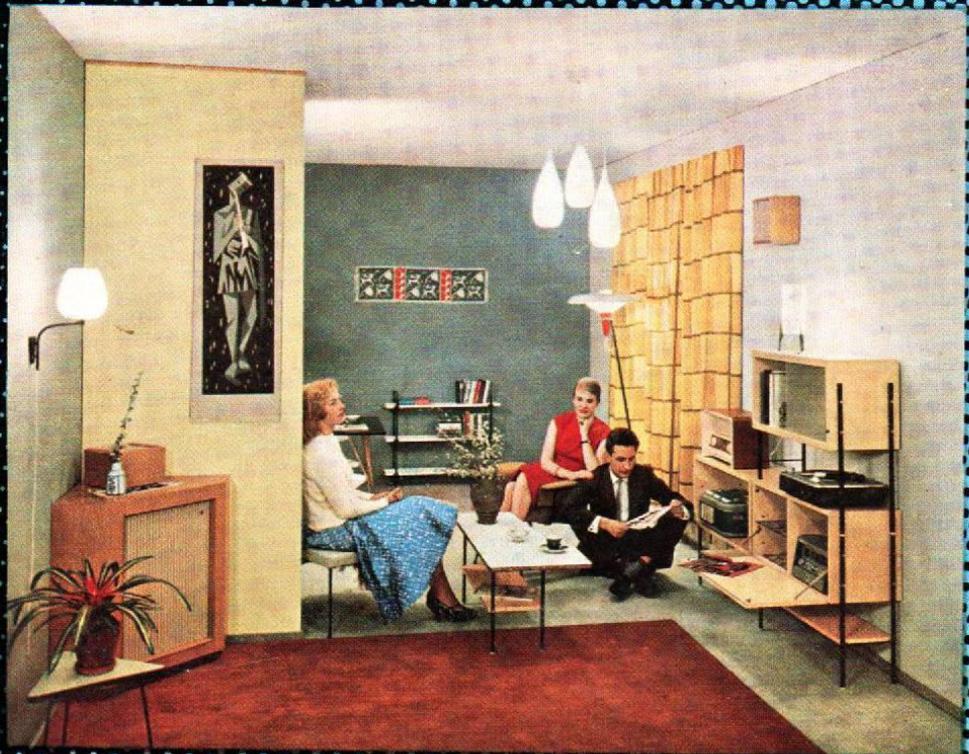


HI.FI

STÉRÉO



HI-FI ET STÉRÉO

Bulletin n° 33-34 R, 1960.

CLASSEMENT

Vous pouvez conserver ce bulletin tel qu'il vous est présenté, cependant la perforation multo vous permet de le classer à
INFORMATIONS GÉNÉRALES MUSIQUE
Classeur 3, Saison 1959-60.

Sommaire

1	Editorial
2	Introduction
3	Les unités légales
10	Reproduction sonore stéréophonique
21	Le disque et la reproduction sonore
29	Phonocapteurs
40	Mesures de balance
42	Installations de haut-parleurs

Ce bulletin a été édité par le Bureau de Documentation Technique
du Département Service Central de la S.A. PHILIPS,
20, avenue Henri-Barbusse, Bobigny (Seine),

sous la responsabilité de **M. Georges Montagné**,

avec la collaboration de :

Roger BOUVIER Rédaction et adaptation de textes originaux.

Etienne-S. FRÉCHET Edition et mise en pages.

André SERRE Couverture.



Le Bulletin Service est un document
strictement confidentiel réservé aux
commerçants chargés du Service Phi-
lips. Sa communication à des tiers ainsi
que sa reproduction sous quelque
forme que ce soit est interdite sans
autorisation écrite de S. A. PHILIPS.

Photos PHILIPS (Eindhoven).
Clichés et quadrichromies de
La Photogravure Moderne, Paris
Imprimé sur les presses de l'
Imprimerie Muller & C^{ie}, Paris.

EDITORIAL

La parole et la musique ne sont plus prisonnières des murs où elles étaient retenues enchaînées. Diffusées par des moyens de plus en plus perfectionnés, elles sont restituées dans leur expression la plus fidèle, avec une présence saisissante.

André MORPAIN

Président du S.I.E.R.E.
Directeur du Centre E.L.A. Philips (France).

Nous avons lu tout récemment dans l'une des meilleures revues de radio un éditorial faisant état de certains projets américains sur la miniaturisation.

L'auteur, n'a même pas hésité à employer le mot « Micro électronique », ce qui signifie en clair que le microscope est destiné dans l'avenir à faire partie de l'attirail du radio-électricien.

Bien entendu tout cela n'est pas encore pour demain...

Il est vrai que la lecture de telles nouvelles peut nous laisser un peu rêveurs et l'on ne peut s'empêcher, en y réfléchissant bien, d'éprouver un certain vertige.

Moins spectaculaires peut-être ont été les progrès réalisés dans le domaine de la basse fréquence.

Pourtant, si l'on fait le bilan des progrès réalisés ces dernières années, on peut se rendre compte du chemin important parcouru par la Hi-Fi et récemment du pas énorme franchi par la stéréo.

Il est donc légitime que devant une telle situation on éprouve une certaine inquiétude.

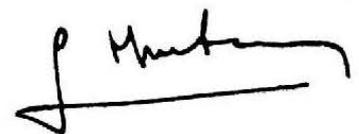
Qu'allons-nous devenir, nous, hommes du « Service ».

Aurons-nous la possibilité de suivre cette rapide évolution ?

C'est dans le cadre de ces préoccupations que s'inscrit aujourd'hui la publication de ce PHILIPS SERVICE consacré entièrement à la stéréophonie.

Dans cet ouvrage, fruit de longues et difficiles études et traductions, nous avons essayé de vous présenter les sujets principaux sous leur jour le plus simple. Nous doutons y être pleinement parvenus. Soyez indulgents, essayez de comprendre, « potassez dur » et nous sommes sûrs que la volonté aidant, vous découvrirez dans ce bulletin des choses très intéressantes.

Ne soyez pas découragés dès les premières pages, faites l'effort de persévérer, car tout compte fait : « ça vaut la peine ».



Introduction

La reproduction stéréophonique des disques phonographiques est rapidement devenue une réalité, après un développement qui commença il y a déjà longtemps sur une modeste échelle, mais qui se conclut à très vive allure.

Il est agréable de constater qu'à ce stade définitif l'industrie s'orienta vers une standardisation spontanée du procédé d'enregistrement. Ainsi fut évitée la confusion, et l'on put développer un équipement reproducteur universel, exempt d'un système compliqué de commutation et de correction de nature à contrarier l'introduction de la stéréophonie dans le domaine public.

Bien que l'attention soit actuellement attirée sur le fait que la reproduction stéréophonique garantit la sensation de directivité qui fait défaut dans la reproduction monophonique, nous pensons que l'avantage réel de cette technique nouvelle consiste en une meilleure diffusion spatiale des sons, une plus grande clarté, une plus nette transparence ; l'effet directionnel est particulièrement appréciable à la reproduction d'œuvres dans lesquelles la partie sonore s'accompagne de mouvement, notamment les opéras et les pièces de théâtre.

Les dernières années ont permis d'acquérir une certaine expérience — qui corrobore notre exposé — grâce à nos ensembles de haut-parleurs, destinés à assurer une reproduction diffuse de la musique enregistrée monophonique ; par ailleurs, il ne faut pas oublier quelle importance s'attache au fait que la compatibilité de nos équipements stéréophoniques permet de reproduire les enregistrements monophoniques avec une partie des avantages de la stéréophonie.

La stéréophonie, sujet captivant entre tous, annonce le début d'une ère nouvelle dans la technique de la reproduction sonore à domicile pour le plus grand agrément de l'utilisateur et l'activité des techniciens.

Afin de ne vous en laisser rien ignorer, nous commençons dès aujourd'hui à vous exposer quelques idées générales que nous aurons l'occasion de développer dans les prochains bulletins.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, nous voudrions nous entendre sur le sens de certaines expressions qui ne sont malheureusement pas toujours employées à bon escient, ce qui a pour effet de créer une certaine confusion dans l'esprit des lecteurs. Il s'agit, en l'occurrence, des termes suivants :

Ecoute monauriculaire : C'est le nom donné à la perception des sons à l'aide d'une seule oreille et qui s'applique, en général, aux impressions sonores qui se présentent à une personne sourde d'une oreille. Il ne peut donc être question ici, en aucune façon, d'impression spatiale.

Ecoute binauriculaire : Il s'agit de l'ensemble des impressions sonores parvenant à une personne douée de la possibilité d'écouter par les deux oreilles, et qui bénéficie ainsi de l'impression spatiale.

Ecoute monophonique : C'est la perception du son par les deux oreilles, sans obtenir toutefois une impression spatiale. On peut classer sous cette étiquette l'audition du son de la radio et de la télévision.

La transmission du microphone au haut-parleur s'effectue par un seul canal alors que nous écoutons de nos deux oreilles.

Ecoute stéréophonique : S'applique à tout procédé de transmission des sons permettant de donner à l'auditeur l'impression spatiale qui fait défaut à l'écouter monophonique.

Et maintenant, abordons ensemble, si vous le voulez bien, les considérations générales préparatoires à une étude plus approfondie de la reproduction monophonique et stéréophonique. Puisse cet exposé, volontairement simplifié et exempt de formules mathématiques, susciter votre intérêt pour les techniques nouvelles, qui demandent à être bien connues afin d'être bien pratiquées.

en marge de la haute fidélité et stéréophonie

LES UNITÉS LÉGALES

R. Bouvier

Au cours de ces dernières années l'électro-acoustique a pris une place de plus en plus importante sur le marché français, surtout depuis l'apparition de la haute-fidélité et de la stéréophonie. Cela signifie qu'un nombre sans cesse croissant de techniciens devra faire face à des problèmes nouveaux et souvent complexes. C'est pour cette raison qu'il nous a semblé opportun de consacrer quelques pages de ce Bulletin Service et des suivants à cette technique en plein développement.

Avant d'entrer dans les détails, il est bon de nous mettre tous d'accord sur un point : l'utilisation par les uns et les autres des mêmes unités électriques ou mécaniques afin que, pour nous mieux comprendre, nous parlions le même langage.

Adoptons donc, comme il se doit, le système GIORGI dit aussi système M.K.S.A.

Qu'est-ce que le système M.K.S.A. ?

Ce système, proposé dès 1901 par le Professeur GIORGI *, a été adopté en 1935 par la Commission Electrotechnique Internationale.

Il a pour but le rattachement des unités usuelles, consacrées par l'usage, de l'ancien système d'unités électriques Q.E.S., aux quatre unités fondamentales : le mètre, le kilogramme, la seconde et une unité électrique à fixer parmi les unités dites *pratiques*.

En 1950, comme conséquence du mode de définition des unités électriques adopté par le comité international et la conférence générale des Poids et Mesures, s'appuyant sur la définition initiale de l'ampère, la commission électrotechnique internationale a choisi l'*ampère* pour quatrième unité fondamentale.

Il est donc essentiel, en parlant du système GIORGI, d'employer le sigle M.K.S.A. qui montre justement qu'il s'agit du premier et seul système qui, non seulement avoue, mais revendique une quatrième dimension, au sujet de laquelle tous les anciens systèmes ont triché en vain.

Cette particularité du système GIORGI en fait précisément un système rationnel, vraiment pratique, en raison de l'emploi des unités primordiales que sont l'ampère, le mètre et le kilogramme.

Il est indispensable de se familiariser sans retard avec les unités de l'avenir, unités très simples, unités fondamentales qui sont :

Unité de longueur.....	le mètre
Unité de masse.....	le kilogramme
Unité de temps.....	la seconde
Unité d'intensité de courant.....	l'ampère

Ce nouveau système a le mérite d'englober dans un ensemble complet toutes les unités électriques pratiques.

Deux unités sont venues s'y ajouter :

Pour l'intensité lumineuse.....	la candela
Pour la température.....	le degré Kelvin

C'est cet ensemble qui a été adopté par la dixième Conférence Générale des Poids et Mesures, en octobre 1954, comme système pratique d'unités.

* Prof. Ing. Giovanni GIORGI, membre de l'Académie Pontificale des Sciences, né à Lucca (Italie), le 27 novembre 1871, mort à Castiglioncello le 19 Août 1950.

Unité de longueur : MÈTRE (Symbole : m).

Définition : Longueur, à la température de 0 degré, du prototype international en platine irridié, qui a été sanctionné par la conférence générale des Poids et Mesures, tenue à Paris en 1889, et qui a été déposé au Pavillon de Breteuil à Sèvres.

Etalon : Copie n° 8 du mètre prototype international, déposée au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Remarque : Comme le mètre des Archives, sur lequel il a été copié, le prototype international est d'environ 0,2 mm inférieur à la dix-millionième partie de la distance du pôle boréal à l'équateur, définition première du mètre.

Unité de masse : KILOGRAMME (Symbole : kg).

Définition : Masse du prototype international en platine irridié, qui a été sanctionné par la Conférence Générale des Poids et Mesures, tenue à Paris en 1889, et qui est déposé au Pavillon de Breteuil à Sèvres.

Etalon : Copie n° 35 du kilogramme prototype international, déposée au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Remarque : Comme le kilogramme des Archives, le prototype international du kilogramme excède d'environ 27 milligrammes, la masse du décimètre cube d'eau prise à son maximum de densité, définition première du kilogramme.

Unité de temps : SECONDE (Symbole : s).

Définition : 1/86400 du jour solaire moyen.

Remarque : En raison des variations du jour solaire, une conférence internationale, tenue à l'Observatoire de Paris en 1950, a proposé de rattacher l'étalon de temps, non plus à la rotation de la terre, mais à son mouvement de translation, en définissant désormais la seconde comme une fraction déterminée de la durée de l'année sidérale à un instant déterminé. Cette proposition a été adoptée par l'Union astronomique internationale en 1952.

Unité d'intensité de courant : AMPÈRE (Symbole : A).

Définition : Intensité d'un courant constant qui, maintenu dans deux conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable et placés à une distance de 1 mètre l'un de l'autre dans le vide, produirait une force égale à $2 \cdot 10^{-7}$ newton par mètre de longueur.

Cette définition de l'ampère nous conduit naturellement à celle de l'unité de force.

Unité de force : NEWTON (Symbole : N).

Définition : Force qui communique à 1 kilogramme une accélération de 1 m/s^2 .

Remarques 1 : Sa valeur est 10^5 dynes (C.G.S.) ou 102 grammes-poids ou 1 millistène (M.T.S.). Le *newton* reste d'un ordre de grandeur suffisamment voisin de celui du kilogramme-poids (0,980665) pour être parfaitement utilisable en mécanique.

Remarque 2 : On doit en principe prononcer *nioutonne*, mais il est admis de dire *neuton* pour simplifier.

En électro-acoustique il est souvent question de pression, c'est pourquoi il est bon d'en connaître également l'unité.

Unité de pression : NEWTON par mètre carré (Symbole : N/m^2).

Définition : Pression uniforme qui, répartie sur une surface de 1 mètre carré, produit un effort total de 1 newton.

Remarque : Sa valeur est 10 baryes (C.G.S.), ou 1,02 centigramme-poids par centimètre carré, ou 1 millipièze (M.T.S.). Il s'ensuit que $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$.

Ajoutons aux précédentes définitions celle d'une unité fréquemment utilisée et qui nous servira souvent de référence : le degré Celsius.

Unité de température : DEGRÉ CELSIUS (Symbole : °C).

Définition : Variation de température produisant la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'un gaz parfait quand, le volume étant constant, la température passe du point 0 degré (température de la glace fondante) au point 100 degrés (température d'ébullition de l'eau), ces deux points répondant aux définitions qu'en ont données les conférences générales des Poids et Mesures de 1889 et de 1913.

Remarque 1 : Variation de température qui produit la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'hydrogène, quand, le volume restant constant, la température passe de celle de la glace fondante (0°) à celle de la vapeur d'eau distillée en ébullition (100°) sous la pression atmosphérique normale ; la pression atmosphérique normale est représentée par la pression d'une colonne de mercure de 760 mm de hauteur ayant la densité 13,59593 et soumise à l'intensité normale de la pesanteur, mesurée par une accélération égale à 9,80665 en mètres et en secondes.

Remarque 2 : Le degré Celsius s'appelait précédemment degré Centigrade.

Et pour clore cette énumération, voici les définitions des différentes unités électriques à l'exception de l'ampère, unité principale, déjà étudiée.

Unité de force électromotrice : VOLT (Symbole : V).

Définition : Différence de potentiel électrique qui existe entre deux points d'un fil conducteur traversé par un courant continu de 1 ampère lorsque la puissance consommée entre ces deux points est égale à 1 watt.

Remarque 1 : C'est l'unité de force électromotrice, ou de différence de potentiel ou de tension.

Remarque 2 : Le volt est pratiquement égal, pour les besoins du commerce et de l'industrie, à 1/1,0186 de la force électromotrice à la température de 20°C de la pile Weston normale (neutre et saturée) au sulfate de cadmium.
1 volt international moyen = 1,000 34 volt absolu.

Unité de résistance électrique : OHM (Symbole : Ω).

Définition : Résistance électrique qui existe entre deux points d'un conducteur lorsqu'une différence de potentiel constante de 1 volt, appliquée entre ces deux points, produit, dans ce conducteur, un courant de 1 ampère, ce conducteur n'étant le siège d'aucune force électromotrice.

Remarque : 1 ohm international moyen = 1,000 49 ohm absolu.

Unité de puissance : WATT (Symbole : W).

Définition : Puissance capable d'accomplir un travail de 1 newton par mètre par seconde (N/m/s).

Remarque : 1 N/m/s équivaut à 1 Joule par seconde.

Unité de quantité d'électricité : COULOMB (Symbole : C).

Définition : Quantité d'électricité transportée en 1 seconde par un courant de 1 ampère.

Unité de capacité électrique : FARAD (Symbole : F)

Définition : Capacité d'un condensateur électrique entre les armatures duquel apparaît une différence de potentiel de 1 volt lorsqu'il est chargé d'une quantité d'électricité égale à 1 coulomb.

Unité d'inductance électrique : HENRY (Symbole : H).

Définition : Inductance électrique d'un circuit fermé dans lequel une force électromotrice de 1 volt est produite lorsque le courant électrique qui parcourt le circuit varie uniformément à raison de 1 ampère par seconde.

Unité de flux magnétique : WEBER (Symbole : Wb).

Définition : Flux magnétique qui, traversant un circuit d'une seule spire, y produirait une force électromotrice de 1 volt si on l'amenait à zéro en une seconde par décroissance uniforme.

UNITÉS DE MESURES DIVERSES

Unité de fréquence : HERTZ (Symbole : Hz).

Définition : Fréquence d'une période par seconde.

Multiples : Kilohertz (kHz), Mégahertz (MHz).

Unité de niveau d'intensité acoustique : BEL (Unité pratique : décibel, symbole dB).

Définition : C'est une unité qui sert à mesurer une amplification, généralement une amplification d'énergie. Si, en mettant à l'entrée d'un appareil une énergie W_1 , on retrouve à la sortie une énergie W_2 , l'amplification d'énergie est mesurée en bels par $\text{Log}_{10} (W_2/W_1)$. C'est une quantité sans dimension.

Remarque 1 : Pratiquement on emploie toujours le « décibel », c'est-à-dire que l'on définit l'amplification en décibels par $10 \log_{10} (W_2/W_1)$. Le décibel est couramment employé en acoustique et en radioélectricité.

Remarque 2 : Le niveau d'intensité acoustique d'une onde périodique, exprimé en bels, est égal au logarithme décimal du rapport de la puissance surfacique acoustique moyenne de cette onde à la puissance surfacique acoustique de référence de 10^{-12} Watt par mètre carré (cette dernière correspond à une pression acoustique efficace de 2.10^{-5} pascal).

ACOUSTIQUE

Vitesse du son dans les gaz : Dans de larges limites, la vitesse du son dans un gaz est sensiblement indépendante de la pression. Elle croît quand la température s'élève, à peu près comme la racine carrée de la température absolue. Il revient au même de dire qu'en fonction de la température Celsius t la vitesse V est donnée par la formule.

$$V = V_0 \sqrt{1 + \alpha t}, \text{ où } V_0 \text{ est la vitesse à } 0^\circ \text{ et } \alpha = \frac{1}{273}$$

Pour un gaz parfait, la formule théorique qui donne la vitesse est

$$V = \sqrt{\frac{p}{\rho} \gamma}$$

où p est la pression du gaz, ρ sa masse volumique à la température t et la pression P , et γ le rapport de ses deux chaleurs spécifiques (1).

	Température (en °C)	Vitesse du son (mètres par seconde)
	— 100	263
	0	331,4
Air.....	20	343,5
	100	388
	500	557
Azote	0	338
Oxygène	0	316
Hydrogène	0	1 262
Anhydride carbonique.....	0	259

Vitesse du son dans les liquides. — La formule théorique donnant la vitesse de propagation du son dans un liquide est :

$$V = \frac{1}{\sqrt{K\rho}}$$

dans laquelle ρ est la masse volumique, K le coefficient de compressibilité (2). On admet que le rapport des deux chaleurs spécifiques est égal à 1

Liquide	Température	Vitesse du son (mètres par secondes)
Eau	15°	1 447
Alcool	15	1 275
Mercure	20	1 407

Eau de mer:

La connaissance de la vitesse du son dans l'eau de mer est d'une grande importance pour l'application des diverses méthodes de sondage et de repérage acoustique ; variable avec la température, la pression et la salinité, elle est en moyenne de 1 500 mètres par seconde.

*Vitesse du son
dans les solides:*

Les phénomènes de propagation dans un solide sont plus compliqués que dans un fluide (gaz ou liquide). Dans une masse solide indéfinie peuvent se propager deux espèces d'ondes sonores, l'une correspondant à des vibrations longitudinales (c'est-à-dire dans la direction de la propagation) les autres transversales (perpendiculaires à la propagation). Les phénomènes sont encore plus complexes dans un solide limité.

Les nombres suivants, exprimés en m/s, se rapportent à la propagation dans les tiges ; ils ne peuvent servir qu'à fixer un ordre de grandeur.

Acier 5 000 ; Cuivre 3 500 ; Verre 4 000 à 6 000.

Longueur d'onde sonore:

C'est la longueur parcourue par une onde sonore plane provenant d'une source vibrant pendulairement (loi sinusoïdale) pendant la durée d'une période vibratoire (vibration double) : la longueur d'onde d'un son, dans un milieu donné, est évidemment le produit de la période T par la vitesse a de propagation de l'onde dans ce milieu, $\lambda = aT$.

Exemple. — La longueur d'onde dans l'air à 0° d'un son faisant 870 vibrations simples par seconde est égale au produit de la période par la vitesse du son dans l'air,

$$\text{soit } \lambda = \frac{1}{435} \times 331,4 \text{ m} = 0,762 \text{ m.}$$

On voit que, si la longueur d'onde d'un son est connue, on peut en déduire soit la période, si l'on connaît la vitesse de propagation, soit la vitesse de propagation, si l'on connaît la période. Pour les tuyaux sonores ou les tiges vibrant longitudinalement, on a une mesure très approchée de la longueur d'onde du son émis, car la distance entre un ventre et un nœud consécutifs représente 1/4 de la longueur d'onde.

La considération des longueurs d'onde est capitale : elle permet de calculer la période des vibrations lumineuses, inaccessible aux mesures directes.

(1) *Chaleur spécifique:* L'unité de masse d'un corps passant de la température t_1 à une température plus élevée t_2 doit recevoir une quantité de chaleur Q . Le rapport

$$C = \frac{Q}{t_2 - t_1}$$

est la chaleur spécifique moyenne entre les températures t_1 et t_2 . Lorsque ces deux températures sont très voisines, C est appelé la chaleur spécifique à la température t moyenne entre t_1 et t_2 .

Elle s'exprime en calories par gramme, la calorie étant définie comme la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 g d'eau pour faire passer sa température de 14°,5 à 15°,5.

(2) *Compressibilité:* Un coefficient de compressibilité (vrai ou moyen) est l'inverse d'une pression ; on l'exprime généralement en (atmosphère)⁻¹.

Remarque. — Lorsqu'on veut étudier la variation de volume d'un fluide en fonction de p (température constante), il peut être commode d'introduire le *coefficient de compressibilité*. Si, à une température donnée, la pression passe de p_0 à une valeur plus élevée p , le volume passe de v_0 à v ($v < v_0$).

La quantité

$$\mu = - \frac{1}{v_0} \frac{v - v_0}{p - p_0}$$

est le coefficient moyen de compressibilité entre les pressions p_0 et p à la température t .

TABLEAU COMPARATIF DES PRINCIPALES UNITÉS
GÉOMÉTRIQUES, MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES
DANS LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES

Grandeur	Symbole	M.K.S.A.	M.T.S.	M.Kp.S.	C.G.S. E.S.	Q.E.S.	C.G.S. E.M.
Longueur.....	m	mètre	mètre	mètre	centimètre	quadrant (10 ⁷ cm)	centimètre
Masse.....	kg	kilo- gramme- masse	tonne- masse	(pas de nom) 9,81 kilo- grammes- masse	gramme- masse	kilo- gramme- masse	gramme- masse
Temps.....	s	seconde	seconde	seconde	seconde	seconde	seconde
Intensité de courant.	A	ampère			(pas de nom)	ampère	(pas de nom)
Potentiel et force élec- tromotrice.....	V	volt				volt	
Résistance.....	Ω	ohm				ohm	
Puissance.....	W	watt	kilo- watt	kilogram- mètre par seconde	erg par seconde	watt	erg par seconde
Quantité d'électricité	C	coulomb			franklin	coulomb	(pas de nom)
Capacité.....	F	farad			cen- timètre	farad	(pas de nom)
Inductance.....	H	henry			(pas de nom)	henry	centimètre
Flux d'induction ma- gnétique.....	Wb	weber			(pas de nom)	pramaxwell ou weber	maxwell
Force.....	N	newton	sthène (10 ⁸ dynes)	kilogramme- poids (981.000 dynes)	dyne	centidyne	dyne
Pression.....	N/m ²	newton par m ²	pièze	kilogramme- poids par mètre carré	barye	centidyne par quadrant carré (10 ⁻²⁰ barye)	dyne
Température.....	°C	degré Celsius					

N.D.L.R. — Nous nous proposons de revenir ultérieurement de façon plus précise sur toutes ces unités légales, qu'elles soient géométriques, mécaniques, électriques, magnétiques ou électromagnétiques.

VALEUR GIORGI

de quelques unités importantes hors système,

1 angström, Å.....	10 ⁻¹⁰ mètre
1 tour, t.....	2 π radians
1 tour par minute, tr/mn.....	0,1045 radian par seconde
1 kilomètre par heure, km/h.....	0,277 mètre par seconde
1 mach.....	340 mètres par seconde
1 bar.....	10 ⁵ newtons par mètre carré
1 watt-heure, W/h.....	3 600 joules
1 ampère-heure, A/h.....	3 600 coulombs
1 électron.....	1,59 × 10 ⁻¹⁹ coulomb
1 électron-volt, eV.....	1,59 × 10 ⁻¹⁹ joule

Multiples

Puissance de 10 par laquelle est multipliée l'unité	Préfixe	Symbole
10 ¹ ou 10	déca	da
10 ² ou 100	hecto	h
10 ³ ou 1.000	kilo	k
10 ⁴ ou 10.000	myria	ma
10 ⁵ ou 100.000	hectokilo	hk
10 ⁶ ou 1 million	méga	M
10 ⁹ ou 1 milliard	giga	G
10 ¹² ou 1 billion*	téra	T

Sous-multiples

Puissance de 10 par laquelle est multipliée l'unité	Préfixe	Symbole
10 ⁻¹ ou 0,1	déci	d
10 ⁻² ou 0,01	centi	c
10 ⁻³ ou 0,001	milli	m
10 ⁻⁴ ou 0,0001	décimilli	dm
10 ⁻⁵ ou 0,00001	centimilli	cm
10 ⁻⁶ ou 1 millionième	micro	μ
10 ⁻⁹ ou 1 milliardième	nano	n
10 ⁻¹² ou 1 billionième*	pico	p

* Il s'agit du trillion classique. Une notation récemment préconisée donne au nombre 10⁶ⁿ le nom de (n) illion.

Il s'ensuit que :
10⁶ = million, 10¹² = billion, 10¹⁵ = trillion, 10²⁴ = quadrillion, 10²⁸ = quintillion, etc.

Note de la rédaction

Les définitions et symboles, tous légaux, ont été extraits de l'Annuaire du Bureau des Longitudes (1958). En ce qui concerne le système Giorgi, les renseignements proviennent en grande partie des ouvrages suivants :

Mémento des Unités Giorgi (M.K.S.A.) par M. Denis Papin et A. Kaufmann (Desforges, Editeur, Paris).

L'électricité selon le système Giorgi rationalisé par P. Cornelius, attaché au Laboratoire de recherches Philips à Eindhoven (Dunod, Editeur, Paris).

Nous vous conseillons vivement la lecture de ces deux ouvrages.

R.B.

La reproduction sonore

STÉRÉOPHONIQUE

Technical Service Bulletin *

Notre perception des sons contient, comme un élément essentiel, une impression spatiale concernant l'origine du son. Des sons dans lesquels, pour une raison quelconque, la perception spatiale fait défaut, donnent souvent une sensation désagréable, un sentiment d'incertitude. Cela se conçoit fort bien si l'on tient compte du fait qu'une des tâches de notre organe auditif est de nous prévenir du danger. Cet avertissement ne peut être utile à des êtres munis d'organes auditifs que s'il donne en même temps une indication quant à la direction d'où vient le danger et, dans une certaine mesure, de la distance à laquelle il se trouve.

Nous sommes habitués à associer à des sons, qui n'ont rien à voir avec un danger, une image spatiale. En présence de différentes sources sonores, par exemple différents acteurs sur une scène, nous pouvons les distinguer par la sensibilité directionnelle de notre organe auditif et considérons comme l'évidence même le fait que les perceptions de nos organes de l'ouïe et de la vue concordent et se complètent. De même, notre impression en assistant à un concert donné par un grand orchestre est influencé dans une grande mesure par le fait que nous entendons le son des différents instruments sous des angles différents et que nous pouvons ainsi les identifier, non seulement par leur timbre, mais également par leur direction. Une conséquence très importante de cette sensibilité directionnelle de notre organe auditif est la faculté de pouvoir concentrer notre attention dans une direction déterminée en rejetant à l'arrière-plan les sons et bruits indésirables, émanant d'autres directions.

Lorsque nous écoutons chez nous une émission de radio, un concert par exemple, le son de tous les instruments nous parvient d'une seule direction : la direction du haut-parleur. L'élément plastique de la musique orchestrale fait défaut. A l'écoute d'une pièce de théâtre, l'auditeur doit surtout s'attacher aux différences de timbres (et si possible d'intensité) afin de faire une distinction parmi les différentes voix. Si plusieurs personnes parlent en même temps, ou s'il y a des bruits extérieurs, il peut devenir très fatigant pour l'auditeur de concentrer son attention sur l'une des voix, sans y être aidé par les différences de direction. Ce point doit toujours être pris en considération, par le metteur en ondes.

Dans la reproduction sonore cinématographique le manque d'effet spatial peut également se faire sentir. On voit un acteur se déplacer sur l'écran, par exemple, alors que sa voix continue à nous parvenir de la même direction, exactement celle du haut-parleur qui se trouve derrière l'écran. Si l'on ne perd pas de vue que, dans le développement de l'industrie du film, il y a un continuel effort vers un plus haut degré de « naturel », on comprend que l'on fasse des essais pour rendre l'illusion plus parfaite, en faisant qu'il soit possible à la reproduction de distinguer au moyen de l'oreille les différentes positions de la source sonore de l'enregistrement original. Au cours de cet article, nous discuterons de la possibilité d'une telle reproduction. Dans ce but, nous examinerons d'abord les principes de l'écoute spatiale.

Pour pouvoir situer dans l'espace un objet, aussi bien qu'une source sonore, trois grandeurs sont nécessaires. Dans le cas d'une source sonore celles-ci sont :

1. la distance entre l'organe auditif et la source sonore.
2. la direction dans le plan horizontal (azimut).
3. l'angle par rapport à ce plan (élévation).

Ces points sont représentés à la figure 1.

La source sonore se trouve au point P, tandis que l'organe auditif se trouve au point O, intersection des trois axes x, y et z, perpendiculaires entre eux.

Le plan horizontal est déterminé par les axes x et z. La position de la source sonore P est déterminée par :

1. la distance entre la source sonore P et l'organe auditif O.
2. l'angle φ . C'est l'angle entre OP' (projection de OP sur le plan xz) et l'axe x.
3. l'angle Φ . C'est l'angle que fait la droite OP avec le plan horizontal.

La première et la troisième de ces données déterminent l'élévation du point P par rapport au plan horizontal ($a \sin \Phi$) et la distance OP' ($a \cos \Phi$).

L'organe auditif de l'homme n'a pratiquement pas de sensibilité directionnelle pour des sons venant d'en haut ou d'en bas. Dans ces cas, on tient la tête dans une position inclinée, de sorte que la perception du son est ramenée au cas d'une direction dans le plan horizontal (la tête est inclinée de telle façon que le point P se situe dans le plan déterminé par les axes x-z). Dans ce cas, la source sonore est localisée par la distance a et l'angle Φ (fig. 1).

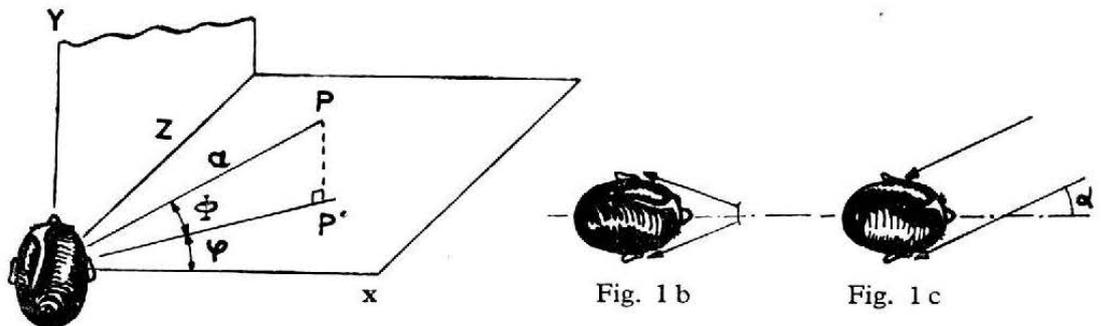


Fig. 1. — Un son vient d'une direction qui fait un angle α avec le plan vertical médian de la tête; il atteint les deux oreilles avec une différence de temps $t = lc$ (c'est la vitesse du son). L'onde qui contourne la tête est affaiblie.

L'origine de la perception des distances n'est pas encore connue dans la plupart des cas. Dans des espaces fermés elle peut s'expliquer, par exemple, comme une variation dans le rapport d'intensité entre le son perçu directement (son venant directement de la source à l'organe auditif) et la réverbération (son réfléchi).

Quand la distance à la source sonore change, l'intensité de son direct varie, tandis que celle de la réverbération reste approximativement constante. Cette remarque reste essentiellement valable dans le cas de la transmission ordinaire électro-acoustique, et permet ainsi au metteur en ondes d'un programme radiophonique de donner un certain effet plastique à la reproduction.

En stéréophonie c'est la perception directionnelle dans le plan horizontal qui prédomine, de sorte que dans ce qui suit nous supposons toujours que la source sonore se trouve dans le plan horizontal.

La perception spatiale est due à une collaboration étroite entre les deux oreilles qui, avec le centre auditif du cerveau, constituent notre organe auditif. Lorsque la source sonore se trouve dans le plan perpendiculaire médian de la droite qui relie nos deux oreilles, les deux oreilles reçoivent exactement la même impression en même temps (fig. 1b). Lorsque le son arrive d'une direction qui forme un angle α avec ce plan (fig. 1c), il atteindra d'abord une oreille et après un certain temps (si court soit-il) l'autre, tandis que, par suite du contournement de la tête de l'auditeur, il aura subi une légère atténuation (si faible soit-elle). Notre centre auditif est extrêmement sensible à ces différences de temps et d'intensité et, se basant sur l'expérience, les interprète comme un angle de déviation dans le plan horizontal. La différence en temps peut se calculer facilement, compte tenu de la différence de trajet parcouru et de la vitesse de propagation du son.

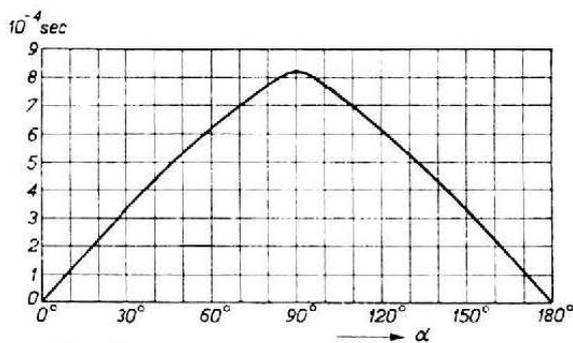


Fig. 2

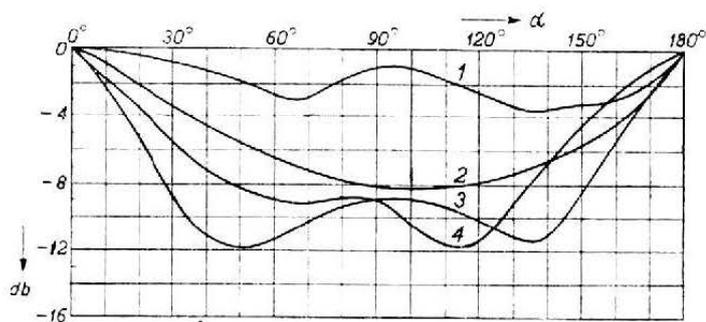


Fig. 3

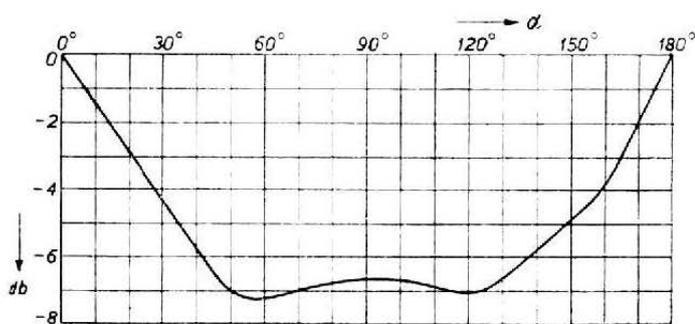


Fig. 5

Fig. 2. — Différence de temps t en fonction de l'angle α .

Fig. 3. — Différence d'intensité (en db) entre le son qui atteint l'oreille droite et celui qui atteint l'oreille gauche, en fonction de l'angle α selon les mesures effectuées par SILVIAN et WHITE. Dans les courbes 1, 2, 3, 4, le son consiste en tonalités de 300, 500, 1100 et 2240 Hz, respectivement.

Fig. 4. — Spectre de la parole. L'intensité (en db) par unité d'intervalle de fréquence, est représentée en fonction de la fréquence Hz.

Fig. 5. — Différences (en db) d'intensité moyenne entre l'oreille droite et l'oreille gauche, en fonction de l'angle α .

Fig. 6. — Caractéristiques de fréquence du contournement de la tête. Les courbes I, II, III, se rapportent à une source sonore pour des angles α respectifs de 30, 60 et 90°.

Note. — On peut rendre évidente la sensibilité de l'ouïe aux différences de temps grâce à l'expérience suivante : on prend un morceau de tube en caoutchouc (tuyau pour réchaud à gaz, par exemple) et on applique chaque extrémité à une oreille. Puis, quelqu'un frappe le tube en un endroit quelconque. Le résultat est une impression très nette de direction, qui dépend de l'endroit où l'on a frappé le tuyau. Il est possible de déterminer exactement, à quelques millimètres près, l'endroit où l'on doit taper pour obtenir l'impressions de « juste au milieu ».

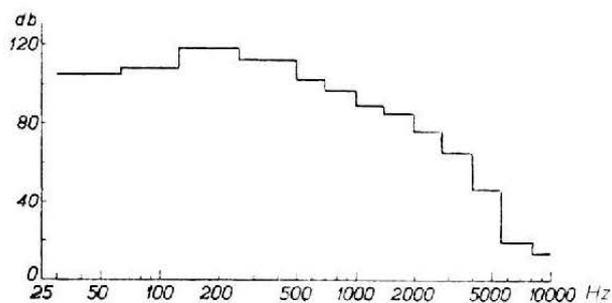


Fig. 4

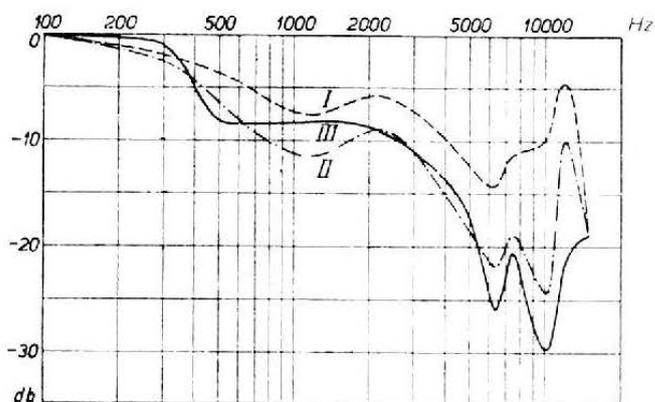


Fig. 6

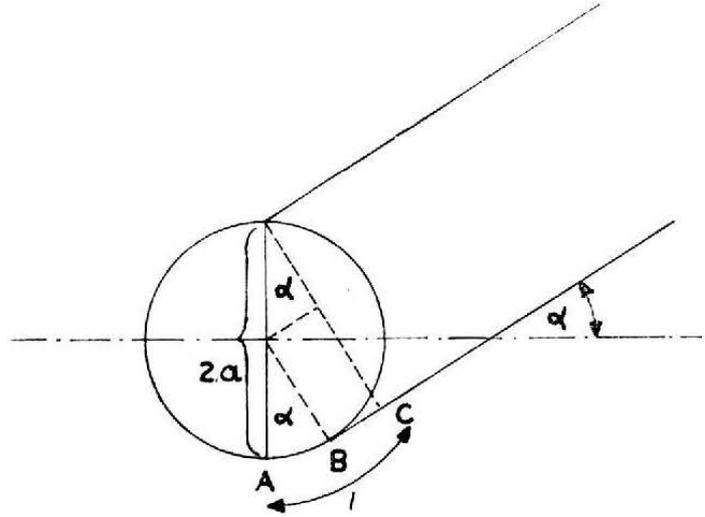
À la figure 2, la différence de temps est représentée en fonction de l'angle α .

Ces différences ont été déterminées expérimentalement par SILVIAN et WHITE, dont les résultats sont représentés figure 3, pour différentes fréquences. Le fait que les différences d'intensité doivent aussi dépendre de la fréquence du son est évident : les ondes sonores ne sont affectées par un obstacle que si les dimensions de ce dernier sont du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du son. Si la longueur d'onde est plus grande que le diamètre de la tête, cette dernière ne constitue pas une ombre. Pour des sons inférieurs à environ 400 Hz (longueur d'onde 110 cm) la différence d'intensité est relativement nulle pour tous les angles (fig 6). Si la longueur d'onde est beaucoup plus petite que la tête, il y a écran total. Pour les sons supérieurs à 10 000 Hz (longueur d'onde 3 cm) la différence d'intensité atteint déjà un maximum (pour une très petite valeur de l'angle α , courbe I) qui ne varie plus ensuite avec α . Remarquez comment les trois courbes de la fig. 6 se rejoignent pour des fréquences très élevées. La perception de direction au moyen des différences d'intensité est très efficace pour des sons d'environ 100 à 2 000 Hz, c'est-à-dire dans la bande de fréquence pour laquelle le seuil d'écoute est le plus bas. Considéré toutefois du point de vue téléologique, on peut dire que le maximum de sensibilité de l'oreille est adapté à la dimension de la tête.

De façon générale, ce ne sont pas des sons purs qui nous parviennent, mais des sons d'une certaine complexité spectrale. Pour ce qui nous intéresse, c'est-à-dire la reproduction stéréophonique, la parole est particulièrement importante. La figure 4 montre la répartition moyenne de l'intensité de la parole sur tout le spectre de fréquence.

A l'aide de cette courbe et des courbes de la figure 3, on peut calculer les différences d'intensité d'un son parvenant à chaque oreille, lorsque l'on écoute un orateur parlant dans différentes directions. Le résultat est donné à la figure 5. On peut voir que, pour des angles compris entre 0 et 50°, la différence d'intensité en dB croît de façon pratiquement linéaire avec l'angle. La différence maximum d'intensité atteint environ 7 dB. Pour l'angle mentionné plus haut, $\alpha = 3^\circ$, que l'on peut considérer comme la valeur limite de la sensibilité en direction, la différence d'intensité n'est que d'environ 0,5 dB. L'influence de la courbure sur la fréquence, se traduit aussi par un changement de timbre. Si pour une certaine direction de la source sonore (angle α) nous représentons l'atténuation relative à une oreille en fonction de la fréquence, nous obtenons les courbes de la figure 6. On peut dire que le son passe comme à travers un filtre en contournant la tête, le filtre ayant une caractéristique de fréquence qui peut être très différente pour différentes valeurs de l'angle α , ainsi que le montre la figure 6. Donc, pour différentes directions de la source sonore, apparaissent des différences dans la qualité du son qui peuvent aussi contribuer à la perception de la direction.

Fig. 6a — Exemple de calcul du retard d'une onde sonore au niveau d'une oreille de l'auditeur par rapport à l'autre, en fonction d'un angle α donné.



En admettant, pour des raisons de simplification, que la tête est une sphère de a cm de rayon (fig. 6 a), la différence de trajet est de l cm.

Cette distance l consiste en deux parties, à savoir une partie rectiligne de longueur BC et une partie courbe AB , de sorte que :

$$l = BC + AB = a \sin \alpha + \frac{\alpha}{360} \times 2 \pi a \quad (1)$$

(nous supposons que la distance entre la tête et la source sonore est grande par rapport au diamètre de la tête, ce qui dans la pratique est presque toujours le cas). Lorsque le diamètre de la tête est de $2a = 20$ cm et que l'angle $\alpha = 30^\circ$,

$$l = 10 \sin 30^\circ + \frac{30}{360} \times 2 \pi 10 = 10,23 \text{ cm.} \quad (2)$$

Le retard est alors d'environ $3 \cdot 10^{-4}$ secondes. (voir Appendice, page 20)

Des essais ont montré que des écarts angulaires α de 3° par rapport au plan perpendiculaire médian sont nettement perçus, ce qui signifie que, pour un diamètre de la tête de $2a = 20$ cm, se produit un retard de $3 \cdot 10^{-5}$ secondes.

Le retard en fonction de différentes valeurs de l'angle α est représenté à la figure 2. Ce graphique montre que pour des angles $\alpha = 0^\circ$ et $\alpha = 180^\circ$, le retard est nul. Ceci est évident, puisque dans ces cas la source sonore est située dans le plan perpendiculaire médian à la ligne qui relie les oreilles, respectivement devant et derrière la tête. Lorsque la source sonore est située dans le prolongement de la ligne qui relie les deux oreilles, l'angle $\alpha = 90^\circ$ et le retard est maximum.

Les différences en intensité entre les deux oreilles, par suite de la courbure de la tête, ne peuvent être calculées de façon aussi simple, car il semble qu'elles dépendent également de la fréquence.

La relation entre l'angle α et la différence correspondante en intensité, exprimée en décibels, est indiquée à la figure 3. Les courbes 1, 2, 3 et 4 se rapportent respectivement à des fréquences de 300, 500, 1 000 et 2 240 Hz.

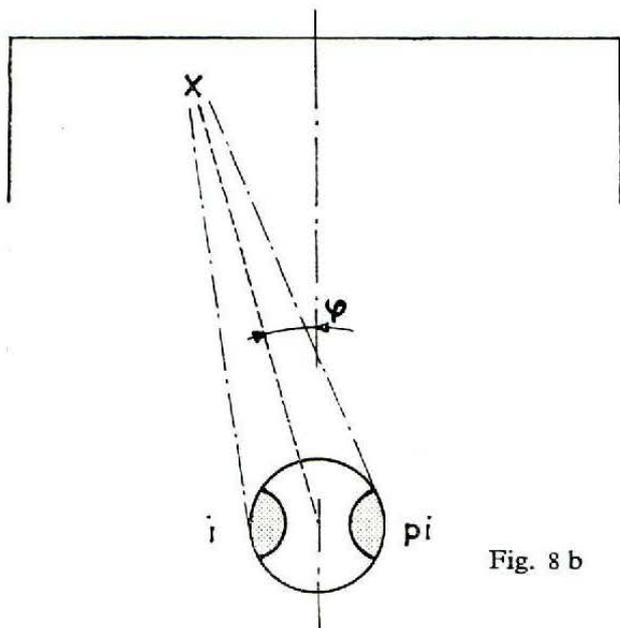


Fig. 8 b

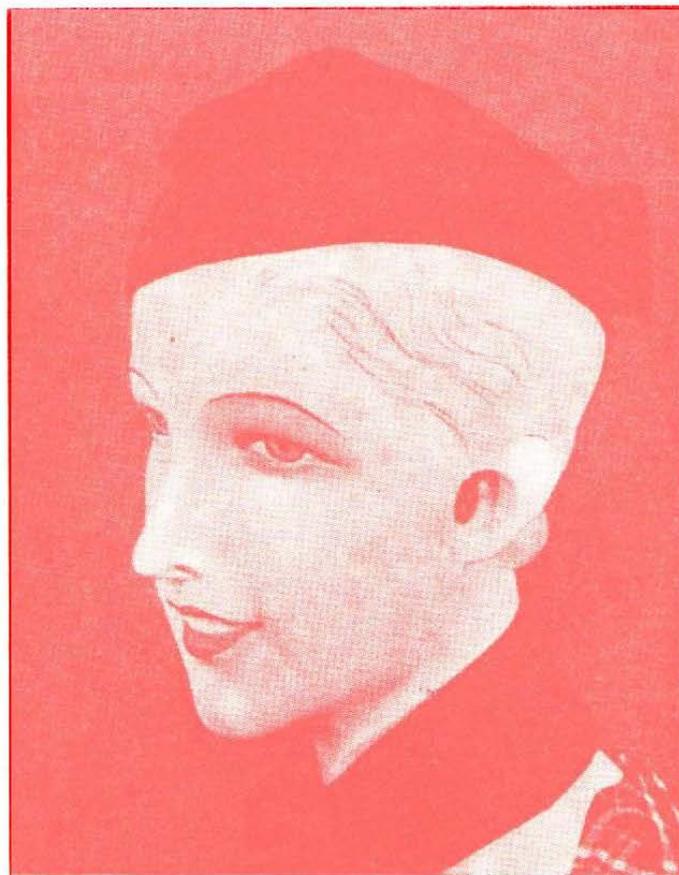
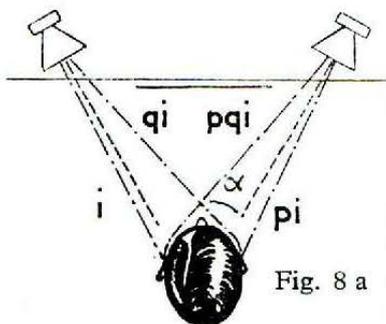


Fig. 7 b

Fig. 8. — a) Disposition pour une reproduction stéréophonique dans un cinéma. Un haut-parleur se trouve placé de chaque côté de l'écran. Un auditeur, à une distance donnée du milieu de l'écran, voit la ligne relie les deux haut-parleurs à l'intérieur d'un angle de 2α .

b) Disposition des microphones dans le studio. Les plans médians perpendiculaires de la caméra et du microphone coïncident. Le conférencier se tient par exemple, dans la direction x .



Reproduction stéréophonique.

Fig. 8 a

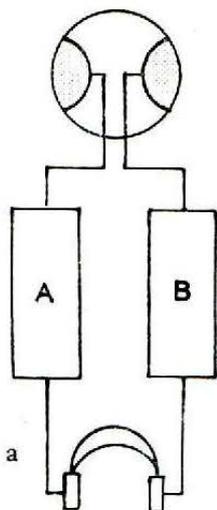


Fig. 7 a

Fig. 7. — Chaque microphone est situé à l'emplacement normal de l'oreille humaine.

Dans ce qui précède, nous avons vu qu'une impression sonore spatiale est obtenue lorsqu'un retard (phase) et une différence d'intensité existent entre le son perçu par les deux oreilles. Si l'on veut donc obtenir une reproduction réellement stéréophonique ou spatiale du son, cette même différence en temps (phase) et en intensité devra exister entre le son qui atteint les deux oreilles et le son à l'endroit où se trouve le microphone dans le studio.

Ceci peut être réalisé de façon relativement simple en plaçant à l'endroit d'un auditeur supposé une « tête artificielle ». Une telle « tête artificielle » a les dimensions d'une tête humaine et contient deux microphones à la place des oreilles (fig. 7 b). Chaque microphone alimente l'un des écouteurs d'un casque par l'intermédiaire d'un amplificateur et d'une ligne de transmission distincts (A et B - fig. 7a). Les connexions sont établies de telle façon que le microphone de gauche alimente l'écouteur de gauche, tandis que le microphone de droite est relié à l'écouteur de droite. Cette méthode présente cependant un grand inconvénient : l'auditeur est obligé de porter un casque. De plus, en tournant la tête, l'image sonore toute entière tourne, ce qui est très désagréable.

Voyons maintenant ce qui se produit lorsque la sortie de chaque amplificateur n'est plus connectée à un écouteur, mais à un haut-parleur. Les deux haut-parleurs sont alors disposés comme l'indique la figure 8a. On voit immédiatement que ceci s'écarte du principe établi, puisque chacune des oreilles reçoit le son des deux haut-parleurs. Pour une position déterminée du speaker (angle α) par rapport au plan perpendiculaire médian des deux microphones de la « tête artificielle » (fig. 8b) l'intensité des sons qui atteignent les deux microphones diffère d'une quantité p . La même relation p existe entre les sons reproduits par les haut-parleurs de gauche et de droite. Supposons que l'oreille gauche de l'auditeur, qui regarde droit devant lui, reçoit un son d'intensité I du haut-parleur de gauche; l'oreille droite recevra alors un son d'intensité pI du haut-parleur de droite (Fig. 8a).

Cependant, cette oreille droite reçoit également un son d'intensité qI en provenance du haut-parleur de gauche (l'importance du facteur q dépend de la courbure de la tête de l'auditeur). L'intensité sonore totale, perçue par l'oreille droite, sera donc égale à pI (du haut-parleur de droite) plus qI (du haut-parleur de gauche), soit :

$$I_r = pI + qI = (p + q) I \quad (1)$$

Pour l'oreille gauche, la situation est différente. Cette oreille perçoit un son d'intensité I du haut-parleur de gauche et un son d'intensité $q(pI) = qpI$ du haut-parleur de droite. L'intensité sonore totale perçue par l'oreille gauche est donc de :

$$I_G = I + qpI = (I + qp) I \quad (2)$$

Le rapport entre les intensités sonores aux deux microphones de la « tête artificielle » est égal à p , tandis que ce rapport à l'endroit où se trouve l'auditeur est de

$$P = \frac{I_r}{I_G} = \frac{(p + q) I}{(I + qp) I} = \frac{p + q}{I + qp} \quad (3)$$

Dans cette équation, p varie avec la position du speaker dans le studio par rapport à la « tête artificielle ». Par contre, le facteur q dépend surtout de la position de l'auditeur par rapport aux deux haut-parleurs. Lorsque $q = 0$, ceci signifie que chaque oreille ne perçoit que le son du haut-parleur correct. Dans ces conditions, l'oreille gauche ne perçoit que les sons provenant du haut-parleur de gauche tandis que l'oreille droite ne reçoit que les sons émis par le haut-parleur de droite.

Dans le cas d'utilisation d'un casque, q est en effet nul, de sorte que dans ces conditions $P = p$. Un autre cas extrême se présente pour $q = 1$; c'est le cas où chaque haut-parleur influence les deux oreilles de la même façon.

Dans ce cas, $P = 1$ et il n'y a aucune différence d'intensité entre les sons qui atteignent les deux oreilles de l'auditeur. C'est ce qui se présente pratiquement lorsque l'auditeur se trouve à grande distance des deux haut-parleurs.

Ce qui précède nous apprend que la différence d'intensité aux oreilles de l'auditeur est toujours plus faible qu'aux oreilles de la « tête artificielle ». Afin d'obtenir une reproduction dans laquelle la distribution de l'intensité sonore se rapproche autant que possible de la réalité, il faudra donc prendre d'autres mesures afin de rendre la facteur q aussi petit que possible. On peut y parvenir par un choix judicieux de l'emplacement des microphones et des haut-parleurs.

Après avoir examiné, dans les lignes qui précèdent, exclusivement la différence en intensité, nous allons maintenant examiner la différence en temps (retard). Nous savons déjà que l'impression spatiale résulte d'une différence d'intensité et d'un retard (phase).

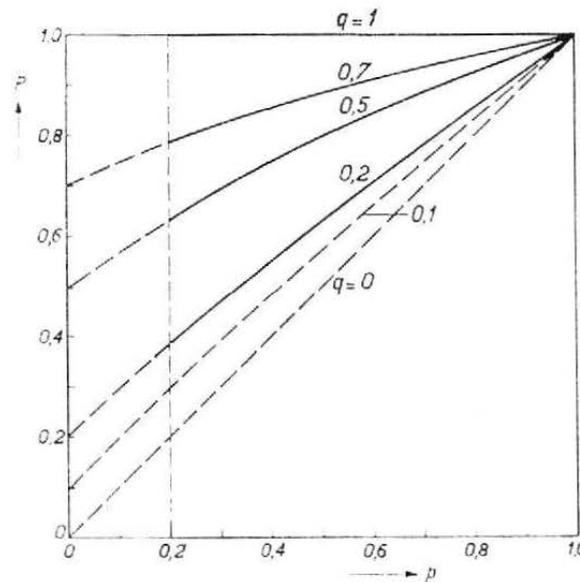


Fig. 9. — Rapport P entre l'intensité sonore au niveau de l'oreille droite de l'auditeur et celle qui existe au niveau de son oreille gauche (fig. 8a) en fonction du rapport p aux microphones de la tête artificielle (fig. 8b). Le rapport d'intensité q entre les informations sonores qu'un seul haut-parleur apporte à chaque oreille, intervient comme un paramètre. q dépend de α , c'est-à-dire des positions relatives de l'auditeur et des haut-parleurs; il ne peut toutefois, selon la figure 5, jamais être inférieur à 0,2 environ. On peut voir que P est toujours plus grand que p , c'est-à-dire que la différence d'intensité est toujours plus petite pour l'auditeur que pour les microphones.

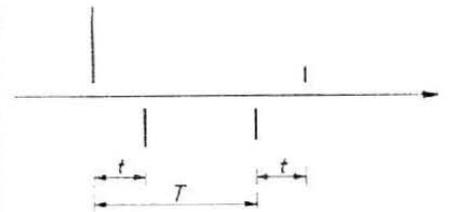


Fig. 10. — Au-dessus de l'axe des temps les moments d'arrivée des informations sonores à l'oreille gauche; en-dessous de l'axe des temps, les mêmes informations pour l'oreille droite. La différence de temps t correspond à l'angle φ , (fig. 8b), la différence T à l'angle α (fig. 8a). La longueur des lignes verticales, indique approximativement les intensités que doivent présenter les quatre informations.

Dans le cas illustré dans la figure 8 b, le microphone de gauche de la « tête artificielle » perçoit le son un peu plus tôt ($t \text{ sec}$) que le microphone de droite. L'oreille gauche de l'auditeur percevra également le son provenant du haut-parleur de gauche $t \text{ sec}$ avant que son oreille droite ne perçoive le son du haut-parleur de droite. Un peu plus tard cependant ($T \text{ sec}$) l'oreille droite perçoit le son du haut-parleur de gauche, tandis que ($T + t \text{ sec}$) plus tard l'oreille gauche percevra le son provenant du haut-parleur de droite (ce dernier son est donc celui qui est affaibli d'un facteur qp). Le son arrivant plus tard (T et $T + t \text{ sec}$ plus tard respectivement) peut donc être considéré comme une sorte d'écho provoquant un certain affaiblissement de l'effet directif. De ce qui précède nous pouvons donc déduire que l'auditeur perçoit une différence d'intensité P et un retard de $t \text{ sec}$, alors que s'il s'était trouvé à l'endroit de la « tête artificielle » il aurait perçu une différence d'intensité p (plus grande) et un retard de $t \text{ sec}$ (égal). Une approximation aussi fidèle que possible de l'effet spatial tel qu'il existe dans le studio peut donc s'obtenir en maintenant, à l'aide de certains artifices, le facteur q aussi petit que possible.

L'auditeur interprète-t-il maintenant les différences P et t , comme une perception de direction ?

Il n'est pas possible de répondre directement à cette question, puisque la combinaison P, t , n'apparaît jamais à l'écoute spatiale « naturelle » comme l'a démontré l'expérience. A une direction donnée par rapport à la tête, ne correspond pas seulement une différence d'intensité donnée, mais aussi une différence de temps définie, précise. On pourrait supposer que l'oreille est si habituée à cette précision, que les combinaisons qui s'en écartent n'apporteraient qu'une sensation de confusion. Ceci n'est heureusement pas le cas, ainsi que nous allons le montrer maintenant.

Coopération des différences d'intensité et de temps.

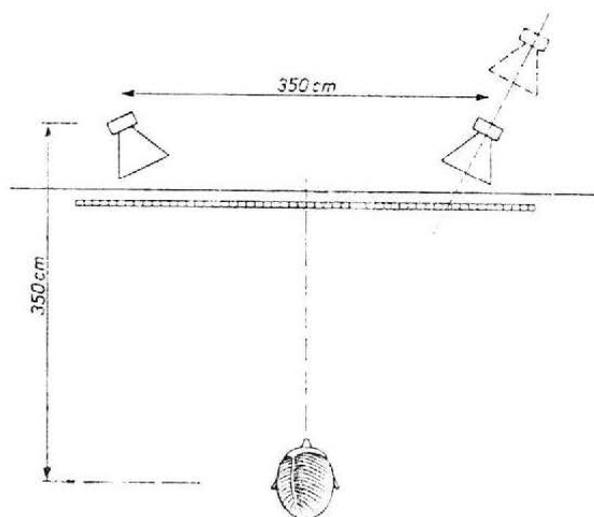
Afin de pouvoir comprendre la coopération des différences d'intensité et de temps, on a procédé, en Laboratoire, aux expériences suivantes :

Les deux haut-parleurs étaient situés derrière un écran, ainsi que l'indique la figure 11, et on avait placé horizontalement devant l'écran une règle de bois, portant une échelle graduée.

a) Différence d'intensité.

On créa une différence d'intensité sonore entre les haut-parleurs en modifiant le volume sonore de l'un d'eux au moyen d'un potentiomètre calibré, alors que les deux haut-parleurs reproduisaient la même information. On constata que l'auditeur recevait une impression très critique de direction, et pouvait localiser la source effective de l'« image

Fig. 11. — Disposition des haut-parleurs dans les expériences concernant la coopération des différences de temps et d'intensité.



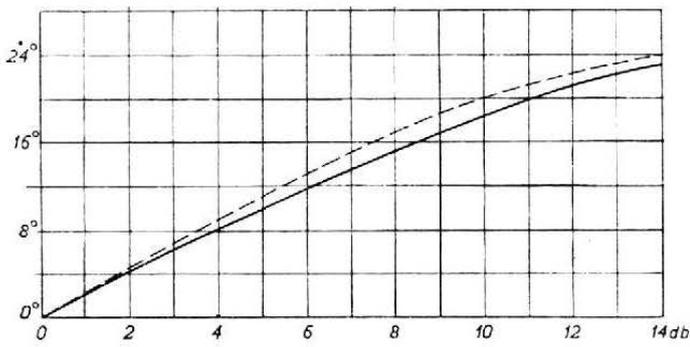


Fig. 12. — Rotations angulaires de « l'image sonore » à partir de la position médiane quand, seules, des différences d'intensité sont appliquées. La courbe en pointillés donne les angles dans le cas d'écoute spatiale naturelle, où la différence d'intensité est toujours accompagnée d'une différence de temps « ajoutée ».

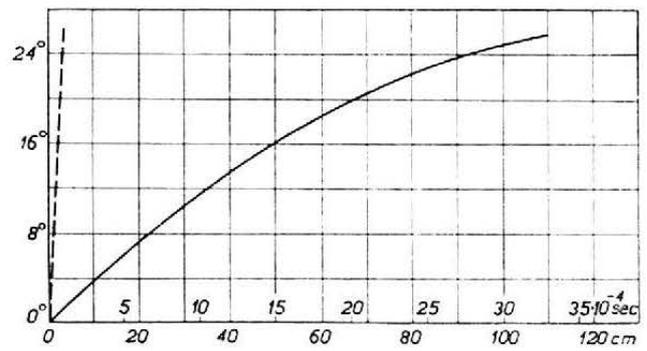
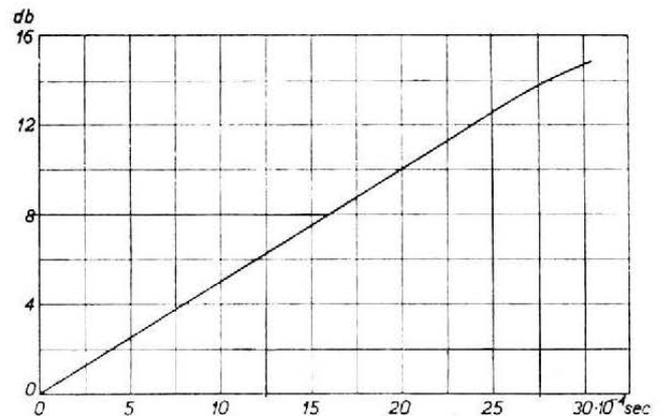


Fig. 13. — Comme la figure 12, mais, avec seulement des différences de temps. La courbe en pointillés se rapporte de nouveau à l'écoute spatiale naturelle. Les différences de parcours sont également indiquées en abscisse. Remarquez que la localisation est possible, même avec des différences de parcours qui sont beaucoup plus grandes que la distance entre les oreilles.

sonore » sur l'échelle avec une approximation de quelques centimètres. A la figure 12 la rotation angulaire de l'« image sonore » ainsi obtenue est indiquée en fonction du rapport des intensités (en db). En même temps, on donne l'angle (courbe en pointillés) qui correspondrait à chaque différence d'intensité, selon la figure 5. On peut voir qu'une différence d'intensité seule entraîne toujours une perception de l'angle inférieure de 10 % à celle qui apparaît dans l'écoute spatiale naturelle, où la différence de temps « ajoutée » existe également.

Fig. 14. — A chaque différence de temps, correspond une différence d'intensité, qui provoque la même rotation angulaire de « l'image sonore ».



b) Différence de temps.

Dans l'expérience suivante, les recherches ont porté seulement sur les différences de temps. On provoquait ces différences sonores entre les deux haut-parleurs qui, ici encore, reproduisaient la même information, en déplaçant un des haut-parleurs devant une ligne joignant le haut-parleur et l'auditeur (fig. 11). Le volume sonore était réglé de telle façon que les intensités de ces deux haut-parleurs restaient toujours les mêmes pour l'auditeur.

On constata encore que l'auditeur obtenait une certaine impression de direction, qui a été représentée à la figure 13, en fonction de la différence de temps. La courbe en pointillés indique l'angle qui, selon la figure 2, serait observé en écoute spatiale naturelle (donc en collaboration avec la différence d'intensité ajoutée). Il est intéressant de noter que le sens de l'ouïe est capable de localiser un son lorsque les différences de temps sont plus grandes que celles qui apparaissent en écoute spatiale naturelle ; différences de temps que l'oreille n'a jamais pu apprendre à interpréter, comme une indication de direction. Pour le reste, les courbes montrent qualitativement, (au moins pour la série des angles examinés dans les expériences) que la possibilité de perception normale de la direction des sons dépend principalement des différences d'intensité, ainsi qu'on l'a déjà indiqué à la figure 12.

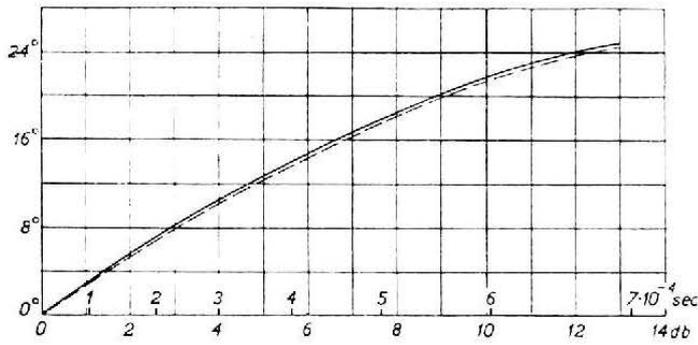


Fig. 15. — Perception de l'angle, en écoute spatiale normale, (courbe en plein), pour laquelle une différence de temps ajoutée (indiquée en abscisse) apparaît pour chaque différence d'intensité. Après conversion en une différence d'intensité totale équivalente avec le secours de la figure 14, et après les calculs de l'angle correspondant à la figure 12, on obtient la courbe en pointillés qui concorde de façon satisfaisante avec la courbe en plein.

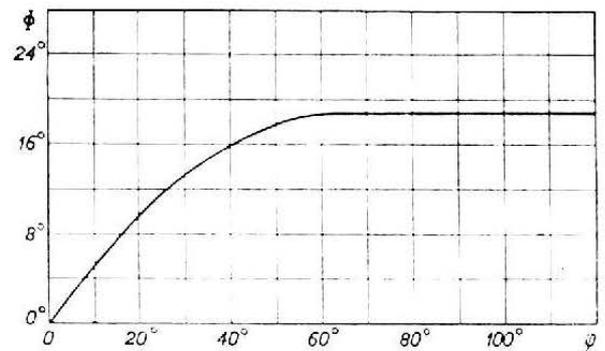


Fig. 16. — Rotation angulaire Φ de « l'image sonore » en fonction de l'angle ϕ compris entre la position α du conférencier et le plan bissecteur de la tête artificielle (fig. 8b).

Si des différences d'intensité et de phase apparaissent simultanément, on trouve que l'angle observé peut toujours être calculé d'après les données des figures 12 et 13, de la façon suivante. En fonction de la différence de phase, on déduit la différence d'intensité qui causerait la même rotation angulaire de l'image sonore. On obtient alors une relation pratiquement linéaire (voir fig. 14). Par suite, chaque différence de phase peut être exprimée clairement comme une différence d'intensité équivalente, et vice-versa. Si nous ajoutons maintenant cette différence d'intensité équivalente à celle qui existe déjà, et déduisons de la figure 12 l'angle correspondant à la différence d'intensité totale, nous trouverons qu'elle s'accorde, compte-tenu des limites d'erreurs de mesures, avec la rotation angulaire de l'image sonore qui a été déterminée expérimentalement.

De la même façon, on peut convertir la différence d'intensité selon la figure 14, en une différence de phase équivalente, et l'angle total peut être déduit de la figure 13. Ceci doit naturellement être aussi valable pour l'écoute spatiale normale, où non seulement aucune différence en phase et en intensité ne se trouve combinée, mais où une différence de phase est ajoutée à chaque différence en intensité. Si nous convertissons les différences de temps ajoutées selon la figure 14 en différence d'intensité équivalente, et si nous ajoutons celles-ci aux différences d'intensité réelle, le total donne toujours l'angle réellement observé, compte tenu des limites d'erreurs de mesure. Ceci est indiqué à la figure 15.

c) Position de l'image sonore.

Grâce aux renseignements des figures 12 et 14, il est maintenant possible, de répondre à la question posée plus haut, quant à l'impression directionnelle qui apparaît avec une combinaison P, t, des différences en intensité et en phase. Si nous laissons le conférencier (fig. 8b) se déplacer sur un trajet donné en face des microphones, nous pouvons alors calculer pour chaque position les différences P et t, et partant, la position à laquelle l'auditeur (fig. 8a) percevra l'endroit où est située l'image sonore. Dans la figure 16, le rapport ainsi obtenu entre l'angle original et celui qui est observé est donné pour une disposition particulière. Aussi longtemps que le conférencier reste à l'intérieur d'un angle d'environ 120° , on obtient sur l'écran une concentration linéaire satisfaisante du mouvement de la source sonore. Mais s'il vient à tourner la tête, l'image sonore doit encore rester stationnaire sur l'écran.

Jusqu'à présent, nous avons toujours admis que l'auditeur était placé à un endroit déterminé dans le plan de symétrie des haut-parleurs. Au cinéma ou dans une salle de séjour, c'est un grand espace qui est en réalité occupé par l'auditoire et le mobilier. Il est clair que pour différentes positions, la perception de la direction dans la reproduction stéréophonique sera assez différente. Selon la méthode appliquée plus haut, nous pourrions

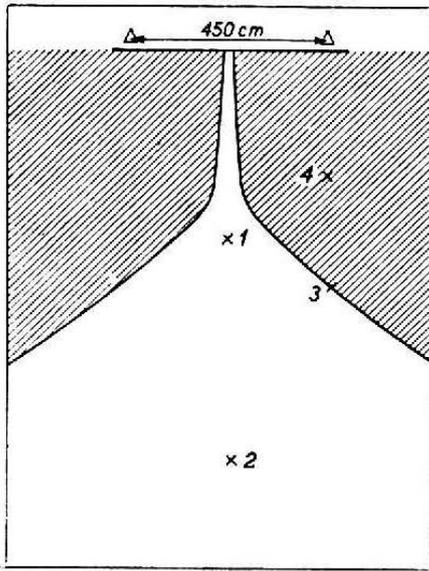


Fig. 17 — Aux emplacements situés dans les régions ombrées, l'auditeur observe un déplacement maximum de « l'image sonore » sur la moitié seulement de la largeur de l'écran, de sorte que l'effet stéréophonique est ici insuffisant.

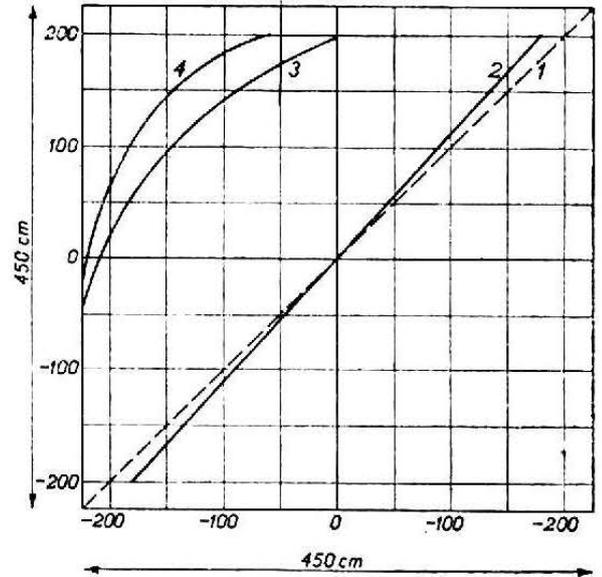


Fig. 18. — Si, « l'image sonore », pour un auditeur situé en 1 (fig. 17) se déplace sur toute la longueur de l'écran (450 cm; indiqués en abscisse), les auditeurs des places 2, 3, 4, à la fig. 17, n'observent que le déplacement de « l'image sonore » indiqué en ordonnées sur le graphique.

calculer l'effet stéréophonique pour chaque siège. Afin, toutefois, d'obtenir une idée générale, nous avons réalisé un certain nombre d'essais d'écoute, dont les résultats sont donnés aux figures 17 et 18. Pour les trois places 2, 3, 4, qui sont indiquées à la figure 17, la figure 18 montre comment se déplace l'image sonore, si, pour l'auditeur de la place 1, elle glisse sur une grande portion de l'écran. Pour les sièges situés davantage sur un côté, la concentration diminue, l'image sonore se déplace sur une distance plus petite que ne le fait le conférencier devant les microphones. Dans la région ombrée de la fig. 17, la concentration a tellement diminué que les auditeurs n'observent pratiquement plus l'effet stéréophonique. En disposant les haut-parleurs aux extrémités de l'écran, avec la plus grande distance possible entre eux (pour rendre petit le facteur q de l'équation 1) on peut réduire au maximum la région ombrée.

Afin de ne pas rendre confuses les différences d'intensité, la radiation des haut-parleurs doit être constante à l'intérieur de l'angle dans lequel chaque haut-parleur fait face à l'auditeur. A l'extérieur de cet angle, les haut-parleurs ne devraient rayonner que le moins de son possible, puisque ce son atteint l'auditoire après une ou plusieurs réflexions sous la forme de réverbération, celle-ci modifiant défavorablement la précision de l'image sonore.

Les deux amplificateurs et les haut-parleurs, qui sont utilisés à la reproduction, ne doivent pas différer en qualité de reproduction. Autrement, l'auditeur aurait tendance à interpréter les différences en qualité comme une indication de direction, c'est-à-dire, à concentrer son attention dans la direction du meilleur haut-parleur.

Pour la reproduction sonore au cinéma ou dans une salle de séjour, l'usage est à présent communément admis de haut-parleurs séparés pour les bandes de fréquence haute et basse, respectivement au-dessus et en dessous d'environ 300 Hz. Nous savons déjà que les sons de fréquence inférieure à 300 Hz sont pratiquement incapables de provoquer une perception de direction; c'est pourquoi, pour la reproduction stéréophonique, il est nécessaire d'établir deux haut-parleurs pour les sons élevés, à une distance de 3,50 à 4,50 m., alors que les sons graves peuvent être reproduits par un simple haut-parleur, placé dans une position convenable, par exemple en milieu, entre les deux haut-parleurs pour notes aiguës.

Fig. 19

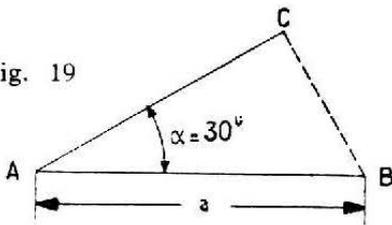
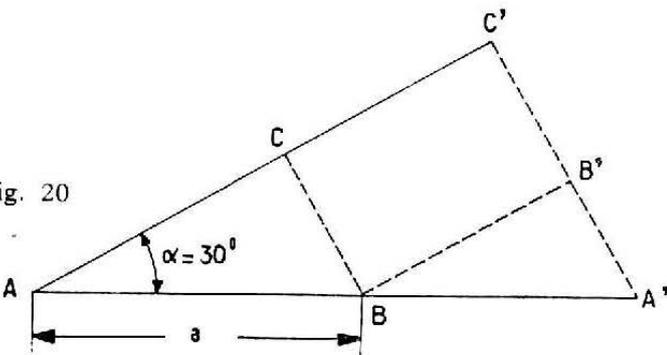


Fig. 20



Appendice.

Nous avons annoncé dans notre Introduction que ce bulletin ne contiendrait pas de formules mathématiques. Nos lecteurs comprendront facilement que cela n'était pas exactement possible et que nous avons été obligés à deux ou trois reprises d'étayer le texte d'une formule explicative; c'est notamment le cas ici. Nous référant à la Fig. 6a, nous allons donc pour plus de clarté expliquer la formule (1) qui permet de calculer la longueur l , (page 15).

Nous disons que la distance l consiste en deux parties : une partie rectiligne de longueur BC et une partie courbe AB.

Calcul de BC (Fig. 20). Un théorème élémentaire de trigonométrie énonce: **Un côté de l'angle droit d'un triangle rectangle est égal à l'hypoténuse multipliée par le sinus de l'angle opposé à ce côté ou par le cosinus de l'angle aigu adjacent.**

Posons d'abord que la longueur BC de la Fig. 6a soit représentée ici par la longueur B'C' (Fig. 20). Si de B', nous prenons une droite parallèle à AC', cette droite coupera AA' en B. Joignons B et C; nous obtenons alors un triangle ABC semblable au triangle ABC de la Fig. 19.

Nous connaissons déjà l'angle $\alpha = 30^\circ$, l'hypoténuse a (rayon de la sphère représentant la tête); il nous est donc possible d'écrire :

$$BC = a \sin \alpha$$

or, nous savons que $a = 10$ cm et que $\sin 30^\circ = 0,5$
donc $BC = 10 \times 0,5 = 5$ cm.

Calcul de AB

La formule géométrique permettant de calculer l'arc de cercle AB est

$$AB = \frac{\alpha}{360^\circ} \times 2\pi a$$

nous connaissons $\alpha = 30^\circ$, $\pi = 3,14$ et $a = 10$; nous écrivons donc :

$$AB = \frac{30^\circ}{360^\circ} \times 2 \times 3,14 \times 10$$

d'où nous tirons $AB = 5,23$ cm.

Il s'en suit que la longueur l est alors

$$l = AB + BC$$

$$l = 5,23 + 5 = 10,23 \text{ cm.}$$

Calcul du retard.

Nous partons de la formule $t = \frac{l}{v}$, dans laquelle

t = temps en seconde (inconnu);

l = distance parcourue, soit 10,23 cm;

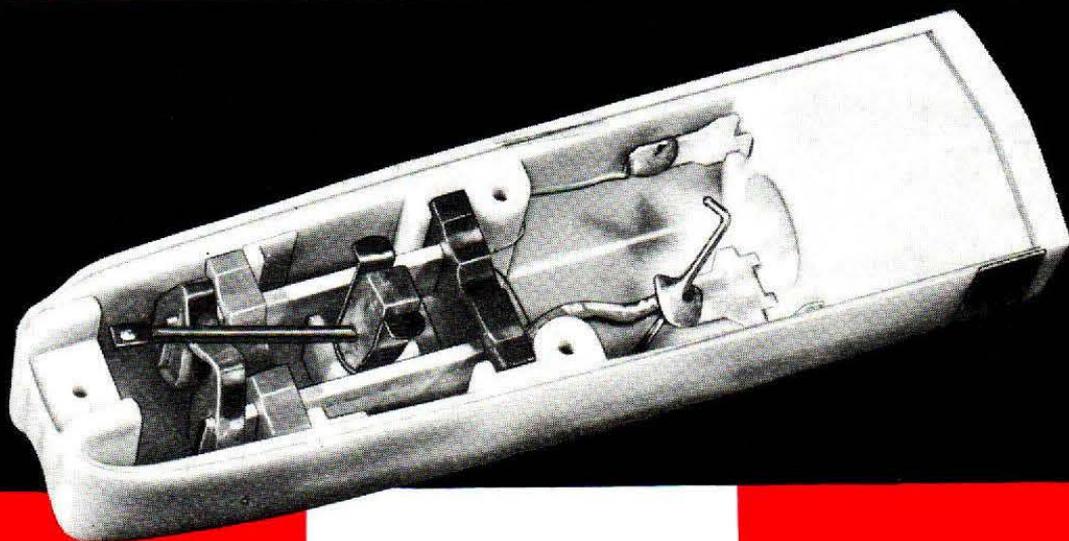
v = vitesse du son dans l'air, soit 343 m/s.

Il vient :

$$t \text{ (sec)} = \frac{10,23}{343} = 0,00031$$

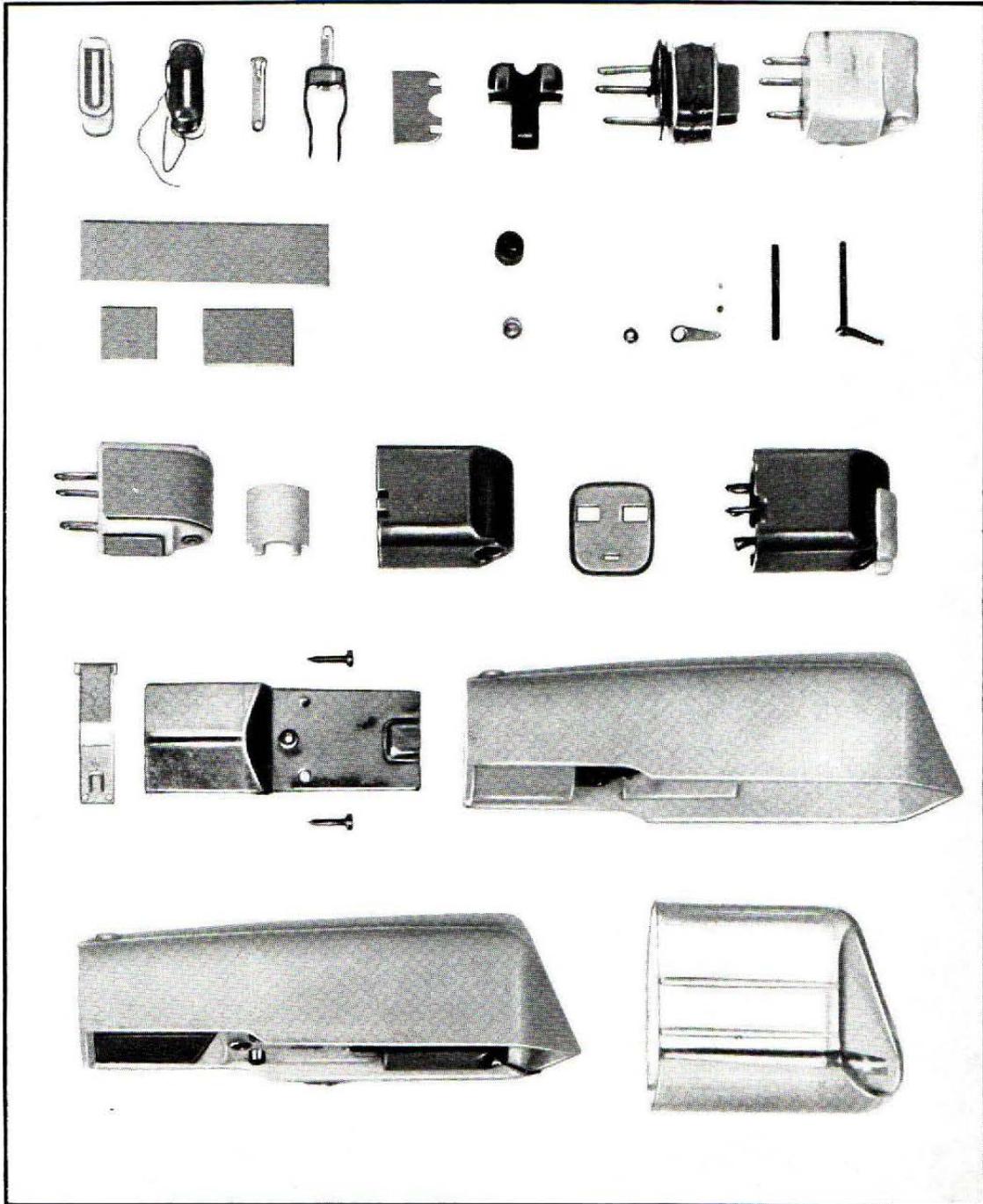
ou $t = 3,1 \cdot 10^{-4}$ secondes.

S TEREEO
PHONO



Ces deux macro-photographies d'un phonocapteur stéréophonique ne laissent dans l'ombre aucun détail.





Vue, légèrement agrandie, des divers éléments constituant un phonocapteur magnétodynamique.

LE DISQUE

ET LA

REPRODUCTION SONORE

Technical Service Bulletin*.

Dans le précédent article nous avons donné une description générale de la stéréophonie. A cette occasion nous avons vu qu'un effet de stéréophonie ne peut être obtenu que si le son atteint l'auditeur par deux ou plusieurs canaux séparés. Cela signifie que si l'on désire fixer le son de façon stéréophonique sur un disque, deux informations sonores, nettement distinctes l'une et l'autre, devront être enregistrées. Pour atteindre ce résultat, plusieurs procédés ont été conçus, mais seul le système dit 45°-45° est adopté généralement jusqu'à présent, de sorte que nous nous bornerons à l'étude de ce système.

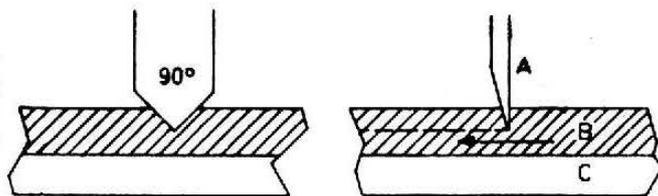
Avant d'examiner les disques stéréophoniques et l'équipement de reproduction adéquat, nous parlerons d'abord des disques et des têtes de lecture pour la reproduction monophonique normale. En effet, les deux types de disques (stéréophoniques et monophoniques) ont beaucoup de points communs, mais les effets sont moins compliqués dans les disques monophoniques, ce qui en rendra l'explication plus claire.

Disques monophoniques

Lorsqu'on fait tourner, à vitesse constante, un disque métallique recouvert d'une couche de laque ou de cire et qu'on y applique un burin qui se déplace à une vitesse uniforme vers le centre du disque, le burin grave dans la couche de laque ou de cire un sillon présentant la forme d'une spirale ayant un certain pas.

Le pas de la spirale dépend de la vitesse de rotation du disque et de la vitesse de translation du burin vers le centre du disque. Tout ceci est représenté à la figure 1.

Fig. 1. — A droite, un disque C est recouvert d'une couche de cire B. Le burin A grave un sillon et se déplace dans la direction B. A gauche, vue en coupe du burin graveur.



Dans cette figure A est le burin, B la couche de laque et C le disque de métal. A la figure 2 on a représenté une partie de la couche de laque ainsi que deux sillons contigus de la spirale qui y est gravée. Par pas on entend la distance entre deux sillons adjacents. Pour un disque normal (78 tr/mn) cette distance est de 260 μ (0,26 mm), tandis que la distance de bord à bord entre deux sillons atteint 130 μ . Pour les disques à microsillons, ces distances sont respectivement de 100 et 40 μ .

* T.S.B. n° 33. Adaptation française.

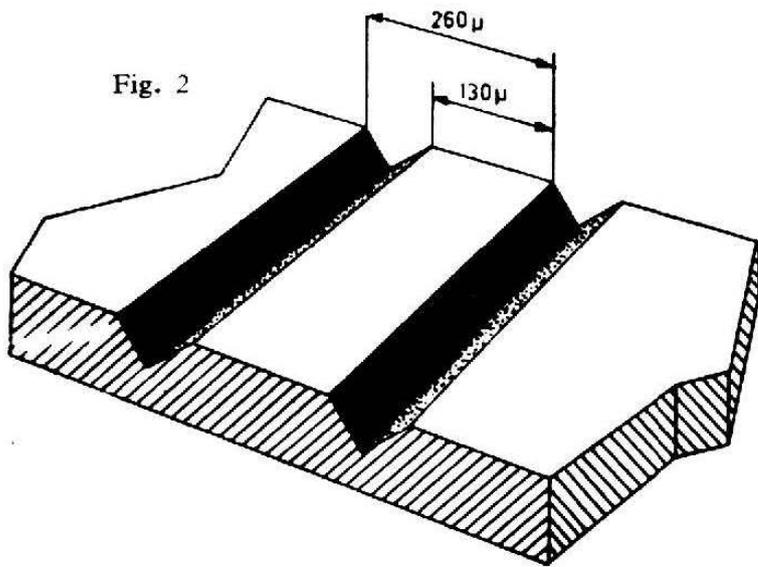


Fig. 2

Fig. 2. — Vue agrandie d'une portion de spirale d'un disque à 78 tr/mn. Le burin n'est pas modulé.

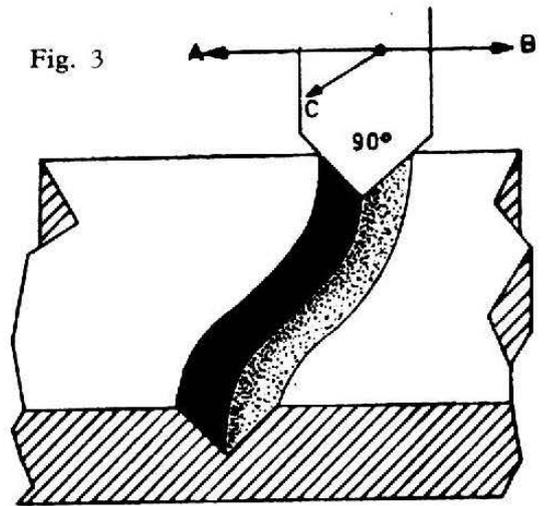


Fig. 3

Fig. 3. — Le burin est modulé par un signal sinusoïdal; il se déplace donc symétriquement de part et d'autre d'une ligne axiale.

Lorsque le son à enregistrer est converti en mouvements latéraux du burin, ces oscillations sont superposées au mouvement de translation du burin vers le centre du disque. On dit alors que le burin grave une modulation dans le sillon. On obtient de la sorte un sillon modulé. Dans la figure 3, le burin est modulé par un mouvement latéral sinusoïdal. Les trois directions de mouvement du burin sont : l'avancement C et les deux déplacements latéraux A et B.

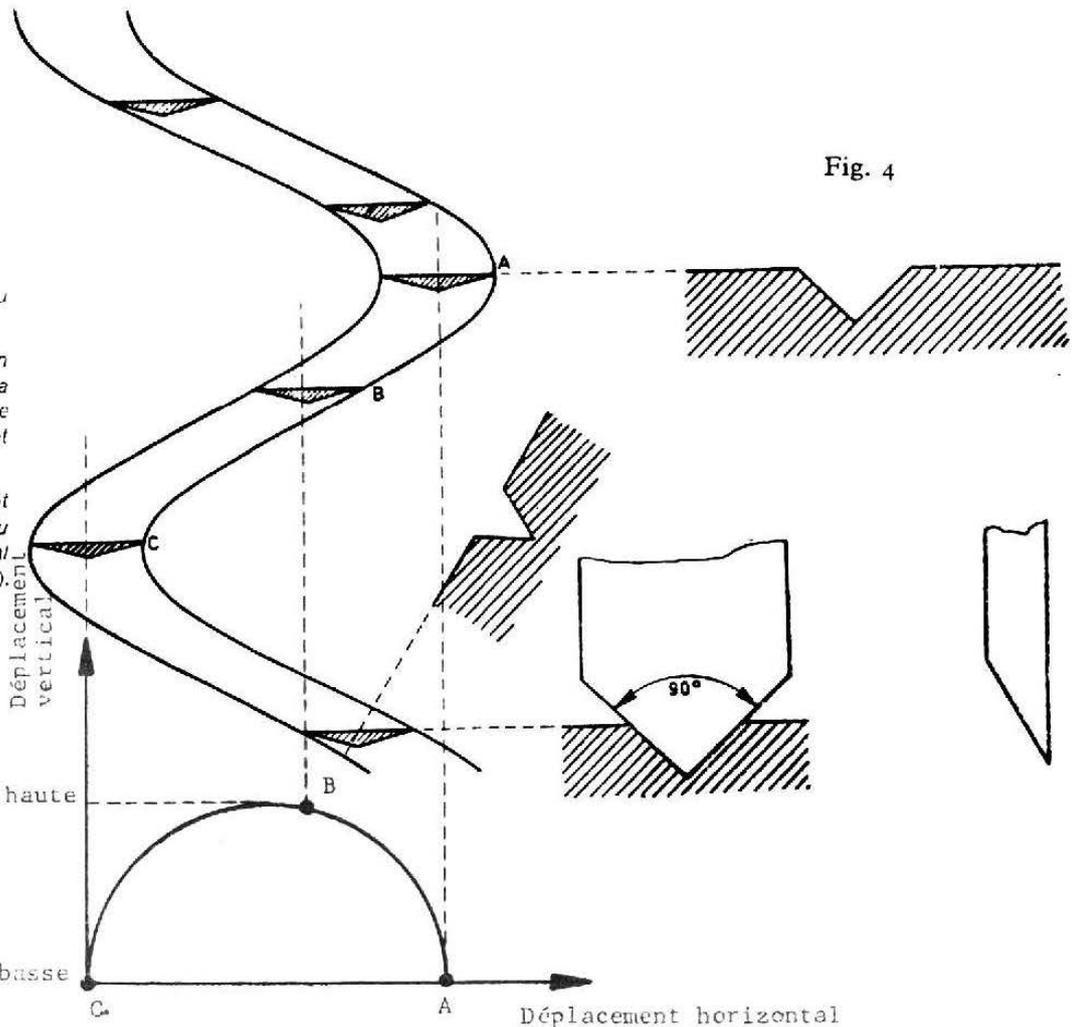


Fig. 4

Fig. 4. — Vue agrandie d'une partie du sillon montrant l'effet de «pincement».

Dans son déplacement, le burin vu en coupe se trouve en A, dans sa position la plus basse, remonte en B pour atteindre peu après sa position la plus haute et redescend en C.

On voit donc que pour un déplacement AB qui correspond à 1/4 de période du son enregistré, le mouvement vertical a été d'une demi période (courbe en gras).

Position la plus haute

Position la plus basse

Déplacement horizontal

Si nous examinons le sillon de plus près, nous constatons qu'il n'a pas partout la même largeur, contrairement à ce qu'on aurait pu croire à première vue. Compte tenu toutefois du fait que la position du burin par rapport à la direction du mouvement de rotation du disque ne change pas, il est clair que le sillon doit être plus large en A et C (fig. 4) qu'en B. (Voir à ce sujet les Bulletins service radio nos 5 et 6 - 1954/55).

Le fait que la largeur du sillon ne demeure pas constante, connu sous le nom d'« effet de pincement », entraîne un déplacement vertical de l'aiguille. En effet, l'aiguille ne repose pas dans le fond du sillon mais sur les bords, ainsi que le montre la figure 5. La fréquence de ce mouvement vertical est double de celle du son enregistré. Au point A de la figure 4 l'aiguille se trouve le plus profondément dans le sillon, au point B elle est engagée moins profondément et au point C elle se trouve à nouveau au point le plus profond. Cet effet a deux conséquences nuisibles, à savoir :

- 1) il provoque une usure supplémentaire de l'aiguille et du disque, et
- 2) il provoque une certaine distorsion du son lors de la reproduction, puisque d'une façon générale le mouvement vertical de l'aiguille sera également converti en tensions électriques, quoique dans une moindre mesure que les mouvements latéraux.

L'aiguille de la tête de lecture a une autre fonction que le burin de la tête d'enregistrement. Sa forme sera donc également différente. Le burin doit entailler la matière du disque et aura donc la pointe et les bords coupants. L'aiguille de la tête de phonocapteur par contre est ronde et la pointe est sphérique. Ceci est fait pour éviter d'endommager les bords du sillon, ce qui entraînerait évidemment une plus grande distorsion (crachements et bruit d'aiguille).

Fig. 5. — A : aiguille correcte; B : aiguille trop grosse; C : aiguille trop fine.

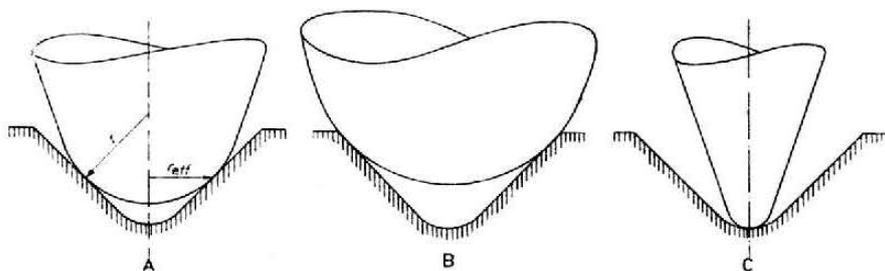
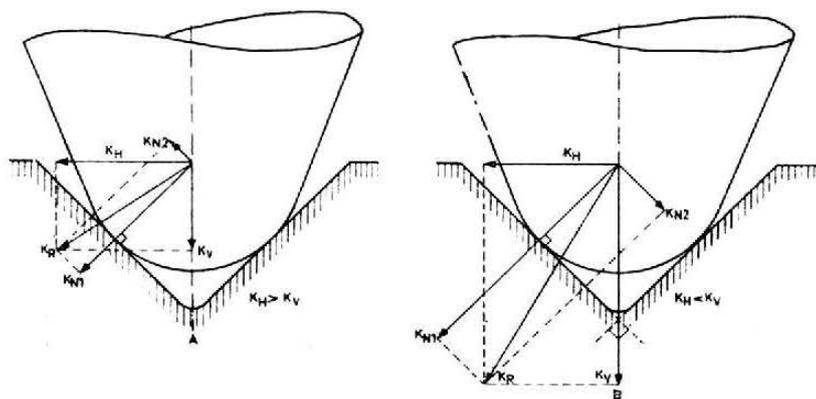


Fig. 6. — Vue en coupe d'un sillon avec l'aiguille. A gauche, la force latérale K_H est plus grande que la force verticale K_V ; à droite, c'est K_V qui est plus grande que K_H .



Une certaine relation existe entre la largeur du sillon et la grosseur de la pointe de l'aiguille. Cette relation doit être strictement observée si l'on veut éviter la distorsion. Afin d'illustrer ceci, trois aiguilles de grosseurs différentes ont été représentées, à la figure 5, dans un même sillon. La situation correcte est représentée par la figure 5 A : la tête sphérique de l'aiguille repose contre les parois du sillon et peut ainsi suivre fidèlement la modulation du sillon. Dans le cas de la figure 5 B, la pointe repose sur les bords du sillon. Ces bords peuvent être endommagés pendant la gravure et le pressage des disques, ce qui provoque un bruit de fond supplémentaire. Enfin, dans le cas de la figure 5 C, la pointe repose dans le fond du sillon. Il est évident que dans ce cas elle ne pourra pas suivre fidèlement la modulation.

La figure 6 représente la coupe d'un sillon et de la pointe d'une aiguille. Deux forces agissent sur cette aiguille, à savoir : une force latérale, résultant de la modulation et représentée sur la figure par K_H et une force verticale K_V résultant du poids du bras et de la tête de phonocapteur. Supposons d'abord que la force latérale soit plus grande que la force verticale, c'est-à-dire que $K_H > K_V$.

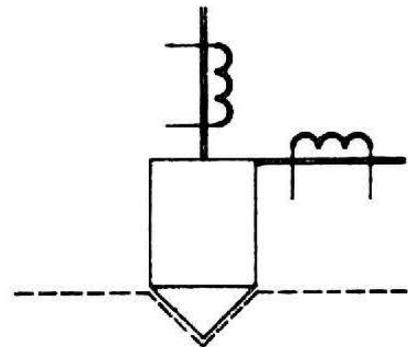
La résultante K_R de ces deux forces peut être décomposée en deux forces perpendiculaires aux parois gauche et droite du sillon (K_{N_1} et K_{N_2}). Il ressort du dessin que, dans notre cas, la composante K_{N_2} qui agit perpendiculairement à la paroi droite du sillon, est dirigée vers le haut. Cela signifie que la pointe de l'aiguille montera le long de la paroi gauche du sillon si la force est suffisamment grande. Un poids trop faible de la tête peut donc avoir pour conséquence de voir l'aiguille sauter hors du sillon lors d'une forte modulation (grande force K_H). La figure 6 B illustre, le cas où K_V est supérieure à K_H .

Compte tenu de ce qui précède, cette figure ne demande pas d'explications. Le seul point que nous mentionnerons est que dans ce cas, l'aiguille ne peut pas sauter hors du sillon. Il résulte de ces observations que d'une part on s'efforcera d'obtenir une construction aussi légère que possible pour le phonocapteur (bras et tête) afin de réduire l'usure du disque et de l'aiguille et diminuer ainsi le bruit de fond, tandis que d'autre part la construction ne peut pas être trop légère, puisque dans ce cas l'aiguille aura une tendance à sortir du sillon dans les passages à forte modulation (grande intensité sonore dans la gamme des sons graves).

Disques stéréophoniques

Dans les disques stéréophoniques, contrairement aux disques monophoniques normaux deux informations différentes doivent être fixées, l'une provenant du canal droit, l'autre du canal gauche. Au cours des dernières années, plusieurs systèmes ont été préconisés pour atteindre ce but. Selon le plus ancien de ces systèmes (système Cook), deux sillons séparés étaient gravés dans le disque. Cette méthode n'a cependant guère connu de succès par suite de ses nombreux inconvénients. Que l'on songe, par exemple, au problème de la synchronisation des deux informations, à la faible durée d'enregistrement (pour chaque information on ne dispose que de la moitié de la surface du disque) et au coût d'un bras et d'une tête de lecture supplémentaire. C'est pour ces différentes raisons que l'on a abouti à la conclusion que, si l'on veut arriver à une solution acceptable pour des fins non-professionnelles, les deux informations doivent être enregistrées dans le même sillon. Cela signifie que les informations des deux canaux doivent être appliquées simultanément au burin graveur. La figure 7 illustre une méthode permettant d'arriver à ce résultat.

Fig. 7. — Principe du système de gravure stéréophonique dit «latéral-vertical».



Système de gravure «latéral-vertical»

L'information du canal gauche est appliquée au système magnétique vertical, tandis que l'information provenant du canal droit est appliquée au système magnétique horizontal. Par cette disposition, le canal gauche est enregistré verticalement dans le sillon et le canal droit horizontalement. Ceci comporte cependant de nombreux inconvénients parmi lesquels le principal est que, d'une façon générale, l'information verticale contient plus de distorsion que l'information horizontale.

Une autre méthode est indiquée à la figure 8. Dans ce système les informations sont gravées dans les parois du sillon, qui forment entre elles un angle de 90°. La pointe sphérique de l'aiguille repose ici sur les parois du sillon, exactement comme pour les disques normaux, et, sous l'effet de la modulation, effectue des mouvements qui, comme nous le verrons par la suite, peuvent être décomposés en mouvements verticaux et mouvements horizontaux. La figure 9 (à gauche) montre le sillon modulé uniquement par le canal gauche. Cela signifie que seul le système magnétique gauche (fig. 8) est excité par l'information à enregistrer.

L'information du canal gauche est donc gravée dans la paroi gauche du sillon, puisque le burin effectue des mouvements perpendiculaires à cette paroi. La paroi droite qui reçoit l'information du canal droit, reste non-modulée dans le cas considéré. Sous l'effet de la modulation gravée dans la paroi gauche du sillon, le sillon s'élargit et se rétrécit, ce qui provoque des différences de profondeur du sillon. De ce fait, l'aiguille de phonocapteur sous l'effet de la modulation, ne se déplacera pas uniquement dans un plan transversal, mais également dans un plan vertical. La figure 9 (à droite) représente un sillon modulé uniquement par l'information du canal droit. Ce sillon peut être considéré comme l'inverse de celui de la figure gauche, et, après ce qui vient d'être exposé, ne demande plus d'autre explication.

Si les deux parois du sillon sont modulées par une information de même intensité et qu'aucune différence de phase n'existe entre ces deux informations, un sillon comme celui représenté à la figure 10a est gravé dans le disque. Dans ce cas, le burin se déplace de gauche à droite et vice-versa. Le mouvement résultant est donc purement horizontal,

ainsi que le montre la figure. Le lecteur aura remarqué que ce sillon est le même que pour un disque monophonique, puisque dans ce dernier cas le mouvement est également horizontal. La figure 10 b illustre un sillon obtenu lorsque les deux informations sont de la même intensité, mais décalées entre elles de 180°.

On constate que, par suite de cette modulation, la largeur du sillon varie. Un rétrécissement du sillon signifie toutefois qu'il est gravé moins profondément dans la matière, tandis qu'un élargissement donnera évidemment un effet inverse. Dans ce cas, le sillon est modulé dans une direction purement verticale.

La figure 10 c représente une partie d'un sillon dans lequel les deux informations diffèrent en intensité et en phase. De façon générale, il en est toujours ainsi. Le dessin montre clairement que dans ce cas le burin graveur se déplace horizontalement et verticalement (le sillon en trait plein est non-modulé, celui en pointillé est modulé; enregistrement instantané).

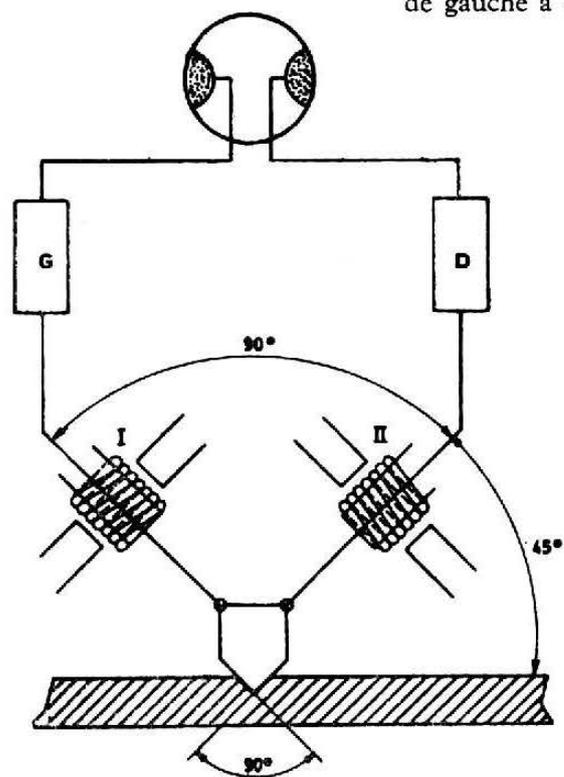


Fig. 8. — Principe du procédé Westrex dit 45°-45°.

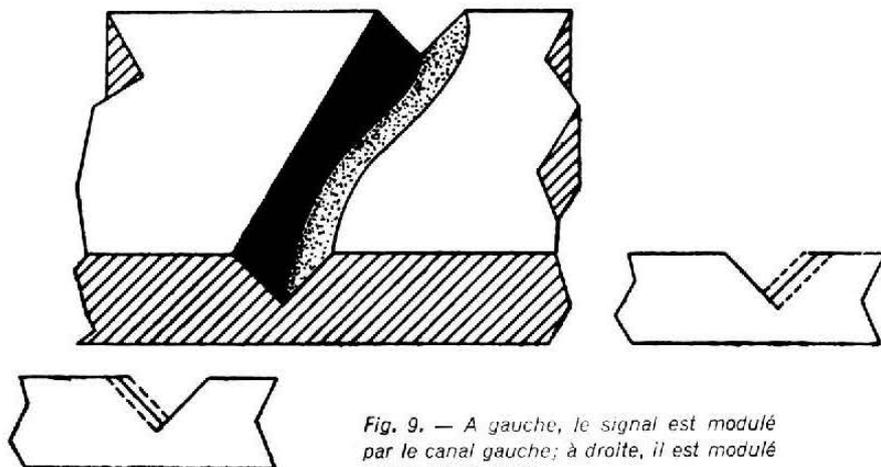
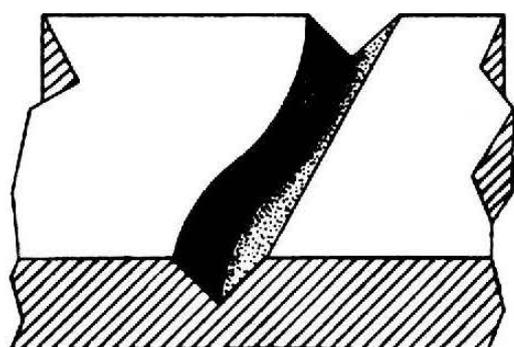


Fig. 9. — A gauche, le signal est modulé par le canal gauche; à droite, il est modulé par le canal droit.

Fig. 10. — a) les deux parois sont modulées par des informations en phase et d'égale intensité; b) les informations sont d'égale intensité mais décalées de 180°; c) les informations diffèrent en phase et en intensité.

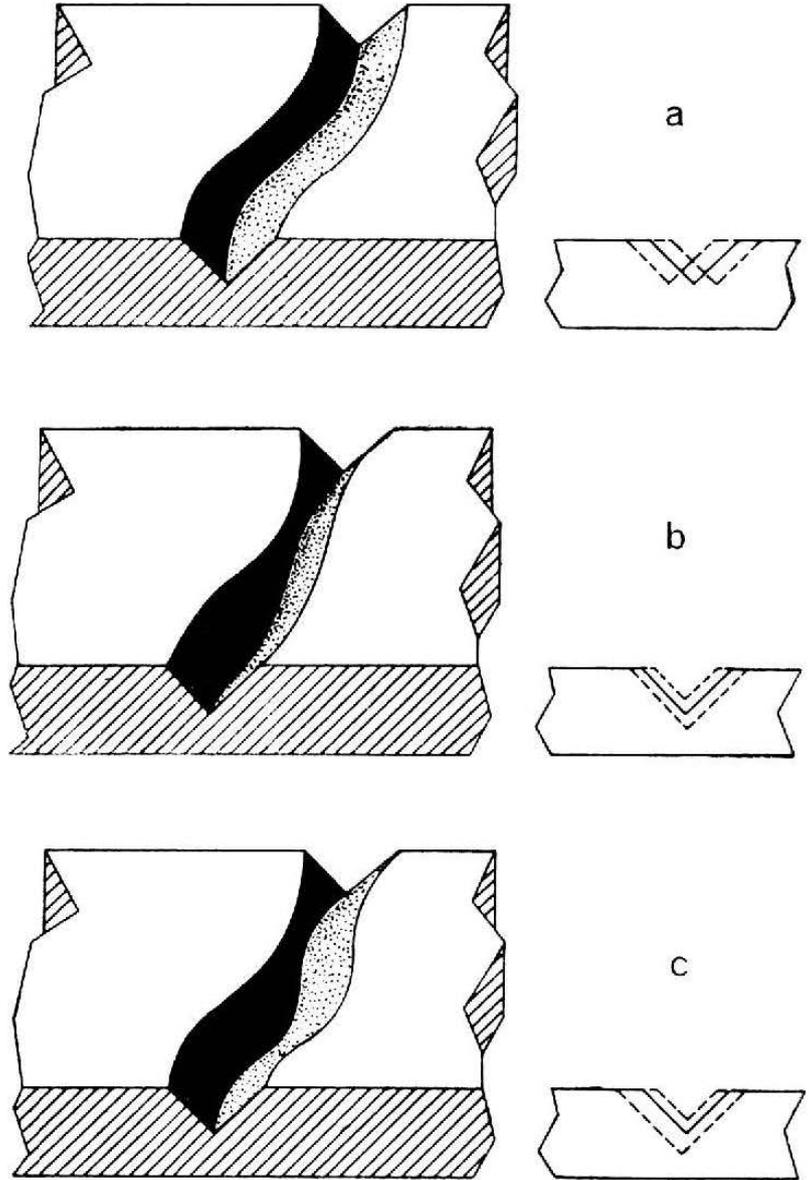
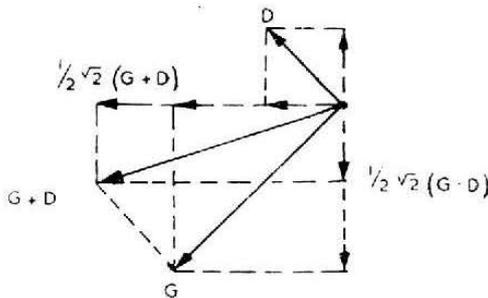


Fig. 11. — Représentation vectorielle des déplacements du burin.



Examinons maintenant en détail ces déviations à l'aide de la figure 11. Dans le cas considéré, les informations des canaux gauche et droit sont tels que le burin se déplace dans les directions indiquées par les flèches G et D. Ces directions sont perpendiculaires aux parois du sillon. Le mouvement horizontal du burin est égal à la somme des composantes fournies par les mouvements G et D, à savoir :

$$H = D \cos 45^\circ + G \sin 45^\circ = \frac{1}{2} (D + G) \sqrt{2}$$

Le mouvement vertical est égal à

$$V = D \sin 45^\circ + G \cos 45^\circ = \frac{1}{2} (D - G) \sqrt{2}$$

Ceci découle immédiatement de la figure 11.

Le système décrit ci-dessus est connu sous le nom de système 45°-45°; il est pratiquement utilisé par tous les fabricants de disques européens et américains. D'autre part, par convention internationale, la paroi dirigée vers le centre du disque porte l'information du canal gauche, tandis que le canal droit est gravé dans la paroi du sillon dirigée vers le bord du disque.

Après cette étude générale du disque et de l'aiguille, nous examinerons comment la modulation du sillon peut être transformée en tensions électriques.

Maquette
de
démonstration
d'un

ENREGISTREMENT STÉRÉOPHONIQUE

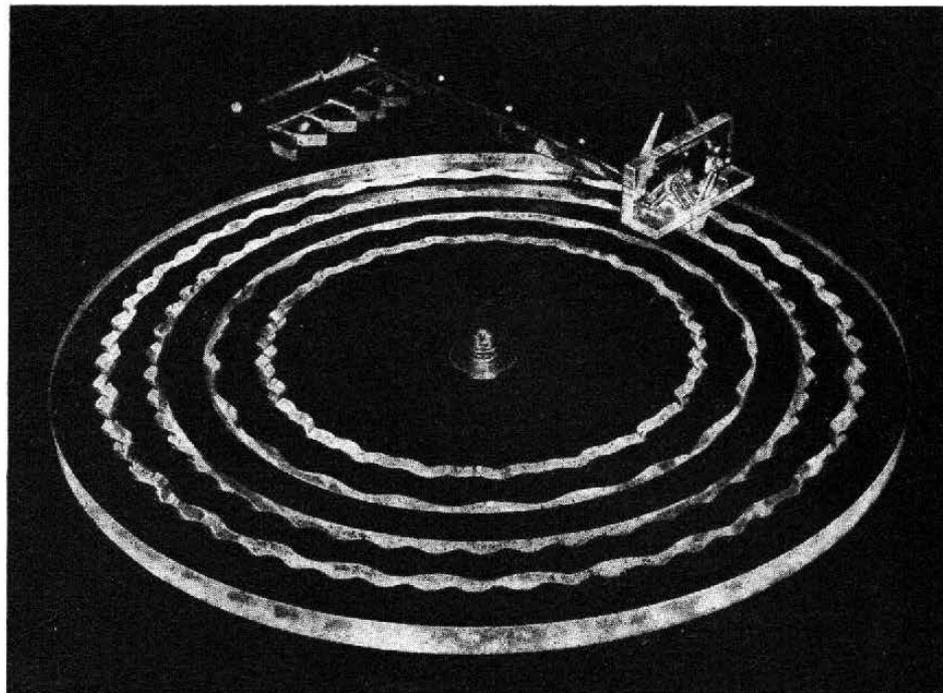


Cette maquette est destinée à montrer comment est réalisé un disque stéréophonique et comment fonctionne une tête de lecture.

Le sillon intérieur représente un sillon de disque ordinaire ; si l'on place l'aiguille dans ce sillon, on peut voir les deux petits leviers situés à la partie supérieure de la tête se déplacer dans le même sens.

Le deuxième sillon (en partant du centre) est gravé sur un côté seulement (figurant ainsi l'une des voies d'un enregistrement stéréophonique 45/45) ; en plaçant l'aiguille dans ce sillon, un seul des leviers entre en mouvement.

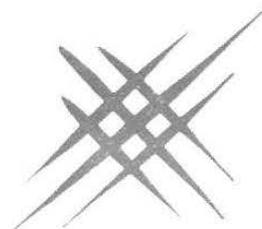
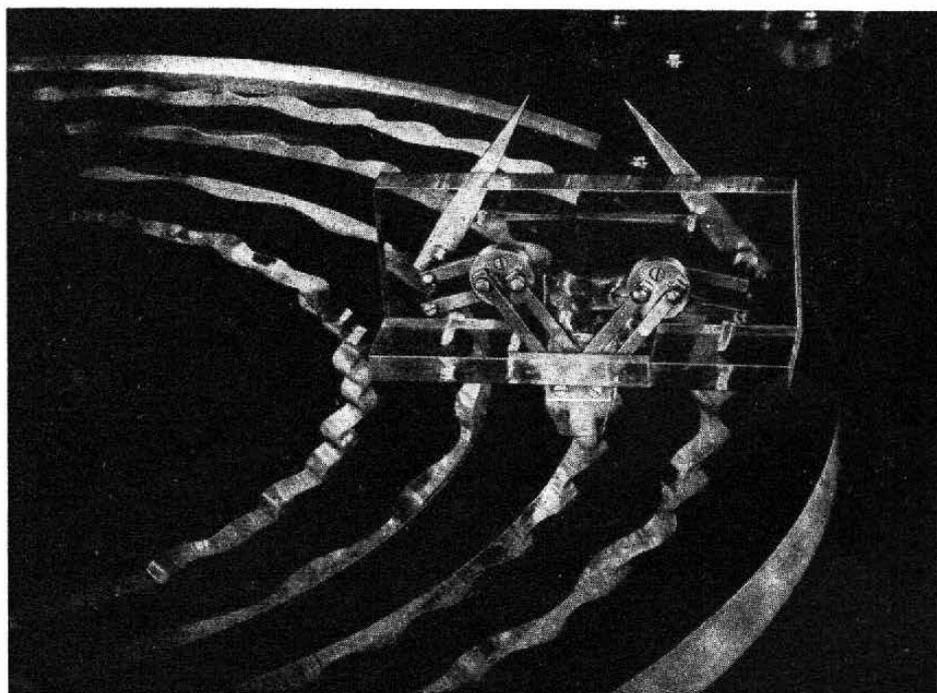
Le deuxième sillon ne porte également qu'une seule gravure, mais de l'autre côté de celui du sillon précédent, figurant ainsi la deuxième voie d'un enregistrement stéréophonique. Lorsque l'aiguille est dans ce sillon, l'autre levier est seul en mouvement.



Enfin le sillon extérieur représente un enregistrement stéréophonique, l'une des voies ayant une fréquence plus élevée que l'autre. Lorsque l'aiguille se déplace dans ce sillon, les deux leviers oscillent chacun à une cadence différente, montrant ainsi l'indépendance entre les deux voies.

Dans la réalité, chacun des leviers actionne un élément de lecture, ces deux éléments étant bien entendu réunis dans la même tête de phonocapteur.

Ainsi, bien que disposant d'un seul support (le sillon du disque) et d'un seul système de lecture (tête de phonocapteur), on arrive à transmettre deux voies différentes sans qu'il y ait mélange entre elles.



Préamplificateur a transistor

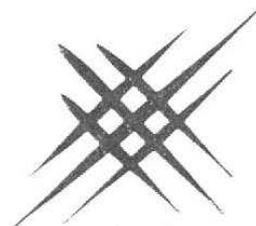
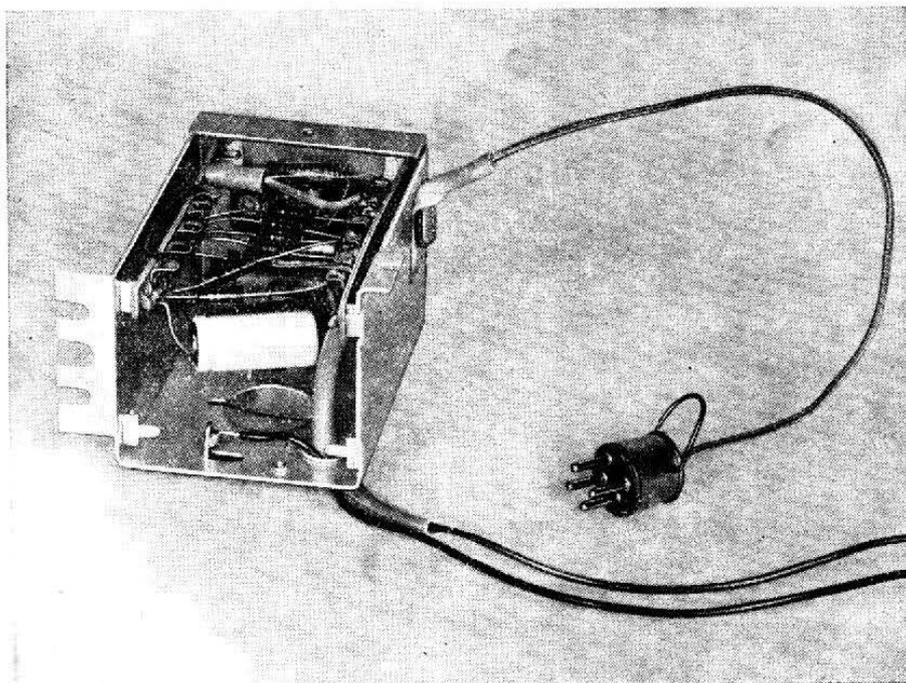
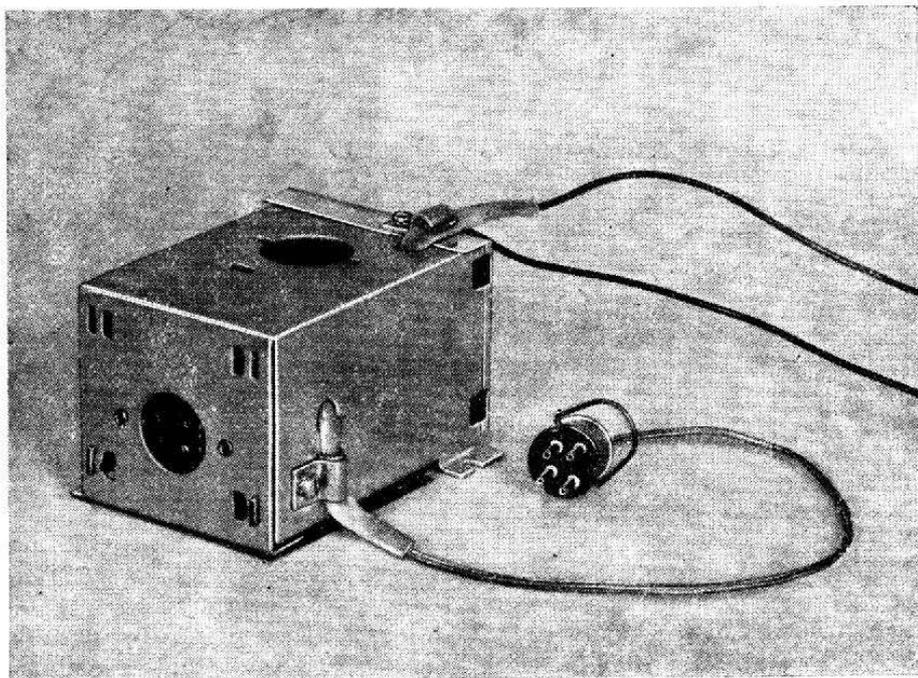
FD 041 83

POUR PHONOCAPTEUR
MAGNETODYNAMIQUE

Préamplificateur-correcteur destiné à équiper les électrophones, radiophones et meubles, non pourvus d'un préamplificateur incorporé, en vue de l'utilisation des têtes de lecture magnétodynamiques.

Ses principales caractéristiques sont :

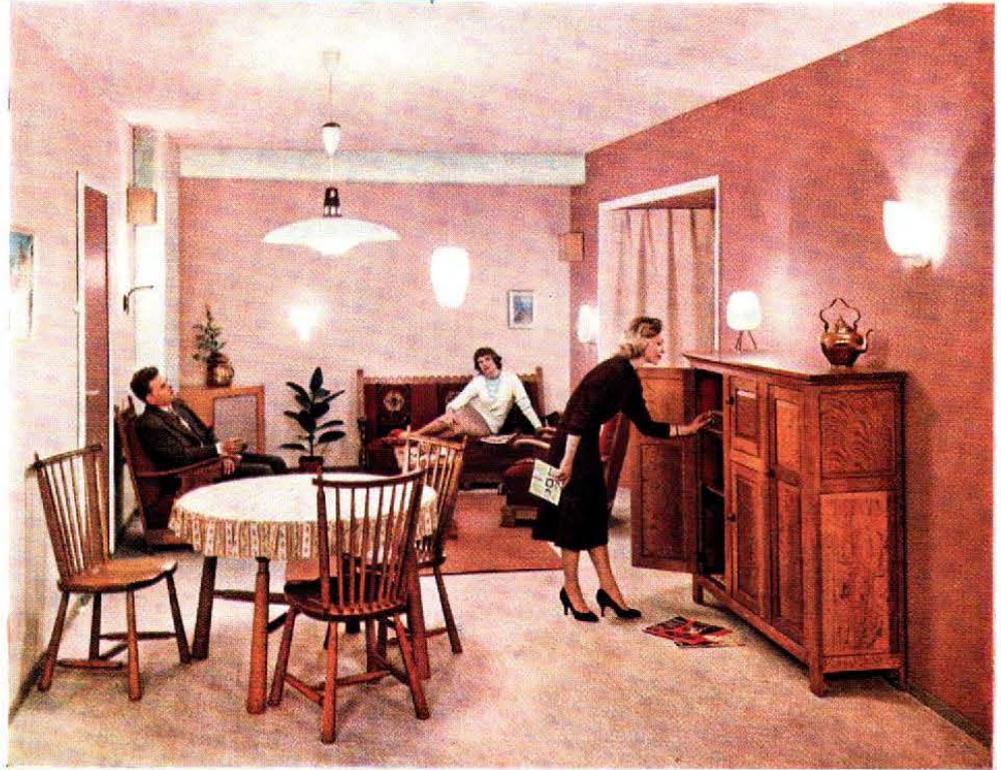
- très faible consommation par l'emploi d'un transistor ;
- encombrement minime en raison de son format réduit ;
- distorsion excessivement faible ;
- niveau de ronflement et de souffle très bas ;
- dispositif incorporé pour la correction de la caractéristique d'enregistrement ;
- longue durée.



(Voir détails techniques page 39).

Un intérieur
accueillant
le sera
plus encore

...



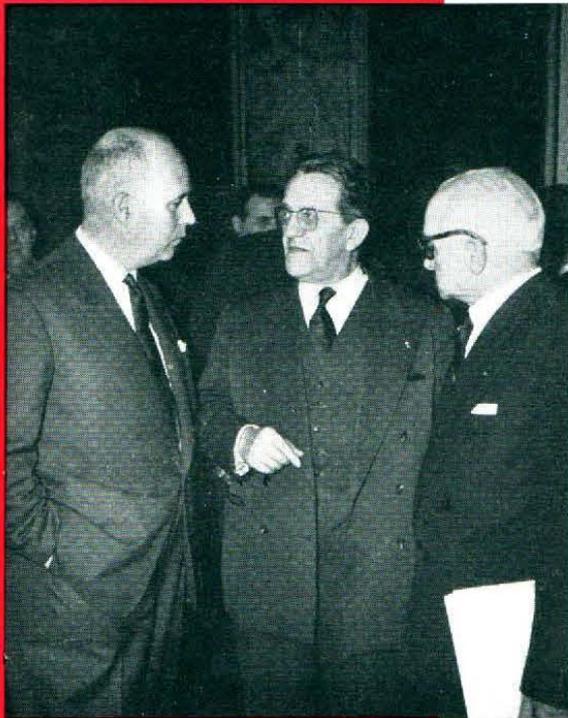
...

avec la
stéréophonie
et la
haute fidélité



PRÉSENTATION DE LA STÉRÉOPHONIE PHILIPS

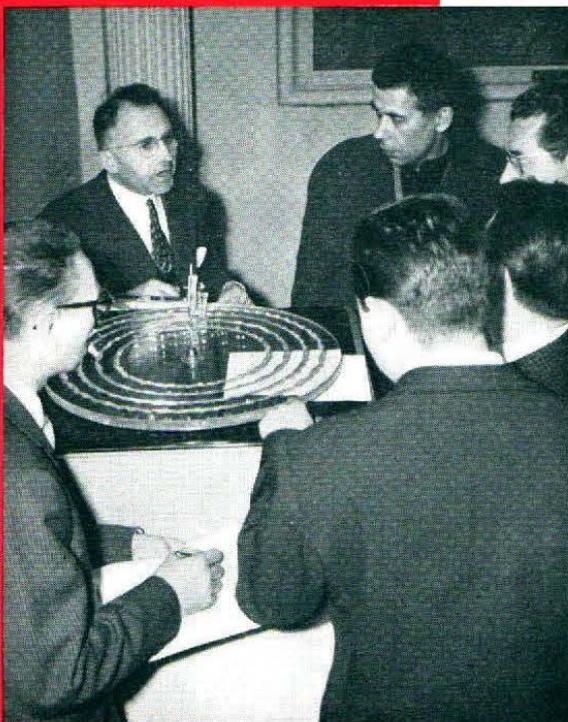
Voici quelques images d'une réunion fort réussie donnée à la Presse, en l'ancien Hôtel de Croy, par la Société PHILIPS.



« A quand la Stéréovision ? », semble dire le Général LESCHI, Directeur technique de la Télévision Française (au centre) à M. EMERY (à gauche) et au Colonel MARTIN (à droite).



Mylène DEMONGEOT, Omer, Jacques COURTOIS, tout le monde s'intéresse à la stéréophonie, sous le regard bienveillant de M. ARCHDEACON, Ingénieur technico-commercial.



M. BECQUÉ, Ingénieur technico-commercial, explique, à l'aide d'un astucieux appareil de démonstration, le principe du disque et du phonocapteur stéréophoniques.



Il s'agit toujours d'explications techniques. La charmante « élève » Mylène DEMONGEOT écoute attentivement le « professeur » M. EBERHARDT.

LES PHONOCAPTEURS

Technical Service Bulletin*
Revue technique Philips.

Les têtes de lecture.

Le rôle de la tête de lecture est de convertir en tensions électriques les informations sonores gravées dans le disque. Cette conversion s'opère en deux temps, puisque l'information sonore fixée sur le disque est d'abord convertie en vibrations mécaniques, qui sont à leur tour transformées en tensions électriques.

Sous l'effet de la modulation du sillon, l'aiguille de la tête de lecture se mettra à vibrer ; cela signifie qu'elle sera animée d'un mouvement latéral dont la grandeur (amplitude) et la vitesse (fréquence) seront proportionnelles à l'information sonore contenue dans le sillon. Ces mouvements latéraux de l'aiguille sont ensuite convertis en tensions électriques dans la tête de phonocapteur.

Nous avons vu précédemment que l'aiguille se déplace aussi verticalement, par exemple à cause de l'effet de pincement. Pour le moment nous négligerons cet effet. La conversion des vibrations mécaniques en tensions électriques peut s'opérer de différentes manières qu'il est possible de classer en deux groupes.

Dans les dispositifs du premier groupe, la tension engendrée est proportionnelle à la déviation de l'aiguille, c'est-à-dire à l'amplitude des vibrations. A ce groupe appartiennent les phonocapteurs à cristal. Dans les dispositifs du second groupe, la tension engendrée est proportionnelle à la vitesse des mouvements latéraux, c'est-à-dire à la fréquence des vibrations. Les phonocapteurs basés sur les principes magnétodynamique et électro-dynamique font partie de ce second groupe. Nous allons maintenant examiner en détail les différentes têtes de lecture en commençant par celles qui font partie du premier groupe.

Le phonocapteur à cristal.

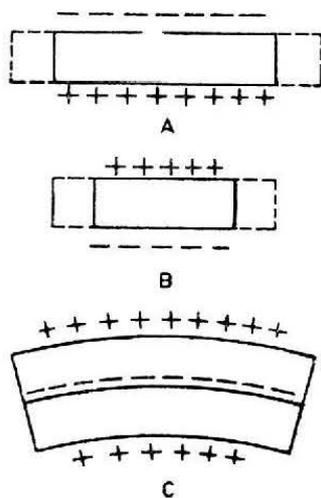


Fig. 12. — Phénomène de piézo-électricité.

Avant toute chose, nous rappellerons brièvement ce que l'on entend par piézo-électricité. Certains cristaux présentent la propriété d'une variation de leur dimension lorsqu'on leur applique une tension électrique. Prenons par exemple une mince lame de sel de Rochelle (fig. 12) dont les deux faces sont rendues conductrices par application d'une couche de graphite ou de métal. Entre ces deux couches conductrices est appliquée une tension électrique dont la polarité est indiquée à la figure 12 a. On constate alors que le cristal s'allonge. Lorsque par contre la polarité est inversée, on constate que le cristal devient plus court (fig. 12 b). Si maintenant deux de ces lames de sel de Rochelle sont collées ensemble comme le montre la figure 12 c, et qu'à cet ensemble on applique deux tensions avec les polarités indiquées par la figure, l'ensemble s'incurve. Ceci découle clairement du dessin et se passe de commentaire. L'inverse aussi est vrai. Lorsque l'ensemble est incurvé comme le montre la figure 12 c, on voit apparaître sur ses surfaces des tensions électriques ayant la polarité de celles qui lui étaient appliquées dans le cas précédent. De plus et dans certaines limites, les tensions engendrées sont proportionnelles au degré de courbure. Ce qui vient d'être expliqué pour la courbure de l'ensemble est également vrai pour la torsion.

Voyons maintenant de quelle façon on peut utiliser ce phénomène pour la conversion de vibrations mécaniques en tensions électriques. A cet effet une coupe d'une telle tête de lecture est représentée dans la figure 13. Les déviations de l'aiguille A sont transmises par le ressort B à l'armature. Ce ressort doit être élastique pour les mouvements verticaux de l'aiguille, afin de réduire au minimum les effets perturbateurs qui pourraient résulter de ces mouvements. L'armature est maintenue en place à l'aide de deux bagues en caoutchouc. Ces bagues servent de paliers pour l'armature.

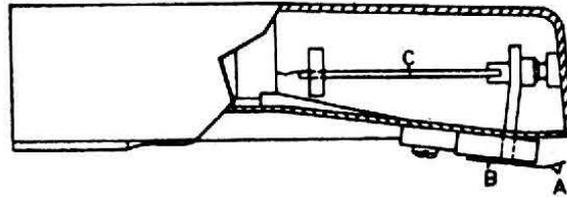


Fig. 13. — Vue en coupe d'une tête piézo-électrique.

A : diamant ou saphir;
B : support élastique;
C : élément piézo-électrique.

Les mouvements de l'armature sont transmis à l'élément piézoélectrique à l'aide d'une petite fourche. L'élément piézoélectrique C, qui est constitué par deux lames de sel de Rochelle collées ensemble, est plus ou moins tordu par les mouvements de l'armature et fournit ainsi des tensions électriques proportionnelles à l'amplitude du mouvement de l'aiguille. L'espace dans lequel est logé l'élément piézoélectrique est rempli d'une certaine matière visqueuse pour deux raisons :

- 1) amortissement d'oscillations parasites ;
- 2) protection du cristal contre des influences atmosphériques néfastes.

La tête magnéto dynamique

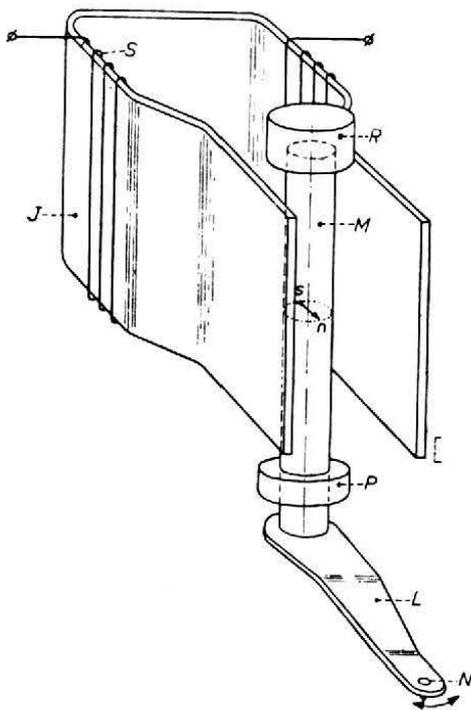


Fig. 14. — Esquisse du phonocapteur magnétique

M : Aimant de ferrodure, aimanté dans le sens de la flèche s-n et pouvant tourner dans les crapaudines P (de chlorure de polyvinyle) et R (de caoutchouc), entre les extrémités de l'armature J qui porte les bobines S. Le mouvement de va-et-vient de l'aiguille N est converti, à l'aide du bras L qui porte cette aiguille, en des rotations de l'aimant dans un sens et dans l'autre autour de son axe.

Le principe d'une tête magnéto-dynamique est représenté à la figure 14. Les mouvements latéraux de l'aiguille N, provoqués par la modulation du sillon, sont transmis par le bras L au barreau magnétique M. Ce barreau magnétique est maintenu à une extrémité dans un support en caoutchouc R, tandis que l'autre support est constitué par une bague en vinyle P. Le barreau magnétique peut tourner librement dans cette bague, ce qui n'est pas le cas pour le support en caoutchouc. Par suite de l'élasticité du caoutchouc, ce support oppose une certaine résistance aux mouvements de rotation du barreau magnétique de part et d'autre de sa position de repos. Lorsque par suite de la modulation du sillon le barreau magnétique s'écarte de sa position de repos (le mouvement de va et vient de l'aiguille est transformé par le bras en mouvement de rotation du barreau magnétique), l'élasticité du caoutchouc le ramène toujours dans sa position de repos. L'aimant doit être suspendu de manière qu'il puisse tourner autour de son axe tout en étant soumis à un couple directif qui tend à le ramener dans une position de repos bien déterminé. Ce couple est nécessaire, car le bras portant l'aiguille doit être parallèle à la tangente au sillon lorsque celui-ci n'est pas modulé et que l'aimant se trouve par conséquent dans sa position de repos. C'est lorsque cette condition est remplie que la distorsion de lecture est la plus faible.

Le barreau magnétique est constitué par un cylindre en ferrodure, aimanté transversalement. Sur la figure le sens de l'aimantation est indiqué par une flèche. Le barreau est disposé entre les pièces polaires d'une armature en forme de U et constituée par un matériau magnétique. Cette armature est pourvue d'un enroulement dans lequel, comme nous allons le voir, une f.é.m. est induite lorsque le barreau s'écarte de sa position de repos. La figure 14 représente une coupe de l'armature et du barreau magnétique. L'aimant est ici dans sa position de repos, donc celle dans laquelle il est toujours ramené par l'élasticité du support en caoutchouc. Dans cette figure la trajectoire des lignes de force est également indiquée.

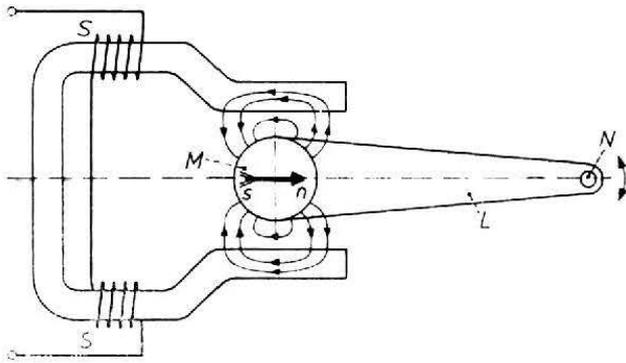


Fig. 15. — L'aimant est dans sa position de repos qui coïncide aussi bien que possible avec la position de symétrie magnétique. Les bobines ne sont traversées par aucun flux.

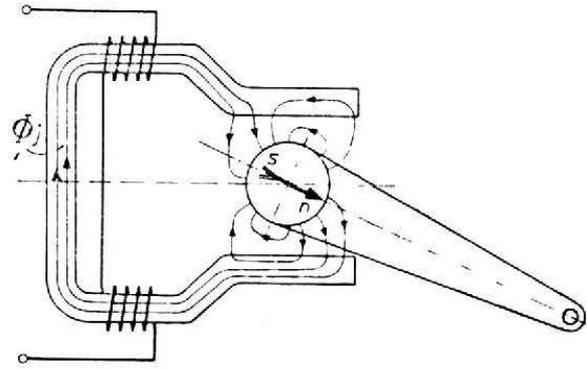


Fig. 16. — L'aimant est hors de sa position de repos; les deux bobines sont traversées par le flux Φ . La rotation de l'aimant, mesurée à partir de la position de symétrie, est d'environ 1° pour les disques à 78 tr/mn et elle est au maximum de $0,5^\circ$ pour les microsillons.

Les trajectoires des lignes de force sont symétriques lorsque le barreau magnétique se trouve dans sa position de repos, ce qui signifie que dans ce cas les lignes de force ne passent pas dans l'armature qui porte la bobine S. Lorsque sous l'effet des déviations de l'aiguille le barreau magnétique s'écarte de sa position de repos, la symétrie des lignes de force est détruite et l'on obtient par exemple la situation illustrée dans la figure 16. Une partie des lignes de force passe maintenant dans l'armature. Le nombre de ces lignes de force dépend du degré de rotation du barreau magnétique et varie au rythme des mouvements de rotation du barreau, qui dépendent à leur tour de la modulation inscrite dans le sillon. Ces lignes de force traversent la bobine, dans laquelle sera induite une f.é.m. qui dépendra de l'intensité du flux et du rythme auquel il varie.

$$\text{(Loi de Faraday } e_i = \frac{d\Phi}{dt} \text{)}$$

La tension engendrée dépend en grandeur des points suivants :

1. du degré d'aimantation du barreau magnétique ;
2. du nombre de spires de la bobine ;
3. de l'entrefer entre les pièces polaires et le barreau (l'air offre une grande résistance magnétique).

Le premier de ces points ne nécessite pas d'explication. Le nombre de lignes de force sera d'autant plus grand que l'aimant est fort. Le second et le troisième point ont trait à la construction de la tête. Un plus grand nombre de spires entraîne une plus grande tension mais également une augmentation du poids et des dimensions, de sorte qu'un compromis doit être recherché. Ce type de tête fournit une tension d'environ 20 mV.

La tête électrodynamique

Le second type de têtes appartenant à ce groupe est la tête électrodynamique, qui n'est utilisée qu'à des fins professionnelles, de sorte que nous ne nous étendrons guère sur ce sujet. Dans ces têtes (fig. 17) on utilise un aimant fixe, tandis que les vibrations de l'aiguille sont transmises à une bobine mobile entre les pièces polaires de l'aimant. Le système présente une certaine ressemblance avec un galvanomètre.

Cette tête, qui possède une très bonne linéarité, offre cependant, pour des fins non professionnelles, des inconvénients parmi lesquels on peut citer :

1. la faible tension de sortie, qui n'est que de quelques mV, de sorte qu'un préamplificateur est nécessaire, tandis que d'autre part on est obligé d'avoir recours à un matériel de blindage assez onéreux, puisque la tension fournie est du même ordre de grandeur que les tensions perturbatrices.

2. une assez forte attraction magnétique vers le plateau en fer, ce qui augmente la pression de l'aiguille sur le disque.

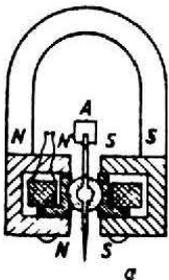
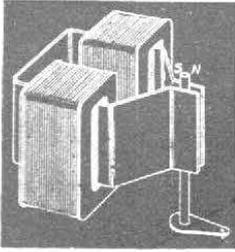


Fig. 17. — Tête électrodynamique.



AG 3020
AG 3021

Phonocapteurs magnétodynamiques

Caractéristiques :

Impédance de charge	Valeur recommandée 68 kΩ.
Pression verticale de l'aiguille	Valeur recommandée 9 grammes.
Compliance	5×10^{-6} cm/dyne.
Masse effective mesurée à la pointe de l'aiguille.	3 milligrammes.
Masse du barreau aimanté	40 milligrammes.
Rotation de l'aimant	1° pour disques à sillon large. 0,5° pour disques à microsillon
Inductance	600 mH.
Sensibilité (rapport de la tension induite à la vitesse de l'aiguille)	4 mV/cm/s.
Rayon de courbure de la pointe d'aiguille.	75 μ pour le type AG 3020 vert (saphir) 25 μ pour le type AG 3021 rouge (diamant)

Considérations générales

Les reproducteurs magnétodynamiques AG 3020 et AG 3021 représentent un perfectionnement complètement nouveau qui offre des possibilités sans précédents. Le principe magnétodynamique a été choisi parce qu'il permet de construire une tête de "compliance" élevée et de faible masse pour la reproduction sans distorsion de la gamme audible entière et d'une partie des fréquences ultrasonores. Ceci est particulièrement important pour avoir une bonne reproduction sans la discordance qui apparaît souvent avec des systèmes ayant une gamme plus réduite. La construction a été rendue possible grâce à la mise sur le marché d'un nouveau matériau léger de grande force coercitive (80 kA/m), le "ferroxdure".

Une petite tige de ce matériau, de 0,8 mm de diamètre et de 12 mm de longueur (8 mm de longueur utile), est aimantée diamétralement. Cette tige est placée dans une pièce en forme de U, en mumétal, et supportée par deux paliers de sorte qu'elle peut tourner autour de son axe. Dans sa position neutre, le flux total traversant le mumétal est 0. Si cependant la pointe de l'aiguille frotte dans le sillon d'un disque, ses vibrations détermineront une vibration rotationnelle de la tige de ferroxdure. Aussitôt que cette tige s'écarte de sa position moyenne, les deux pôles s'approchent du support en mumétal et un flux le traversera. Il en résulte qu'une tension est induite dans les deux bobines, cette tension correspondant exactement aux vibrations de la pointe de l'aiguille. Le support de mumétal et les bobines sont moulés dans de la résine, ce qui forme un bloc compact dont les parties critiques sont protégées. La tête magnétodynamique est complètement tropicalisée.

La résonance du système mobile se trouve au delà de 25 000 Hz. La tension de sortie est strictement proportionnelle à la vitesse de la pointe de l'aiguille jusqu'aux fréquences enregistrées les plus élevées.

Pression de l'aiguille

La pression de l'aiguille a une influence sur l'usure du disque, la réponse à la fréquence et le parcours du sillon. La pression de l'aiguille doit être telle que même aux amplitudes enregistrées les plus élevées et aux accélérations les plus grandes possibles de la pointe de l'aiguille, un contact convenable entre la pointe de l'aiguille et le sillon soit toujours maintenu. Si la pression est insuffisante, l'aiguille peut faire des mouvements incontrôlés qui conduisent à une distorsion, une usure du disque et même dans des cas extrêmes à la faire sauter d'un sillon à un autre. Contrairement à ce qu'on croit souvent, la "compliance" n'est pas le seul facteur qui détermine la pression de l'aiguille, mais la masse mobile est souvent la restriction la plus sérieuse aux fréquences élevées.

Compliance

Terme anglais que l'on peut traduire par souplesse latérale de l'équipage mobile d'un lecteur de disques. Elle exprime en fraction de centimètre le déplacement de la pointe sous l'action d'une force d'une dyne. C'est elle qui, combinée avec la masse totale du bras et de la cellule, détermine la fréquence de résonance mécanique inférieure (10 à 20 Hz pour les meilleurs bras).

Pour une fréquence de 50 Hz, la compliance ne doit pas être inférieure à $1 \cdot 10^{-6}$ cm/dyne.

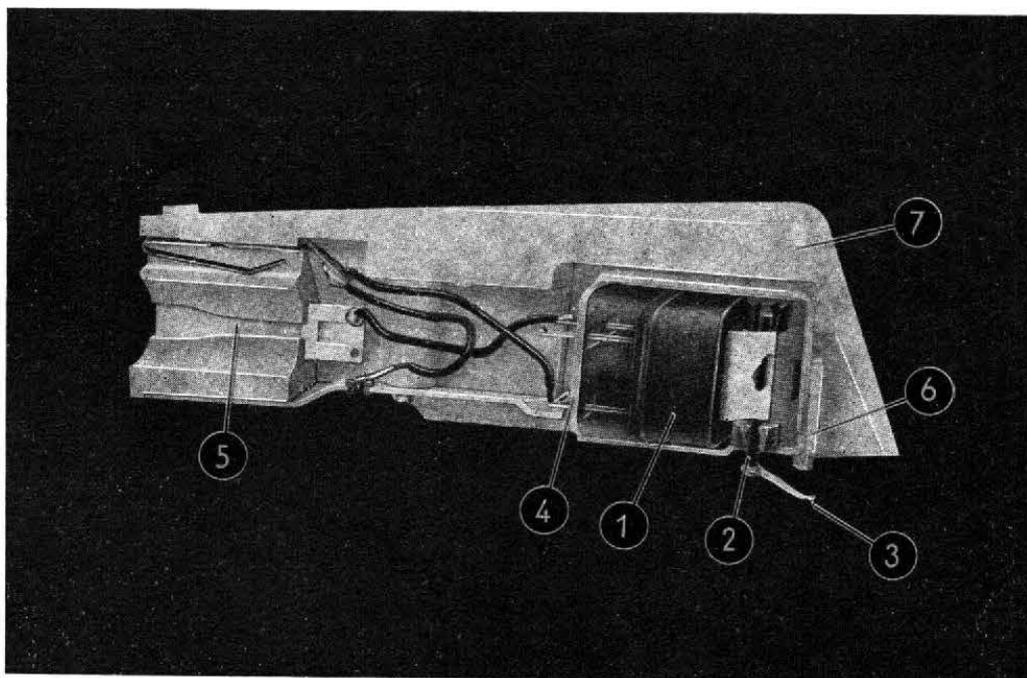
Pour mesurer cette aptitude du lecteur à effectuer les mouvements correspondant à la gravure du disque, les Allemands utilisent en général l'inverse de la souplesse : la raideur (« Rückstellkraft ») ou la rigidité de déviation (« Auslenkhärte »).

Cette valeur correspond à la force qu'il faut appliquer à la pointe pour que celle-ci se déplace de 0,1 mm.

Dans les phonocapteurs magnétodynamiques, la "compliance" atteint 5×10^{-6} cm/dyne, tandis que la masse mobile a été réduite à 3 mg. De ces valeurs il s'ensuit que la pression de l'aiguille doit être de 10 g environ, bien que la "compliance" par elle-même permette une pression d'aiguille plus faible. A ce sujet on remarquera que, contrairement à la croyance générale, non seulement une pression plus élevée de l'aiguille mais aussi une

Fig. 18. - Phonocapteur magnétodynamique

1. bobines et leur armature. 2. barreau magnétisé sur lequel est fixé le bras portant l'aiguille; on voit nettement les deux crapaudines (bagues). 3. aiguille en diamant ou saphir. 4. coiffe assurant un blindage magnétique et électrique de la bobine. 5. patte de contact. 6. tampons en résine synthétique pour la protection de l'aimant en cas de chute sur le disque. 7. capot en Philite.



réduction de celle-ci conduit à une usure accrue du disque et de l'aiguille. D'autre part la pression de l'aiguille a une influence sur la courbe de reproduction en ce sens que des pressions plus élevées de l'aiguille ont une influence défavorable sur la tension de sortie aux fréquences les plus élevées par suite de la déformation plastique des disques. Toutes les courbes de reproduction données ci-après ont été mesurées avec une pression d'aiguille de 10 g.

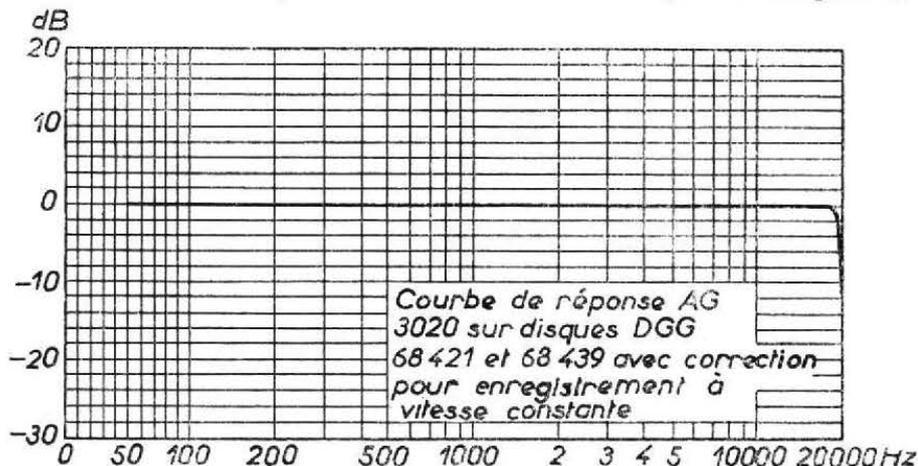


Fig. 19 — Pour une vitesse d'enregistrement constante la tension de sortie est indépendante de la fréquence. Le disque d'essai est en laque

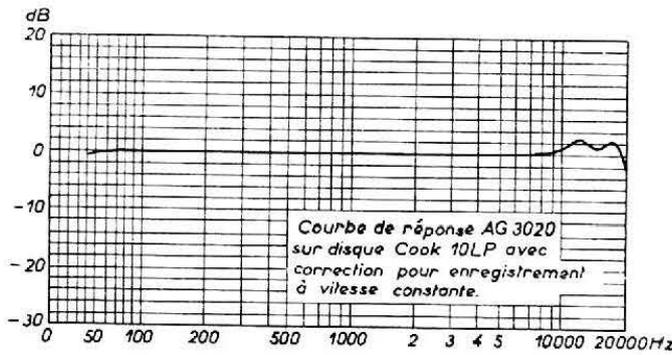


Fig. 20. — Comparer cette courbe avec celle de la figure 19. Les indications s'appliquent également à la tête AG 3021. Le disque d'essai est en vinyle.

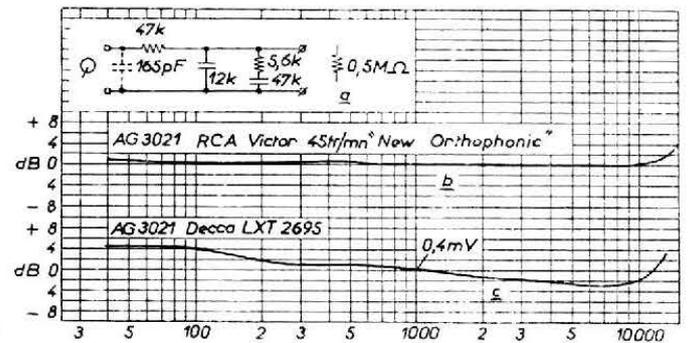


Fig. 21. — L'allure de la courbe est modifiée en fonction des valeurs du filtre de correction.

Réponse à la fréquence

La courbe de réponse à la fréquence d'un reproducteur dépend ainsi non seulement de la pression de l'aiguille et de la caractéristique d'enregistrement du disque d'essai mais aussi des propriétés mécaniques de ce disque. Les courbes de réponse à la fréquence représentées dans cette documentation ont toutes été tracées pour une vitesse d'enregistrement constante sur toute la gamme de fréquence indiquée, sauf indication contraire. Sur la fig. 19 on voit la réponse d'une tête magnétodynamique AG 3020 mesurée au moyen de disques d'essai en laque de bonne qualité. Ce graphique montre que, pour une vitesse d'enregistrement constante, la tension de sortie est indépendante de la fréquence. La résonance du système mobile a été déterminée en faisant tourner ces disques à une plus grande vitesse, et on a trouvé qu'elle était située au delà de 25 kHz.

Avec des disques faits en matière plastique moderne on remarquera que la pointe de l'aiguille appuyant sur les disques causera une certaine proportion de déformation élastique. Dans un sillon non modulé, cela signifie seulement que l'aiguille produira une certaine déformation mais strictement symétrique au sillon. Dans un sillon modulé, la déformation ne sera plus symétrique mais elle sera légèrement dissymétrique.

Il en résultera que le mouvement de l'aiguille sera légèrement inférieur à celui correspondant à l'amplitude enregistrée réellement et ce phénomène sera surtout prononcé aux fréquences plus élevées, de sorte qu'en définitive il en résultera une réduction de la réponse des notes élevées appelée "perte de reproduction". D'autres conséquences des propriétés élastiques d'un disque sont le gain dynamique de reproduction et une réduction de la fréquence de résonance de la combinaison pointe d'aiguille-disque. On voit ceci sur la fig. 20 qui montre la courbe de réponse à nouveau pour une vitesse d'enregistrement constante de la tête magnétodynamique AG 3021 ; les pertes résultant de la déformation plastique sont ainsi pratiquement compensées entièrement par le déplace-

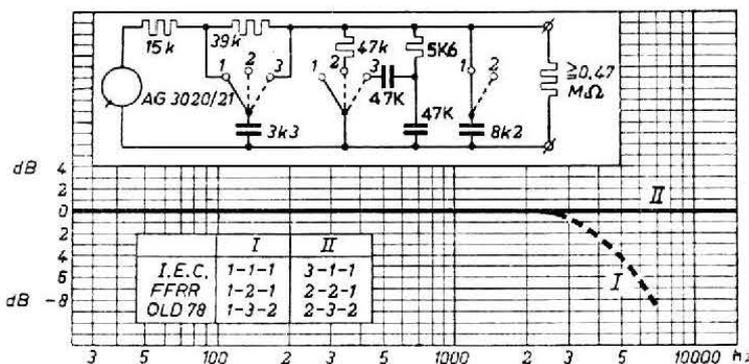


Fig. 22. — Filtre universel à 3 combinaisons, valable pour les caractéristiques d'enregistrement I.E.C., FFRR, Old 78

ment de la crête de résonance et le gain dynamique de reproduction, de sorte que sur ce disque d'essai en vinyle, la reproduction s'étend aussi jusqu'à 20 kHz. Pour des disques faits d'autres matières les résultats seront compris entre ceux des figures 19 et 20. A ce sujet on remarquera que le type de l'aiguille a une influence sur la caractéristique de réponse et que la bonne conductivité thermique du diamant, s'il est convenablement monté, a une influence directe et favorable sur l'usure et aussi sur la réponse réelle des disques de longue durée.

Adaptation

L'impédance interne de la tête magnétodynamique se compose pratiquement de l'impédance d'une bobine — presque sans pertes — d'une inductance de 0,6 Henry. Par suite de l'impédance élevée, aucun transformateur d'entrée n'est nécessaire mais comme toujours la réponse sera influencée par la charge aux bornes du pick-up. Les caractéristiques de réponse 21b et c ont été mesurées avec nulle autre charge que celle d'une voltmètre électronique (1,5 M Ω). L'influence d'une capacité parallèle peut être importante et peut être réduite par l'application d'une résistance shunt.

En général, la capacité du câblage et de l'entrée de l'amplificateur sera bien inférieure à la valeur de 250 pF. Sur le fig. 21, on voit l'influence d'une combinaison de résistances et de condensateurs sur la courbe de réponse par rapport à la courbe telle qu'elle est mesurée avec une tête non chargée.

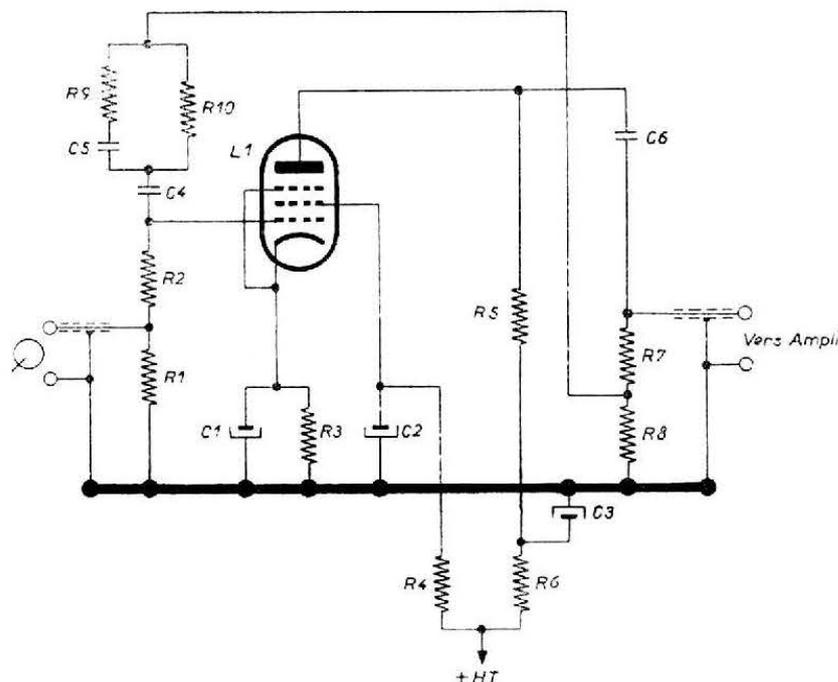
Compensation de la caractéristique de reproduction

La tension de sortie de la tête magnétodynamique est de 4 mV pour une vitesse d'aiguille (crête) de 1 cm/sec ; ceci ne sera pas toujours suffisant pour attaquer un amplificateur, en particulier dans le cas où une compensation pour les caractéristiques d'enregistrement n'a pas été incluse dans cet amplificateur. Une compensation des caractéristiques donne une perte de la tension de sortie de l'ordre de 18 dB. Le préamplificateur à transistor qui peut-être utilisé avec la tête magnétodynamique a un gain de 20 dB. Il donne une égalisation complète pour les caractéristiques d'enregistrement modernes I.E.C. (New Orthophonic, New AES, RIAA).

Sur la fig. 23 est donné le schéma de principe d'un étage préamplificateur simple avec correction de reproduction, il contient aussi une égalisation complète pour les caractéristiques d'enregistrement mentionnées ci-dessus. Dans ce circuit, le filtre d'égalisation fait partie intégrante de l'amplificateur. Le gain total de cette correction et de l'étage d'amplification est de 16 dB.

Fig. 23. — Préamplificateur à tube EF86

R 1	68 k Ω
R 2	470 k Ω
R 3	2,2 k Ω
R 4	1,5 M Ω
R 5	220 k Ω
R 6	100 k Ω
R 7	680 k Ω
R 8	330 k Ω
R 9	330 k Ω
R 10	2,2 M Ω
C 1	100 μ F
C 2	8 μ F
C 3	8 μ F
C 4	100 pF
C 5	22 pF
C 6	10 nF



La fig. 22 montre un filtre universel qui permet l'égalisation pour des disques gravés suivant plusieurs caractéristiques d'enregistrement. Trois commutateurs permettent de connecter le circuit correct afin d'avoir une courbe de reproduction plate, ou qui soit coupée à 3 000 Hz (voir courbes II et I). La suppression des fréquences élevées peut être utile quand on reproduit des disques d'avant-guerre de 78 tr/mn, ou des disques modernes usés. Le bruit et la distorsion qui peuvent apparaître sur ces disques seront considérablement réduits.

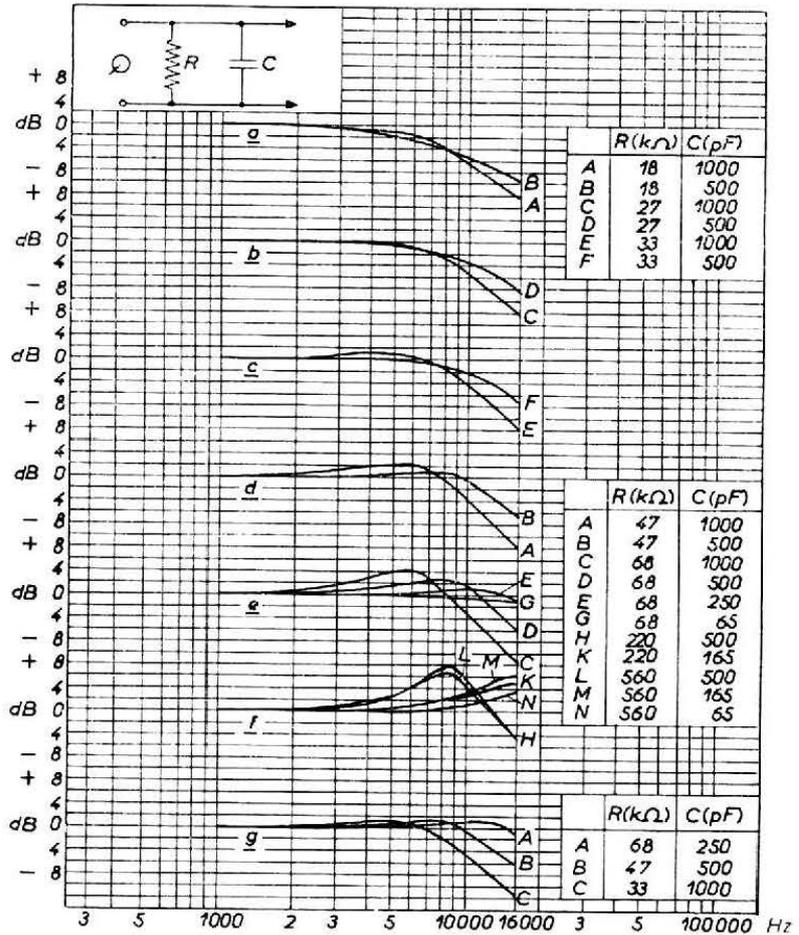


Fig. 24. — Tableau montrant les corrections qu'il est possible d'obtenir en faisant varier la valeur des éléments du filtre RC.

Influence des champs magnétiques externes

L'influence des champs magnétiques externes est très faible par suite du blindage efficace en mumétal de la tête magnétodynamique. Il n'est pas nécessaire d'utiliser des plateaux démagnétisés ou non-ferromagnétiques, mais un ronflement peut naturellement être encore introduit par des champs parasites radiés par des transformateurs. Les transformateurs d'alimentation doivent donc être éloignés le plus possible de la tête et on devra faire très attention au blindage des conducteurs. Pour ces derniers il sera préférable d'utiliser du câble de faible capacité pour les raisons ci-dessus. Les problèmes de ronflement sont naturellement moins forts parce qu'aucun transformateur d'entrée n'est nécessaire, contrairement à la plupart des types dynamiques. La pression de l'aiguille de la tête magnétodynamique AG 3021 n'est pas influencée par les propriétés magnétiques du plateau et à ce sujet il n'existe non plus aucune objection à l'emploi de plateaux ferromagnétiques.

Après ce qui précède, le lecteur comprendra aisément qu'une tête de lecture conçue pour des disques monophoniques n'est pas utilisable pour des disques stéréo. Même en faisant abstraction du fait que la tête stéréo doit fournir deux signaux électriques, contre un seul pour les têtes monophoniques, les exigences posées divergent à tel point que deux constructions entièrement différentes sont nécessaires.

En premier lieu, dans les têtes pour disques monophoniques, on s'attache particulièrement à rendre l'ensemble insensible aux mouvements verticaux de l'aiguille. Ces mouvements sont en effet à considérer comme perturbateurs. Pour les disques stéréophoniques par contre, les mouvements verticaux aussi bien que les mouvements horizontaux doivent être convertis en tensions électriques et ce de telle façon que les tensions fournies soient l'image fidèle des informations sonores respectives enregistrées dans le sillon. Différents systèmes ont été préconisés pour la conversion de la modulation stéréophonique en tensions électriques. Jusqu'à présent cependant, les têtes à cristal sont utilisées principalement à cet effet. A titre d'exemple, citons les têtes AG 3063 et AG 3060.

Une reproduction schématique de la tête est donnée par la figure 27. Par l'intermédiaire du bras d'aiguille, suspendu élastiquement, l'aiguille transmet à l'élément piézo-électrique les vibrations dues à la modulation du sillon. L'élément piézoélectrique se compose en réalité de deux éléments à cristal (sel de Rochelle), parallèles et fixés en deux endroits. Les extrémités libres de ces éléments sont reliées entre elles au moyen d'une pièce d'accouplement élastique en forme de W. Cette pièce est destinée à convertir les mouvements du bras de l'aiguille (tant horizontaux que verticaux) en torsions des éléments à cristal. Comme nous l'avons déjà vu, la tension fournie est proportionnelle au degré de torsion des éléments.

L'un des éléments fournit la tension pour le canal droit, l'autre celle pour le canal gauche. Nous allons examiner ceci en détail, en nous aidant de la figure 29.

Fig. 27. — Esquisse d'un phonocapteur stéréophonique

- A, B = blocs supports
- C = support du bras
- K = pièce d'accouplement
- X = cristal gauche
- X = cristal droit
- H = bras avec aiguille.

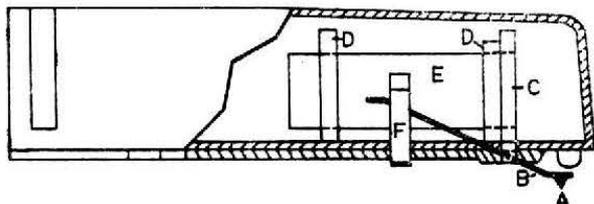
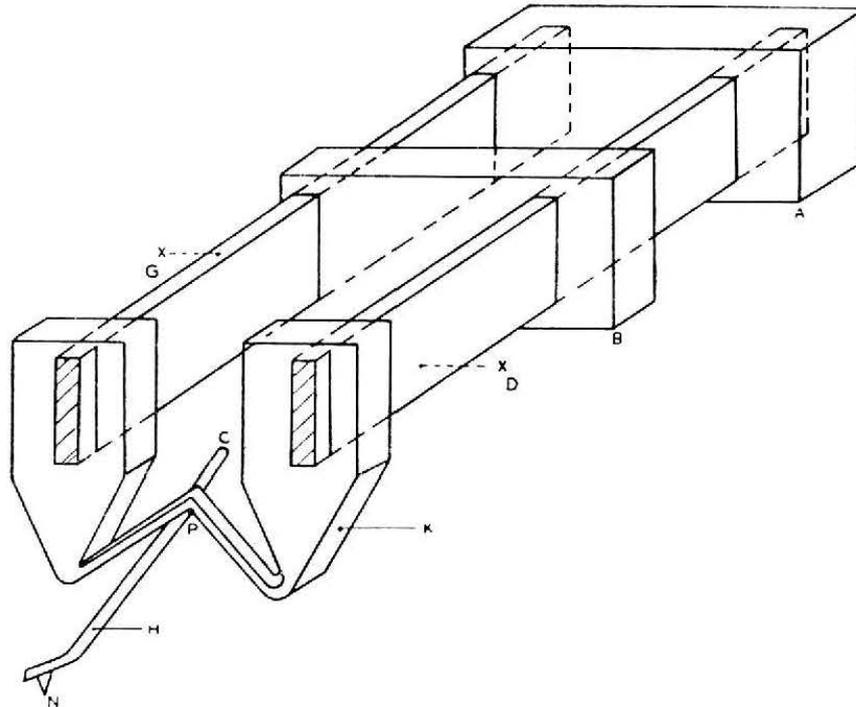


Fig. 28. — Représentation en coupe du phonocapteur stéréophonique

- A, B = aiguille et bras; C = pièce d'accouplement, D = blocs supports; E = cristal; F = support du bras

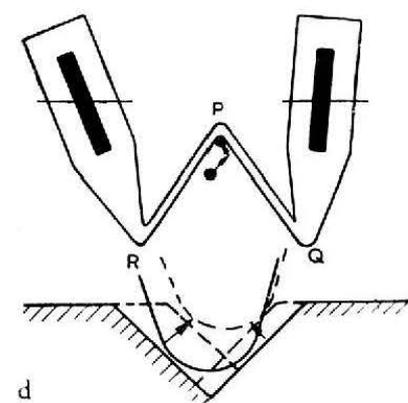
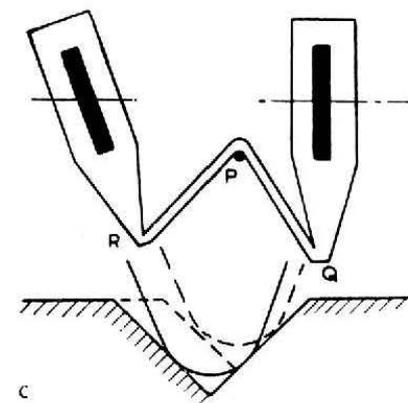
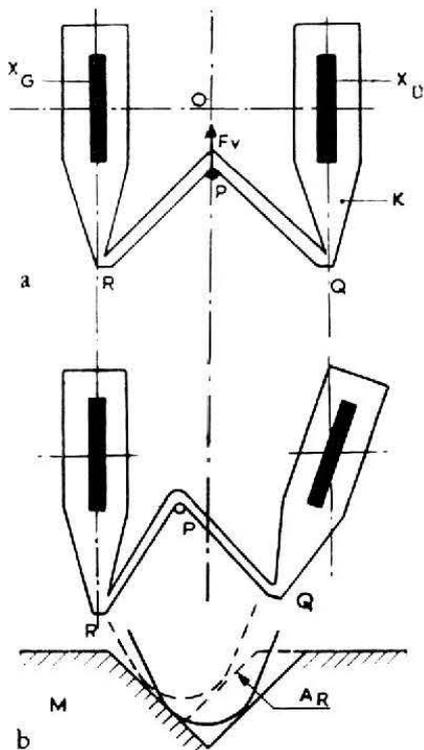


Fig. 29. — a) les éléments piezo-électriques X_D , X_G et la pièce d'accouplement K , l'aiguille étant placée dans un sillon non modulé.

b) seule la paroi droite du sillon est modulée; seul le cristal droit X_D est excité.

c) la modulation de la paroi gauche excite le cristal gauche X_G .

d) les deux éléments X_D et X_G sont excités simultanément par les modulations respectives des parois droite et gauche.

Dans la figure 29 a, le bras d'aiguille se trouve dans sa position de repos. Les deux éléments ne sont soumis à aucune force tendant à les tordre. Dans le cas de la figure 29 b, seule la paroi droite est modulée, de sorte que l'aiguille ainsi que le bras d'aiguille, se déplacent comme indiqué sur la figure. De par son élasticité, la pièce d'accouplement se comporte comme si elle possédait deux points de suspension, autour desquels pivotent les parties droites. Sous l'effet des déplacements du bras d'aiguille dans la direction indiquée, l'élément de droite sera tordu, tandis que celui de gauche reste dans sa position de repos. Si donc la paroi droite du sillon est seule modulée, seul l'élément de droite sera tordu et fournira une tension électrique. La figure 29 c représente le cas où seule la paroi gauche est modulée; dans ce cas, seul l'élément de gauche est tordu.

Finalement, la figure 29 d illustre le cas où les deux parois sont modulées. Le bras d'aiguille se déplace alors vers la gauche et vers la droite. Il en résulte que les deux éléments subiront des torsions. Les informations des deux canaux, gravées dans le sillon, séparées par la tête de lecture, seront donc converties en cas en tensions électriques.

CARACTÉRISTIQUES DU PHONOCAPTEUR STÉRÉOPHONIQUE

Tension de sortie par canal.....	120 mV à 400 Hz
Résistance de charge.....	0,5 mΩ
Résistance de charge pour caractéristique R.I.A.A.....	100 kΩ
Séparation des canaux.....	-20 dB à 1000 Hz
Compliance latérale.....	3×10^{-6} cm/dyne
— verticale.....	2×10^{-6} cm/dyne
Capacité.....	1500 pF
Pression verticale d'aiguille.....	4 à 6 g
Rayon de courbure de la pointe.....	18μ

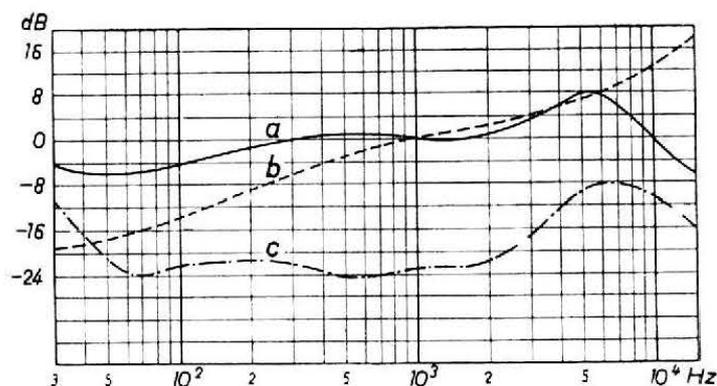


Fig. 30. — Caractéristique de fréquence des phonocapteurs AG 3060/AG 3063

a) tension de sortie de l'élément commandé

b) caractéristique d'enregistrement

c) tension de sortie de l'élément non commandé

a-c valeurs de diaphonie selon la fréquence

DÉTAILS TECHNIQUES

Température admissible 10° à 45° C.

Transistor : OC 71.

Consommation : 1 mA environ.

Amplification : 20.

Courbe de réponse : 30 à 20 000 Hz.

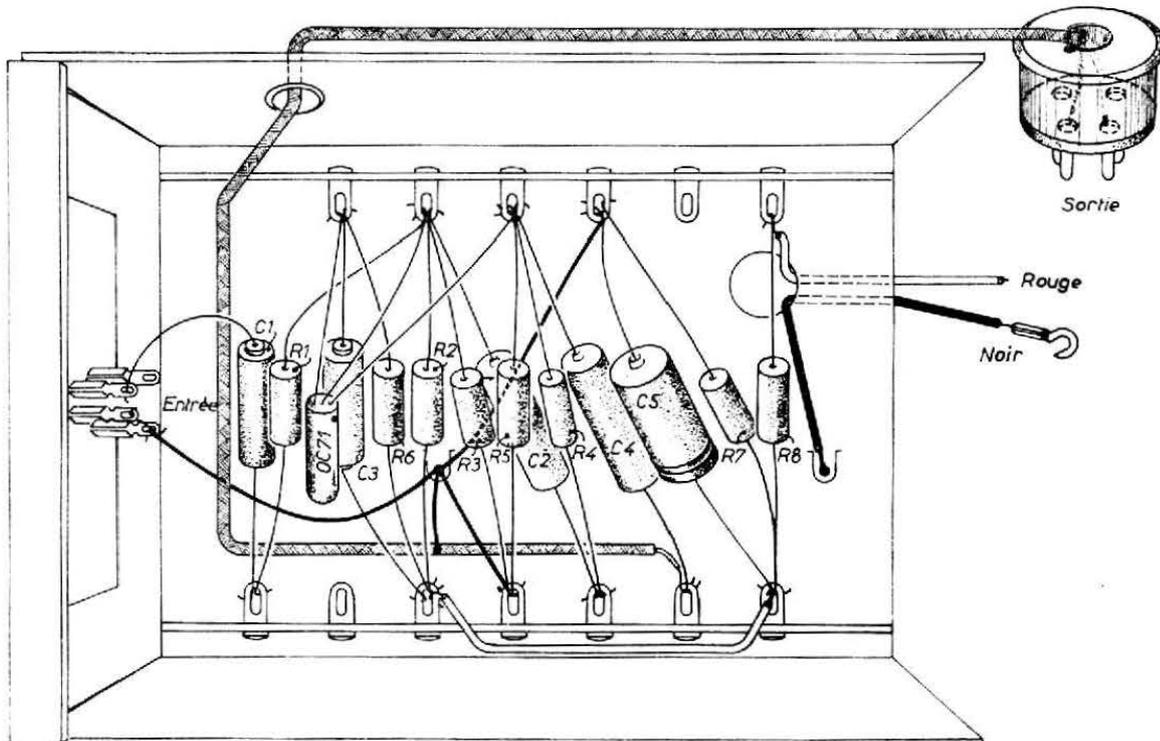
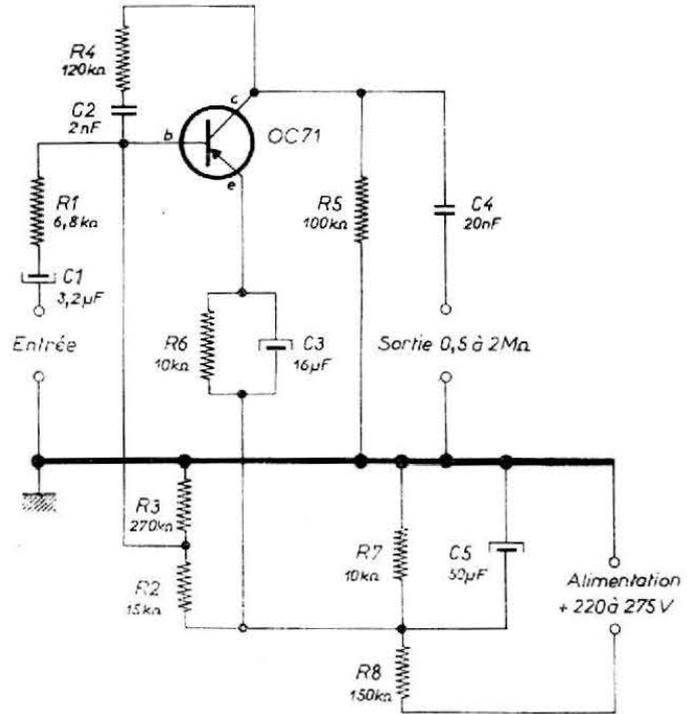
Correction des basses par contre-réaction.

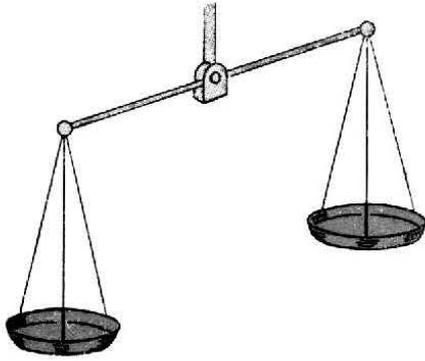
Alimentation (220 à 275 volts) fournie par la source haute tension de l'électrophone ou du récepteur.

Préamplificateur à transistor

FD 041 83

Ind.	Valeur
R1	6,8 kΩ
R2	15 kΩ
R3	270 kΩ
R4	120 kΩ
R5	100 kΩ
R6	10 kΩ
R7	10 kΩ
R8	150 kΩ
C1	3,2 μF/70 V
C2	2 nF/350 V
C3	16 μF/12,5 V
C4	20 nF/180 V
C5	50 μF/25 V





MESURES DE BALANCE

Ing. W.H. Losken *

L'égalité des niveaux de sortie des signaux de deux canaux sonores stéréophoniques est généralement admise comme une condition *sine qua non* en vue d'obtenir une image sonore stéréophonique optimale.

Le réglage de la balance entre les deux canaux n'apportera aucun trouble dans la plupart des cas, car la simple opération de contrôle de balance de l'amplificateur stéréophonique, ou celle des deux contrôles de puissance des amplificateurs séparés, sera suffisante. Ce réglage pourra, cependant, causer parfois quelques difficultés, notamment lorsque le local d'écoute est caractérisé par une grande différence d'absorption entre parois latérales. Il en sera de même pour les grandes salles qui exigent les meilleurs résultats quant à la transparence du son et à la localisation des instruments, le tout combiné à une superficie maximale de perception stéréophonique ; même constatation pour les personnes dont la sensibilité auditive s'écarte des normes et qui sont appelées à travailler dans ces conditions.

De façon générale, un enregistrement monophonique reproduit au moyen d'une installation stéréophonique se traduit par une image sonore *pseudo-stéréophonique*, qui donne à l'auditeur l'impression d'une large source sonore située juste entre les haut-parleurs, à condition que les pressions sonores venant des deux haut-parleurs soient égales à l'endroit où se trouve placé l'auditeur.

Ce phénomène est souvent utilisé pour le réglage de balance. On emploie à cet effet l'enregistrement monophonique d'un soliste avec orchestre que l'on dirige, au moyen de la commande de balance, d'un côté à l'autre pour l'arrêter finalement à mi-chemin entre les haut-parleurs. Cette méthode manque, bien entendu, de précision ; elle est en fait sélective de fréquences et dépend des courbes de sensibilité auditive de l'opérateur. C'est pourquoi on doit éviter d'y recourir chaque fois que l'on cherche à obtenir un résultat quasi parfait ; il est clair, en effet, que le réglage de balance doit être indépendant de la sensibilité auditive, et ce en toutes circonstances.

Une autre méthode est basée sur l'emploi du *moniteur de balance* dont le schéma est donné à la figure 1. Cet appareil se compose de deux transformateurs AF de sortie utilisés ici comme transformateurs d'entrée, deux potentiomètres et un tube indicateur d'accord EM 80, par exemple. Les enroulements à basse impédance des transformateurs sont reliés aux sorties « bobine mobile » des deux canaux ; ceux-ci reproduisant simultanément le même signal monophonique (disque). D'autre part, les enroulements à haute impédance, reliés en opposition de phase, sont branchés entre cathode et grille du tube à travers les potentiomètres de commande de sensibilité qui sont jumelés et travaillent dans des directions opposées.

Les différences de tension des signaux excitent l'indicateur d'accord qui reste insensible aux signaux égaux en phase et en tension. Il s'ensuit que si l'indicateur d'accord reste ouvert dans sa position la plus sensible, cela prouve que l'on a obtenu l'équilibre électrique.

Même en supposant un égal rendement des haut-parleurs sur chaque canal, cela ne signifie pas pour autant qu'il y ait équilibre à l'emplacement d'écoute, ni que la condition de balance soit valable pour l'espace maximum où la perception stéréophonique est possible.

Pour obtenir la meilleure image stéréophonique possible, il est indispensable — ainsi qu'on l'a déjà dit — que la pression sonore soit, dans certaines limites, égale pour toutes les fréquences audibles à l'emplacement d'écoute situé quelque part dans la salle d'écoute, à une certaine distance de la source sonore.

L'ameublement, les tapis, les rideaux et, de manière générale, les divers éléments de décoration provoquent une différence entre les coefficients d'absorption sonore des parois latérales gauche et droite de la salle d'écoute. On n'est donc jamais certain de rencontrer les mêmes valeurs de pression sonore à droite et à gauche, même si l'on obtient une pression sonore identique au voisinage direct des haut-parleurs ; en effet, la balance absolue pour toutes les fréquences entre le canal gauche et le canal droit est une propriété définie de la pièce d'écoute et non la seule conséquence des caractéristiques de l'équipement. C'est précisément sur ce point que le *moniteur de balance* faillit à sa tâche, en sorte qu'il est indispensable, si l'on veut obtenir les meilleurs résultats, de faire la mise au point à l'aide d'instruments de mesure.

On peut opérer avec un microphone à niveau de sortie élevé et caractéristique de fréquences raisonnablement plate, relié à un voltmètre électronique sensible comme on en trouve dans toutes les stations service (Fig. 2).

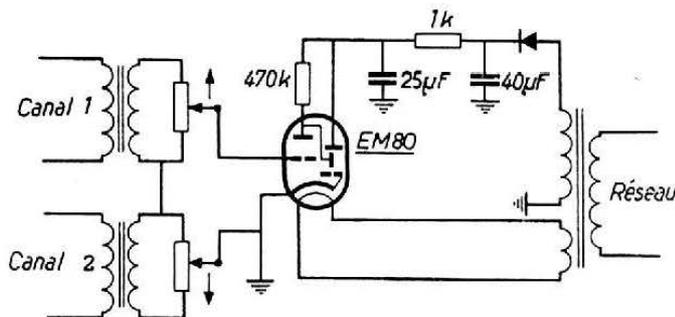


Fig. 1

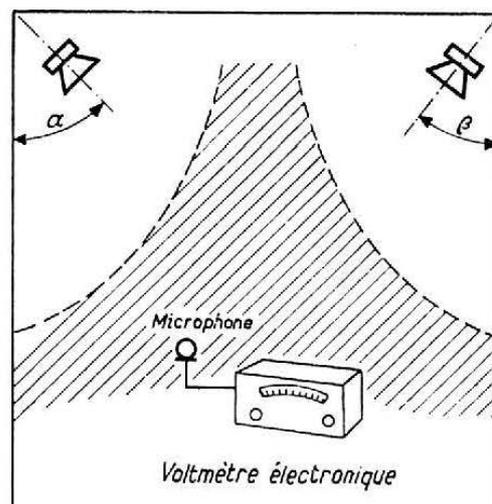


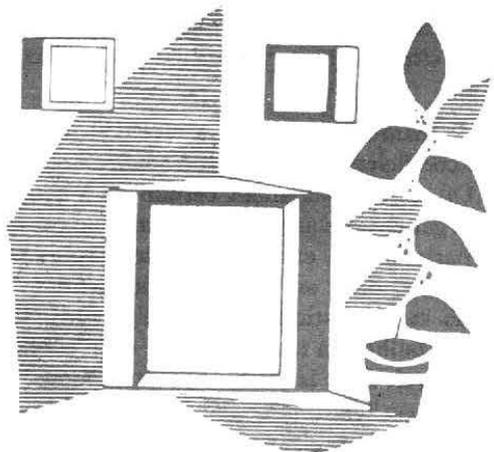
Fig. 2

Pendant les mesures les deux canaux devront reproduire soit l'enregistrement monophonique d'un son blanc, soit un enregistrement stéréophonique de signaux carrés, car l'un ou l'autre de ces signaux contient toutes les fréquences audibles. Le réglage de balance de l'amplificateur stéréophonique est placé, pour commencer, sur sa position moyenne ; les commandes de puissance de chaque canal étant à un niveau fixe.

On modifie les angles (α , β) des axes de radiation des haut-parleurs par rapport aux parois latérales gauche et droite jusqu'à ce que la différence maximale de niveau entre les deux canaux ne dépasse pas 2dB. Répéter cette mesure pour différentes valeurs du niveau sonore, les haut-parleurs étant tour à tour mis successivement en et hors circuit, et après avoir déplacé plusieurs fois le microphone, afin de couvrir le maximum d'espace où l'on puisse recevoir une véritable image sonore stéréophonique.

L'emplacement et l'orientation de chaque haut-parleur ainsi obtenus sont dès lors liés directement et de façon permanente aux propriétés d'absorption sonore propres aux parois latérales gauche et droite de la salle d'écoute.

On utilise le réglage de balance de l'amplificateur stéréophonique pendant la reproduction de bandes magnétiques ou de disques (ainsi que les réglages de puissance séparés, en dehors des points repérés plus haut), pour sa destination initiale, à savoir : la correction des tensions de sortie des canaux pour les enregistrements réalisés selon une technique microphonique différente, ou pour adapter les canaux aux courbes de sensibilité auditive droite et gauche de l'utilisateur.



Installations

DE HAUT-PARLEURS

Ing. J.-J. Schwink*

Les précédents articles de ce bulletin ont fait ressortir les différences qui caractérisent les systèmes d'enregistrement et de reproduction, tant monophonique que stéréophonique. Ces différences se manifestent d'un bout à l'autre de la chaîne et sont valables aussi bien pour les microphones d'enregistrement que pour les haut-parleurs des deux canaux du système stéréophonique. La chaîne qui relie ces deux éléments essentiels est, à beaucoup d'égards, sensiblement la même pour les deux systèmes : puissance de sortie et réglage de tonalité doivent être identiques, même nécessité pour l'un et l'autre en ce qui concerne les facilités d'adaptation spéciale : a) aux propriétés acoustiques de la salle d'écoute ; absorption totale du son, atténuation spécifique des aigus et des graves ; b) aux courbes de sensibilité (aux fréquences) de l'oreille pour des niveaux d'écoute très variés. Il en va de même quant à la distorsion admissible de l'équipement enregistreur et reproducteur, car seules des valeurs extrêmement basses de distorsion permettent l'identification correcte des instruments d'orchestre par leur timbre et leur sonorité spécifiques.

Une reproduction sonore réaliste requiert encore la localisation des instruments dans l'orchestre et une certaine transparence de l'image sonore, conditions qui ne peuvent être remplies que par un système stéréophonique dont les signaux contiennent, outre les deux informations qui créent l'image sonore, l'information nécessaire à la localisation des instruments : propriétés acoustiques, temps de réflexion et de réverbération de la salle.

Un signal monophonique ne contient pas cette information, c'est pourquoi nos équipements sonores monophoniques à haute fidélité utilisent les réflexions et les réverbérations de la salle d'audition pour éviter l'effet « trou de serrure » ; on obtient ainsi une reproduction musicale qui donne « l'impression » (mais seulement l'impression) d'une certaine localisation, avec une répartition orchestrale qui varie au hasard pendant toute la durée de l'exécution.

Il est donc clair que la disposition des haut-parleurs est très différente selon qu'il s'agit de monophonie ou de stéréophonie ; ce qui veut dire que, contrairement au principe appliqué à la disposition des haut-parleurs pour la reproduction monophonique, la diffusion des notes aigües au moyen de projecteurs sonores n'est pas nécessaire (elle est parfois nuisible) au système stéréophonique, car elle peut très bien estomper l'image sonore stéréophonique enregistrée. Sous certaines conditions très spéciales, cependant, une certaine diffusion des aigües peut rendre l'image sonore stéréophonique plus agréable.

* Philips « High Fidelity Monitor » n° 2/3. Adaptation française.

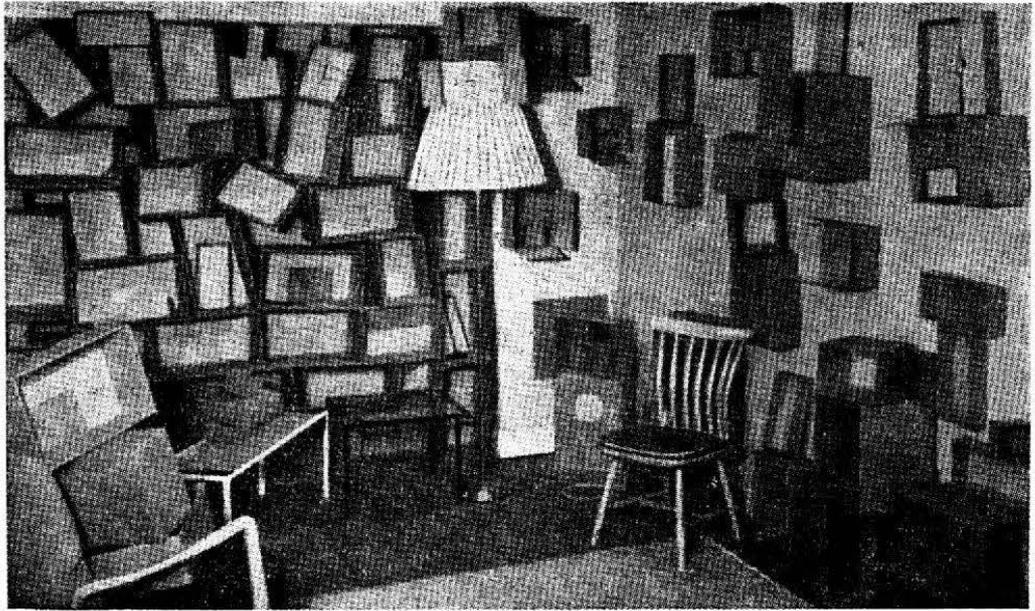


Fig. 1. — Imitation acoustique d'une salle de séjour

A la reproduction stéréophonique, le son semble provenir d'une source relativement vaste, et comme il serait absolument irrationnel de situer un grand orchestre symphonique dans une pièce de $4 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ ou moins, on se trouve en face d'un problème qui ne peut être résolu qu'au stade de l'enregistrement. C'est pourquoi l'ingénieur du son enregistre comme si la longueur de base de l'orchestre n'excédait pas $3,50 \text{ m}$; de sorte que les haut-parleurs de l'installation stéréophonique devraient être distants d'une égale valeur afin de recréer le son original capté par les microphones pendant l'enregistrement.

Il découle de tout cela que la mise en place de haut-parleurs stéréophoniques varie selon la forme et les dimensions des salles d'audition ; également selon les angles de radiation (α , β) des haut-parleurs par rapport aux parois latérales. Les mesures effectuées montrent que l'on obtient une image sonore stéréophonique correcte à une distance d'environ 1 à $1,50 \text{ m}$ (c) du point C de recoupement des axes de radiation (Fig. 2).

La distance (c) laisse la possibilité de tourner la tête pendant l'audition, sans risquer de modifier l'image sonore car, à cette distance, le son semble provenir d'une large source frontale et non des côtés droit et gauche.

D'autres facteurs importants sont : l'absorption sonore due à l'ameublement, aux rideaux et aux tapis ainsi que l'amplification de certaines fréquences provoqués par des éléments normaux de décoration dans une salle de séjour ou un salon — et qui constituent autant de petits résonateurs de Helmholtz. Par conséquent, il n'est jamais possible d'atteindre dans une pièce les mêmes pressions sonores à droite et à gauche si l'on ne s'arrange pour remplir la condition essentielle suivante : les signaux émis à un endroit donné par les haut-parleurs droit et gauche doivent provoquer la même pression sonore au niveau des oreilles de l'auditeur. Cette condition est valable pour toutes les fréquences audibles et pour une surface maximum à l'intérieur de la pièce. Afin d'en effectuer correctement la mesure, on a imité une salle de séjour normale en disposant un certain nombre d'emballages en carton de dimensions variées le long des murs d'une chambre d'essai acoustiquement dure ; on voit cette imitation d'une salle de séjour sur la photographie de la Fig. 1 et bien que l'aspect n'en soit pas flatteur, cette méthode a l'avantage d'une grande souplesse. Il est intéressant de noter le nombre de cartons qui est nécessaire à la réalisation d'une telle entreprise.

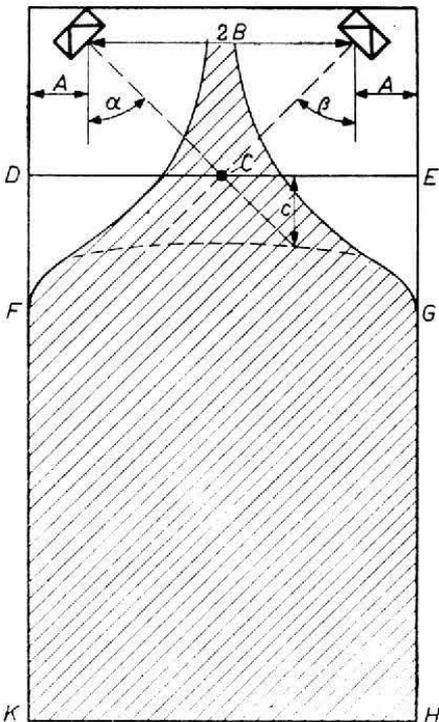


Fig. 2. — Grande pièce $A < B$.

Image stéréophonique et dimensions des pièces

La largeur de l'image sonore dépend en grande partie de la distance qui sépare les haut-parleurs ou les combinaisons de haut-parleurs, aussi semble-t-il judicieux de donner quelques indications sur la façon de disposer les haut-parleurs, pour des pièces de différentes dimensions.

Grandes pièces

On peut définir les dimensions — si l'on parle de reproduction stéréophonique — comme la distance (A) qui sépare chaque haut-parleur de la paroi latérale voisine. Si les haut-parleurs sont situés à une distance correcte (B) du milieu du mur sonore (Fig. 2), on peut définir ce genre de pièce par la formule $A \leq B$. Une distance entre haut-parleurs et parois latérales aura pour conséquence un minimum de réflexions directes ; n'oublions pas que l'image sonore est principalement régie par la direction des axes de radiation des haut-parleurs. Le point de recoupement de ces axes de radiation est fixé à 1,50 m (c) en avant des sièges. Il peuvent se déplacer suivant une ligne $D-E$ car les angles (α , β) par rapport aux parois latérales peuvent avoir des valeurs différentes correspondant à la différence d'atténuation qui existe à droite et à gauche de la pièce. Dans la partie hachurée $F-G-H-K$ de la figure, il est possible d'obtenir une bonne image stéréophonique si l'on effectue les mesures indiquées dans l'article « mesures de balance », (voir page 40). Cette aire d'écoute stéréophonique peut atteindre 70 % de la surface totale de la pièce.

Pièces moyennes

Ici (Fig. 3) les dimensions $A \ll B$ — donc les réflexions des parois latérales — jouent un rôle important dans la distribution sonore ; il en résultera la nécessité d'éliminer ces réflexions soit en recouvrant les parois latérales, au voisinage des haut-parleurs, d'un matériau amortisseur, soit en modifiant les diagrammes de radiations des haut-parleurs afin que les niveaux acoustiques des lobes latéraux du diagramme de radiation soient pratiquement réduits à zéro. Les diagrammes de radiation des Fig. 4 et 5 font ressortir la différence qui existe entre le diagramme original et celui où l'on a intentionnellement modifié la puissance du lobe latéral.

Dans ce dernier cas les haut-parleurs sont situés contre une paroi de la pièce, dans les angles, les exigences relatives à la distance B étant satisfaites (Fig. 6). Les directions des axes de radiation qui en résultent sont corrigées mécaniquement afin de placer

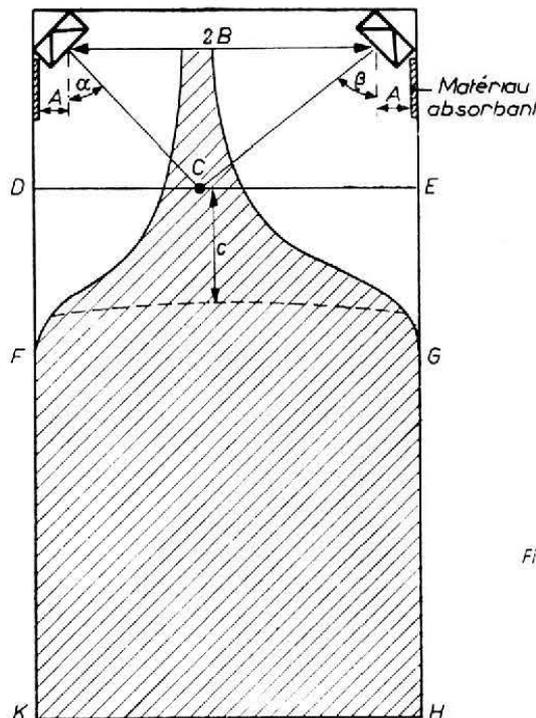


Fig. 3. — Pièce moyenne, $A \ll B$.

Fig. 4. — Diagramme de radiation du haut-parleur 9710 M.

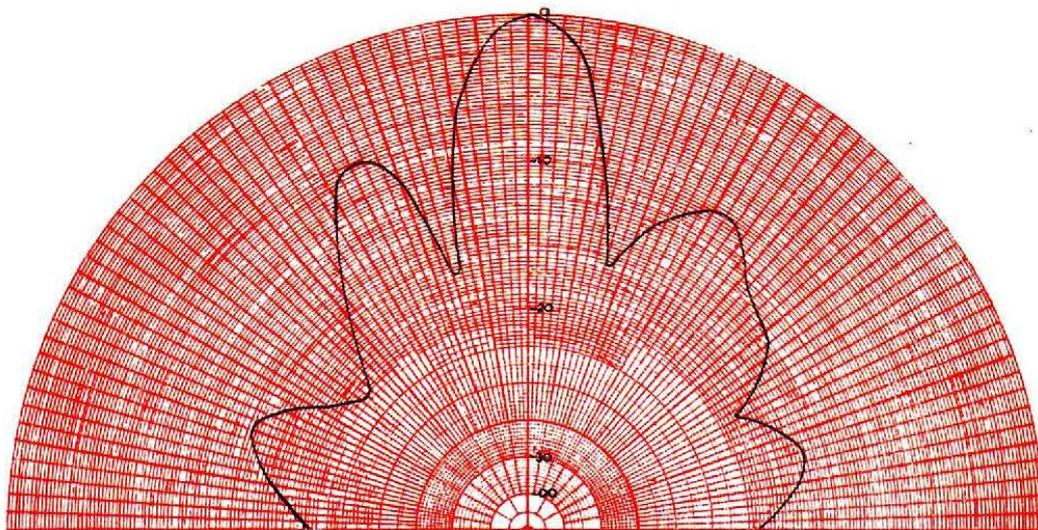


Fig. 5. — Diagramme de radiation d'un haut-parleur avec modification du lobe latéral (canal gauche).

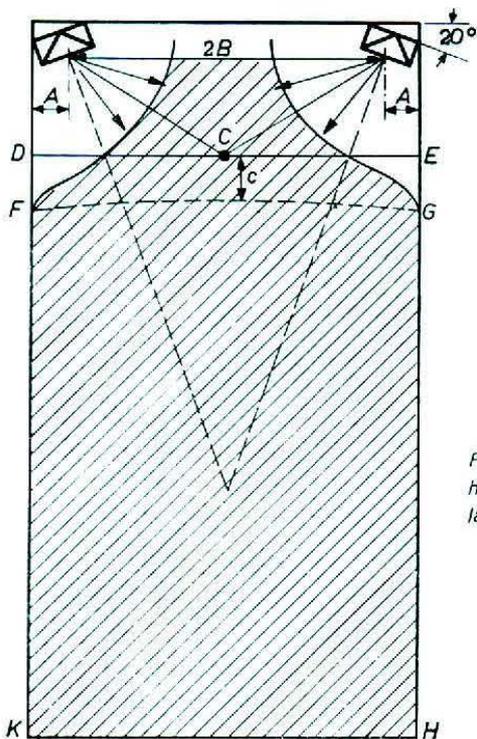
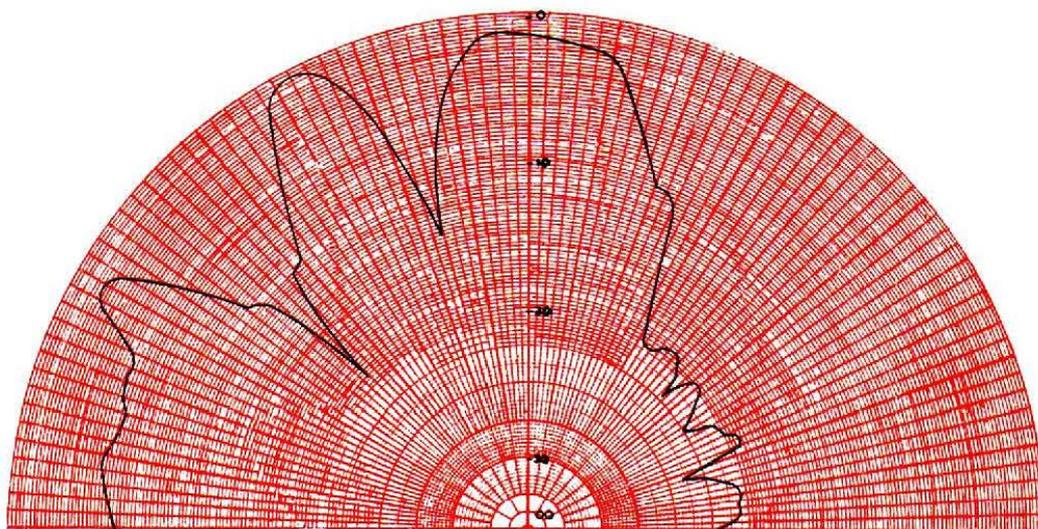


Fig. 6. — Pièce moyenne, $A \ll B$; haut-parleurs avec réduction du lobe latéral correspondant.

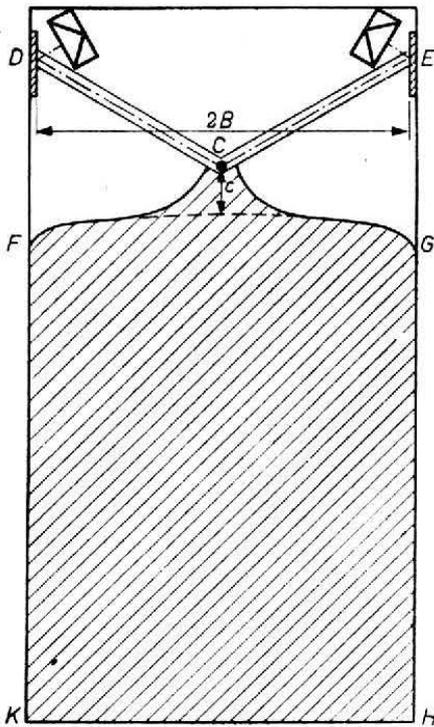


Fig. 7. — Petite pièce $A \ll B$;
 $B < 2$ mètres.

le point de recoupement des axes à 1,50 m en avant de l'emplacement d'écoute choisi, ce qui permet de recevoir l'image sonore stéréophonique dans 70 % de la surface totale de la pièce (voir la partie hachurée de la figure). L'inconvénient de cette solution est que les haut-parleurs ne sont pas interchangeables car ils sont étudiés pour ne reproduire que le canal droit ou canal gauche.

Petites pièces

Pour ces pièces $A \ll B$ avec $2B = 3$ ou 4 m il est clair que la base sonore obtenue au moyen de haut-parleurs situés dans les angles ne peut être supérieure à 1,50 m environ. Cette base est trop petite pour une reproduction stéréophonique réaliste. Comme la différence de phase entre le signal original et le signal réfléchi est imperceptible en raison des faibles dimensions de la pièce, on peut utiliser cette fois les réflexions directes pour élargir la base de l'image sonore (Fig. 7) jusqu'à une base apparente ED . Les parois latérales réfléchissantes devront être réalisées en un matériau offrant une réflexion voisine de 100 %. Les rayons sonores élargis créés de cette façon et la base sonore imaginaire assurent dans la pièce une image stéréophonique efficace sur plus de 50 % de la surface totale (partie hachurée de la figure). Cette solution peut s'appliquer avec profit à une installation non classée « Haute Fidélité ».

Augmentation du nombre de haut-parleurs

Il est possible d'améliorer très agréablement l'image sonore en utilisant plusieurs paires de haut-parleurs, par exemple : deux haut-parleurs pour les

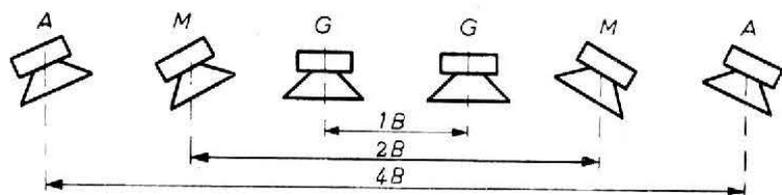
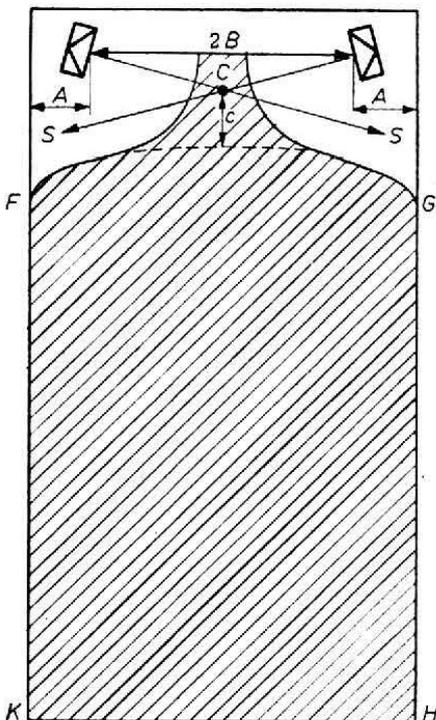


Fig. 8.

graves, deux pour le médium et deux pour les aiguës, comme l'indique la Fig. 8. Ces paires sont disposées à une distance B pour les graves, $2B$ pour le médium et $4B$ pour les aiguës.

Fig. 9. — Grande pièce, avec parois latérales absorbantes (S)



Selon les dimensions et les coefficients de réflexion des parois latérales les haut-parleurs d'aiguës doivent présenter un diagramme de radiation normal ou un diagramme modifié, comme on l'a vu plus haut. L'équilibre de puissance et la séparation des sous-canaux grave, médium et aigu, aussi bien que la balance des canaux stéréophoniques doivent être aussi exacts que possible, afin d'assurer une image sonore stéréophonique réaliste et à large front pour toutes variétés de musique. L'inconvénient de cette combinaison de haut-parleurs est qu'il ne se prête pas à la reproduction d'une source sonore en mouvement (balle qui roule, etc.).

Reproduction stéréophonique dans un grand auditorium

La reproduction stéréophonique dans un grand auditorium se caractérise par une difficulté, celle qui découle du fait que les haut-parleurs devant être placés trop près des auditeurs du premier rang, il en résulte une instabilité de l'image sonore stéréophonique pour les personnes qui tournent la tête pendant l'audition. Différentes méthodes permettent d'obvier à cet inconvénient ; la solution dépend des propriétés acoustiques de la salle de concert. Si les parois latérales sont très absorbantes, il y aura peu à craindre que des réflexions croisées viennent abîmer l'image stéréophonique. Les axes de radiation des haut-parleurs sont alors dirigés vers les parois latérales suivant un angle plus grand que la normale 50° à 45° . Le point de recoupement des axes des diagrammes de radiation se rapproche du mur sonore et s'éloigne de l'auditorium on le fixe à nouveau à une distance d'environ 1,50 m en avant du premier rang d'auditeurs (fig. 9).

Si les murs sont faits d'un matériau solide à coefficient élevé de réflexion, il n'est pas possible de recourir à ce procédé, car le son réfléchi du haut-parleur gauche atteint l'auditorium en venant du mur de droite en tant que son réfléchi et en venant de gauche en tant que son direct : dans ces conditions il ne peut y avoir aucune image stéréophonique.

Cela veut dire qu'il convient d'augmenter l'aire utile d'écoute à plus de 70 % de la surface au moyen de rayons sonores directs qui n'atteignent le mur opposé qu'après avoir été considérablement atténués par l'amortissement de la salle. Cela est possible si

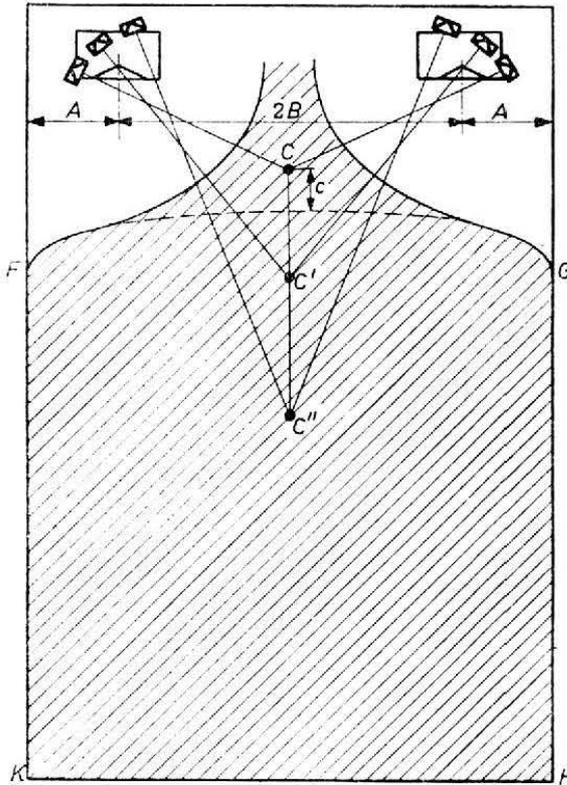


Fig. 10. — Grande salle, avec parois latérales réfléchissantes.

l'on dispose plusieurs haut-parleurs d'aiguës selon des angles différents par rapport aux murs de côté, et les haut-parleurs de graves selon des angles normaux. Les combinaisons de haut-parleurs sont ensuite reliées aux canaux stéréophoniques au moyen de filtres de recouvrement (*crossover filters*) de haute qualité qui assurent ainsi, à des niveaux sonores élevés, une reproduction exempte d'effet Doppler. Avec cette disposition, la distance constante (c) indiquée plus haut devient une variable (c . c' . c'' .) par rapport à l'emplacement de l'auditeur (fig. 10).

En général, les haut-parleurs d'un système stéréophonique ne doivent pas être placés trop haut au-dessus du plancher d'une salle d'audition, car l'image sonore stéréophonique a toujours tendance à monter au plafond. Si l'ameublement (qui absorbe le son), en face des haut-parleurs, interfère avec la propagation des ondes sonores, la distance des haut-parleurs au plancher devra être augmentée, mais en même temps il faudra baisser les haut-parleurs vers le sol, afin d'éviter une forte localisation artificielle de la source sonore apparente. Les essais que nous avons effectués en laboratoire et dans de nombreuses pièces de toutes dimensions ont prouvé qu'avec des haut-parleurs correctement disposés il était possible de percevoir une image sonore stéréophonique correctement et distinctement dans la plus grande partie de la pièce.

ASSOCIATION

de haut-parleurs à haute fidélité

AD 5035 A / AD 5036 B

La combinaison de haut-parleurs à haute fidélité AD 5035A/AD 5036B sert à fournir une reproduction sonore sur toute l'étendue du spectre au moyen de haut-parleurs séparés. Les graves sont reproduites par la boîte amortie AD 5035A qui est équipée du haut-parleur à haute impédance 9710A et il y a deux projecteurs pour les aigus AD 5036B. Ces projecteurs sont munis d'un haut-parleur à haute impédance à double cône AD 3500BM.

La boîte pour les graves doit être connectée à la voie correspondante de l'amplificateur à haute fidélité AG 9009 ou AG 9160 et les deux projecteurs doivent être reliés en série avec la voie des aigus. Les impédances d'adaptation des deux voies sont de 800 ohms, cette même impédance étant requise pour les haut-parleurs (9710A : 800 ohms ; 2 x AD 3500BM : 2 x 400 ohms).

La conception entièrement nouvelle en ce qui concerne l'amortissement contrôlé de la boîte des graves a conduit à une impédance du haut-parleur indépendante de la fréquence et à une suppression complète des effets de résonance et d'anti-résonance. Ainsi on a obtenu une extension de la reproduction des graves sans relief de ces notes, sans distorsion transitoire et distorsion du signal appliqué, ce qui est bien souvent le cas.

Une reproduction audible des fréquences de l'ordre de 30 Hz a été rendue possible avec ce coffret relativement petit — grâce encore au principe de l'amortissement contrôlé. La rigidité extrême de cette boîte légère, autre explication de la reproduction pure des graves, résulte de l'application de nervures aux endroits acoustiquement et mécaniquement corrects.

La boîte a été étudiée de telle manière qu'il est très facile de la placer dans un coin mais grâce au fond plat on peut aussi la placer le long d'un mur. La distance entre la boîte et le mur doit être de 3 cm au moins. Les projecteurs de forme spéciale et élégante, AD 5036B peuvent être facilement placés sous divers angles contre un mur ou le plafond (0°, 30°, 60°). Ils sont équipés des haut-parleurs à double-cône AD 3500BM, qui sont des transducteurs à faible distorsion et impédance constante. La réduction de la distorsion par battement bien en dessous du seuil d'audibilité a été rendue possible en utilisant une matière spéciale pour le cône. La réponse linéaire de ces haut-parleurs s'étend de 450 à 20.000 Hz. La distorsion non-linéaire est exceptionnellement basse. L'absence de résonance entraîne une très bonne réponse transitoire. La réponse linéaire s'étend jusqu'à la gamme ultrasonore inférieure. L'effet de « trou de serrure » qui empêche une reproduction réaliste de la musique a été surmonté avec cette combinaison de haut-parleurs.

Quand les projecteurs d'aigus sont dirigés vers le mur, le son réfléchi parvient à l'auditeur d'une zone étendue. Ainsi la proportion entre le son direct et le son réfléchi s'approche de celle d'une bonne salle de concert. Le degré de diffusion est tel que les divers instruments de musique semblent être séparés dans l'espace, cependant sans que leur position devienne instable ni que les dimensions apparentes des voix en solo deviennent anormalement grandes. Les graves qui n'ont à peu près aucun effet directionnel sur l'oreille humaine sont reproduites par un seul coffret qui de préférence doit être placé dans un coin de la pièce. Il en résultera que la pièce joue maintenant le rôle d'un grand pavillon amplifiant les fréquences basses.



SAISON
STÉREOSONIC
1959-1960

AG 9014

**Ensemble amplificateur
pour
reproduction
stéréophonique
à
haute fidélité**



AG 3063 Phonocapteur stéréophonique à cristal.
Haute compliance.
Haute séparation des canaux.
Tension délivrée importante.

AG 2210 Tourne-disque semi-automatique monophonique et stéréophonique dérivé de AG 2009.

AG 9014 Amplificateur haute fidélité à 2 canaux.
Puissance de sortie : 2×10 watts pour une distorsion $< 1\%$. Courbe de réponse droite de 20 à 20.000 Hz.

AD 5038 Colonne sonore (volume : 30 lit.) équipée d'un haut-parleur AD 3701 AM de 800 ohms d'impédance.

Eh bien, oui ! La stéréophonie est une chose merveilleuse. Elle est à la monophonie, ce que le cinéma en couleurs est au cinéma en noir et blanc. Stéréophonie signifie que la musique prend vie et beauté dans une nouvelle dimension. La stéréophonie donne une nouvelle conception de la musique et révèle une foule de détails qui manquaient dans toute la musique enregistrée connue jusqu'alors.



Dès 1939 Philips a développé un équipement stéréophonique et en a fait de nombreuses démonstrations. Depuis cette époque Philips a joué un rôle important en perfectionnant la stéréophonie sous ses deux aspects : enregistrement et reproduction des disques. L'étude approfondie de ces deux points permet à Philips de présenter une gamme fort complète et très adaptée à la reproduction stéréophonique. En outre : les électrophones, même non-stéréophoniques, donnent à la musique plus de couleur et de clarté que jamais.

PHILIPS



S. A. PHILIPS, SIÈGE SOCIAL : 50, AVENUE MONTAIGNE - PARIS-8^e

CAPITAL : 100 MILLIONS N. F. • R. C. SEINE 56 B 4726