Informations électroniques

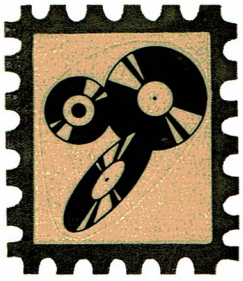
M.B.L.E.

N° 38

BULLETIN TECHNIQUE ÉDITÉ PAR LE DÉPARTEMENT DE DOCUMENTATION "ELECTRONIQUE" DE LA MANUFACTURE BELGE DE LAMPES ET DE MATÉRIEL ÉLECTRONIQUE S. A.

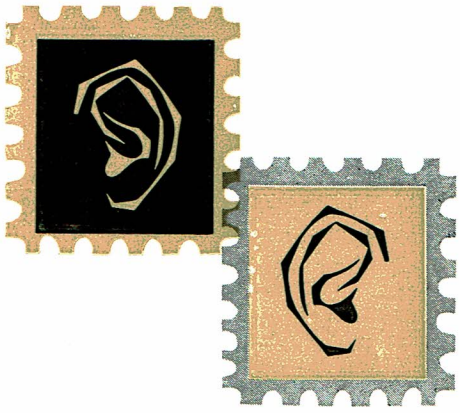
1961

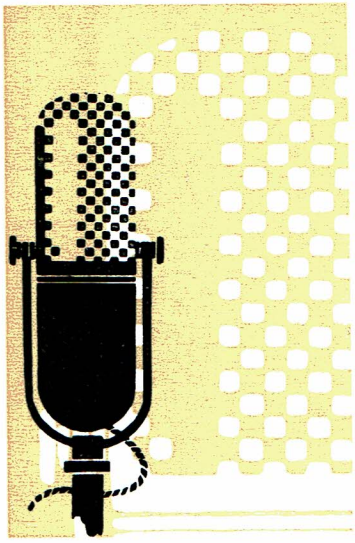
Nous avons vu dans une première partie ce qu'était la stéréophonie en donnant les principes de base et ses possibilités d'utilisation en radiodiffusion. Dans cette seconde partie, les caractéristiques des principaux organes d'une chaîne d'amplification stéréophonique sont examinées. On termine l'exposé par quelques considérations sur la disposition des reproducteurs sonores pour une audition stéréophonique.



étude générale de la stéréophonie

seconde partie





cellules de lecture stéréophoniques

Dans un enregistreur magnétique, nous trouvons des têtes d'enregistrement, de lecture et d'effacement. Dans les enregistreurs stéréophoniques, nous aurons simplement un second ensemble de têtes destiné à la seconde piste. Ainsi, les deux signaux restent complètement indépendants, aussi bien à l'enregistrement qu'à la reproduction.

Les cellules de lecture de disques stéréophoniques se trouvent devant une tout autre situation. Il s'agit, en effet, de distribuer, à partir d'un seul sillon, deux signaux et donc, de présenter à la sortie deux tensions distinctes contenant chacune l'information d'un canal. Ces tensions doivent d'ailleurs garder les relations originales d'intensité et de phase. La diaphonie entre canaux doit être maintenue dans des limites raisonnables et les distorsions, tant linéaires que non-linéaires, doivent être minimes. Le problème posé a également un aspect mécanique dont l'étude nous ferait sortir du cadre très général de cet exposé. Aussi, nous bornerons-nous aux quelques considérations suivantes.

Les figures 21 et 22 donnent une idée de la construction de deux types de phonocapteurs pour stéréophonie, tels qu'ils se trouvent actuellement dans le commerce.

Rappelons que tous les disques sont aujourd'hui gravés suivant le principe dit à vitesse constante. (Il s'agit de la vitesse de vibration du graveur dans sa position d'équilibre.) Ce principe est résumé par la formule suivante :

$$a \text{ (angle de déviation)} \times f \text{ (fréquence)} = \text{constante.}$$

On voit que si la fréquence à inscrire augmente, la déviation du sillon diminuera : elle sera de la sorte minime pour des fréquences très élevées et très grande pour des fréquences basses.

Cependant, très vite des limites seront imposées à l'une et l'autre extrémité de la gamme des fréquences à enregistrer. Du côté des fréquences basses, l'amplitude des vibrations du burin graveur sera rapidement incompatible avec la largeur maximum disponible pour un sillon (cette largeur est directement liée à la durée d'enregistrement d'un disque). Il faudra donc à l'enregistrement « désaccentuer » ces fréquences basses. Ceci

implique qu'à partir d'une certaine fréquence, on enregistrera, non plus à vitesse constante, mais à amplitude *a* constante.

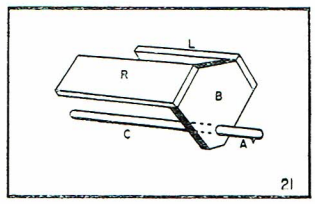


Fig. 21

Pour les fréquences hautes, la limitation a pour origine la petitesse des vibrations qui sont de l'ordre de grandeur des vibrations parasites causées par le grain de la matière du disque. Le

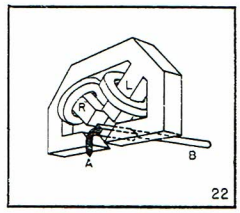


Fig. 22

rapport entre la valeur du signal utilisable et celle du signal parasite est alors inadmissible.

Ici on imposera donc à la vibration une amplitude minimum et à partir d'une certaine fréquence, on travaillera également à amplitude *a* constante en « pré-accentuant » le signal à la gravure. Il est évident qu'à la lecture, l'opération inverse devra être réalisée dans l'amplificateur pour rétablir les véritables niveaux des fréquences enregistrées.

Les corrections aux fréquences hautes et basses ont fait l'objet d'une normalisation aussi bien à la gravure qu'à la lecture. Elles sont représentées par une courbe qui doit être la courbe de réponse de l'amplificateur de gravure et par une courbe image qui sera la courbe de réponse des circuits d'entrée de l'amplificateur à la lecture.

Au moyen de quelques figures, nous allons illustrer ce qui précède. En A sur la figure 23, nous avons représenté la relation $a \times f = constante$. En B de la même figure, nous avons inscrit la déviation maximum admise si nous ne voulons pas dépasser la largeur de sillon, déterminée par la durée d'enregistrement exigée.

En C (fig. 24), nous illustrons la correction sur les fréquences élevées (pré-accentuation), destinée à obtenir un meilleur rapport signal/bruit.

Si nous jouons un disque, enregistré suivant la courbe de la figure C, au moyen d'une cellule de lecture à vitesse constante (par ex. un capteur magnétique ou dynamique), nous obtiendrons, à la sortie, une tension suivant la courbe D (fig. 24).

Nous y constatons une atténuation des fréquences basses et des fréquences élevées trop prononcées alors que l'on souhaite une courbe de réponse linéaire, comme l'indique la ligne interrompue. Une correction sera donc nécessaire

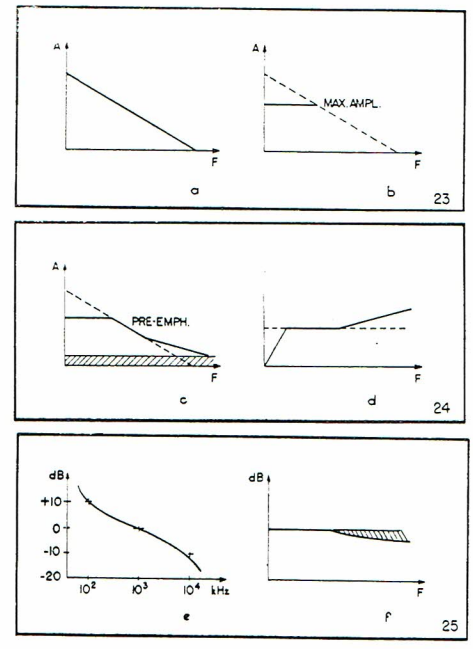


Fig. 23-24-25

lors de la reproduction. Les courbes d'enregistrement et de reproduction se trouvent, en principe, dans la relation d'une courbe-image, puisque l'enregistrement se fait pratiquement toujours au moyen de cellules de gravure magnétiques.

En E (fig. 25), nous donnons la courbe de correction exacte. C'est celle de la RIAA, (en Amérique) et de la C.E.I. (en Europe), acceptée actuellement comme normalisation internationale. Elle convient pour la reproduction de tous les enregistrements modernes, reproduits au moyen d'une cellule à vélocité constante.

Il y a pourtant une catégorie importante de cellules dont la tension de sortie est proportion-

nelle à l'angle de déviation (*a*) : les cellules à principe piézoélectrique. Si nous reproduisons avec une telle cellule, un disque enregistré suivant la courbe de la figure C, nous obtiendrons une tension de sortie approchant la courbe F (fig. 25).

Nous constatons que la reproduction des fréquences basses y est linéaire mais qu'il faudra amplifier les fréquences élevées. Cette correction sera pourtant assez faible et un simple circuit R-C y suffira. La plupart des fabricants de ces lecteurs ont d'ailleurs pris les dispositions nécessaires afin de rendre linéaire la courbe de réponse de leurs éléments, à condition toutefois de se tenir strictement à l'impédance d'adaptation prescrite (résistance de charge de valeur ohmique assez élevée, plus, éventuellement, un circuit correcteur R-C).

Il existe d'ailleurs également des cellules à cristal de caractéristique dite à vitesse constante. Ces lecteurs peuvent être branchés directement à des préamplificateurs avec correction suivant la courbe RIAA/CEI. Ces cellules peuvent être repérées sans aucune difficulté. Les lecteurs céramiques ou à cristal exigeant une impédance de sortie de 0,3 à 5 mégohms sont du type « linéaire ». Ceux, qui ne demandent que des valeurs de 20 000 à 50 000 ohms comme impédance d'adaptation sont directement utilisables avec une correction normalisée. La première catégorie peut se contenter d'un amplificateur linéaire, peu sensible et généralement assez bon marché. La seconde catégorie, par contre, exige un amplificateur à correction, relativement sensible et par le fait même plus coûteux.

Ceci explique le succès marqué des cellules à principe piezoélectrique qui, en plus d'une sensibilité élevée et un prix très abordable, présentent souvent des caractéristiques de fréquence et de distorsion très convenables (sans toutefois atteindre l'excellence des modèles magnétique ou dynamique). Aux cellules piezoélectriques revient, de toute façon, le mérite d'avoir popularisé la très bonne qualité de reproduction dans de plus larges couches du grand public. Un de leurs désavantages réels réside dans leur mauvais comportement sous les climats tropicaux où une durée de vie limitée à 6 mois n'est pas rare.

A titre d'exemple, nous donnons ici les caractéristiques d'une cellule à cristal pour stéréophonie, actuellement sur le marché :

Tension de sortie (sensibilité) : 120 mV/cm/sec à 400 Hz (soit plus de 0,5 Veff à la lecture d'un disque normalement gravé).

Isolement entre canaux (diaphonie) : 20 dB à 1 kHz.

Souplesse latérale : 3.10^{-6} cm/dyne.

Souplesse verticale : 2.10^{-6} cm/dyne.

Force d'appui de la pointe : 6 grammes.

Réponse : 30 à 12 000 Hz à ± 6 dB.

Résistance de charge : 0,5 mégohm (à réduire si l'amplificateur est pourvu d'une correction RIAA/CEI).

Capacité interne : 1 500 pF.

Rayon de courbure de la pointe : 18 μ.

D'une comparaison des spécifications des cellules phonocaptrices pour stéréophonie disponibles actuellement nous pouvons conclure :

1) les prix des éléments stéréophoniques ne sont pas sensiblement plus élevés que ceux des éléments monophoniques ;

2) les souplesses verticale et latérale accrues, caractéristiques nécessaires afin d'éviter une usure trop rapide des disques stéréophoniques conjointement à la masse dynamique de l'équipage mobile, rendent théoriquement ces éléments supérieurs pour la reproduction de disques L.P. (Long Playing) ordinaires par rapport aux lecteurs monophoniques. Lors d'un remplacement d'une cellule de lecture, même sans intention de passer à la stéréophonie, il sera donc intéressant de faire appel à une cellule stéréophonique à condition que la masse rapportée à la pointe de lecture soit suffisamment faible ;

3) le réalisateur d'un amplificateur linéaire à haut niveau d'entrée pour lecteur à cristal aura à tenir compte des spécifications suivantes :

   Inpédance d'entrée de l'ordre de 0,5 MΩ.

   Isolement entre canaux meilleur que 25 dB.

   Réponse minimum en fréquence : 30 - 20 000 Hz (± 3 dB).

   Sensibilité de l'ordre de 500 mV.

4) Généralement, il s'avère possible de fermer le circuit lecteur sur une valeur relativement basse, par ex. 50 000 ohms, rendant ainsi possible l'utilisation des caractéristiques RIAA. On peut procéder de la même façon, si l'on veut brancher un lecteur à cristal sur

un préamplificateur pour cellule dynamique ou magnétique. Grâce au caractère capacitif de cet élément, la caractéristique fréquence-tension prendra une forme se rapprochant de très près de la caractéristique de tension d'un élément à vélocité constante. En même temps, la tension de sortie diminuera jusqu'à environ 50 mV, sensibilité très voisine de celle de certains lecteurs magnéto-dynamiques.

Parmi les systèmes à vitesse constante, nous notons les éléments électromagnétiques, magnétodynamiques et électrodynamiques. Par comparaison des spécifications des types dans le commerce, nous pourrions poser pour ceux-ci les spécifications-types suivantes :

Impédance d'adaptation : 25 000 à 50 000 ohms.

Souplesse latérale : 5.10^{-6} cm/dyne.

Souplesse verticale : 5.10^{-6} cm/dyne.

Force d'appui de la pointe : 5 grammes.

Tension de sortie : 4 à 8 mV.

Réponse : 20 à 20 000 Hz.

Il est indiscutable que ces éléments sont supérieurs aux éléments piézoélectriques, tant au point de vue de la courbe de réponse en fréquence qu'au point de vue de la distorsion.

La tension de sortie est cependant très faible et exige l'emploi d'au moins 2 tubes pour arriver à 500 mV, niveau de sortie d'un élément moyen à cristal (sur son impédance normale de 0,5 MΩ).

De plus, ce préamplificateur devra être équipé d'une correction RIAA/CEI, assurant l'accentuation nécessaire de 17 dB à 50 Hz, le niveau à 1.000 Hz étant pris comme référence. Des précautions très spéciales seront indispensables pour éviter un ronflement dans ces étages. Et, malgré cela, on devra encore s'attendre à un rapport signal/bruit moins favorable. Nous y trouvons donc un inconvénient par rapport aux lecteurs à la céramique ou à cristal.

Pour les lecteurs stéréophoniques, magnétiques et piézoélectriques, la sensibilité au bruit de moteur (« rumble ») sera de 3 dB supérieure à la sensibilité d'un lecteur monophonique ordinaire. Le couplage mécanique et/ou acoustique entre haut-parleurs et mécanisme de reproduction sera également une cause de difficultés accrues. Ces résonances parasites se font sentir surtout sur les fréquences basses. Un moyen permettant de diminuer les difficultés causées par la sensibilité au « rumble » et par les couplages mécaniques ou acoustiques éventuels s'obtient par un certain mélange des fréquences basses des deux canaux. En reliant entre elles les sorties des deux canaux, on remarquera une diminution du ronflement. Un moyen très simple d'y arriver nous est donné par la figure 26.

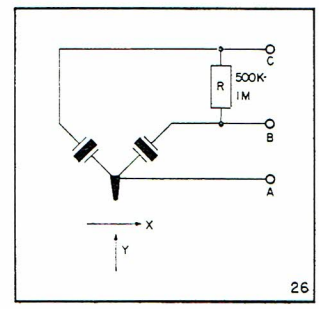


Fig. 26

Nous y trouvons un élément à cristal possédant, en dehors de la borne commune (A), 2 bornes (B et C), soit une par canal. Pour une reproduction normale, le lecteur sera branché de telle façon qu'une déviation latérale (suivant la flèche X) de l'aiguille produira des potentiels identiques par rapport à la borne A. Pour une déviation verticale (suivant le sens de la flèche Y) seront produites aux bornes B et C, par rapport au point A, des tensions égales mais de signes contraires. Si nous plaçons une résistance (0,5 à 1 Mégohm) entre les bornes B et C, les potentiels aux bornes, engendrés par des déviations Y, tendront à se neutraliser. Par suite du caractère capacitif de la cellule, ce « shunt » n'agira pas effectivement pour les fréquences moyennes et élevées.

Les fabricants prétendent actuellement que les disques stéréophoniques ne donnent pas plus de souffle qu'un disque L.P. (Long Playing) de la meilleure qualité. Certains vont jusqu'à affirmer que le souffle, qui semble provenir du disque, trouve en réalité son origine dans le souffle de la bande magnétique originale. Nous n'allons pas discuter ici ce détail : qu'il nous suffise de dire qu'une cellule stéréophonique sera toujours plus sensible au bruit de surface qu'une cellule monophonique. La figure 27 nous montre une aiguille, un sillon et deux vecteurs de souffle. En utilisant un capteur monophonique, l'aiguille ne répondra qu'à la projection horizontale de ces vecteurs, soit Sy = 0,707 S.

Un lecteur stéréophonique par contre, sera sensible à la valeur totale de S et, s'il présente la

même sensibilité qu'une cellule monophonique, nous aurons un taux de souffle nettement plus

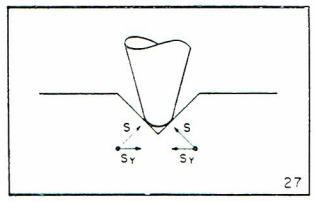


Fig. 27

élevé puisqu'il se présentera dans un rapport de 1 : 0,707 = 1.414 soit une différence de 3 dB.

reproduction stéréophonique sur récepteur de radiodiffusion

Dans ce paragraphe, nous ne traiterons pas de la réception radioélectrique stéréophonique, mais simplement de l'emploi du récepteur comme amplificateur de reproduction de disques stéréophoniques comme cela se fait depuis des dizaines d'années pour la reproduction de disques ordinaires.

En ce moment déjà, un grand nombre de récepteurs de commerce, de prix élevé et même moyen sont, soit pourvus d'un complément stéréophonique, soit prévus pour l'addition de pareil complément. En se basant sur un bon récepteur AM/FM moyen, nous pouvons constater que cette adaptation à la stéréophonie occasionne une augmentation de 10 à 15 % seulement du prix de revient de l'appareil.

Généralement, cette adaptation se fait par la simple adjonction d'un petit amplificateur B.F. séparé et l'emploi de commandes de volume et de tonalité doubles à côté d'un ou plusieurs réglages typiquement stéréophoniques. Jusqu'ici, il existe quantité de variantes dans les solutions pratiques choisies, sans qu'il y ait, pour autant, une grande variété de principes de base.

La façon d'employer les haut-parleurs disponibles, varie également dans une très large mesure.

Dans certains appareils disposant de trois reproducteurs, le constructeur en profite assez souvent pour employer une unité (de dimensions relativement grandes) comme reproducteur des fréquences basses pour les deux canaux combinés. Ce sont, en effet, comme nous l'avons déjà noté, les fréquences plus élevées qui portent le caractère stéréphonique de l'enregistrement.

Nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire d'insister beaucoup sur ce point. La partie B.F. d'un récepteur de radio ne représente, en effet, qu'une partie relativement faible du prix total de l'appareil. L'ajoute d'un second amplificateur B.F., à un seul tube final, ne pose pas un problème économique important d'autant plus que les constructeurs restent généralement dans les chemins classiques de la technique. Nous ne pourrions pas en dire autant des amplificateurs stéréophoniques Hi-Fi, dont nous traiterons dans le paragraphe suivant et avec plus de détails.

amplificateurs stéréophoniques

Un lecteur de disques stéréophoniques, aussi bien que la tête de lecture d'un enregistreur magnétique pour stéréophonie, présente à sa sortie, deux signaux. Ces deux signaux doivent être traités et amplifiés d'une manière identique, tout en restant complètement indépendants.

L'identité des deux canaux d'amplification exige évidemment des courbes de réponse identiques et des organes de réglage qui ne diffèrent guère entre eux. Puisqu'un lecteur stéréophonique fournit un signal de sortie du même ordre de grandeur qu'un lecteur monocanal et puisque la courbe de gravure reste la même pour les deux systèmes, on pourrait éventuellement faire simplement appel à deux amplificateurs séparés et identiques. En pratique, ces deux amplificateurs seront plus commodément construits sur un seul châssis. L'alimentation sera commune pour les deux canaux et les organes de commandes seront couplés mécaniquement.

Ce procédé ne permettra pourtant qu'une économie d'environ 30 % par rapport au prix de revient de deux amplificateurs complètement indépendants, et si nous tenons encore compte du prix des quelques organes de réglage supplémentaires, spécifiquement stéréophoniques, nous devons réduire ce pourcentage à 25 %.

Cette situation pourrait freiner considérablement l'essor de la stéréophonie. Il faut donc s'efforcer de ramener le prix d'un amplificateur stéréophonique à environ 1,2 à 1,5 fois celui d'un amplificateur à une seule voie de la même classe.

Voici donc quelques considérations qui pourraient permettre d'approcher ce but.

a) Réduire la puissance de sortie de chaque canal dans un rapport de 0,6 à 1. La puissance totale de l'amplificateur stéréophoni-

que, comparé à une installation monophonique, sera alors 1,2 fois plus puissante.

Cette économie de puissance, justifiée par la pratique et non préjudiciable pour la qualité de la reproduction, aura une répercussion sur le prix de l'alimentation et des étages finals.

b) Des considérations sur la puissance minimum de sortie pour une installation Hi-Fi seront faites plus loin. On peut cependant dire d'une façon générale qu'à partir d'une certaine puissance, l'utilisation de deux tubes de sortie par canal s'impose. Dès lors, tout en respectant les conditions de distorsion minimum, le choix d'un étage final économique au point de vue consommation (classe B) sera le plus justifié. Cette solution permettra grâce à une dissipation moindre de rendre le montage plus compact et de limiter les dimensions de l'alimentation.

c) Si l'on dispose de haut-parleurs à haute impédance, l'application de montages sans transformateur de sortie permet une intéressante économie qui n'enlève rien à la qualité de la reproduction, bien au contraire.

d) L'utilisation de redresseurs secs (sélénium et surtout diodes au silicium) permettra également de simplifier l'alimentation de ces amplificateurs.

e) Le même raisonnement s'applique à l'utilisation de certains transformateurs construits suivant des principes tout récents. Ce ne sont là que quelques suggestions et il est certainement possible de trouver d'autres solutions capables de réduire considérablement le prix d'amplificateurs stéréophoniques. C'est une condition essentielle pour populariser, à un rythme accéléré, cette technique séduisante.

organes de contrôle

Dans un amplificateur stéréophonique, nous retrouverons les organes de commande habituels, que nous connaissons déjà dans les installations de haute fidélité.

Afin de tenir compte du caractère spécial de la stéréophonie, ces organes de commande seront couplés mécaniquement, ce qui ne pose aucun problème particulier : il existe dès maintenant, des potentiomètres doubles et, dans le cas des combinateurs, on choisira des modèles à deux galettes de contact. Il faudra naturellement, pour les potentiomètres, que la courbe de variation des deux éléments soit sensiblement égale afin de garantir, pour chaque position des curseurs, une amplification et une courbe de fréquence identiques.

Parmi cette première catégorie d'organes de commande, nous mentionnerons : *

A. « **Loudness control** » :

C'est ainsi que l'on indique assez souvent la commande de gain à courbe physiologique. C'est un montage dans lequel la réponse en fréquence varie avec la position du curseur et qui a pour but d'adapter la courbe de réponse de l'installation aux courbes d'iso-sensation de Fletcher.

On sait que cette courbe tient compte de la variation de la sensibilité de l'oreille aux diverses fréquences en fonction du niveau sonore. Il est évident que la position de cette commande sera assez subjective.

B. « **Level control** » :

Au moyen de cette commande de gain, indépendante de la fréquence, on détermine le niveau d'écoute en fonction du signal d'entrée.

C. « **Treble control** » :

Cet organe permet de doser le niveau des fréquences élevées, par ex. au-dessus de 1 000 Hz.

D. « **Bass control** » :

Même fonction que l'organe précédent mais pour les fréquences basses, soit en dessous de 1 000 Hz.

Ces deux réglages de tonalité permettent généralement une variation de l'ordre de ± 15 dB, respectivement à 10 000 et à 50 Hz.

E. « **Input selector** » :

C'est un combinateur permettant la sélection entre les différentes entrées (turner, magnétophone, P.U., micro, etc...). Ce combinateur commute souvent les circuits permettant l'adaptation de la courbe de réponse en fonction du signal d'entrée (courbe d'enregistrement du disque, etc...) afin d'obtenir, dans chaque cas, une réponse « linéaire ».

F. « **Rumble-filter** » :

Un petit interrupteur permettant de mettre en circuit un filtre spécial, coupant une partie des

* Les termes anglo-saxons sont généralement utilisés pour désigner les organes de commande de ce genre d'appareils.

fréquences basses afin de prévenir l'influence du ronflement mécanique du tourne-disque sur la reproduction.

A côté de ces commandes générales, communes à toutes les installations de haute fidélité, il en existe que l'on ne rencontrera que sur certains modèles de luxe, tel un « Scratch filter » (filtre de bruit d'aiguille), un « Presence switch » (permettant de relever le haut médium) etc...

Une installation de stéréophonie sera équipée de quelques commandes supplémentaires, dont certaines sont indispensables. Nous les passons en revue ci-après.

G. « **Balance control** » :

En principe, les deux canaux subiront une amplification identique, mais certaines dispositions du local d'écoute, ou même l'emplacement de l'auditeur par rapport aux haut-parleurs, peuvent nécessiter une légère retouche de l'équilibre entre voies.

H. « **System switch** » :

Généralement, l'installation de stéréophonie sera également utilisée pour la reproduction d'enregistrements monophoniques. A cet effet, il faut donc prévoir un combinateur permettant de réaliser l'adaptation nécessaire de l'installation. Ce combinateur pourra comporter, les positions suivantes, que nous ne citerons qu'à titre d'exemple, d'autres combinaisons étant toujours possibles :

1) *Mono.*

Les deux éléments du lecteur sont mis en parallèle afin de permettre une reproduction monophonique optimum. On pourra d'ailleurs prévoir plusieurs positions « mono », assurant la reproduction, au choix, par le canal de gauche de l'amplificateur, par le canal de droite ou par les deux canaux en même temps.

2) *Stéréo.*

3) *Stéréo Reverse.*

Par l'utilisation de ces deux positions, on obtient la possibilité de faire passer le canal de gauche à gauche ou à droite et le canal de droite à droite ou à gauche. Quand l'amplificateur est pourvu de cet inverseur, le branchement de la cellule de lecture sera sans importance, puisqu'une des positions donnera la reproduction suivant les normes.

Rappelons, à cette occasion, que, suivant la normalisation en vigueur, la face extérieure du sillon (donc vers le bord du disque) porte le canal de droite et la face intérieure (vers le centre du disque) le canal de gauche.

I. « **Speaker phasing** » :

En prévoyant ce combinateur, il sera superflu d'attacher encore de l'importance au branchement exact (par rapport à la phase du signal gravé) des haut-parleurs. En effet, grâce à lui, on pourra toujours inverser les connexions d'un des deux reproducteurs afin d'obtenir la mise en phase exacte.

J. « **Blend control** » :

Quelques phénomènes désagréables (comme une reproduction affectée d'un « trou » au milieu — voir le paragraphe : Technique de la prise de son stéréophonique) pourront être corrigés au moyen de cette commande, qui permet de *mélanger* dans une certaine mesure les deux canaux, et de réduire ainsi, si le besoin s'en fait sentir, la séparation stéréophonique.

A propos de commandes, ouvrons ici une parenthèse. Les installations de « Hi-Fi » (et il en sera de même pour les amplificateurs de stéréophonie) se vendent surtout à des amateurs portant un certain intérêt au côté technique. Les installations dont la manœuvre est extrêmement simple sont, de ce fait, peu en vogue parmi ceux-ci et des organes de commande multiples sont devenus, toutes proportions gardées, des arguments de vente. Il serait pourtant possible de construire des amplificateurs dont l'utilisation serait simplifiée à l'extrême puisque les courbes normalisées d'enregistrement et de reproduction permettent même de faire disparaître les commandes de tonalité.

L'expérience commerciale prouve pourtant qu'il faudra s'en tenir à des commandes multiples offrant la possibilité, à l'usager, de régler les timbres suivant son goût personel et non suivant la théorie.

Notons, en passant, qu'on rencontre une situation exactement inverse en télévision où un nombre réduit d'organes de commande devient un argument réel de vente.

puissance de sortie

Au sujet des récepteurs de radiodiffusion, équipés pour la stéréophonie, nous avons déjà noté

que l'on peut se contenter d'une puissance réduite de 2 à 3,5 watts par canal (ce qui correspond respectivement à l'utilisation d'un tube ECL 82 ou EL 84). Toute autre solution, pour un appareil moyen, ferait monter le prix de revient dans des proportions inadmissibles.

Une solution pareille ne semble pourtant pas mériter le titre de « Haute-Fidélité ». D'abord, parce que la puissance, dont sont capables les tubes de sortie utilisés, ne permet pas l'application d'une contre-réaction énergique, ce qui laisse le taux de distorsion à un niveau assez élevé, ensuite parce que la dynamique d'une telle installation sera trop faible, bien que la puissance moyenne soit suffisante pour une pièce d'habitation normale. La dynamique des disques et des bandes actuelles peut, en effet, atteindre 55 dB. Connaissant la puissance minimum pour qu'un son soit audible (0,125 mW, valeur qui peut varier pourtant dans une forte mesure suivant le rendement du haut-parleur employé et les conditions d'écoute), on pourra calculer qu'il faut disposer d'une puissance de sortie d'au moins 40 watts.

Toutefois, ce chiffre théorique ne correspond pas aux exigences pratiques : une puissance nettement inférieure suffira à procurer une audition confortable et satisfaisante. Nous croyons qu'un excellent compromis sera trouvé avec une puissance modulée de 10 à 15 watts par canal ; dans ces conditions, une dynamique suffisante et un taux de distorsion restant dans les limites des règles de la haute fidélité correspondront à un prix de revient acceptable et un volume sonore confortable pour une pièce moyenne.

Ici aussi, on pourra donc faire appel à des tubes du type EL 84 ou EL 86 mais en montage symétrique.

les éléments de montage

Un amplificateur stéréophonique étant, en fait, une combinaison de deux amplificateurs monocanaux, on peut faire appel au matériel ordinairement employé pour ce genre d'appareils. Les exceptions seront les éléments d'une alimentation commune aux deux canaux et des potentiomètres combinés.

Sur le marché actuel, nous trouvons à profusion des composants pour réaliser des blocs d'alimentation de n'importe quelle puissance. Nous ne croyons pas qu'il puisse se poser des problèmes sérieux à ce sujet.

Nous avons déjà dit un mot concernant la puissance de sortie et c'est la considération qui déterminera le choix des tubes finaux. Les autres tubes du montage pourront être choisis directement dans la gamme utilisée actuellement dans les installations de haute fidélité. Les tubes amplificateurs de puissance peuvent se trouver naturellement dans une même série mais nous tenons à signaler, à ce propos, qu'il se dessine en ce moment, chez les fabricants de tubes, une tendance vers le développement de tubes spécialement combinés pour usage dans les amplificateurs stéréophoniques.

Les résistances, condensateurs et tout le matériel complémentaire n'ayant aucun caractère spécial, il ne nous reste qu'à donner quelques précisions au sujet des potentiomètres.

Les potentiomètres en tandem sont déjà connus depuis longtemps. Ils ont servi souvent à réduire le nombre apparent de boutons de réglage par l'utilisation de boutons doubles coaxiaux. Pour la stéréophonie, le système est encore plus simple, puisqu'il suffit d'actionner deux potentiomètres de même valeur par un axe unique. Il existe pourtant aussi des systèmes à axes concentriques et boutons doubles, couplés de telle façon que l'on puisse les actionner ensemble ou séparément ; ils permettent ainsi de réaliser, par action séparée, une balance (de volume ou de tonalité) préliminaire pour les utiliser ensuite comme simple organe de commande combiné pour les deux canaux. Le choix du système dépendra des désirs de l'utilisateur.

Mais, dans tous les cas, ces potentiomètres doubles doivent répondre à une exigence spéciale qui ne se posait pas avant l'avènement de la stéréophonie : la courbe de variation des deux éléments doit être identique et ce, dans des limites étroites. On utilise, pour la commande de volume, des potentiomètres du type logarithmique dont on sait que les tolérances entre les courbes de variation sont assez larges. On pourra donc réaliser une représentation graphique des courbes de variation des deux éléments combinés pour déterminer si le potentiomètre en question convient pour un amplificateur stéréophonique. La courbe obtenue doit correspondre d'assez près à la courbe en trait plein indiquée sur la figure 28.

Notons qu'il faut, dans un amplificateur normal, disposer d'une plage de réglage du volume d'environ 40 dB. Si l'atténuation est de plus de 60 dB au début de la course du curseur, la première partie de la variation doit nous amener assez vite à 40 dB que nous devons atteindre vers les 60° de la course. Puis, l'atténuation doit varier de 40 dB à 0 dB suivant une fonction à

peu près linéaire pour le reste de la plage, soit de 60 à 270°.

En règle générale, on peut admettre une tolérance de 2 à 3 dB sur cette courbe entre les deux éléments, tolérance qui peut être plus grande à

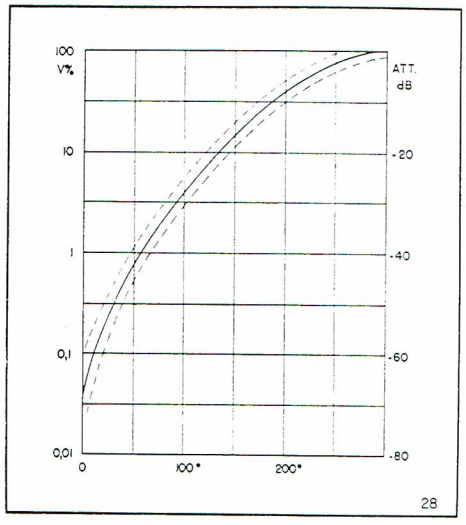


Fig. 28

mesure que l'atténuation augmente. Certains préconisent une tolérance de 2 dB pour une atténuation de 0 à 20 dB, 3 dB de 20 à 30 dB et 4 dB de 30 à 40 dB ;

Ces tolérances assez faibles doivent être respectées pour les commandes de gain. Pour les réglages de tonalité, les exigences seront nettement moins rigoureuses.

l'équilibrage des canaux

La « balance » acoustique des deux canaux est très importante lors de l'installation d'un système de reproduction stéréophonique. Bien que tout amplificateur stéréophonique, digne de ce nom, comporte un moyen de commande de balance, il est pourtant intéressant d'adapter l'installation elle-même et donc, en premier lieu, la position des haut-parleurs en fonction de la conformation du local. Les dimensions de celui-ci influencent en effet l'équilibre, tout comme les caractéristiques d'absorption et de réflexion peuvent être différentes pour chaque canal. La position et l'orientation des haut-parleurs permettent déjà d'arriver à une amélioration importante de la balance acoustique, assurant le maximum de l'effet stéréophonique.

Souvent, on essaie d'atteindre cet équilibre en jouant un disque monophonique simultanément sur les deux canaux : on cherche alors à créer l'impression qu'un soliste se place exactement au milieu des deux reproducteurs. Pourtant, il peut se produire des effets de sélectivité de fréquence, rendant tous les efforts vains. Un résultat exact ne sera obtenu qu'en passant un disque portant l'inscription d'un « bruit blanc »* et en mesurant la pression sonore au moyen d'un voltmètre électronique, relié à un microphone sensible, placé à la distance C (fig. 29). Au

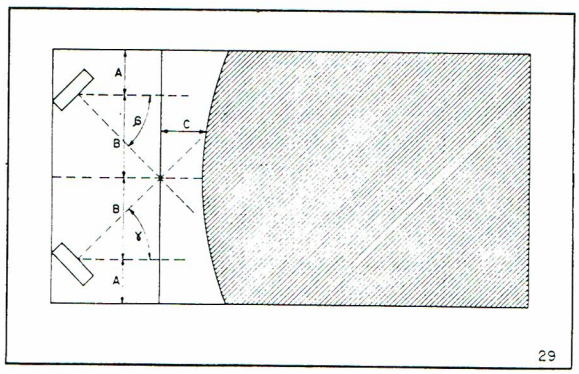


Fig. 29

début de l'essai, le contrôle de balance de l'appareil de reproduction est amené au milieu de sa course. On mesure l'une après l'autre les pressions sonores en provenance des deux canaux et on modifie la position et l'orientation des haut-parleurs de telle façon que la différence entre les deux canaux ne dépasse pas 2 dB. La commande de balance de l'amplificateur pourra alors servir uniquement à sa destination essentielle : l'équilibre des canaux en fonction d'éventuels écarts d'enregistrement.

Cette méthode de mise au point n'est naturellement pas très simple et exige l'emploi d'un matériel que tout amateur ne possède pas. Elle conviendra donc surtout pour des installations d'une certaine importance ou préalablement à des démonstrations publicitaires ou commerciales.

Dans les autres cas, on pourra se contenter d'une mise au point « à l'oreille ». Mais là aussi, il sera préférable d'employer un signal contenant tout le spectre sonore, le plus simple étant alors une onde carrée ou une dent-de-scie. A cet effet, on peut prévoir l'incorporation dans l'amplificateur stéréophonique d'un générateur

* Bruit composé de diverses fréquences de même amplitude.

utilisant un ou plusieurs tubes qui s'y trouvent déjà. Le combinateur d'entrée pourra alors comporter une position spéciale de « mise au point » ou « d'essai ». La figure 30 nous donne un exemple d'un tel montage, utilisé dans une réa-

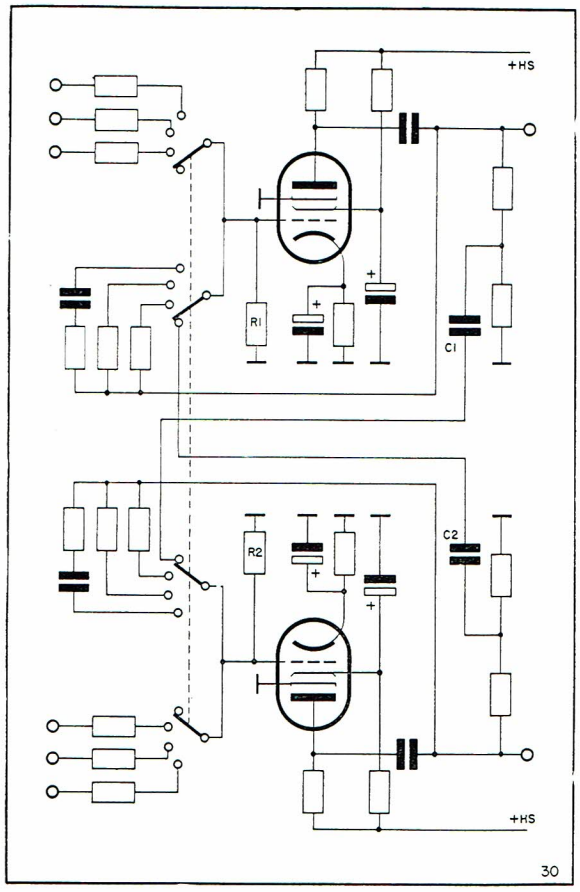


Fig. 30

lisation commerciale. Les éléments déterminant la fréquence de ce multivibrateur sont C1, C2, R1 et R2.

la position des reproducteurs

Clôturons cette étude générale de la stéréophonie par un chapitre très important pour la pratique de cette technique : la position des reproducteurs.

A cet effet, il nous faut rappeler une différence essentielle entre la reproduction en monocanal et la stéréophonie : la localisation de la source sonore.

Afin de situer celle-ci, le cerveau fait appel aux différences de *phase* et d'*amplitude* entre les perceptions des deux oreilles.

Mais des études plus approfondies nous ont appris que ces différences ne se remarquent pas également pour toutes les fréquences. Certaines fréquences sont sans grande importance pour cette perception de direction, d'autres sont essentielles. Les avis au sujet de la fréquence de transition sont encore partagés. Sans les discuter, signalons simplement que la limite se situe suivant divers auteurs, entre 300 et 800 Hz, les fréquences inférieures à ce point de transition n'ajoutant rien ou très peu à l'effet stéréophonique.

Dans la réalisation d'une installation, il faudra donc soigner particulièrement la diffusion des fréquences élevées et des fréquences moyennes supérieures.

La position optimum des reproducteurs d'un système stéréophonique à deux canaux dépendra surtout des facteurs suivants :

a) position des microphones lors de l'enregistrement ;

b) forme et dimensions de la pièce d'audition ;

c) position de l'auditeur dans cette pièce.

Nous pourrions y ajouter encore la réverbération de la pièce et même le niveau de reproduction.

D'après l'expérience acquise, on peut prévoir que l'auditeur se trouvant dans un angle de 30 à 45° par rapport aux haut-parleurs, se trouvera dans la position optimum pour une écoute stéréophonique (fig. 31).

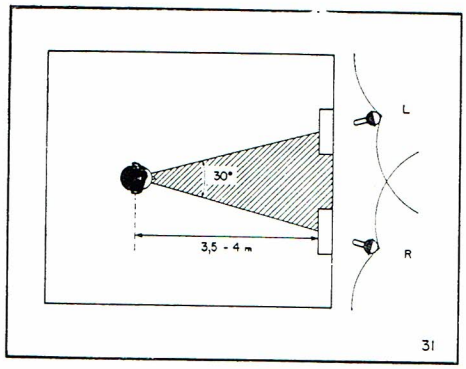


Fig. 31

Les figures 32 donnent d'ailleurs deux façons de disposer les haut-parleurs dans une pièce normale, dispositions qui donneront satisfaction dans la majorité des cas. L'écoute stéréophonique sera convenable dans toute la partie hachurée. En règle générale, les haut-parleurs se trouveront séparés par une distance égale à 1/3 de la largeur du local si celui-ci est vaste. S'il est étroit, par contre, on placera de préférence les haut-parleurs dans les coins, dirigés dans le sens de la longueur.

Au début de la stéréophonie, on a souvent proposé de diriger les haut-parleurs vers le centre de la pièce ou, du moins, de faire converger les axes à un certain endroit de cette pièce (fig.

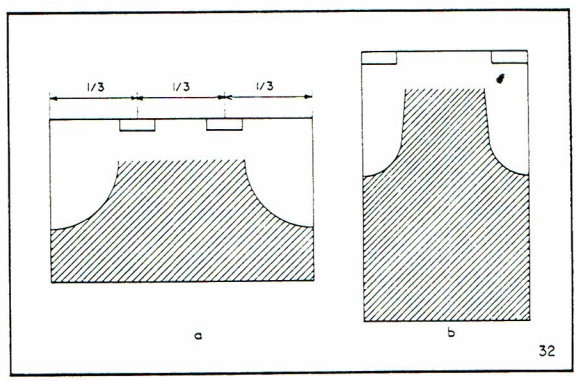


Fig. 32

33a). Malheureusement, on obtient ainsi un endroit où le volume sera notablement plus élevé, puisque la puissance rayonnée d'un haut-parleur est la plus forte le long de son axe et que, dans le cas présent, ces deux axes se croisent. En se déplaçant à travers la pièce, on peut facilement repérer cet endroit, même en fermant les yeux.

Les haut-parleurs placés suivant les figures 32 ne présentent pas cet inconvénient.

Certains fabricants de haut-parleurs estiment pourtant pouvoir éliminer ce désavantage par une construction spéciale du reproducteur (modèles combinés) et de l'enceinte acoustique.

D'autre part, il serait également possible de trouver une solution satisfaisante en amenant le point de croisement des axes devant les auditeurs (fig. 33b).

A propos de position des haut-parleurs, nous devons encore noter que ceux-ci doivent être placés à une hauteur assez faible. Il faudra pourtant tenir compte du fait que les tapis présentent un taux d'absorption particulièrement

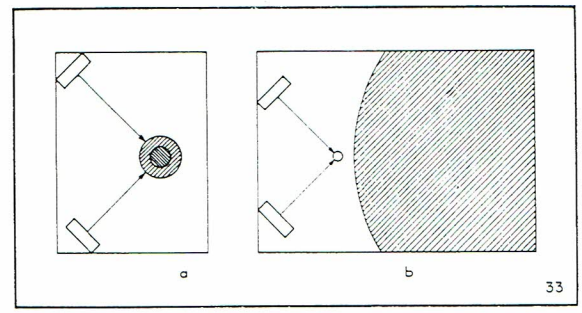


Fig. 33

élevé pour les aiguës et que d'autre part, une surface dure peut reflechir les notes basses.

Là aussi, il s'agira donc de trouver une solution de compromis.

le choix des haut-parleurs

Au sujet des types des reproducteurs, les avis diffèrent également. Certains spécialistes exigent invariablement 2 haut-parleurs (ou combinaisons) égaux et deux enceintes acoustiques identiques. D'après eux, l'emploi d'un reproducteur pour les fréquences basses d'un côté et, de l'autre côté, d'un reproducteur d'aiguës ou du médium-aiguë est certainement mauvais, puisqu'on n'est jamais certain que le programme à reproduire correspondra à cette distribution du spectre sonore dans l'espace.

D'autres pourtant, se disent convaincus de la possibilité d'employer un haut-parleur pour les basses et un autre pour les registres aigu et médium, puisque la distribution des instruments dans un orchestre est pratiquement identique dans le monde entier. Si, par hasard, cet état de choses était inversé dans un enregistrement, l'auditeur pourrait, d'après eux, toujours faire appel à un combinateur permettant d'inverser le branchement des reproducteurs.

D'après nous, le premier point de vue est certainement plus logique. La seconde solution pourrait pourtant être réservée à certains appareils combinés radio-phono de format réduit, que le constructeur veut offrir à un prix vraiment populaire ; il suffirait alors d'ajouter à l'appareil un simple petit haut-parleur supplémentaire, se contentant d'une enceinte acousti-

que réduite et bon marché. Mais, même dans ce dernier cas, il est préférable de prévoir trois reproducteurs. Le haut-parleur installé dans le meuble même est réservé à la reproduction des fréquences basses jusqu'à environ 500 Hz et il

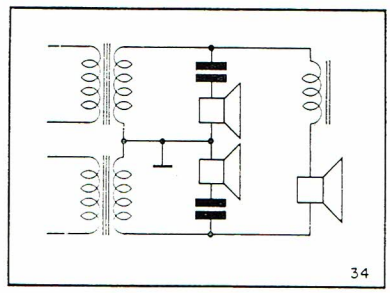


Fig. 34

prend à son compte les signaux correspondants des deux canaux, puisque ces fréquences n'ont presque pas d'importance au point de vue de l'effet stéréophonique. Les fréquences plus élevées sont rayonnées par deux haut-parleurs extérieurs, en boîtiers de format réduit, puisqu'ils ne reproduisent pas de notes basses. La figure 34 donne un exemple d'un tel montage, désormais adopté par de nombreux fabricants d'électrophones stéréophoniques.

la qualité des haut-parleurs

Une bonne installation stéréophonique exige tout naturellement des haut-parleurs d'excellente qualité. Le modèle et le prix seront déterminés par la puissance admissible, par le rendement électro-acoustique, par la fréquence de résonance etc...

N'oublions pourtant pas qu'une chaîne stéréophonique, tout comme une chaîne « Hi-Fi » monophonique, ne pourra être d'une qualité supérieure à la qualité du maillon le plus faible de cette chaîne, formée par l'enregistrement, le lecteur, l'amplificateur, le haut-parleur, etc... Il sera donc inutile de prévoir des maillons de qualité nettement supérieure à la qualité des autres maillons. Pour un niveau de qualité donné, la solution la plus économique résidera donc dans une combinaison d'éléments à niveau de qualité à peu près identique. Dans le choix des haut-parleurs, il faudra aussi tenir compte de cette considération, et ce sera en pure perte que l'on installera par exemple des haut-parleurs d'une qualité supérieure si l'on se propose d'utiliser un lecteur d'une qualité quelconque.

le niveau de reproduction

On admet généralement que l'audition de la stéréophonie se contente d'une puissance plus faible qu'une reproduction monophonique à la seule condition qu'un « trou au milieu » n'oblige à une augmentation de niveau pour être « comblé ». Ceci ne veut pas dire que l'on écoutera la stéréophonie en dessous du niveau normal, mais au contraire que l'on écoute le plus souvent les reproductions monophoniques au-dessus du niveau normal. Il en est ainsi parce que la technique monophonique ne dispose que de la dynamique pour se rapprocher dans une certaine mesure de la réalité sonore.

Dans une telle écoute monophonique, on sent régulièrement le besoin de réduire plus ou moins le niveau des fréquences élevées. Ceci s'explique par le fait que l'écoute se fait généralement dans l'axe du reproducteur et que les notes aiguës se propagent avec moins de dispersion que les basses. La prédominance des aiguës est donc nette et par le fait même, certains bruits parasites qui appartiennent à ce registre (comme le bruit d'aiguille) deviennent intolérables.

Pour une installation stéréophonique normale, l'écoute se fait en dehors des axes des reproducteurs. Cependant, les murs du local et certains meubles peuvent présenter, suivant leur nature, un coefficient d'absorption plus important pour les aiguës que pour les basses. Dès lors, on sentira moins la nécessité de diminuer le taux des aiguës et il se peut même qu'on soit obligé de les renforcer.

Par cet exposé, nous ne prétendons pas avoir épuisé le vaste sujet de la stéréophonie car à cette technique, très jeune encore, l'avenir se chargera d'apporter des perfectionnements substantiels. Le but de ces pages a été de donner aux lecteurs un aperçu général sur la question afin de leur permettre, d'une part, de suivre plus aisément les développements futurs et d'autre part de se faire une idée plus précise des performances des équipements actuellement disponibles.

FIN