ET POURQUOI PAS L'AMBIOPHONIE ?

1975 SON MAGAZINE

L'ambiophonie : tétraphonie du pauvre ?
Qualifié de « naturel » par les uns et de « palliatif » par les autres, ce procédé qui change de nom comme de marque,
Son Magazine en étudie les différents aspects et propose quelques réalisations aussi simples que peu onéreuses.

Les mélomanes en chambre n'ont pas attendu les compagnies discographiques internationales pour avoir des désirs de musique en multidimensions. Bien avant l'apparition du premier décodeur multiplex et des termes « discrète » « SQ » et « D4 » d'étranges schémas et de curieuses petites boîtes magiques circulaient parmi les fanatiques de la musique sans limites. C'est par les américains, toujours en avance d'un perfectionnement, que le procédé gagna en renommée et devint même, un temps durant, le nec+ultra de la sophistication dans l'art de se titiller les oreilles. S'ils sont les premiers à acheter leurs enceintes acoustiques par paquet de quatre, et à se battre avec femmes, meubles, animaux domestiques et progéniture pour faire loger leurs haut-parleurs aux points stratégiques de leur salle de séjour, ils le doivent en grande partie à David Haffler - la Tête du célèbre constructeur Dynaco - qui les incite à faire de la sorte en promettant des Walkyries grandeur nature entièrement équipées (avec les chevaux ?) oui avec leurs chevaux ! Ben-Hur et son char, Marylin et son charme, à ceux qui adopteront son système d'écoute. Bientôt, en France, Scientelec fait sensation au dernier Festival du Son du palais d'Orsay avec un dispositif semblable, qui intrigue d'autant plus les visiteurs que le constructeur se garde bien de dévoiler le principe et ne parle qu'évasivement de réseau de matriçage. Mais, précédé par l'artillerie lourde de la publicité et de la mode, la tétraphonie nous est promise ; le son « intégral » est pour demain. Équipez-vous dès à présent avant que votre chaîne ne tombe définitivement en désuetude ! Voici des cellules, des amplis et des décodeurs de toutes les couleurs, demain la Fête. Malheureusement, telle l'Arlésienne, elle se fait attendre et pendant ce temps-là, les décodeurs languissent et les membranes de HP prennent une raideur cadavérique. Quelques

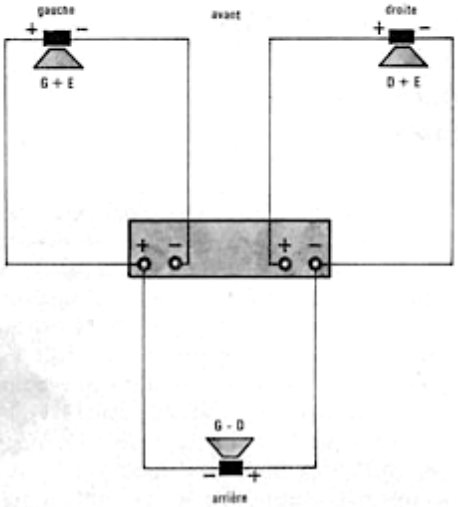
Le raccordement des quatre HP est des plus simples.

Scan-dyna : adaptateur réglable pour l'ambiophonie.

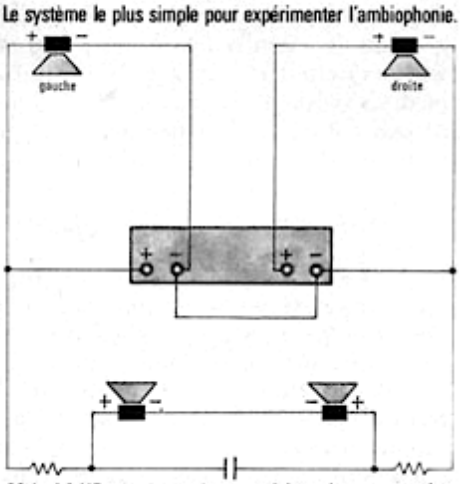
constructeurs, parmi les plus avisés, se sont tout de même souvenus du système de Hafler et de ses dérivés et ont, à tout hasard équipé leurs amplis-démodulateurs d'une position « pseudo » tétraphonique consolatrice. C'est par exemple le cas de Kenwood et de Sansui. Chez ce dernier le dispositif est aussi complet que complexe avec plusieurs positions en fonction du type d'écoute et de la disposition des enceintes acoustiques. Pour parvenir à ses fins, il n'utilise pas moins d'un synthétiseur de fréquences qui, en analysant les signaux issus des deux canaux primitifs, en extrait un signal composite qui est modulé en phase avant d'être injecté dans une paire d'amplificateurs spécialisés pour les voies arrières (voir Son Magazine N° 49, page 68). Si l'efficacité est indéniable et l'utilisation très souple, il n'est cependant pas dans mes intentions de vous inciter à plonger dans des circuits aussi complexes que seuls les techniciens seraient en mesure de mettre au point. Plus rustique, avec moins de petits machins à pattes multicolores, mais auditivement tout aussi convaincant, c'est vers la source, vers l'idée de base, que nous irons chercher notre bonheur.

1 + 1 = 3 ou 4. Curieuse façon de compter, aussi originale qu'imprécise ; mais avec l'électronique il faut s'attendre à pas mal de choses, c'est sans doute l'un de ses charmes les plus secrets... Pour ne pas troubler davantage les esprits par d'autres opérations mathématiques étranges ou par d'autres incongruités, c'est sous une forme logique que se chapitre ô combien didactique se déroulera. Tout d'abord une expérience : mettez un auditeur normal, mais attentif dans une salle à l'intérieur de laquelle un instrumentiste s'époumone déjà devant une quelconque partition. On remarque alors plusieurs choses : la première est que le musicien en question joue d'un instrument à vent (c'est plus facile pour s'époumonner), admettons qu'il s'agisse d'un hélicon, instrument rare et gros. La seconde est que le spectateur entend le son de l'hélicon d'une façon totalement différente de celle perçue par le musicien (il y aurait ici matière à de longues digressions d'ordre esthétique). Si ce dernier perçoit une très grande partie de son direct et une très faible de son réfléchi,

l'augmentation du confort d'écoute est remarquable

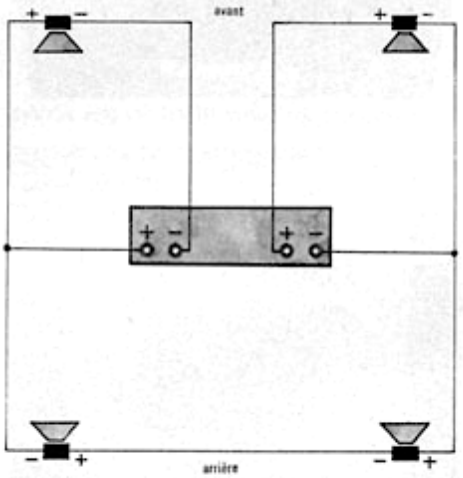


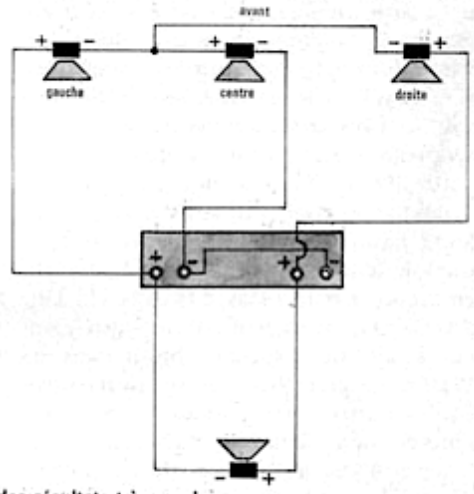
Le système le plus simple pour expérimenter l'ambiophonie.



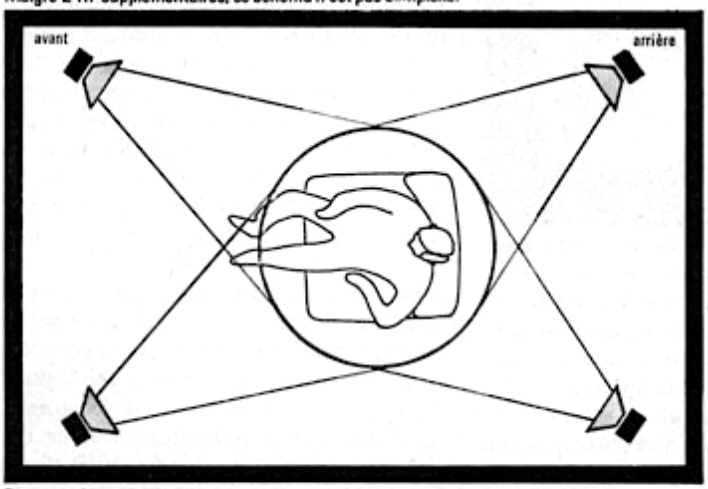
Malgré 2 HP supplémentaires, ce schéma n'est pas complexe.

le spectateur, lui, a une écoute qui est grandement tributaire de la distance à laquelle il se trouve de l'instrumentiste et de la configuration acoustique du local. Des divers proportions de sons directs et de son réfléchis lui parvenant, permettent également d'apprécier cette distance ainsi que le type d'environnement dans lequel il se trouve. Acoustiquement, l'onde émise directement ayant une distance moindre à parcourir entre le pavillon de l'instrument et ceux de ses oreilles, il arrive avant le son réfléchi. Entre les deux, il y a un décalage dans le temps, un déphasage, et même des oppositions de phase. Ce sont les déphasages en question qui permettent de recréer à la restitution une impression d'espace correspondant au volume initial. Dans un enregistrement stéréophonique, même si elles ne sont pas normalement exploitées, ces informations existent et théoriquement, il suffit de les extraire et de les injecter par un jeu de haut-parleurs complémentaires pour retrouver l'ambiance initiale. Pour cela, on emploie un bien grand mot - le matriçage - quelques mètres de scindex et des résistances. Pour simplifier encore un

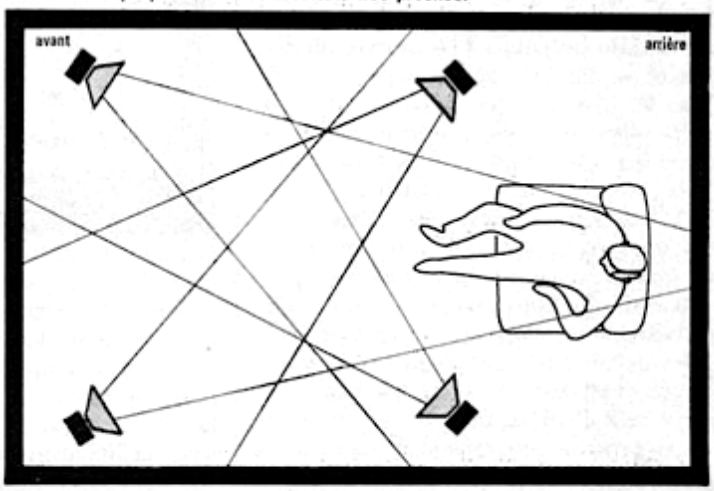




2 variations sur un thème semblable et qui procurent des résultats très proches.



Pour " baigner " dans l'ambiophonie. La place de l'auditeur est assez critique.



Moins spectaculaire, le système qui donne les résultats les plus heureux.

peu les choses et gagner de la place nous conviendrons d'appeler E les informations correspondant à l'effet d'espace, celles qui sont fournies par les déphasages multiples entre les deux voies. Une fois ceci admis, il ne reste plus qu'à faire une addition et une soustraction pour mettre en évidence nos informations supplémentaires. Ces opérations s'effectuent en jouant sur la phase des divers haut-parleurs intervenant dans le système. Dans sa version la plus simple, le dispositif ne demande qu'un haut-parleur supplémentaire pour les informations provenant de l'arrière. On relie ses bornes aux deux bornes correspondant à la phase de chaque canal HP (borne rouge). Le transducteur complémentaire ne transmet alors que des informations correspondant aux déphasages entre le canal de droite et celui de gauche. Il est difficile d'imaginer système plus simple et qui fonctionne. Le seul problème est que l'auditeur, coincé entre ses trois sources sonores, n'a pas beaucoup de latitude de mouvement. Limité jusqu'alors dans ses translations, il est de plus, tributaire de la distance - critique - entre sources avant et arrière mais cela n'est pas spécifique au procédé et est également valable pour l'écoute tétraphonique orthodoxe. Il est également possible de combiner quatre sources sonores avec deux HP pour les voies arrières (arrière gauche et arrière droite). Une variante du procédé préconisé par Hafler utilise trois HP de face et un seul à l'arrière. Dans ce cas le troisième HP correspond à une voie centrale. Enfin certains préconisent une disposition un peu différente pour les haut-parleurs arrières où celui de droite transmet la somme des informations des deux canaux et celui de gauche leur différence. Si le choix des dispositions est aussi important, c'est que les avis sont partagés sur le réalisme des résultats.

Comment le faire à trois ou à quatre. Les transducteurs de compléments ne sont pas nécessairement identiques aux principaux. Leur bande passante n'a pas besoin d'être aussi étendue dans les basses et la puissance dissipable beaucoup plus faible. Par contre, il est primordial que leur phase soit repérée. Toutes les sources stéréophoniques « matricées » de la sorte ne fournissent pas des résultats d'égales qualités. De grandes différences apparaissent en fonction du style de prise de son et de mixage. Si les jolies prises de son très léchées de Charlin de chez Erato ou Decca se comportent remarquablement, il n'en est pas de même pour certaines autres, qui travaillent en multipistes sans grand respect de la phase au moment de la prise ou qui pratiquent de sublimes manipulations au mixage ; en règle générale les enregistrements réalisés avec un couple principal de micros (tête artificielle, par exemple) procurent de très bons effets. En pop, Tangerine Dream est entre autres dans ce cas. Pour l'écoute, l'idéal est encore d'expérimenter soi-même les diverses combinaisons. Pour ceux qui recherchent les effets et veulent véritablement prendre un « pied de bain » musical, c'est au milieu des haut-parleurs qu'ils doivent s'installer. Par contre, pour ceux qui souhaitent prendre quelques distances avec les instrumentistes et recréer les conditions d'un concert, c'est à l'extérieur, derrière les HP arrières qu'ils doivent s'installer. Selon vos moyens et vos ambitions, il n'est pas interdit d'envisager deux paires de HP commutables pour répondre aux deux cas à moins que vous ne soyez très courageux et que l'idée de déplacer votre siège de quelques dizaines de cm ne vous semble pas incongrue. Enfin, il faut parler de l'éventualité de réglage de niveau de « balance » entre les voies avant et arrière ainsi que latéralement. Si, pour les voies principales, le problème est résolu par l'amplificateur il n'en est plus de même pour les complémentaires. La première idée qui vient à l'esprit est de mettre un rhéostat en série sur les lignes HP. Malgré le dicton, la première idée n'est pas heureuse, car elle a pour effet secondaire d'augmenter considérablement la résistance du circuit et de faire chuter le facteur d'amortissement de l'ampli à des valeurs incompatibles avec une restitution correcte. Deux autres solutions s'offrent alors à vous : les atténuateurs à impédance constante, l'amplificateur auxiliaire. La première solution est la moins onéreuse et c'est la raison pour laquelle on la rencontre souvent. Plusieurs constructeurs proposent de tels accessoires. La seconde, est la plus élégante puisqu'elle permet un réglage de grande souplesse et avec une totale indépendance. De plus elle autorise, suprême raffinement, un réglage de tonalité pour les voies complémentaires. Comme pour les enceintes, l'amplificateur d'appoint n'a pas à débiter une puissance bien importante et peut être nettement moins évolué que le reste de la chaîne (un 2 x 10 w suffit généralement). Et la compatibilité ? elle est totale. Dans le cas d'écoute d'une source monophonique, les HP complémentaires sont naturellement muets puisqu'il n'y a pas de signaux en opposition de phase.

L'ambio, c'est l'avenir ? En fonction des moyens mis en œuvre, l'augmentation du confort d'écoute est souvent remarquable ; les plans s'étagent mieux, l'air circule entre les instruments, l'atmosphère est mieux restituée et certains disques prennent un relief des plus heureux, et ce, sans ce côté artificiel de certains autres procédés faisant intervenir une chambre d'écho ou d'autres lignes de retard. Pourtant le matriçage selon le procédé Hafler n'est qu'un système simpliste qui ne tient compte que des déphasages les plus virulents, il existe des procédés plus sophistiqués qui ont des résultats encore plus intéressants mais dont malheureusement aucune manifestation n'est audible pour l'instant en France. Il reste à espérer, pour que le système devienne de plus en plus souvent exploitable au mieux de nos intérêts, que les preneurs de son pensent de plus en plus au délicat problème du respect de la phase qui permettrait une approche simple et bon marché de l'écoute en trois dimensions pour ceux qui recherchent moins l'effet de surprise qu'une amélioration réaliste des conditions d'écoute.

Marcel Barbin

REVUE DE LA PRESSE ÉTRANGÈRE

1. Towards a more natural sound System
(à la recherche d'un système de reproduction sonore plus véridique)
par L.R. Hay et J.V. Hanson.
J.A.E.S. Vol. 24, nº 1 (janv./février 1976).

Bien que la tétraphonie ait fait son apparition depuis plus de cinq ans, on ne peut pas dire que les règles de mise en œuvre de ce procédé soient encore bien stabilisées, et ce tant sur le plan des supports de la modulation que sur celui des méthodes de prise de son. Une chose est sûre en tous cas : c'est de quatre canaux dont on dispose et il faut essayer d'en tirer le maximum.

C'est pourquoi les auteurs font tout d'abord remarquer que la disposition tétraphonique habituelle (un haut-parleur dans chaque coin de la pièce, avec prise de son utilisant quatre microphones dispersés) souffrait de plusieurs défauts :
— La localisation n'est possible que dans une zone d'écoute très réduite (ce défaut est d'ailleurs commun avec la stéréophonie classique et est souvent accompagné de l'impression de « trou central »).
— L'effet d'ambiance est ressenti comme artificiel à cause de la présence de sources ponctuelles à l'arrière (cette impression est encore accentuée si les H.P. arrière diffusent des informations de nature directionnelle). Dans une salle de concert au contraire, tous les sons arrivant dans le dos de l'auditeur sont diffus.

L'idée proposée est alors de n'utiliser qu'un canal pour transmettre « l'ambiance » de la salle, les trois autres étant affectés comme suit :
avant gauche, avant centre, avant droit

L'étude entreprise par Hay et Hanson était, avant tout, expérimentale : il s'agissait donc de vérifier, sur un nombre d'auditeurs suffisant, que l'amélioration subjective apportée par le nouveau système était appréciable. Des enregistrements de musique vivante furent spécialement réalisés pour la circonstance avec la disposition de microphones indiquée sur la figure 1 et l'affectation suivante :

Canaux	1	2	3	4
Tétraphonie classique	A	C	D	E
Tétraphonie « 3+1 »	A	B	C	D+E

A l'écoute, le placement des H.P. était analogue (fig. 2).

Quatre groupes d'auditeurs, totalisant 71 personnes, pour la plupart habituées à l'écoute critique, participèrent aux

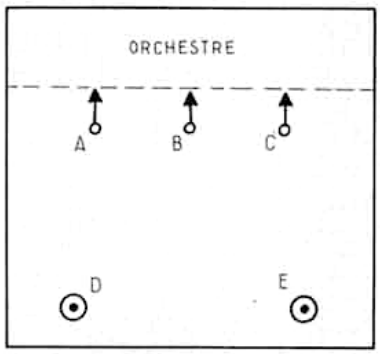


Fig. 1.-1. — Disposition expérimentale de la prise de son : A, B, C sont des microphones cardioïdes, D et E sont des microphones omnidirectionnels.

essais. Ceux-ci portèrent tant sur l'acuité de la localisation des sources que sur les aspects plus subjectifs (« profondeur », naturel de la reproduction). Les résultats finaux, très homogènes, montrèrent clairement la supériorité du système « 3+1 » et en particulier :

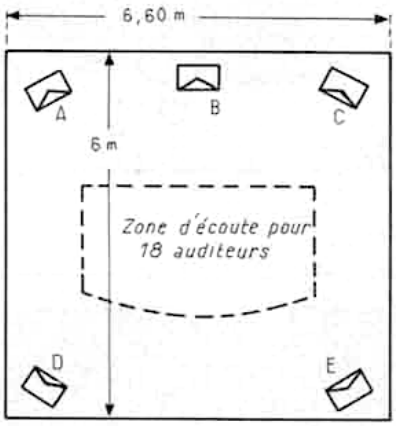


Fig. 1.-2. — Plan de la salle où se sont déroulées les écoutes. Il est important que les hauts-parleurs frontaux (B en particulier) aient une directivité faible. En ce qui concerne les propriétés acoustiques de la salle les auteurs restent discrets et se contentent de dire que le sol est recouvert de moquette. Mais sans doute la présence de 18 personnes suffit-elle à amener le temps de réverbération à une valeur convenable.

— que le repérage directionnel était possible même pour des positions d'écoute éloignées du centre de la pièce.
— que le passage de deux canaux à un canal à l'arrière n'était pas perçu comme une dégradation du message mais au contraire comme un pas vers une reproduction plus naturelle.

Pour terminer les auteurs suggèrent de raccorder plus de deux H.P. en parallèle le long des murs du fond et sur les côtés de la salle, afin de réduire encore les effets de source ponctuelle.

J.E.

▶▶▶

8 f
628 PAGES
LIe ANNEE - N° 1530 DU 11 DECEMBRE 1975

LE HAUT-PARLEUR

JOURNAL DE VULGARISATION

SON ■ TÉLÉVISION ■ RADIO ■ ÉLECTRONIQUE

NOËL 1975

■ **REALISEZ :** UN ENSEMBLE DE RADIOCOMMANDE : LE TF 6/76 ■ UN AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE ALIMENTE SOUS 12 VOLTS ■ EN KIT LE KITALARME GEDIS ■ UN INDICATEUR DE ZERO POUR TUNER ■

■ **BANCS D'ESSAI :** LE TUNER AMPLIFICATEUR B ET O 6000 ■ LA TABLE DE LECTURE PICKERING FA 112 ■ L'AMPLI SCOTT A 426 ■ L'AMPLI SUPERSCOPE A 245 ■

DE LA STEREOPHONIE A L'AMBIOPHONIE

NOUVEAUX PROCEDES ET MONTAGES D'AMATEURS

LES appareils à haute fidélité ont pour but de restituer les sons musicaux enregistrés et transmis sous une forme qui donne à l'auditeur la sensation, sinon l'illusion, d'entendre les sons initiaux naturels, tels que ceux qui ont été produits dans la salle de concert. Ce résultat idéal est extrêmement difficile à atteindre, en raison de la complexité de la sensation auditive et de la différence des conditions de production des sons musicaux dans une salle de concert et dans la chambre d'écoute habituelle.

En fait, il s'agit toujours de rendre la musique enregistrée suffisamment proche de celle qu'on peut entendre dans de bonnes salles de concert, et les facteurs qui entrent en jeu sont extrêmement nombreux ; il n'y a pas seulement la qualité des signaux musicaux produits à la sortie de l'appareil électro-acoustique, mais les caractéristiques des haut-parleurs, leur disposition dans la chambre d'écoute, et surtout les caractéristiques acoustiques de celle-ci, sans compter les facteurs physiologiques et psychologiques inhérents à l'auditeur lui-même.

Comparés avec le relief et la clarté des grandes formations orchestrales écoutées en direct, les qualités des sons émis par les haut-parleurs de nos installations bien étudiées paraissent souvent trop ternes et insuffisantes aux mélomanes exigeants.

C'est qu'en effet la qualité musicale dépend d'un très grand nombre de facteurs complexes que l'on néglige trop souvent. Il ne s'agit pas d'étudier des phénomènes distincts sans tenir compte des autres.

Ce sont surtout les phénomènes de réflexion sonore dont il faut tenir compte ; la position de l'auditeur par rapport aux sources sonores, les caractéristiques physiologiques de son ouïe, les caractéristiques acoustiques de la salle, ne sont pas moins importantes ; l'ensemble des phénomènes divers forme un tout.

Ce principe est encore plus évident et les risques sont devenus plus grands depuis la naissance et l'utilisation des méthodes stéréophoniques et dérivées, qui consistent à utiliser, non plus un seul canal sonore mettant en action un haut-parleur, mais trois, quatre ou même un plus grand nombre de canaux sonores actionnant des haut-parleurs, qui ne sont plus disposés seulement devant l'auditeur, mais tout autour de lui.

Le problème consiste toujours à obtenir généralement dans une salle de dimensions réduites des résultats acoustiques donnant des sensations analogues à celles que l'on peut obtenir dans une salle de dimensions plus ou moins vastes. L'enregistrement est généralement effectué dans un studio qui ne présente pas les caractéristiques habituelles des réflexions sonores musicales ; de là, l'étude des dispositifs et des procédés qui ont pour but de restituer à la reproduction musicale l'ampleur et la résonance qui lui font défaut.

Il ne suffit pas d'envisager les procédés stéréophoniques à plusieurs canaux, il faut souvent faire appel aux méthodes qui ont pour but de compenser les différences des conditions de réflexion des sons dans les salles de concert, les studios d'enregistrement et les salles d'écoute, en introduisant des effets de réverbération sonore convenablement étudiés.

Il est également désirable d'obtenir, si possible, dans une salle de caractéristique acoustiques plus ou moins normales des effets sonores particuliers, spatiaux ou panoramiques, sans modifier les caractéristiques de la salle elle-même, et les procédés généralement récents étudiés dans ce but constituent des méthodes ambiophoniques, mot dont l'origine est facile à comprendre (ambie = entourer).

LES REFLEXIONS SONORES : PHENOMENES ESSENTIELS

Pour se rendre compte des nécessités des procédés destinés à corriger ou à assurer les effets musicaux des réflexions sonores assurant la qualité de l'audition dans les salles de concert, il n'est pas inutile de rappeler d'abord comment les sons parviennent normalement à l'auditeur.

a) Il y a d'abord les ondes sonores directes émises par la source musicale qui arrivent directement sans réflexion sur les parois.

b) Des sons réfléchis parviennent à l'oreille avec un décalage inférieur à 1/10 ou 1/15 sec., suivant qu'il s'agit de sons brefs ou de musique. Dans ces conditions, l'oreille ne peut les distinguer des sons directs et ils augmentent seulement l'intensité et la facilité de l'audition.

Suivant la nature des parois, le son peut ainsi subir 200 à 300 réflexions avant de s'éteindre complètement, mais il arrive un instant plus ou moins éloigné de la production initiale où l'intensité est trop faible pour permettre l'audition normale et la réflexion ne joue plus alors aucun rôle notable

c) Lorsque les sons réfléchis parviennent à l'oreille avec un décalage supérieur à 1/10 ou 1/15 seconde après la perception directe, il se produit une traînée sonore. Les sons supplémentaires continuent, en quelque sorte, l'audition des sons utiles et constituent ce qu'on appelle le phénomène de réverbération ou improprement de résonance sonore.

Ce phénomène, qui prolonge le son, peut avoir une influence favorable sur la sonorité musicale et lui donner une ampleur de cathédrale ; mais, par contre, s'il est exagéré, peut rendre la parole inintelligible.

UN PHENOMENE TROP NEGLIGE : L'EFFET HAAS

La nécessité d'obtenir dans tous les points d'une salle un son uniforme d'un niveau égal et présentant des qualités musicales également uniformes, attire l'attention sur un phénomène additionnel important, qu'on appelle « l'effet Haas », et concerne les phénomènes produits dans une salle, dans laquelle se trouvent deux ou plusieurs haut-parleurs.

L'auditeur a la sensation d'entendre seulement le haut-parleur le plus rapproché, lorsque les niveaux des volumes sonores sont analogues, parce que le son qui provient de cet élément est le premier qui atteint ses oreilles.

Les sons entendus directement par un auditeur proviennent de différents points de la salle ; ils parviennent d'abord à ses oreilles, et sont suivis par les multiples sons réfléchis provenant de la même source, grâce aux réflexions sur les murs et les plafonds.

Ce phénomène permet, grâce à la perception binauriculaire, d'analyser et de localiser les sons. Il n'en est pas ainsi avec des appareils monophoniques, et il n'est pas évident que deux canaux monophoniques complètement séparés assurent parfaitement des conditions analogues. Il y a seulement deux sources ponctuelles constituées par les haut-parleurs, et non par une suite d'images sonores étendues entre ceux-ci.

On voit, sur la figure 1, le phénomène dû à l'effet Haas, et concernant la relation existant entre le temps et l'intensité lorsque deux haut-parleurs reproduisent le même son, mais avec une durée et une intensité variables représentées par la courbe, de façon à produire, en quelque sorte, une image fictive D entre les haut-parleurs A et B.

Lorsque le son provenant du haut-parleur B est décalé par rapport à celui du haut-parleur A, l'auditeur placé en C a la sensation d'entendre aussi la source sonore D, qui se déplace progressivement vers le haut-parleur A. Avec un écart de quelques millisecondes, l'effet sonore reste en A ; mais, lorsque le décalage augmente, le son parasite commence à devenir plus perceptible.

Lorsque le décalage atteint 50 millisecondes, l'auditeur entend deux sons distincts, c'est-à-dire un effet d'écho. En fait, on a utilisé un effet synthétique analogue à celui qui se produit dans une salle de concert, c'est-à-dire la production d'un son direct suivi par une réflexion de ce son, provenant d'une autre direction et avec un décalage plus long.

Ces conditions peuvent être reproduites dans un dispositif stéréophonique, si l'écartement des microphones est réalisé, comme on le voit sur la figure 2 ; mais, on peut avoir recours, comme on le voit sur la figure 3, à un effet acoustique auxiliaire, avec un décalage réduit des deux ondes directes représentées en traits pleins et on envisage seulement l'influence des effets directionnels des sons reproduits.

Les sons transmis directement proviennent ici de la gauche et les sons réfléchis représentés en lignes pointillées de la droite ; les sons directs et les sons réfléchis produisent, en quelque sorte, des images sonores, qui semblent remplir l'espace entre les haut-parleurs.

Dans la pratique, lorsqu'un signal déterminé parvenant directement à l'oreille de l'auditeur et la première réflexion sonore se succèdent très rapidement avec un intervalle de 40 millisecondes environ, même s'ils proviennent de directions différentes, le son qui arrive le premier détermine la direction de la source, même lorsque le second est beaucoup plus intense que le premier.

La première répétition et les suivantes ont seulement une influence sur l'intensité et la qualité, et, dans certaines salles, le premier son est ainsi normalement le son direct original. Les réflexions n'altèrent donc pas l'impression de

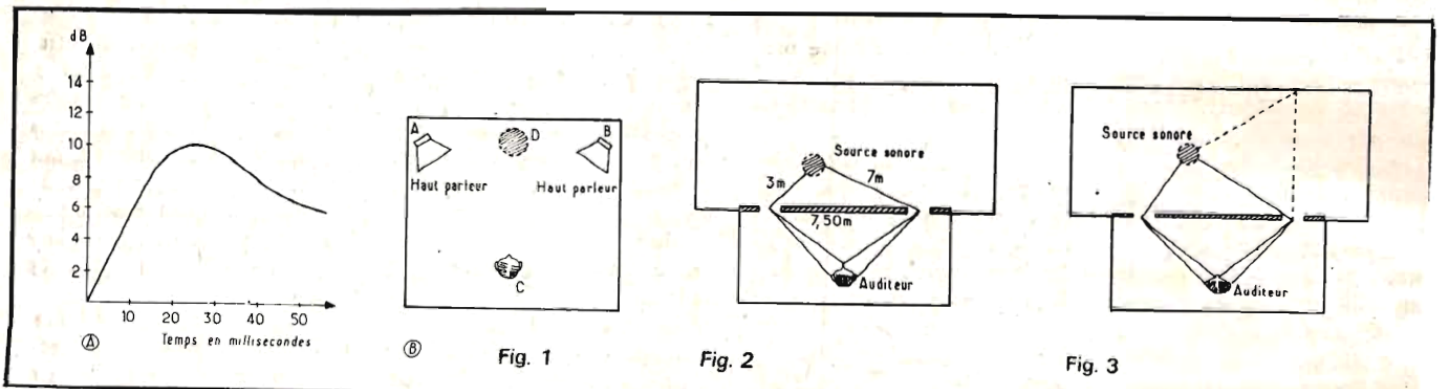


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

direction et ce fait est très important pour la technique sonore.

Ce phénomène se produit tant que le second haut-parleur n'est pas placé à une distance différant de plus de 15 mètres du premier ; car, à ce moment, le son provenant du second haut-parleur a l'apparence d'une sorte d'écho, ce qui réduit l'intelligibilité. Une distance de l'ordre de 15 mètres correspond déjà, en effet, à un retard de propagation du son de 50 millisecondes.

Dans les salles de grandes dimensions de plus de 15 mètres de long, il faut donc éviter les troubles de reproduction pour certains auditeurs, lorsque plusieurs haut-parleurs fonctionnent en même temps, et les phénomènes sont surtout difficiles à éviter dans les coins, et sous les balcons, par exemple.

L'amélioration peut être obtenue en contrôlant les effets directifs avec des colonnes sonores, et en réglant avec soin les contrôles de volumes individuels, reliés aux haut-parleurs disposés rationnellement. L'effet désiré consiste toujours à donner à l'auditeur l'impression d'entendre localement une seule source sonore déterminée.

Mais, pour les sonorisations dans les grands espaces, tels que les cathédrales et les halls par exemple, les très grandes salles de spectacles avec une grande durée de réverbération, ou sur de larges surfaces en plein air, un dispositif de retard correspondant à la vitesse du son et à la distance peut ainsi devenir nécessaire, d'où l'étude de systèmes de retard sonore, que les acousticiens envisagent maintenant dans les grandes salles.

En fait, le premier son est normalement le son direct original ; la première répétition et les suivantes affectent uniquement l'impression de l'intensité et de la qualité sonore. Les répétitions dont l'intensité peut être modifiée naturellement ou artificiellement ne modifient pas l'impression de direction ; si elles parviennent suffisamment tôt pour ne pas produire d'échos, elles sont utiles pour améliorer la qualité et la clarté du son, un certain retard est surtout nécessaire pour que le second son n'ait pas d'influence sur la détermination de la direction. L'effet Haas a une grande importance pour les réalisations électro-acoustiques ; il permet d'établir des installations augmentant l'intensité sonore sans permettre à l'auditeur d'avoir son attention attirée par la présence des haut-parleurs.

REVERBERATION ARTIFICIELLE ET STEREOPHONIE COMBINEES

La stéréophonie est effet de distribution et de sélection dans l'espace des sources musicales ; on atteint ce but par l'emploi de deux canaux sonores au minimum, attaquant deux haut-parleurs ou deux groupes de haut-parleurs suffisamment séparés et écartés l'un de l'autre. La vraie stéréophonie situe les « cordes » à gauche, et les « cuivres » à droite, par exemple.

Parallèlement, on a imaginé des systèmes dits de « pseudo-stéréophonie », dont l'un des effets essentiels consiste à assurer et à provoquer un décalage dans le temps entre les sons des canaux de droite et de gauche, à partir d'un premier canal sonore initial unique, transmis par radio ou enregistré sur disque ou sur bande. Certes, cela produit un effet de présence agréable ; mais ce n'est pas du tout de la stéréophonie.

En effet, pour reprendre notre premier exemple, avec ce système nous entendrons les « cuivres » et les « cordes » aussi bien à gauche qu'à droite ; nous obtiendrons en supplément qu'un effet d'étalement, effet de présence dû au décalage de temps, entre le reproducteur de gauche et celui de droite. C'est la raison pour laquelle ces procédés sont dits « pseudo-stéréophoniques ».

Ce décalage de temps dans la reproduction d'une émission ou d'un enregistrement constitue l' « écho synthétique » ou réverbération artificielle. Stéréophonie et réverbération sont deux choses totalement différentes, mais non incompatibles. Cela veut dire qu'un système de réverbération artificielle pourra aussi bien être appliqué à un ensemble de reproduction stéréophonique qu'à un appareil monophonique.

Le décalage dans le temps réalisé dans le système amplificateur de reproduction peut être obtenu par un dispositif de retard électronique par résistance et condensateurs, ou par un dispositif de retard électro-acoustique, ou encore par un dispositif électro-mécanique.

En pratique, seuls les dispositifs électro-acoustiques ou électro-mécaniques sont employés ; le système par résistances et capacités ou ligne de retard est difficile à mettre en œuvre, compte tenu de l'ordre de grandeur des fréquences présentes dans le registre sonore.

Les dispositifs acoustiques ou mécaniques doivent évidemment être soigneusement étudiés, afin d'éviter les distorsions et les déphasages pouvant être produits par les actions mutuelles des oscillations des différentes fréquences.

Dans les installations professionnelles, lors de l'enregistrement des disques, on réalise des échos artificiels, grâce à certains truquages possibles au moment de l'enregistrement préalable sur bande magnétique avec têtes d'enregistrement décalées, etc.

Mais, avant l'emploi des enregistreurs magnétiques, on obtenait l'effet d'écho en couplant un microphone avec un haut-parleur à l'intérieur d'une chambre acoustique destinée à assurer une durée de transmission assez longue correspondant au décalage souhaité. Ce système électro-acoustique simple ayant donné de bons résultats; il est normal que l'on ait cherché également à l'adapter sur les chaînes de reproduction.

Des essais dans ce sens ont été effectués et l'on a purement et simplement repris le même principe, mais, toutefois, sous une forme plus simple et plus moderne. Il s'agissait surtout de réduire le volume de la chambre acoustique, ou chambre à échos, de façon à permettre l'utilisation du système même sur des appareils « commerciaux », sans que ceux-ci atteignent des dimensions exagérées.

PRINCIPES DE L'AMBIOPHONIE

Ces phénomènes désormais classiques, étudiés avec de plus en plus d'attention, ont permis, d'une part, de modifier bien souvent les caractéristiques acoustiques des salles d'écoute ou de spectacle, d'améliorer les matériels d'enregistrement et de lecture, et, de plus, spécialement de mettre au point des montages de réverbération artificielle ou des chambres d'écho, qui ont pour but d'obtenir au moment de la lecture, et même dans une salle absorbante de petites dimensions, des effets sonores donnant l'illusion d'une écoute dans une grande salle.

Mais, un autre problème se pose parfois dans certaines salles ; il s'agit de créer, en quelque sorte, un « décor sonore » renforçant l'effet dynamique de l'action, grâce à l'accompagnement sonore de l'action scénique qui crée l'ambiance, au même titre que la lumière et le décor visuel donnent au spectateur la sensation de se trouver dans l'atmosphère même de l'action.

La technique adoptée dans les salles à installation électroacoustique a reçu le non

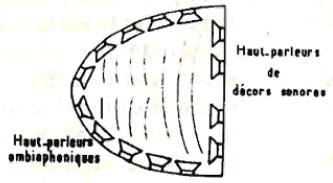


Fig. 4

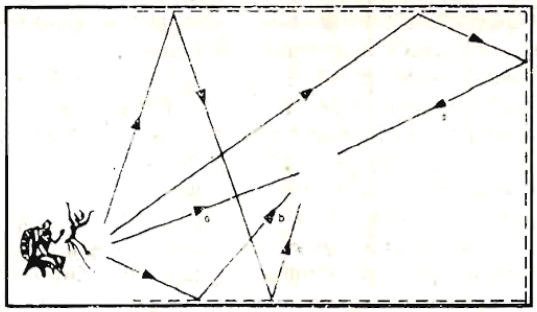


Fig. 5a

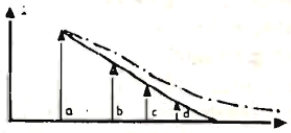


Fig. 5b

de « **stéréo réverbération** », ou « **ambiophonie** », parce qu'elle permet d'assurer une **ambiance sonore.**

Le système est donc basé sur le fait qu'un enregistrement stéréophonique d'orchestre dans une salle de concert donne bien l'impression d'une répartition spatiale des sources sonores, mais non, le plus souvent, de l'ambiance acoustique de la salle, déterminée par les réflexions et la durée de réverbération. Même si un microphone additionnel est prévu pour donner cette ambiance, on ne peut obtenir, en fait, qu'une mesure du champ acoustique, et non sa diffusion spatiale.

Un principe de base consiste à utiliser un enregistrement stéréophonique, par exemple, sur bande magnétique, permettant d'actionner deux haut-parleurs, mais aussi alimentant un système mettant en action une série de haut-parleurs additionnels, avec un certain décalage de temps par rapport aux haut-parleurs normaux, par exemple, de 40, 78, 125 et 150 millisecondes. Un potentiomètre permet de régler l'intensité de ces sons successifs, qui correspondent ainsi aux sons naturels réfléchis de réverbération.

Les haut-parleurs peuvent être répartis tout autour de la salle, comme on le voit sur la figure 4, et les sons émis par les différents groupes ne peuvent parvenir simultanément aux oreilles de l'auditeur.

Ce système convient particulièrement bien pour améliorer l'acoustique d'une salle, par exemple, lorsqu'on veut entendre de la musique, alors que le temps de réverbération normal convient au théâtre.

S'il s'agit de décalages inférieurs à quelques millisecondes, on peut aussi utiliser des systèmes plus simples à ligne de retard à résistance et condensateur. Les dispositifs de ce genre permettent d'améliorer ainsi les conditions artistiques et théâtrales et de transformer la salle en studio d'enregistrement, et en auditorium de haute fidélité.

Il devient possible de créer, en quelque sorte, des décors sonores complets et saisissants, de diffuser dans la salle des sons stéréophoniques ou panoramiques, en utilisant des enregistrements des prises de sons directes.

Il est également possible de modifier les caractéristiques acoustiques de la salle pour obtenir des reproductions musicales ou des effets sonores particuliers, restituer les ambiances sonores d'une salle d'assemblée, d'une salle de congrès, d'une église, d'un temple, etc.

L'équipement de la salle ambiophonique est désormais adapté aux exigences diverses des spectacles, depuis la musique jusqu'aux décors sonores, grâce à l'utilisation réglable et progressive des phénomènes de réverbération, obtenus artificiellement par un procédé électroacoustique.

La machine utilisée produit, par exemple, quatre répétitions du signal initial ; un circuit de réinjection permet de répéter le signal un nombre de fois déterminé et de régler progressivement la durée de réverbération.

Les signaux provenant des amplificateurs de reproduction sont diffusés dans la salle par des chaînes sonores comportant des amplificateurs et des haut-parleurs disposés en plusieurs groupes.

On peut ainsi modifier les conditions acoustiques d'une façon variable et progressive selon la nature des morceaux à reproduire, et l'importance de l'effet recherché ; un dispositif de réglage permet de maintenir l'intensité des sons diffusés vers les spectateurs, tout en assurant le déplacement apparent des sources sonores.

Les spectateurs peuvent ainsi avoir l'impression d'être baignés, en quelque sorte, dans l'atmosphère imaginée par l'auteur. Les haut-parleurs peuvent également être utilisés individuellement, en groupe ou en totalité, pour la réalisation des décors sonores, et un groupe central, généralement au centre du plafond, assure des effets particuliers.

Enfin, les effets stéréophoniques sont assurés essentiellement par des groupes de haut-parleurs convenablement écartés, et orientés, qui assurent la restitution des enregistrements stéréophoniques.

LA REALISATION DES SALLES AMBIOPHONIQUES

Dans les salles d'un certain volume, il devient donc désormais possible de modifier les caractéristiques acoustiques pour obtenir des reproductions musicales et des effets sonores particuliers, créer des décors sonores enregistrés de très haute qualité, diffuser des sons stéréophoniques ou panoramiques avec des prises directes ou des enregistrements, modifier artificiellement les réponses acoustiques de la salle, en vue d'obtenir des reproductions musicales et des effets sonores particuliers, restituer, par exemple, l'ambiance d'un hall ou d'une cathédrale.

La difficulté essentielle consiste à obtenir un son homogène d'un niveau pratiquement égal à toutes les places et d'une fidélité satisfaisant l'auditeur.

L'intelligibilité de la parole ou du chant dans une salle exige que le son réfléchi atteignant l'oreille des auditeurs soit presque en phase avec le son émis directement ; l'intelligibilité de la parole est ainsi, rappelons-le, inversement proportionnel à la durée de la réverbération.

La durée de persistance de l'impression tympanique étant de l'ordre de 1/10 de seconde, au-dessus de cet écart l'oreille perçoit un deuxième son réfléchi dont le décalage varie en fonction du

temps, et qui est déterminé par la formule :

$$T = \frac{1/6\ V}{A}$$

Dans laquelle, T est le temps de réverbération exprimé en secondes, V le volume total de la salle, et A l'absorption.

L'intelligibilité d'une salle dépend également du niveau sonore, dont l'intensité exprimée en watts par cm2 est égale au produit de la puissance W de la source sonore par l'inverse de la surface sphérique de diffusion, soit :

$$I = \frac{W}{4\ \pi\ R^2}$$

L'intensité I du son direct est ainsi inversement proportionnelle, nous le savons, au carré de la distance à la source.

En désignant par i l'intensité moyenne du son indirect ou réfléchi, par W la puissance en watts de la source sonore, et par A l'absorption par cm2, i peut être exprimé par la relation :

$$i = \frac{4\ W}{A}$$

L'intensité totale du son perçu dans la salle est ainsi la somme de ces deux intensités, mais, en raison de la différence des trajets parcourus, les sons directs et réfléchis parviennent aux auditeurs à des instants différents et à des niveaux divers, et leurs interférences rendent la parole inintelligible.

Si la salle est fortement amortie avec des surfaces absorbantes, l'absorption réduit rapidement le niveau de la réverbération, il se produit des répétitions graduellement décroissantes du son original (fig. 5). Si la salle est ainsi sourde et sèche, le temps de réverbération est court, ce qui est, par exemple, le cas d'une bonne salle de spectacle, dans lequel le temps de réverbération est inférieur à 1 seconde.

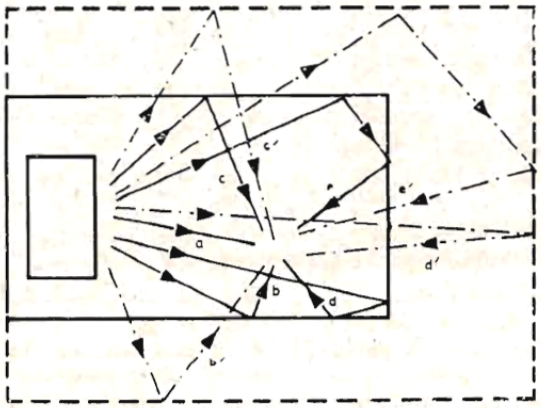
Au contraire, si la salle est moins amortie avec des surfaces réfléchissantes, le temps nécessaire pour l'extinction de la réverbération est plus long ; la perte de niveau à chaque réflexion est plus faible, la salle correspondante à un temps de réverbération plus long.

Le temps de réverbération d'une bonne salle de concert est ainsi de 3 secondes environ normalement ; mais, par suite de l'amortissement sélectif produit par l'air, le temps de réverbération diminue généralement au fur et à mesure de l'élévation des fréquences, comme on le voit sur la figure 6.

Le temps de réverbération dépend ainsi de la fréquence car, abstraction faite des pertes dans l'air pour les fréquences élevées, les matériaux de revêtement des murs ont aussi généralement des coefficients d'absorption différents pour les diverses fréquences. Le coefficient d'absorption varie entre 0 et 1, il indique la quantité des sons non réfléchis ; un coefficient d'absorption de 0,1 normal pour une salle signifie ainsi que 90 % de l'énergie est réfléchie (fig. 7).

La réverbération a une influence essentielle également sur le timbre de la musique, qui paraît sèche et sans expression lorsque le temps de réverbération est trop court. L'audition musicale à haute fidélité exige l'établissement d'un rapport convenable entre le son direct et le son réfléchi. Comme le montre la figure 7, l'intensité sonore est, en fait, concentrée dans une salle dans une portion de l'espace, dont l'angle de dispersion dans le plan horizontal est d'environ 150 degrés, et l'angle dans le plan vertical de 20 degrés. La hauteur de cet espace dépend de la hauteur de l'enceinte, mais elle est toujours plus grande que celle-ci.

La qualité musicale obtenue avec des haut-parleurs dans des salles de dimensions réduites exige de plus en plus l'emploi de haut-parleurs multiples, avec des ensembles de haut-parleurs pour les fréquences médium et aiguës orientés de manière à obtenir une diffusion sonore homogène sur toute l'étendue de la salle et, d'autre part, au



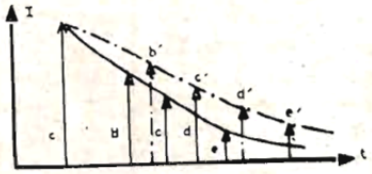


Fig. 7

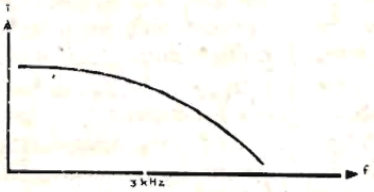


Fig. 6

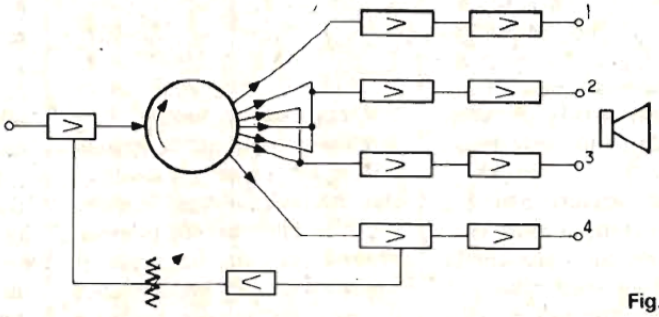


Fig. 8

moyen de groupes de haut-parleurs montés par des enceintes acoustiques pour la reproduction des sons graves.

L'ensemble peut être complété au moyen d'un nombre souvent élevé de haut-parleurs répartis à la périphérie supérieure de la salle pour la diffusion des signaux réfléchis et réverbérés.

L'organe principal consiste encore dans un système retardateur magnétique d'enregistrement et de reproduction continus produisant, en quelque sorte, une réverbération artificielle. Suivant la méthode habituelle, l'appareil comporte une bande magnétique courte entraînée à une vitesse assez élevée de l'ordre de 76 cm/seconde. Cette bande passe sur une tête d'enregistrement, puis sur plusieurs têtes de lecture produisant une série de répétitions retardées, puis subit un effacement de sorte qu'elle passe à nouveau sans modulation sous la tête d'enregistrement.

Cette introduction de la réverbération artificielle permet de modifier la réponse acoustique de la salle considérée d'une façon variable selon la nature des exécutions et l'importance de l'effet recherché. L'effet d'un accroissement de réverbération ou du retard correspond à une réduction de l'absorption, ou, ce qui revient au même, à une augmentation du volume apparent de la salle. Les limites de variation de ce décalage sont déterminées de façon à pouvoir doser l'impression de profondeur en fonction des caractéristiques de réponse propre de la salle et de la valeur maximale de l'amplitude de l'exposé direct (fig. 8).

Le système de diffusion à canaux multiples permet d'assurer un déplacement du son autour des auditeurs, en utilisant une source de modulation et un dispositif potentiométrique maintenant une puissance sonore constante au cours du déplacement. Un sélecteur permet d'agir sur la répartition d'un certain nombre de circuits sonores pour obtenir une combinaison d'effets sonores, tels que la rotation à vitesse lente ou rapide dans les deux sens, la traversée des sons sur un des côtés ou les deux ensembles. On peut ainsi avoir une illusion de la traversée de la salle par une troupe qui envahit la salle de chaque côté, depuis l'arrière vers l'avant.

Il est également possible d'obtenir des déplacements sonores dans toutes les diagonales et des effets de quinconce, de sorte que les spectateurs peuvent, en quelque sorte, être baignés dans l'atmosphère sonore correspondant à la nature du programme.

Les haut-parleurs peuvent également être utilisés individuellement en groupes ou en totalité pour la réalisation de véritables décors sonores dans la salle, tandis que le groupe de haut-parleurs disposé au centre du plafond est réservé à la production d'effets particuliers, tels que les chœurs, les sons de cloche, les voix célestes, etc.

Ce système peut être complété par des haut-parleurs panoramiques du pourtour de la salle indiqués plus haut, pour produire des effets de masse, de troupe, d'orage, de bataille, ou des dialogues, l'apparition de voix, de bruits lointains, des ambiances diverses de fêtes, de kermesses ou de carnaval.

Il est même possible de reproduire sur une scène directement des décors sonores séparément et simultanément par l'intermédiaire d'enceintes acoustiques alimentées par deux voies de modulation pour produire, par exemple, des bruits de foule, de quais, de gares, d'aérodromes, d'arrivée et de départ d'avions.

Enfin, sur la scène, un autre groupe de haut-parleurs peut modeler, en quelque sorte, le volume sonore, suivant les jeux de scènes, le lieu, le temps et la musique, réaliser une mise en scène abstraite, qui combine le réalisme d'action à l'effet d'atmosphère obtenu.

Une telle installation est souvent extrêmement complexe, elle peut comprendre plus de cent haut-parleurs répartis dans la salle et sur la scène, et la complexité croissante des mises en scène et des équipements de sons et d'éclairage impose des liaisons permanentes entre les multiples techniques.

Il existe maintenant en France un certain nombre d'installations de ce genre réalisées en particulier par **Philips** ; des décors sonores spaciaux ont ainsi été réalisés à la Maison de la Culture de Reims, pour l'exploitation de deux salles ayant respectivement 1 200 et 470 places.

Il s'agissait toujours de créer des décors sonores enregistrés de très haute qualité, de diffuser des sons panoramiques dans chaque salle, avec des prises de sons directs d'enregistrement et de modifier artificiellement les réponses acoustiques pour obtenir des reproductions musicales ou des effets sonores particuliers.

Le déplacement des sons autour des spectateurs est assuré par un dispositif de diffusion à 6 canaux, avec six amplificateurs alimentant des enceintes acoustiques disposées tout autour des spectateurs, tandis qu'un sélecteur

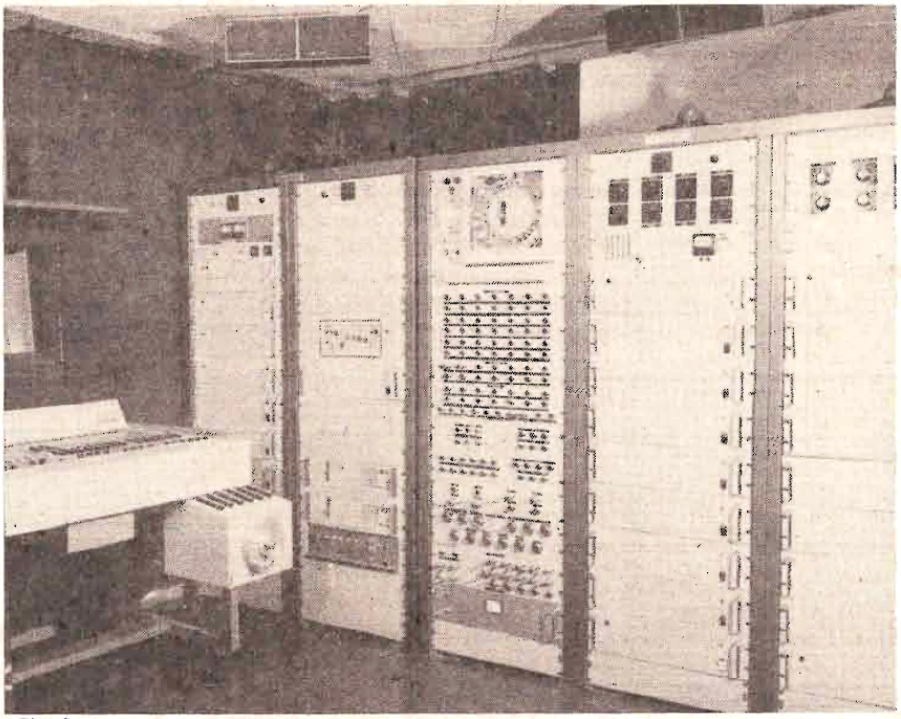


Fig. 9

Fig. 10

répartit les circuits sonores pour obtenir les effets sonores désirés.

Les décors sonores peuvent être restitués directement sur scène séparément ou simultanément par des enceintes acoustiques pour les bruits de foule, les bruits de gare, d'aérodrome, de défilé, de course, de rue, d'arrivée ou de départ d'avions, etc.

Les multiples possibilités de ces systèmes sonores sont commandés depuis un ensemble de console de régie groupant tous les organes de commande et de contrôle, avec une table de mélange à 14 voies d'entrée, 6 voies de sortie, 12 voies d'exploitation et de réverbération. Il y a des prises pour les 107 haut-parleurs de salles et de plateaux, les haut-parleurs de contrôle, des prises de microphones de salle et de microphones d'enregistrement, les sorties de tourne-disques et de magnétophones.

Dans chaque régie, les sources de modulation sont constituées par des consoles de magnétophones professionnels et des platines de lecture stéréophoniques pour disques ; les machines de réverbération et leurs circuits sont contenus dans un meuble métallique particulier ; un ensemble de racks renferme les 21 amplificateurs de 70 et 140 watts modulés ; la cabine technique est isolée phoniquement du studio d'enregistrement par une cloison vitrée.

La table de mélange de petite dimension comporte 26 claviers à touches lumineuses, 12 vu-mètres et 400 transistors au silicium ; les sons sont transmis à l'ensemble des haut-parleurs par plusieurs kilomètres de câbles (fig. 9, 10, 11).

Ce sont des problèmes du même genre qui ont été étudiés pour la Maison de la Culture de Châlon-sur-Saône, pour l'exploitation de deux salles ayant respectivement 1 000 et 500 places. Cette installation comporte aussi 21 amplificateurs de 150 watts efficaces pour la grande salle et 19 pour la petite. Les sons parviennent à l'ensemble de 300 haut-parleurs répartis dans les deux salles, les scènes et les plateaux, soit un total de 500 haut-parleurs pour l'ensemble de l'édifice. Ces chiffres montrent bien la complexité des installations ambiophoniques de ce genre.

P. HEMARDINQUER
(à suivre)

Fig. 11