

OPINION

LE REFLECTEUR CIRCULAIRE

La reproduction de la musique et des sons par l'intermédiaire des haut-parleurs n'en finit pas de poser des problèmes. Ces derniers sont d'autant plus corsés que le lieu à sonoriser est plus grand et que les effets sonores recherchés sont complexes. La tendance générale de la sonorisation, telle qu'on la pratique aujourd'hui, va au plus simple mais peut être pas au plus efficace : deux ensembles de haut-parleurs de forte puissance, disposés de chaque côté de la scène s'usent les bobines mobiles à tenter d'emporter, vu les creux idylliques, les oreilles des auditeurs. Souvent les ingénieurs du son et les sonoriseurs s'usent les nerfs à donner de grands coups de décibels dans l'eau avant de pouvoir, si la chance est au bout de leurs potentiomètres ce jour là, approcher la couleur sonore chimérique.

A final, forcé nous est de constater que l'on sait à peu près dans tous les cas, atteindre des niveaux sonores très élevés tandis que l'homogénéité du signal et la pureté de la restitution se trouvent passablement élimés.

Qui faut-il accuser ? Tout le monde et personne, tout le monde, qui et pourquoi ?

L'architecte

Tout d'abord il a dessiné une salle impropre à permettre la diffusion de la musique. Ses raisons peuvent être multiples. En premier lieu, il est possible et fréquent qu'on lui ait demandé de construire tout autre chose qu'un grand auditorium : des abattoirs par exemple. On lui demande parfois aussi de construire une salle qui puisse servir à tout : une salle polyvalente, qui, en définitive, ne servira à rien de manière convenable. Si par miracle on lui demande de réaliser une salle de concert on le contraint, dans la plupart des cas, de mener à bien son entreprise en un

minimum de temps avec un minimum d'argent. Ses chances de réussite sont plus grandes surtout s'il fait, dès le départ appel à un acousticien. Reste que souvent, l'expérience fait défaut : il se construit moins de salles de concert que de complexes immobiliers. Rien n'est simple.

L'acousticien

Quand il est consulté, ce qui n'est pas toujours le cas, l'on s'en fait, il est régulièrement empêtré dans des contingences d'architecture architecturale qui limitent son action. Lui aussi dans une majorité des cas n'a pas les moyens temporels et financiers nécessaires à une étude réellement approfondie. Ajoutons à cela que, bien souvent, on a recours à son savoir faire une fois que la salle est construite et que l'on constate qu'elle ne marche pas. Il est alors attendu comme le messie dont il se différencie, entre autre, par son incapacité à accomplir des miracles ! Il a en revanche un point commun avec lui : il porte le pompon pour les copains et on le crucifie sans ménagement ! Tout se complique.

L'organisateur du spectacle

Il se «faut» de l'acoustique de la salle comme de l'an 40, pourvu qu'il la remplisse. Remarque à sa décharge que de toute façon, il est bien obligé de faire avec ce qu'il y a...

Les sonoriseurs et ingénieurs du son

Ceux qui font toujours preuve de conscience professionnelle sont réellement à plaindre. Ils travaillent souvent dans des conditions invraisemblables, s'arrangeant au mieux pour limiter les dégâts avec le matériel existant sur le marché, heureusement, ils ont eux beaucoup d'expérience, malheureusement elle ne peut pas suffire à absorber les défauts situés en amont de leur rôle.

Les fabricants de matériel de reproduction

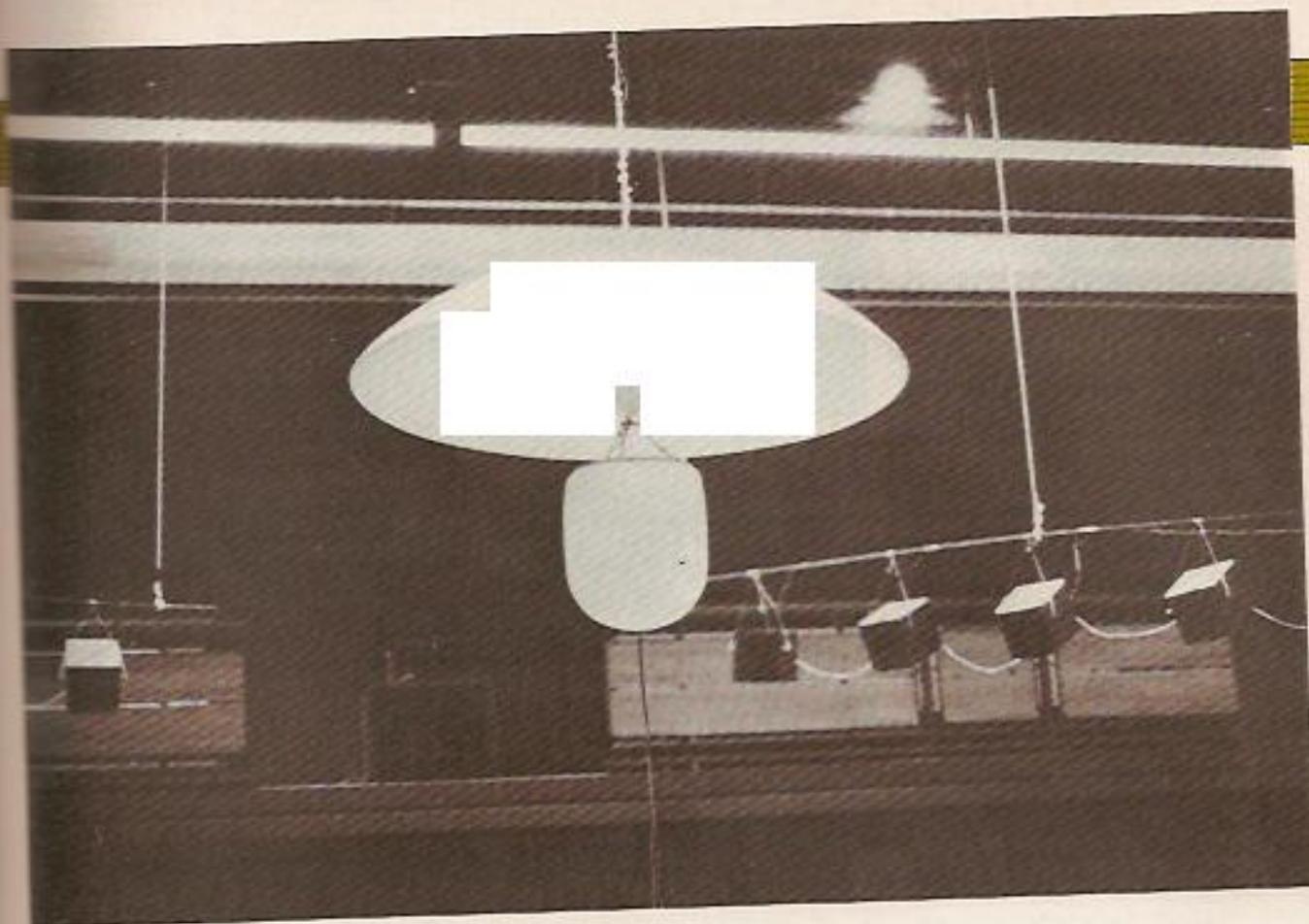
Puisque le problème ici évoqué est relatif à l'acoustique, ce sont les fabricants d'enceintes acoustiques qui sont en cause. La majorité d'entre eux ne fait que peu de recherches pour la bonne et simple raison qu'il n'en ont pas les moyens. D'autres ne se posent purement et simplement pas la question et distribuent des produits standard correspondant grosso modo à l'échelle de la demande moyenne. Dommage. Quelques fabricants sortent du lot par leur démarche, ils ne peuvent cependant pas suffire à régler toutes les difficultés.

Le public

Vous et moi.

Nous sommes par notre passivité responsables de la maigre amélioration de la qualité de la reproduction sonore en concert. En effet tout un chacun accepte de se faire passer les oreilles au marteau piqueur au premier rang, ou d'être noyé dans un Brouhaha indéchiffrable au fond de la salle. Pire, nous payons moutonneusement et avec le sourire ! Mais en fait, avons nous réellement d'autre choix, hormis le disque qui ne saura jamais remplacer une écoute en concert avec son énergie, son tumulte et son exaltation ! Au final nous faisons inconsciemment l'impasse sur la restitution sonore et prenons un grand bain de frénésie encore que, de plus en plus souvent, grâce au développement des chaînes Hi-Fi, on entende dire à la sortie du spectacle «t'as entendu la sono ? C'était pas génial...»

La conclusion de ce tour d'horizon du banc des accusés est que la complexité du problème implique que l'on pose les questions avec méthode. En mettant tous les éléments dans le même sac et en tirant un coupable au hasard, les choses n'ont aucune chance d'avancer.



En définitive, il n'y a qu'une seule façon de progresser : cerner les problèmes, identifier les paramètres sur lesquels il est possible d'intervenir, faire appel à l'imagination, développer des idées nouvelles et les mettre en pratique.

Quels sont les problèmes

Ils sont exclusivement d'ordre acoustique. Il s'agit de permettre aux ondes sonores de se propager au mieux et de favoriser leur perception dans un milieu donné : trois paramètres interviennent à ce stade :

- L'acoustique architecturale qui détermine le milieu
- L'électroacoustique (principalement les H.P.) qui s'inscrit dans le milieu
- La psycho-acoustique que le sonorisateur manipule souvent sans le savoir.

Où pouvons-nous intervenir ?

Pour ce qui est de l'acoustique de la salle, le cas est rendu épineux par le gigantisme de l'entreprise lorsqu'il s'agit d'une salle déjà construite, ce qui est évidemment la très grande majorité des cas. En tout état de cause seuls les pouvoirs publics peuvent s'autoriser ce type d'intervention. La qualité acoustique du lieu pèse éminemment lourd dans la balance puisqu'elle ajoute au signal

diffusé sa coloration, sa réverbération, son degré d'intelligibilité. Etant entendu que l'on ne peut pas concrètement modifier l'acoustique de la salle, il faudra donc tenter de s'en affranchir par d'autres moyens. Ces autres moyens, c'est à l'électroacoustique de les fournir. En fait la clef du problème se trouve là plus qu'ailleurs, comme nous le verrons plus bas.

Le dernier des critères que nous ayons énoncé est la psycho-acoustique. Cette science s'intéresse à la manière dont l'humain perçoit un son et à la réaction que celui-ci provoque : plaisir, angoisse, indifférence, etc.

Le cerveau humain peut reconstituer des sons déformés si il trouve dans ceux-ci une quelconque référence mise en mémoire. Dans la foulée il peut sans problème se passer de telle ou telle bande de fréquence reconstituant alors de lui-même le message, un peu comme le fait le code d'erreur d'un système d'enregistrement numérique. L'absence d'une partie du message peut, dans un contexte précis, ne pas être ressentie comme une gêne. L'ingénieur du son manipule constamment ces grandeurs subjectives, avec d'autant plus de finesse que sa sensibilité artistique est plus développée.

Ainsi, lorsqu'il fait ses réglages d'égalisation, modifie-t-il l'enveloppe sonore pour la rendre aussi crédible qu'il est possible vis à vis du lieu à sonoriser. Il ne peut cependant pas, à lui seul, résoudre toutes les données dans leur complexité.

Vers une nouvelle approche de la diffusion de la musique par haut-parleur

La sonorisation tourne en rond. Nous l'avons vu, personne ne peut être directement rendu responsable de son immobilisme et pourtant...

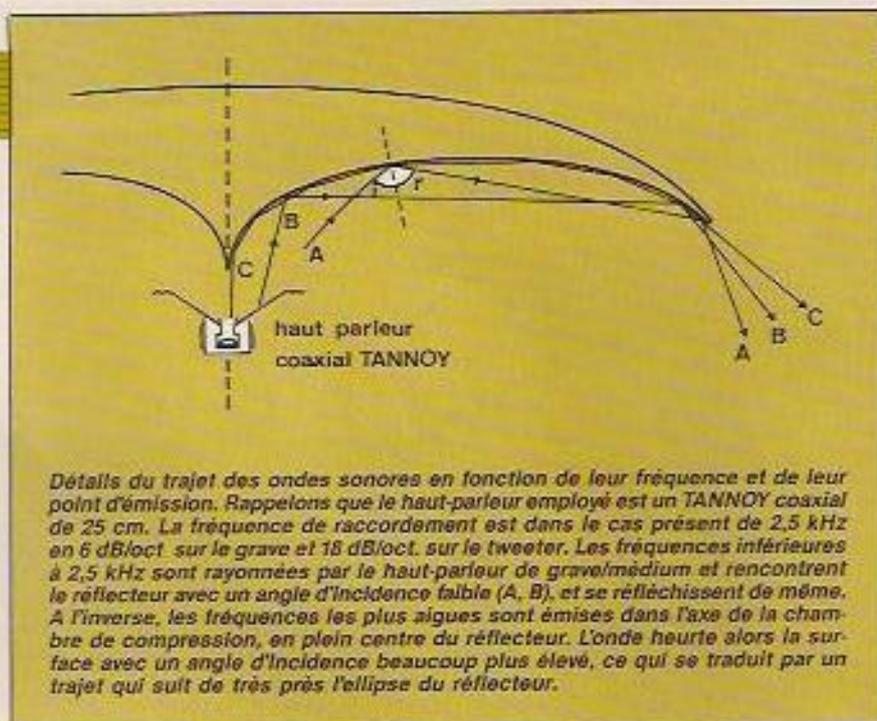
La seule possibilité est de changer de direction, de faire naître une pensée nouvelle, multiforme. Il est nécessaire, pour progresser, d'attaquer à la barre les deux traditionnels groupes de haut-parleurs qui encadrent tout autant la scène que la monotonie des habitudes.

La sonorisation frontale à deux canaux, est une extrapolation un peu abusive de l'écoute de cabine ou de l'écoute Hi-Fi. En effet, l'effet stéréophonique est inexistant pour la majorité des auditeurs dans une salle de concert : ils ne se trouvent jamais à égale distance des haut-parleurs, tout au plus perçoivent-ils une dissociation fluctuante droite/gauche qui ne suffit pas à exprimer un relief sonore.

Il faut donc réviser la notion d'écoute stéréophonique dans les grandes salles de spectacle, élargir l'espace en lui donnant de nouvelles dimensions. C'est également aux musiciens de faire preuve d'imagination et de se sortir de leurs habituelles structures de diffusion. La stéréophonie a maintenant plus de trente ans ; si elle est très adaptée à l'écoute domestique, son utilisation ambiguë est un peu désuète dans les shows qui offrent des mises en scène de plus en plus travaillées.

Outre sa dimension spatiale figée entre deux points, la sonorisation frontale pose d'insolubles problèmes d'homogénéité de niveau et de qualité de timbre. Comme chacun le sait, on a pu le constater, le niveau de pression sonore décroît comme le carré de la distance à mesure que l'on s'éloigne de la source. Conclusion, et c'est ce que l'on constate à la totalité des concerts, les premiers rangs sont noyés dans un ouragan de décibels tandis que les auditeurs situés au fond de la salle s'arrangent comme ils peuvent pour entendre quelque chose d'acceptable. A ces problèmes d'écarts de niveaux aux différents endroits, s'ajoute un aspect purement qualitatif, lié à la fidélité de la reproduction. Afin de pouvoir sonoriser toute la salle, les haut-parleurs sont poussés dans leurs derniers retranchements engendrant alors des taux de distorsion très élevés. A la source même, le signal est altéré. De plus, à mesure que l'on s'éloigne des haut-parleurs on quitte le champ direct, c'est-à-dire la zone où les sons perçus proviennent directement des transducteurs, pour entrer dans le champ réverbéré où l'acoustique de la salle, avec ses défauts, devient prédominante.

En fait, les qualités et les caractéristiques des systèmes de sonorisation frontale ne sont pas adaptés au milieu. Je dis bien qualités et caractéristiques car il ne s'agit pas de mettre en doute les matériels de haut de gamme, mais bien plutôt d'attirer l'attention sur l'impossibilité de la demande que l'on a vis-à-vis des équipements. A titre d'exemple, si l'on considère le cas d'une enceinte acoustique H-P elle se trouve offrir une qualité de restitution de haute qualité, bien supérieure à un système de sonorisation. Cependant ses caractéristiques la rendent inapte à une utilisation professionnelle de type frontal. Il faut employer le bon élément au bon endroit.



Détails du trajet des ondes sonores en fonction de leur fréquence et de leur point d'émission. Rappelons que le haut-parleur employé est un TANNÖY coaxial de 25 cm. La fréquence de raccordement est dans le cas présent de 2,5 kHz en 6 dB/oct. sur le grave et 18 dB/oct. sur le tweeter. Les fréquences inférieures à 2,5 kHz sont rayonnées par le haut-parleur de grave/médium et rencontrent le réflecteur avec un angle d'incidence faible (A, B), et se réfléchissent de même. A l'inverse, les fréquences les plus aiguës sont émises dans l'axe de la chambre de compression, en plein centre du réflecteur. L'onde heurte alors la surface avec un angle d'incidence beaucoup plus élevé, ce qui se traduit par un trajet qui suit de très près l'ellipse du réflecteur.

Pour qu'un système de diffusion soit convaincant, il doit être homogène, et s'affranchir, autant que faire se peut, de la salle, ce qui implique que son rayonnement soit bien connu et contrôlable.

L'une des solutions pour satisfaire à ces exigences, est d'utiliser des réflecteurs circulaires de grande dimension, omnidirectionnels dans le plan horizontal, et directionnels dans le plan vertical. Nous savons que la fidélité de la perception est d'autant meilleure que l'auditeur est situé près de la source sonore (dans le champ direct). En faisant éclater le nombre de sources, on multiplie les zones de champ direct en même temps que l'on linéarise les écarts de niveau dans la salle. Il se pose alors bien évidemment les traditionnels problèmes de retards liés à la célérité du son perçu par l'auditeur qui n'est pas équidistant des différentes sources sonores. Ces problèmes ne sont pas insolubles si l'on maîtrise parfaitement la directivité des sources qui couvrent alors chacune une zone déterminée.

Non ce n'est pas une utopie, et plus encore qu'une approche théorique, il s'agit bel et bien d'une réalité pratique bien existante qui a été expérimentée au festival de musique contemporaine de la Rochelle à l'occasion d'un concert donné par Denis Levoillant.

La description et les caractéristiques du réflecteur circulaire

La photo présente le prototype dans son ensemble. La partie ovoïde est

l'enceinte acoustique proprement dite, elle renferme un H. P. coaxial de 25 cm, muni d'un tweeter à chambre de compression, dirigé vers le haut.

Au-dessus, se trouve le réflecteur circulaire qui permet une diffusion homogène du son sur 360°, ce qu'aucune enceinte acoustique traditionnelle n'apporte. Ainsi, tous les auditeurs situés sur un rayon de même longueur entendent rigoureusement le même signal, tout autour du système. Un autre des avantages du principe est de concentrer l'énergie acoustique vers les auditeurs, en évitant d'exciter l'important volume d'air compris entre les spectateurs et le plafond générateur de trainage et de coloration. On se dégage par ce biais, dans une large proportion, des problèmes insolubles de l'acoustique de la salle. Par ailleurs, la masse des spectateurs constitue un absorbant très important qui évite les réflexions aléatoires des ondes acoustiques sur le sol. Au final, le système permet, d'une certaine manière, de repousser les limites du champ direct, ce qui s'accompagne évidemment d'une augmentation de la finesse de restitution.

L'audition

A l'écoute le réflecteur se différencie très sensiblement des systèmes de diffusion traditionnels (de qualité) que nous avons utilisés en comparaison, tout d'abord par l'apparente indifférence qu'il manifeste à l'égard des colorations apportées par le lieu. Avec des enceintes traditionnelles l'influence de la salle se fait sentir

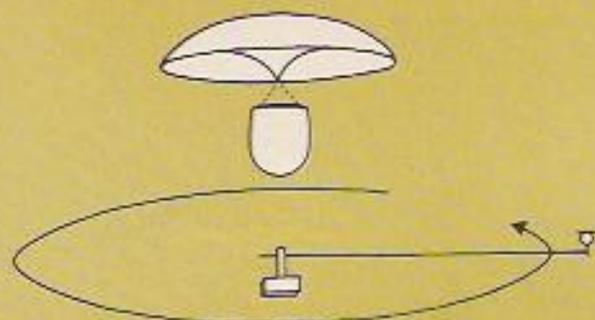
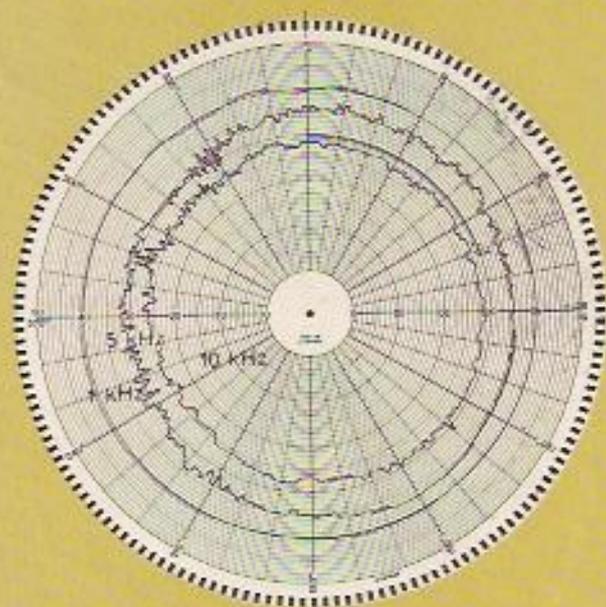
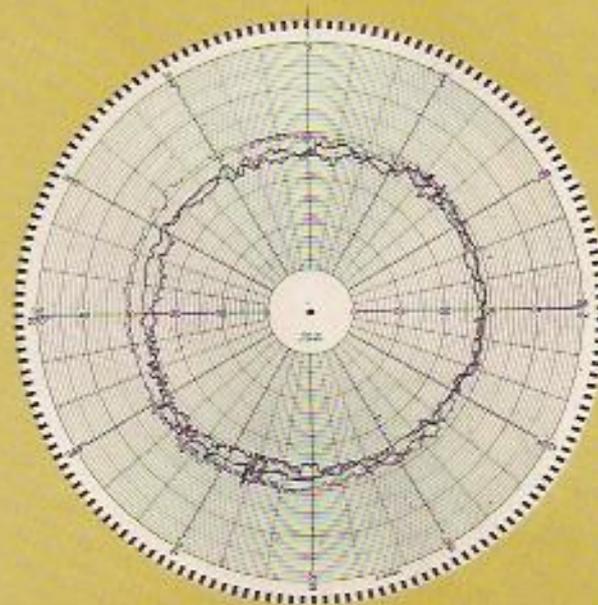


Fig. 2 :
Le micro tourne régulièrement sous le réflecteur. Voir courbes ci-dessous.



Courbe n° 1. 1000 Hz, 5000 Hz et 10 000 Hz.



Courbe n° 5. 4,5 kHz, 6 kHz, 7 kHz.

assez sensiblement, comme en traduisent les timbres épais ou édulcorés des instruments.

Les résonances de la salle s'imposent avec leur habituelle insistance, transforment à leur guise les sons les plus finement travaillés. Le réflecteur quant à lui «impose» son mode de fonctionnement à la salle qui se fait beaucoup plus discrète.

La qualité de restitution globale du système dépend très essentiellement de la conception de l'enceinte acoustique proprement dite qui est déterminée par le choix des haut-parleurs et leur filtrage. Le réflecteur n'apporte pas d'aberration de l'enveloppe sonore (si son dessin est convenable). Il procure en revanche une impression de présence immatérielle surprenante.

Que ce système soit la panacée universelle ? Surement pas. Il s'agit simplement d'un axe de recherche à suivre. Les possibilités du principe sont grandes pas illimitées. L'important, ici comme dans tout autre domaine, est d'être en évolution.

Les caractéristiques du réflecteur circulaire par la mesure en laboratoire

Les mesures ont été menées en chambre sourde selon deux axes principaux :

— La directivité (horizontale et verticale)

— La réponse en fréquence, mesurée en différents points.

La directivité horizontale est représentée sur les diagrammes 1 et 5. Le micro est placé au bout d'un bras mû par une table tournante Bruel et Kjaer. Il se déplace donc régulièrement autour du réflecteur dans un rayon de 2 m (fig. 2).

N° 1 : on constate que le système est parfaitement omnidirectionnel jusqu'à des fréquences très élevées. Les variations à 10 kHz atteignent tout juste 5 décibels. A 1000 Hz la courbe se passe de commentaire.

Tir groupé sur le diagramme n° 5 où sont représentées les fréquences 4 ; 5 kHz ; 6 kHz ; et 7 kHz. Un diagramme qui est lui aussi très probant avec des variations de niveau de quelques décibels pour les 3 mesures confondues.

L'ensemble des mesures effectuées entre 100 Hz et 15 kHz montrent que les variations ne dépassent jamais plus ou moins 5 décibels. Ces variations sont d'ailleurs plus étroitement liées à la réponse du haut-parleur

qu'au réflecteur lui-même, ce qui étaye l'idée que le diffuseur modifie peu l'enveloppe sonore.

La directivité verticale est représentée sur les diagrammes 6 et 4.

Le micro tourne ici autour du réflecteur, passant au dessus, sur les côtés, et enfin en dessous (fig. 3). On remarque la très importante chute de niveau au dessus de la coupole (-30 dB) c'est cette caractéristique qui permet de prendre une certaine indépendance vis-à-vis de l'acoustique de la salle.

Les diagrammes de directivité verticale nous apprennent que les fréquences aiguës sont diffusées avec un maximum d'énergie à l'extrême bord de la coupole (fig. 1). Ce qui nous intéresse tout particulièrement. En effet, les ondes diffractées sur le bord du réflecteur sont celles qui auraient à parcourir une plus grande distance avant de parvenir aux spectateurs. Or l'air absorbera plus rapidement les fréquences aiguës que les médiums et à fortiori les graves. A distance, l'équilibre se trouvera donc rétabli; ce qui est d'ailleurs confirmé par les mesures de réponse en fréquence prises à différentes distances du réflecteur, auxquelles nous passons maintenant.

Courbes de réponses

Elles ont été faites à une vitesse d'écriture lente afin de fournir des résultats lisibles qui témoignent des variations de l'enveloppe en fonction du point de référence. On constate que ces variations n'excèdent pas, là encore, plus ou moins 5 décibels dans les limites d'utilisation du système. Pour être tout à fait précis nous dirons que nous avons pris comme limite de tolérance des variations de plus ou moins 5 dB, ce qui reste, en tout état de cause, très acceptable à l'audition: beaucoup d'écouteurs, même de haute fidélité, ne répondant pas toujours à ce critère.

La courbe X2* est réalisée à l'extrême bord de réflecteur (1 cm). La réponse est très montante dans l'aigu. Les courbes 1, 2 et 3 ont été enregistrées à distance croissante du réflecteur. La surabondance de l'aigu tend à s'atténuer avec la distance. Notons que les variations entre les courbes 1, 2 et 3 sont très faibles, elles correspondent à ce qu'entendraient 3 auditeurs placés à 3 m, 8 m, et 12 m du réflecteur, celui-ci étant placé à 4 m du sol. Puisque le système est circu-

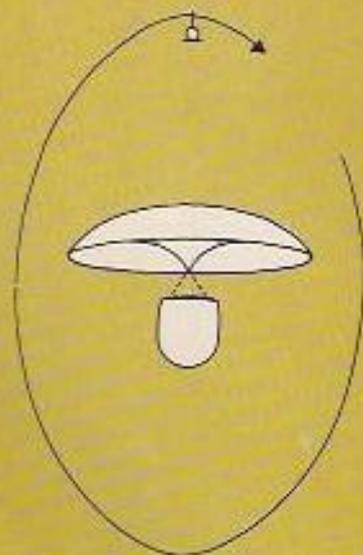
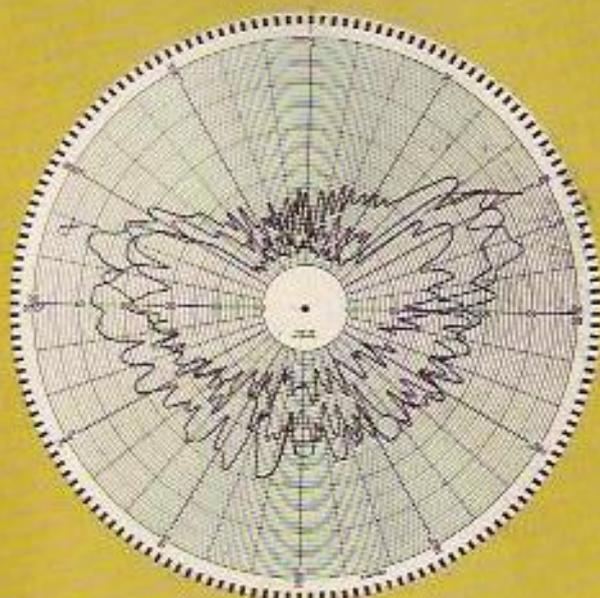
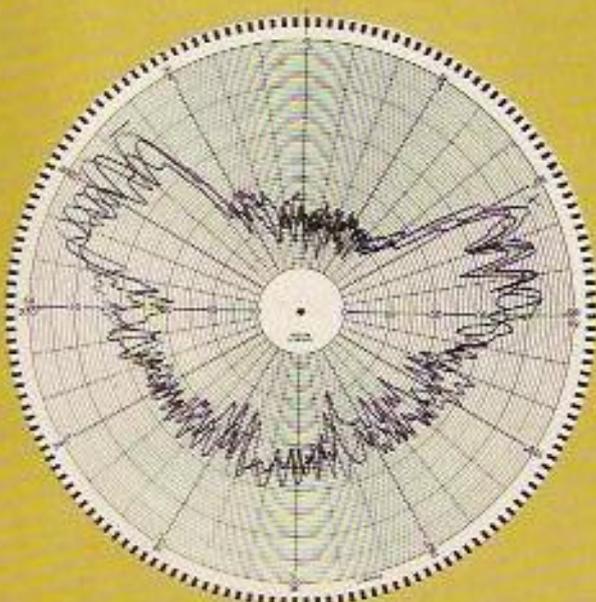


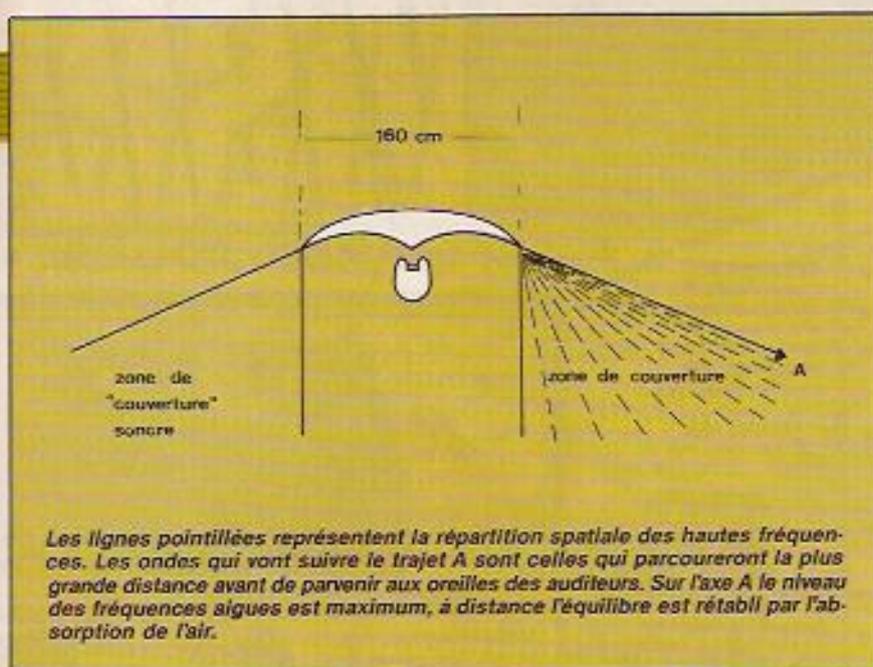
Fig. 3 :
Le micro tourne autour du réflecteur, les courbes ci-dessous représentent la directivité verticale du système.



Courbe n° 4. 1000 Hz, 2000 Hz, 5000 Hz.



Courbe n° 6. 8000 Hz 9000 Hz, 10000 Hz.

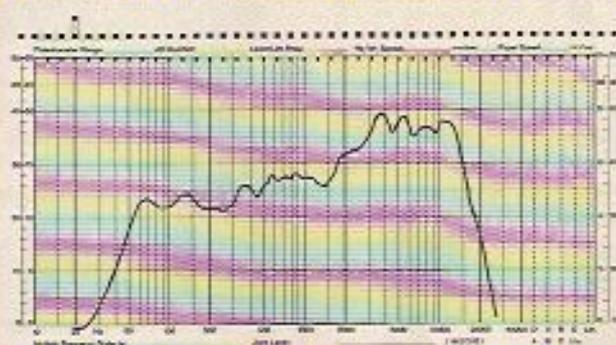


laire, 2 auditeurs placés à 24 m l'un de l'autre peuvent entendre un signal tout à fait identique.

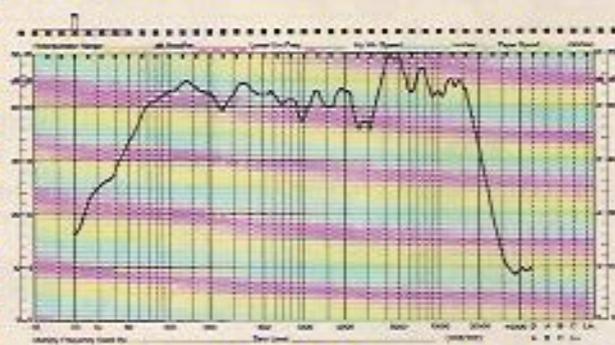
Une dernière précision concernant l'efficacité du système : le niveau sonore peut être de l'ordre de 88 dB sur un diamètre de 20 m... à partir, rappelons le, d'un unique haut-parleur de 25 cm. Il est bien évidemment possible de concevoir des systèmes beaucoup plus puissants à partir de transducteurs à rendement très élevé.

Le réflecteur en cause dans ces colonnes mesure 160 cm de diamètre : expérimentalement réalisé en plâtre il pèse 100 kg, en plastique il fonctionnerait aussi bien et accuserait à peine 40 kg. **J.-P. Morkerken**

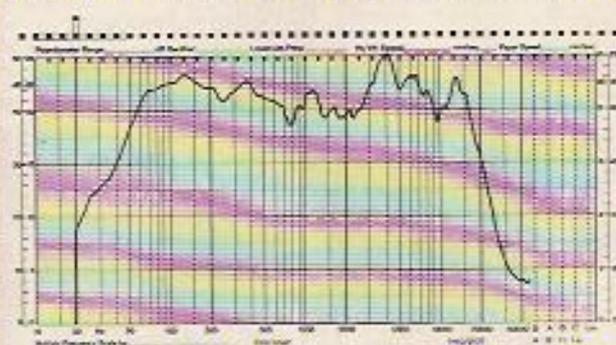
* Normalement le H.P. coaxial Tannoy présente une réponse droite parce qu'un shunt magnétique sur la chambre de compression diminue son rendement de 20 dB. Dans cette application, ce shunt a été retiré ce qui explique l'allure de la courbe X2.



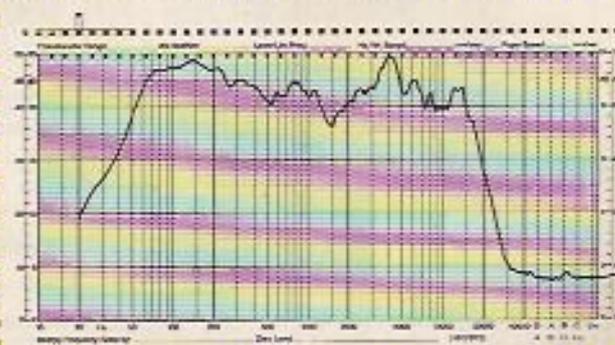
Courbe de réponse X2, micro placé à l'extrême bord du réflecteur.



Courbe n° 2.



Courbe n° 1.



Courbe n° 3.