatif, pour une salle de 300 m<sup>3</sup> ce temps de réverbération peut se situer entre 0,6 et 0,9 s.

Quelle intensité sonore doit-on prévoir pour une écoute confortable en appartement ? Tout dépend des exigences de chacun et du genre de musique écouté. Nous estimerons cependant que l'écoute normale des "forte" nécessite environ 80 dB avec des pointes de puissance instantanée de 90 dB à 95 dB. En dessous de 80 dB, on aura des difficultés à reproduire correctement la dynamique d'une grande masse orchestrale.

A partir de ces différentes données, on peut déterminer la puissance acoustique nécessaire, grâce au graphique ci-contre utilisé par notre laboratoire E.L.A. spécialisé dans les haut-parleurs et les enceintes acoustiques (fig. 11).

La ligne horizontale en bas donne le

volume de la salle d'écoute en m<sup>3</sup>, la ligne verticale à gauche indique les différents temps de réverbération en secondes; verticalement à droite, nous trouvons les intensités sonores en décibels. Au-dessus, horizontalement, figure l'intensité sonore en milliwatts délivrée par l'enceinte.

Ceci étant précisé, prenons à titre d'exemple, une salle de séjour de 100 m<sup>3</sup> avec un temps de réverbération de 0,43 s où nous avons besoin d'une intensité sonore importante, soit 95 dB. A l'aide du graphique, nous trouvons que la puissance acoustique délivrée par l'enceinte doit être de 31 milliwatts (fig. 12). Si nous extrapolons ce résultat à l'enceinte de la figure 10 qui a un rendement de 2 %, nous pouvons calculer la puissance électrique de l'amplificateur qui sera alors de 1,6 W. Mais il faut

pouvoir disposer, comme nous l'avons indiqué plus haut, de pointes de puissance instantanée de 10 dB (rapport de puissance : 10 fois), cela donne alors pour l'amplificateur, une puissance de pointe de 16 W efficaces (fig. 13).

Pour l'autre enceinte de la figure 10, qui a une efficacité de 0,4 %, nous trouvons respectivement une puissance de 8 W et de 80 W efficaces (fig. 14). Nous voyons ainsi que pour obtenir la même intensité sonore, nous avons été obligés de multiplier par 5 la puissance de l'amplificateur.

Nous pouvons dire en fin de compte, que la puissance délivrée par un amplificateur ne signifie rien par elle-même et que l'amateur averti doit donc s'attacher avant tout à la puissance acoustique que peut délivrer son installation HiFi.

Fig. 12

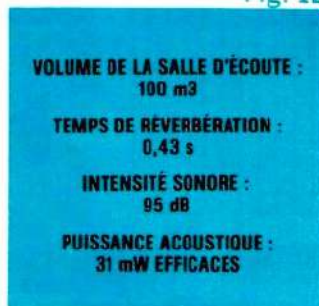


Fig. 13

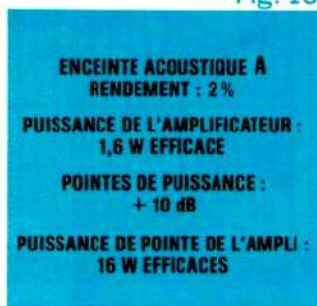
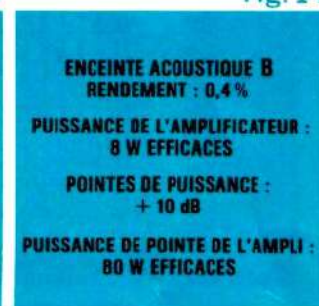


Fig. 14



## L'emplacement des enceintes dans le local d'écoute

Dans un salon d'écoute, la liaison entre l'enceinte acoustique et l'auditeur s'établit non seulement par l'onde directe mais aussi par la réponse acoustique du local. Ceci est particulièrement prépondérant pour les fréquences en-dessous de 500 Hz.

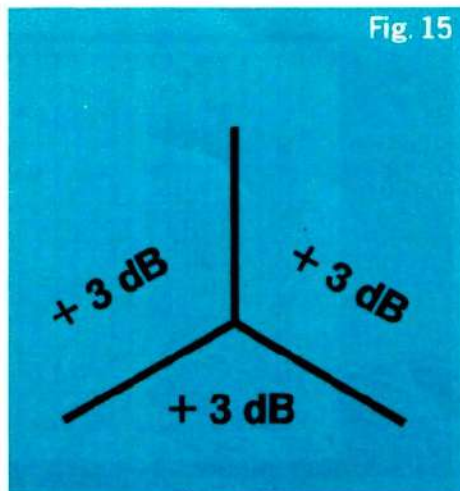
La mise en place d'une enceinte à même le sol double la surface active du haut-parleur de basses soit une augmentation de 3 dB de l'intensité sonore (rapport 2 fois) pour ces mêmes fréquences; placée contre le mur, on obtient une nouvelle augmentation de 3 dB. Si la même enceinte est située sur le sol et dans un coin, l'intensité sonore croît

de 9 dB soit 8 fois... (fig. 15).

Généralement, le constructeur a conçu ses enceintes en fonction de la position qu'elles doivent occuper dans le local d'écoute. En ce qui nous concerne, une étude a démontré que 85 % des enceintes étaient placées au sol; nous avons tenu compte de ces différentes influences et nous réduisons volontairement de 3 à 4 dB le niveau des basses par rapport au médium et aux aiguës. Comme on peut le constater, par ces quelques lignes, l'emplacement des haut-parleurs dans le salon d'écoute est un point non négligeable, mais souvent négligé par le consommateur.

Il est cependant difficile de donner des informations précises, mais l'on peut dire que le meilleur emplacement est celui où le son semble le plus naturel et donne la sensation d'espace que l'on peut ressentir dans une salle de concert. Une bonne enceinte bien installée doit se faire oublier.

Fig. 15



# test d'enceintes dans des conditions réelles d'utilisation

Comme nous venons de le voir ci-dessus, l'enceinte et le local d'écoute forment un ensemble indissociable; nous avons tenu compte de cette réalité lors de nos études en laboratoire. Lors du développement d'enceintes

acoustiques, les tests réalisés dans une chambre sourde (chambre anéchoïde) ou en demi-champ ouvert (fig. 16), permettent de mesurer effectivement les caractéristiques intrinsèques des haut-parleurs et du coffret, mais ces

caractéristiques sont modifiées, comme nous venons de le voir par l'acoustique du local dans lequel sera utilisé ultérieurement l'ensemble enceinte/haut-parleurs.

En effet, dans une chambre sourde ou en plein air, la pression acoustique mesurée provient exclusivement de l'onde directe rayonnée par le haut-parleur, ce qui n'est pas le cas dans un salon d'écoute.

C'est la raison pour laquelle nous réalisons également des tests dans des conditions normales d'utilisation, c'est-à-dire dans un local dont les caractéristiques acoustiques correspondent à un salon normalement meublé (rideaux, tapis, voilages, mobilier, etc...).

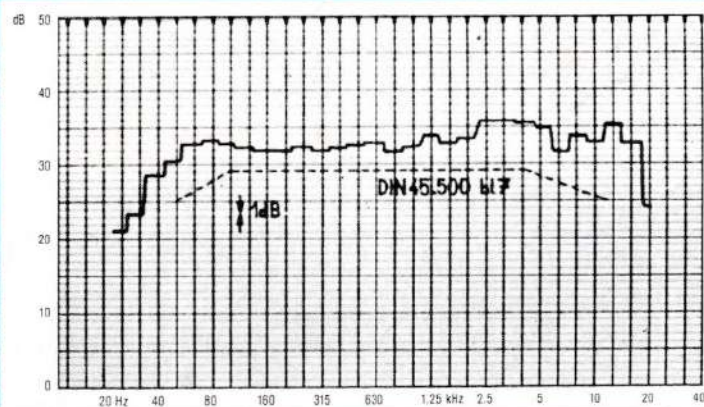
Pour aboutir à ce résultat, nos ingénieurs ont mesuré 150 salles de séjour en Hollande, en Belgique, en Allemagne et en France, et ont établi une synthèse des différentes données (fig. 17).

Ceci nous a permis, comme nous venons de le voir, de réaliser dans notre laboratoire une salle de séjour "standard" où chaque type d'enceinte est mesuré, ce qui permet alors de connaître de façon précise son comportement chez l'utilisateur (fig. 18).

Il faut savoir en outre, que le jugement d'une enceinte ne peut se faire uniquement à l'aide d'appareils de mesure. Bien que les renseignements ainsi obtenus soient précieux, il ne faut toutefois pas leur accorder une confiance exagérée, car en définitive, l'oreille demeure le seul juge et permet d'apprécier les défauts et les qualités d'une enceinte. Pour réaliser une telle écoute, il est nécessaire d'avoir beaucoup d'expérience afin de pouvoir juger par rapport à la musique originale, ce que nous faisons.

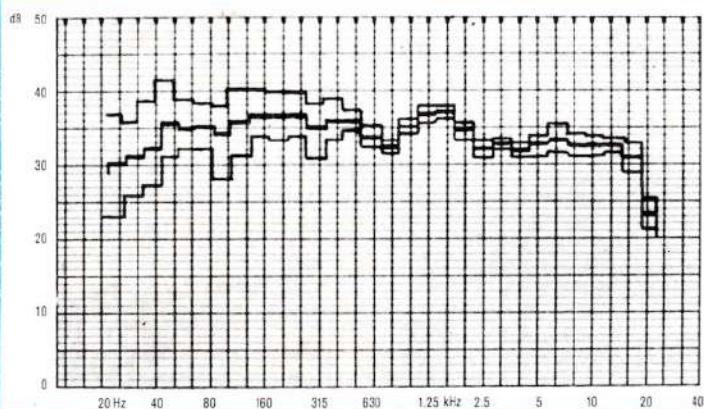
Nous avons essayé à travers ce court exposé de vous faire part de notre expérience et vous donner ainsi quelques conseils qui, nous l'espérons, éviteront de vous faire commettre des erreurs et permettront en outre, de mieux installer et utiliser votre chaîne Haute-Fidélité. C'était avant tout notre but, nous souhaitons l'avoir atteint.

Fig. 16



Pression acoustique en fonction de la fréquence en demi-champ ouvert

Fig. 17



Pression acoustique en fonction de la fréquence pour 3 salles d'écoute différentes

Fig. 18



Pression acoustique en fonction de la fréquence dans un salon "standard"