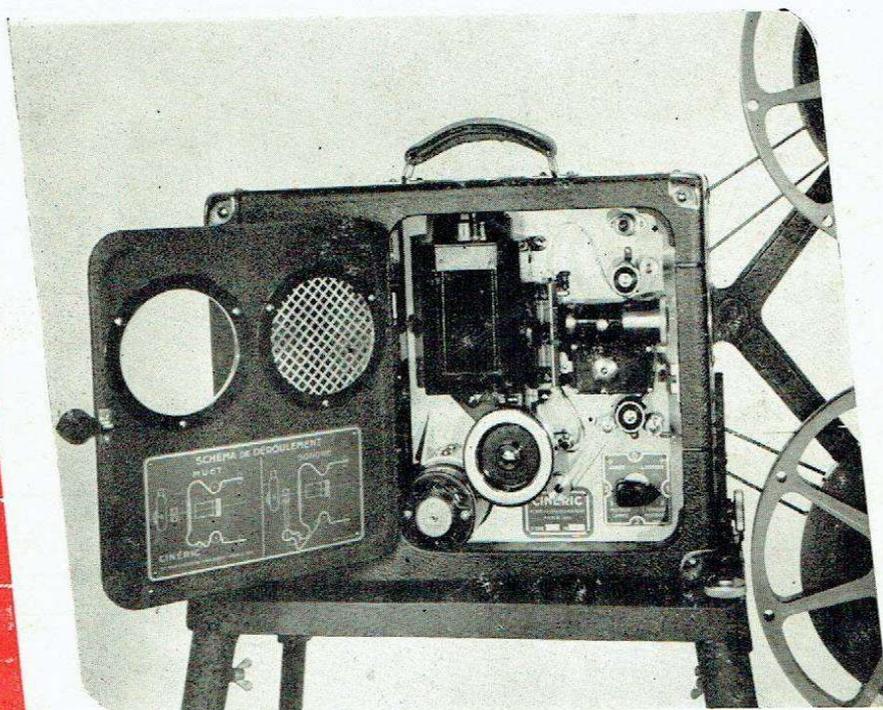


revue  
du

# SON

ENREGISTREMENT • REPRODUCTION  
SONORISATION • CINÉMA SONORE



Vue générale du projecteur sonore SD  
(16 mm) des Établissements Cinémic

N° 2 — Mai 1953  
MENSUEL - 180 F  
ÉDITIONS CHIRON PARIS

la première revue française  
d'électro-acoustique

# revue du SON

PREMIERE REVUE FRANÇAISE D'ÉLECTRO-ACOUSTIQUE

Recopiez sur lettre ou sur talon de mandat-carte les indications suivantes :

NOM ..... Profession .....

Adresse .....

Je déclare m'abonner pour un an (onze numéros) à la revue du SON, à dater du n° ..... pour la somme de \* .....

SIGNATURE :

\* France : 1 800 F; étranger : 2 100 F.

Ces renseignements et la somme indiquée sont à adresser aux Editions CHIRON, département revue du SON, 40, rue de Seine, Paris-6°. Compte chèques postaux : PARIS 53-35.

P. HEMARDINQUER

## LA PRATIQUE DES MAGNÉTOPHONES

Choix du montage - Les supports - Les platines  
- Construction d'une platine à fil magnétique -  
Montage électronique d'une machine à fil -  
Platine d'une machine à ruban - Dépannage  
- Mise au point - Sonorisation magnétique des  
films de cinéma

Un ouvrage de 172 pages. Broché, 14x23 cm. Prix : 910 F  
port compris

Editions CHIRON - 40, r. de Seine - PARIS-VI<sup>e</sup>

P. HEMARDINQUER

## A. B. C. DU CINÉMA D'AMATEUR

Comment filmer - Les formats et les films  
Les caméras - Les projecteurs - Conseils  
techniques et pratiques - Les scénarios - Le  
film sonore, en couleur, en relief

Un ouvrage de 184 pages. Broché, 14x23 cm. Prix : 520 F  
port compris

Editions CHIRON - 40, r. de Seine - PARIS-VI<sup>e</sup>

# "Princeps"

PREMIER SPÉCIALISTE DE L'AIMANT PERMANENT

Vingt Années  
de

RÉGULARITÉ  
toujours le premier  
en

QUALITÉ

PRINCEPS S.A.

capital 30.600.000 francs

27, RUE DIDEROT

ISSY - LES - MOULINEAUX

— MIChelet 09-30 —

\*

tellement  
supérieur  
et si différent...

J. A. NUNÈS — 180 B



# revue du SON

PREMIÈRE REVUE FRANÇAISE D'ELECTRO-ACOUSTIQUE

N° 2

MAI 1953

## SOMMAIRE

<i>Editorial :</i>	
Normalisation .....	(M.-J. DE CADENET) 51
<i>Acoustique :</i>	
Les microphones : propriété, étalonnage et caractéristiques.....	(R. LEHMANN) 53
<i>Enregistrement magnétique :</i>	
Les problèmes mécaniques posés par la réalisation d'un magnétophone. (Roger-Benjamin BOHIN)	57
<i>Enregistrement :</i>	
Un centre d'enregistrement à la portée de tous :	
2° partie : amplificateur d'enregistrement .....	(M.-J. DE CADENET) 61
<i>Propos à enregistrer :</i>	
A propos du stroboscope .....	71
<i>Construction :</i>	
Un nouveau tube de puissance EL84 .....	(L. CHRÉTIEN) 72
<i>Cinéma sonore :</i>	
L'enregistrement magnétique dans le cinéma parlant professionnel. (V. POKROVSKY)	75
Le contrôle électro-acoustique au cinéma.....	(Claude SOULÉ) 81
La sonorisation magnétique des films de format réduit.....	(M.-J. DE CADENET) 83
<i>Sonorisation :</i>	
Le couplage des haut-parleurs.....	(Philippe FORESTIER) 87
<i>Activité des industriels :</i>	
Le diffuseur Elipson. - Projecteur sonore 16 mm S.D. Cineric. - Retour sur le Salon de la Pièce Détachée Radio .....	91
<i>Revue des Livres</i> .....	92
<i>Informations :</i>	
Compte rendu de la séance du G.A.L.F. - Congrès International d'Electro- Acoustique. - Les fêtes de Versailles. - Le synchro-bloc Fred Jeannot.....	50

Prix du N° : 180 F.

Abonnements :  
(Un an, onze numéros)

FRANCE.... 1800 F.

ÉTRANGER.... 2100 F.

Les abonnements peuvent partir  
de n'importe quel numéro

Tous les articles de la *Revue du SON* sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs. En particulier, la *Revue* n'accepte aucune responsabilité en ce qui concerne la protection éventuelle des schémas publiés par des brevets.

Rédacteur en chef : MAXIME DE CADENET

Directeur technique : LUCIEN CHRÉTIEN

Directeur d'édition : GEORGES GINIAUX

### CONSEIL DE RÉDACTION :

MM. Jean-Jacques MATRAS, Ingénieur général de la Radio-Télévision Française; José BERNHART, Ing. des Télécommunications, Chef du service "Prise de Son" à la R.T.F.; André MOLES, Docteur ès Sciences, Ing. I.E.G., Licencié en Psychologie, Acousticien; François GALLET, Ing. des Télécommunications, Chef du service "Enregistrement magnétique" à la R.T.F.; Jean VIVIÉ, Ing. civil des Mines, professeur à l'École Technique du Cinéma.

CORRESPONDANCE :

Abonnements, vente, rédaction

ÉDITIONS CHRON

40, r. de Seine - PARIS-VI<sup>e</sup>

Tél. DAN. 47-56

Publicité :

Revue du SON

Dépt. Publicité

40, r. de Seine - PARIS-VI<sup>e</sup>

Tél. DAN. 47-56

## COMPTÉ RENDU DE LA SÉANCE DU G. A. L. F. DU 21 JANVIER 1953

*Communication de MM. RAES et SACERDOTE.* — Etude expérimentale de l'acoustique des basiliques romaines.

Les auteurs décrivent les essais qu'ils exécutèrent dans deux basiliques romaines : Saint-Jean-de-Latran et Saint-Paul-Hors-les-Murs. Ils donnent les résultats qu'ils obtinrent en utilisant deux méthodes pour la mesure des temps de réverbération, puis ils comparent les diverses valeurs obtenues pour les deux basiliques.

Ils terminent en mettant en évidence le rôle des plafonds et des colonnes et pensent que des mesures complémentaires seraient à faire pour préciser le rôle exact de chacun de ces facteurs.

*Communication de M. LOTTERMOSE.* — L'orgue de Silbermann de l'église d'Ebersmünstr.

Cette communication est présentée et commentée par M. RURY et accompagnée de nombreux exemples musicaux.

Après avoir fait une brève description des orgues en général, et celui de Silbermann en particulier, l'auteur étudie les propriétés de l'église au point de vue acoustique : temps de réverbération et ondes stationnaires.

Il aborde ensuite les propriétés acoustiques de l'orgue. Il compare les pressions sonores produites par les différents jeux. Il constate, en particulier, le faible niveau produit et la faible dispersion des résultats.

Il étudie alors les différents jeux du point de vue timbre, c'est-à-dire du point de vue spectre sonore. Il compose les différentes tonalités et les spectres correspondants : un spectre où les premiers harmoniques dominent donne une tonalité sombre et pleine, et l'apparition d'harmoniques supérieurs éclaircit le timbre. Il note aussi la présence, dans certains cas,

de « formantes » qui donnent aux sons un caractère de voyelle.

Il montre, ensuite, comment l'énergie sonore se répartit en bandes de fréquences pour les différents jeux et pour différentes positions de la gamme. Il note, en particulier, une concentration assez marquée de l'énergie dans la bande 800-1600 p/s, surtout pour les positions hautes. Il compare les résultats avec ceux qui sont obtenus sur un orgue de Holzay et qui donne une répartition spectrale différente ; il s'ensuit une différence de tonalité générale décelable subjectivement.

Enfin, il dit quelques mots sur les phénomènes non stationnaires, les attaques différentes suivant les jeux et les positions et les « tremblants » qui contribuent à rendre le jeu vivant.

La conférence se termine par l'audition d'un certain nombre de morceaux qui montrent les multiples possibilités de l'orgue de Silbermann.

## CONGRÈS INTERNATIONAL D'ÉLECTRO-ACOUSTIQUE

Un très important Congrès International d'Electro-Acoustique va avoir lieu en juin à Delft (Pays-Bas). Il réunira les personnalités mondiales dans le domaine dont l'extension se fait de plus en plus dynamique. Plusieurs des collaborateurs de la revue du SON y participeront et en donneront ici même un compte rendu détaillé.

Plus de 70 communications y seront

présentées dans les secteurs suivants : Enregistrement du son ; Systèmes de public-address et de reproduction ; Mesures acoustiques et psycho-acoustiques ; Appareils de prothèse auditive et d'audiométrie ; Ultra-sons ; Instruments de musique et musique électronique ; Isolation sonore et acoustique architecturale.

La participation des sociétés industrielles aussi diverses que des compagnies

d'aviation (KLM), de navigation (Rotterdam Lloyd-Holland Amérique), d'électronique proprement dite (Philips-Ronette), de téléphones (Ericson), de radio (Radio-Unic), de mesures, en outre des Universités et des services officiels, montre mieux que tout autre l'extension du domaine d'application de l'électro-acoustique.

A. M.

## LES FÊTES DE VERSAILLES

Dans son prochain numéro, la revue du SON présentera une étude des plus intéressantes de M. José BERNHART sur les problèmes posés par l'association de la Lumière et du Son au cours des grandes manifestations artistiques qui vont se dérouler dans le cadre sans pareil du château de Versailles, M. BERNHART a

bien voulu accepter de donner à nos lecteurs la primeur des détails techniques concernant la façon dont il a résolu le délicat problème de la prise de son stéréophonique et de la diffusion sonore « en relief », domaine dans lequel l'expérience unique acquise par notre colla-

borateur, qui fut l'un des pionniers de l'application de la stéréophonie au domaine artistique, nous garantit que ces transmissions sonores seront vraiment le clou de ces manifestations qui ont pour but d'aider à sauver le château de Versailles auquel demeurent attachés tant de souvenirs glorieux de l'Histoire de France.

## LE SYNCRO-BLOC FRED JEANNOT

Nous avons annoncé dans notre article sur le cinéma sonore d'amateurs paru dans le numéro 1 de la revue du SON, que nous espérions pouvoir décrire très prochainement un adaptateur pour son magnétique utilisable avec tout projecteur quel qu'en soit le type ou le format.

Nous sommes heureux de présenter à nos lecteurs le Synchro-Bloc dont l'idée de base et la fabrication d'ensemble sont couverts par les brevets déposés par Fred JEANNOT, le spécialiste bien connu du cinéma d'amateur de qualité.

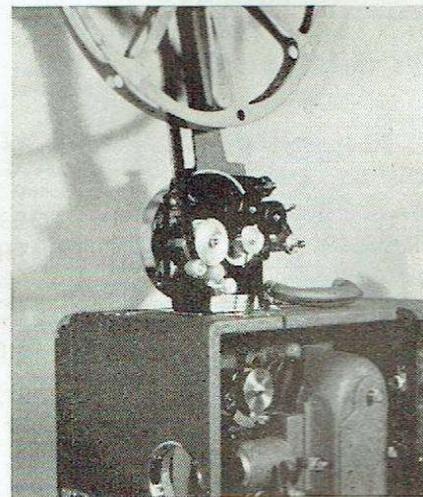
Le Synchro-Bloc Fred Jeannot est un ensemble d'enregistrement et de lecture par procédé magnétique qui se place sur n'importe quel appareil, entre le bras supérieur supportant la bobine débitrice et le chrono.

Il est composé :

- d'un frein, que l'on aperçoit très nettement sur la photographie,
- d'un rotary, muni d'un lourd volant,
- de deux têtes magnétiques, l'une effaceuse, l'autre lectrice-enregistreuse, qui reposent sur le rotary.

L'adaptation de cet appareil sur n'importe quel projecteur se fait en quelques secondes, sans démontage de ce dernier, et sans percer un seul trou.

Nous n'avons pas voulu attendre pour donner à nos lecteurs la primeur de cette bonne nouvelle, mais nous reviendrons plus en détail sur cette réalisation remarquable, qui vient bien à son heure.



# NORMALISATION

QUAND on consulte les catalogues des fabricants de matériel électro-acoustique, on ne peut manquer d'être surpris de constater que des équipements de caractéristiques voisines, sinon identiques, sont classés par un constructeur ambitieux en catégorie « semi-professionnelle », tandis qu'un concurrent moins présomptueux ou simplement plus soucieux de sa réputation, se contente de l'appellation « pour amateurs ».

Cet état de choses, qui s'applique aussi à la séparation en catégories « professionnelle » et « semi-professionnelle », est regrettable pour l'utilisateur qui ne sait plus très bien comment orienter son choix, la question du prix d'achat mise à part (elle varie en général avec la catégorie, bien entendu). La classification traditionnelle en matériels professionnel, semi-professionnel et amateur ne signifie au fond pas grand-chose, aucune normalisation n'indiquant les limites précises de chaque catégorie.

Il semble toutefois, si l'on examine attentivement les notices des constructeurs que, mis à part les matériels spéciaux pour la radiodiffusion pour lesquels la R.T.F. impose des normes et ceux destinés au cinéma sonore pour lesquels des normes sont en voie d'établissement, la différenciation entre ces trois catégories provient principalement de variations dans la qualité électronique des équipements : la bande passante de ceux-ci semble être en relation directe avec la « professionnalisation » (qu'on nous pardonne ce terme peu élégant) de l'équipement. Dans ces conditions, « amateur » serait synonyme de médiocre, électroniquement parlant, « professionnel » étant un symbole de qualité, alors que la notion de qualité électronique varie de façon considérable suivant l'emploi projeté, l'utilisation pour des fins professionnelles ou par l'amateur faisant intervenir d'autres variables dont il ne semble pas qu'on tienne suffisamment compte. On arrive à ce résultat paradoxal que deux machines d'enregistrement magnétique rigoureusement identiques, à la vitesse de défilement près (et d'ailleurs fabriquées par le même constructeur) sont vendues l'une (celle à vitesse élevée) sous l'appellation « semi-professionnelle », l'autre (à vitesse plus faible) sous le vocable « amateur » alors que seule la qualité de la fabrication devrait décider de la classe, identique a priori, à laquelle appartiennent effectivement les deux machines qui sont d'ailleurs toutes deux données comme ayant le même coefficient de variation instantanée de vitesse, ce qui, autre paradoxe, semblerait indiquer que la régulation de la machine pour amateurs a fait l'objet d'une étude plus poussée que pour la machine semi-professionnelle!

Nous pensons qu'à cette notion de performances électroniques plus ou moins poussées dont est capable un matériel devrait venir s'ajouter celle de robustesse et de sécurité d'emploi. Nous emprunterons un exemple au cinéma : la quasi-totalité des caméras de prise de vues 16 mm de fabrication sérieuse ont des performances sensiblement identiques, qu'il s'agisse de matériel professionnel ou d'amateurs, la différence fondamentale entre les deux catégories (la quantité de pellicule impressionnable en une seule charge mise à part) étant que la caméra professionnelle est conçue pour assurer sans réparation l'enregistrement d'un kilométrage impressionnant de pellicule alors que la caméra d'amateur sera, malgré des soins constants et à de rares exceptions près, usée et inutilisable bien avant sa sœur professionnelle. L'expérience acquise dans ce domaine par des services gros consommateurs de films tels que le Journal Télévisé est révélateur, les opérateurs de ce journal tournant souvent en une semaine avec la même caméra plus de pellicule qu'un amateur moyen n'en consommerait en trente ans.

Dans le domaine de l'Electro-Acoustique, les mêmes remarques sont valables : un amplificateur de reproduction de son sur film destiné à une salle de spectacle n'a nul besoin de posséder des caractéristiques électroniques extraordinaires : sa réponse en fréquence n'a guère besoin de « monter » haut dans les aigües, des filtres passe-bas coupant les fréquences élevées lors de l'enregistrement, et sa distorsion peut atteindre 5 %, sans qu'aucun spectateur ne soit conscient d'une perte de qualité! C'est la robustesse de cet amplificateur qui le fait classer en catégorie professionnelle, alors que l'examen de sa courbe de réponse inciterait beaucoup d'utilisateurs, le destinant à un autre usage, à l'inclure dans la catégorie « amateurs ». On pourrait citer des dizaines d'exemples analogues : l'enregistrement sur bande magnétique d'un trafic d'aérodrome, pour n'en citer qu'un, se contente d'une réponse courbée à 3 ou 4 kc/s, ce qui ne veut pas dire qu'il s'agisse d'un équipement de qualité « amateur », cet enregistreur devant être capable de fonctionner vingt-quatre heures sur vingt-quatre sans défaillance.

C'est pourquoi il nous paraît souhaitable de réviser la classification actuellement en vogue, la qualité électronique ne devant pas être le seul critérium différenciateur des catégories, la robustesse et la sécurité d'emploi devant jouer un rôle prépondérant.

La classification des matériels électro-acoustiques telle que nous la concevons, sans que notre point de vue n'ait rien d'absolu, pourrait se faire en conservant les trois catégories actuelles, l'admission dans une catégorie tenant compte naturellement des conditions particulières de fonctionnement dans l'emploi envisagé, les caractéristiques électroniques et le cas échéant, mécaniques, étant fixées par une norme, fonction des exigences particulières d'utilisation et non plus, nécessairement, de la catégorie de classification. Les matériels seraient répartis comme suit :

Matériel professionnel : destiné à un service continu et, le cas échéant, dépannable sans démontage;

Matériel semi-professionnel : destiné à un service intermittent, dans des conditions moins rigoureuses que pour le matériel professionnel;

Matériel amateur : destiné à un service occasionnel, dans des conditions ne nécessitant pas une robustesse et une longévité comparables à celles nécessaires pour les deux catégories ci-dessus.

Serons-nous suivi dans ce domaine? nous croyons que l'énorme développement de tout ce qui touche à l'électro-acoustique rendra obligatoire une telle normalisation. L'effort important entrepris sous l'impulsion de Jean Vivié dans le domaine de la normalisation cinématographique commence à porter ses fruits, alors qu'il y a seulement quelques années une telle normalisation semblait utopique pour beaucoup : déjà le matériel électro-acoustique utilisé en cinéma sonore est sur la voie de la normalisation complète. Espérons que cet exemple sera suivi rapidement par les fabricants français d'équipements électro-acoustiques; l'usager s'y retrouvera et comme, en définitive, c'est lui qui paye, il est probable que tout le monde s'en trouvera bien.



# LES MICROPHONES :

## propriétés, étalonnage et caractéristiques

par R. LEHMANN \*

Tous les techniciens des télécommunications savent que les microphones sont des appareils électro-acoustiques transformant, avec un certain rendement, une énergie sonore en une énergie électrique. Nombreux sont ceux qui connaissent les divers types de microphones généralement utilisés en radiodiffusion, pour l'enregistrement, pour les mesures, pour les étalonnages ou par les laboratoires d'acoustique pour leur technique courante; moins nombreux sont ceux qui connaissent parfaitement le mode de fonctionnement et les propriétés de chaque type et, enfin, peu nombreux, pensons-nous, sont ceux qui connaissent le mode opératoire utilisé pour le relevé de leurs principales caractéristiques, ainsi que les défauts et avantages de chaque type.

Notre but, dans le présent article, n'est pas de passer en revue les divers microphones existant sur le marché, mais de donner quelques indications sur le mode de fonctionnement de chacun des types de microphones actuellement construits, de donner quelques précisions sur l'influence des dimensions et des formes de ceux-ci, sur leurs caractéristiques, de décrire les méthodes et, plus succinctement, les appareils employés dans les laboratoires d'acoustique pour leur étalonnage et, enfin, de rappeler quelques propriétés essentielles et caractéristiques techniques utiles à l'utilisateur de chacun des types mentionnés.

### Quelques définitions

La plupart des microphones fonctionnent par l'intermédiaire d'un élément mobile qui est mis en mouvement par un diaphragme sous l'action des ondes sonores. La tension électrique engendrée par le microphone sous cette action peut être, soit proportionnelle à la vitesse, soit proportionnelle au déplacement du mouvement ondulatoire. Dans le premier cas, les microphones sont dits à « vitesse constante » (ou à gradient de pression); dans le deuxième cas, ils sont dits à « amplitude constante » (ou à pression).

#### 1° MICROPHONES A GRADIENT DE PRESSION :

Dans cette classe rentrent les divers types de microphones suivants : magnétique, à ruban, électrodynamique, à magnétostriction.

Ainsi, par exemple, pour un microphone électrodynamique, la tension  $V$  qu'il engendre, à circuit ouvert, sera donnée par la formule suivante :

$$V_{\text{volts}} = B \times l \times c \times 10^{-8}$$

(\*) Ingénieur au Département Acoustique-Téléphonométrie du Centre National d'Etudes des Télécommunications.

dans laquelle  $B$  est le flux magnétique (en gauss),  $l$  la longueur du conducteur (en centimètres) et  $c$  la vitesse du mouvement vibratoire (en centimètres par seconde). On voit que  $V$  sera proportionnel à  $c$ , car  $B$  et  $l$  sont des constantes qui doivent être judicieusement choisies, ainsi que les caractéristiques physiques du système mobile pour que  $c$  soit indépendant de la fréquence.

#### 2° MICROPHONES A PRESSION :

Dans cette catégorie rentrent les types de microphones suivants : à charbon, à cristal, ionique, électrostatique.

Ainsi, par exemple, pour un microphone à cristal, la force électromotrice  $V'$  qu'il engendre par effet piézo-électrique et la tension  $V$  qu'il développe sont proportionnelles à un produit  $kx$ , dans lequel  $k$  est un facteur dépendant du cristal et  $x$  le déplacement de ce cristal à partir de sa position de repos. Lorsque le cristal est judicieusement taillé et fixé, le facteur  $k$  est constant quelle que soit la fréquence et la tension  $V$  est bien proportionnelle à  $x$ .

#### RELATION ENTRE LA VITESSE ET L'AMPLITUDE :

Lorsque, dans un système vibratoire, les effets de phase sont négligés, la relation entre la vitesse  $v$  et l'amplitude  $x$  du mouvement s'écrit :

$$v_0 = \omega \times x_0 \quad (1)$$

dans laquelle  $\omega = 2\pi f$  ( $f$  = fréquence du mouvement). Ainsi, la figure 1 représente le mouvement (courbe  $a$ ) d'un tel système vibratoire qui s'écrit, naturellement :

$$x = x_0 \sin \omega t \quad (2)$$

Sur la même figure, la courbe  $b$  représente la varia-

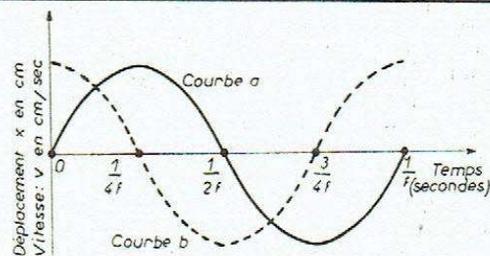


Fig. 1. — Variations de l'amplitude et de la vitesse d'un mouvement vibratoire sinusoïdal.

tion de la vitesse  $v$  en fonction du temps. Les deux courbes sont naturellement déphasées de  $\pi/2$  puisque la vitesse  $v$  est la dérivée première de l'amplitude  $x$  du mouvement :

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega x_0 \cos \omega t \quad (3)$$

Ainsi, avec un microphone à amplitude constante, on voit immédiatement que d'après la formule (1), la vitesse est proportionnelle à la fréquence; au contraire, avec un microphone à vitesse constante, l'amplitude est inversement proportionnelle à la fréquence. En effet, si l'on considère la figure 2, on voit que la distance

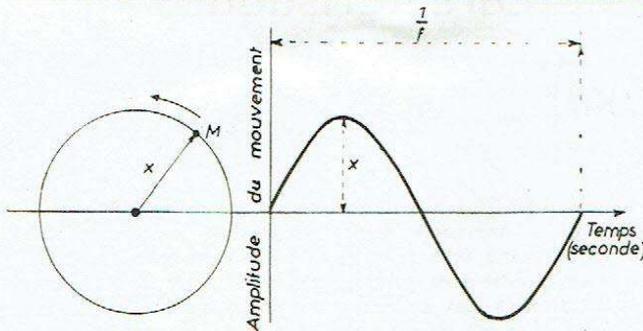


Fig. 2. — Représentation graphique d'un mouvement sinusoïdal (déplacement du pont M).

parcourue par le point M durant une révolution complète, est de  $2\pi x$ ; si  $f$  est le nombre de révolutions par seconde, le temps mis pour exécuter une révolution est de  $1/f$ , ce qui permet d'écrire que la vitesse du mouvement est :

$$v = \frac{\text{temps}}{\text{distance}} = \frac{2\pi x}{1/f} = 2\pi f x$$

et si  $v$  est constant,  $x$  est inversement proportionnel à  $f$ .

## INFLUENCE DE LA FORME ET DES DIMENSIONS DES MICROPHONES

Sans vouloir insister, du point de vue théorique et mathématique, on peut aisément concevoir, *a priori*, que la propagation d'un son dans un milieu infini se produise sans réflexion et sans perturbation. Il est ainsi facile de déterminer les lois de la propagation à partir des théories classiques de la physique, à condition que les particules en mouvement ne se heurtent à aucun obstacle. Ainsi, étant donné les longueurs d'onde des sons audibles (de 15 à 20.000 Hz environ) comprises entre 20 mètres et 1,5 centimètre approximativement, on conçoit très bien que les obstacles que l'on rencontre couramment ne pourront être négligés. En particulier, dans le cas qui nous intéresse actuellement, les dimensions des microphones qui sont généralement comprises entre 25 mm et 20 cm ne pourront être négligées et auront une influence très nette sur la déformation du champ sonore qu'ils produiront à l'endroit où ils sont placés. Nous verrons également que leur forme (sphérique, cylindrique ou plate) a une action importante sur cette déformation et qu'à volume égal par exemple, les perturbations produites varient beaucoup d'une forme à l'autre. Si cette diffraction n'est pas très importante lors d'un enregistrement amateur ou professionnel, il n'en est pas de même lors des étalonnages ou pour les mesures de laboratoires. Dans ces derniers cas, il est très difficile de calculer mathématiquement l'influence des dimensions et de la forme sur la

Quelle que soit l'utilisation à laquelle on destine un microphone, il est toujours essentiel que la tension électrique qu'il fournit soit proportionnelle à la pression acoustique qu'il reçoit; nous examinerons, dans un prochain chapitre, les diverses caractéristiques qu'il est utile, et souvent nécessaire, d'étudier, selon que l'on désire faire de l'enregistrement vocal ou musical pour la radiodiffusion ou le cinéma ou de la transmission téléphonique. Quand il s'agit de choisir un microphone pour une utilisation déterminée, il faut prendre en considération un grand nombre de facteurs, dont nous allons préciser ci-après les plus importants :

### a) Propriétés du champ sonore :

- Champ libre ou salle fermée;
- Intensité du son;
- Bande de fréquences à enregistrer ou à transmettre.

### b) Précision de la mesure :

- Efficacité du microphone;
- Distorsion de fréquence;
- Distorsion de non-linéarité;
- Bruit de fond;
- Distorsion de phase.

### c) Conditions de mesures :

- Bruit ambiant;
- Température;
- Humidité;
- Pression atmosphérique;
- Champ magnétique;
- Vibrations mécaniques;
- Dimensions.

Cette simple énumération, peut-être incomplète, montre que le choix d'un microphone n'est pas une simple formalité, mais qu'il est nécessaire, au contraire, de bien préciser le problème posé avant de fixer son choix.

courbe de réponse et la directivité, c'est pour cette raison que les microphones modernes de laboratoires ont des formes géométriques simples, généralement sphériques ou cylindriques.

### 1° L'effet de diffraction

Cet effet se produit toujours quand une onde sonore rencontre un obstacle; il est d'autant plus marqué que les dimensions de cet obstacle sont grandes par rapport à la longueur d'onde du son considéré. La pression sonore sur le diaphragme du microphone est alors très différente de ce qu'elle serait au même point en l'absence du microphone, c'est-à-dire dans un espace libre. L'onde sonore incidente se réfléchit sur l'obstacle, tout au moins en partie et, lorsque les dimensions de l'obstacle sont grandes par rapport à la longueur d'onde (2 à 3 fois plus importantes environ), il se produit le phénomène connu sous le nom de doublement de pression. Même lorsque les dimensions de l'obstacle et du microphone sont du même ordre de grandeur, il se produit un phénomène de disturbance de champ sonore dont nous parlerons dans les paragraphes suivants sans entrer dans les détails théoriques qu'il serait trop long d'exposer ici (voir Lord RAYLEIGH : *Theory of sound*).

Pour les basses fréquences (inférieures à 500 Hz environ), la diffraction peut être négligée pour des microphones dont les dimensions atteignent 5 cm. Lorsque le microphone a une forme sphérique, le problème se présente plus simplement car, si l'angle d'incidence de l'onde sonore a, dans tous les cas, une grande importance, les variations de pression en fonction des dimensions, pour un angle d'incidence donné, sont plus régulières. Dans les divers cas que nous allons succinctement examiner et qui se présentent, en pratique, le plus souvent, nous appellerons :

- $p$  la pression sonore existant au centre de la membrane du microphone lorsque ce dernier est dans le champ;
- $p_0$  la pression sonore au même point en l'absence du microphone;
- $D$  le diamètre de la membrane ou la dimension du microphone face à l'onde sonore;
- $\lambda$  la longueur d'onde du son considéré;
- $\theta$  l'angle d'incidence de l'onde sonore.

Les graphiques que nous donnerons se rapporteront toujours à des ondes planes, mais lorsque les ondes sont sphériques les effets sont approximativement les mêmes. D'autre part, nous chercherons toujours à mettre en évidence, pour divers angles d'incidence, la variation de  $p/p_0$  en fonction de  $D/\lambda$ .

### 2° Microphones sphériques

La figure 3 met en évidence la courbe de diffraction (pour  $\theta = 0^\circ$ ) d'un microphone sphérique de 5 cm de diamètre, tandis que la figure 4 montre, d'une façon

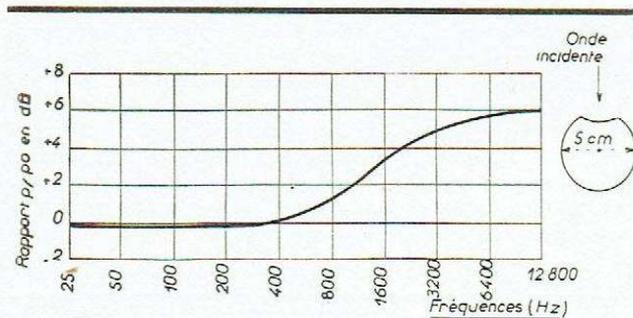


Fig. 3. — Diffraction d'un microphone sphérique ayant un diamètre de 5 cm.

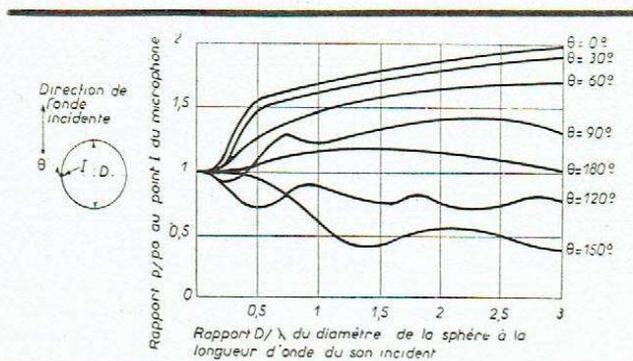


Fig. 4. — Courbes de diffraction d'un microphone sphérique.

beaucoup plus générale, les courbes de diffraction d'un microphone sphérique pour des angles d'incidence  $\theta$  compris entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ . Il ressort de cette dernière figure que pour des angles d'incidence compris entre  $0^\circ$  et  $60^\circ$ , le rapport  $p/p_0$  croît relativement rapidement lorsque le rapport  $D/\lambda$  augmente; lorsque ce der-

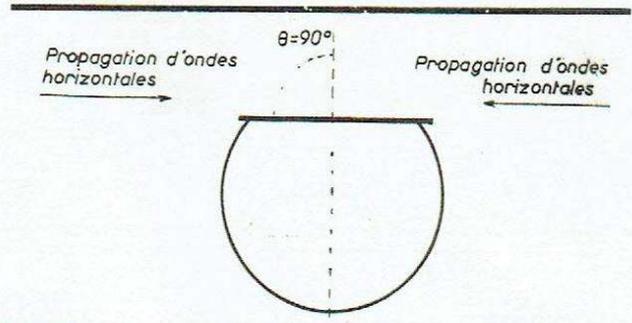


Fig. 5. — Microphone quasi-sphérique recevant des ondes horizontales et présentant, pour  $\theta = 90^\circ$ , la même diffraction quel que soit le sens de propagation de ces ondes.

nier rapport atteint la valeur 1, la croissance devient plus lente. Le phénomène que nous avons appelé doublement de pression tend à se produire, pour  $\theta = 0^\circ$ , pour un rapport  $D/\lambda$  de l'ordre de 3. Il est particulièrement intéressant de noter que pour  $\theta = 90^\circ$ , le rapport  $p/p_0$  reste à peu près constant pour des valeurs de  $D/\lambda$  supérieures à 1,5, ce qui présente un gros intérêt pratique. car si l'on considère la figure 5, on voit que le microphone qui y est représenté recevant des ondes se propageant horizontalement (cas général) présente la même diffraction pour tous les angles d'incidence. Enfin, d'après la figure 4, l'angle d'incidence  $\theta = 180^\circ$  présente le curieux phénomène de produire une diffraction très faible, variant très peu avec le rapport  $D/\lambda$ , alors que pour les angles  $120^\circ$  et  $150^\circ$ , le rapport  $p/p_0$  est plus petit que 1 dès que le rapport  $D/\lambda$  devient supérieur à 0,5.

C'est à cause de ces propriétés que les dimensions et la forme de la membrane interviennent dans les caractéristiques de directivité d'un microphone de forme sphérique. Pour obtenir, pour les angles d'incidence de  $90^\circ$  et  $180^\circ$ , des perturbations aussi réduites que possible, il y a intérêt à avoir une membrane de forme sphérique ayant un diamètre au moins inférieur au tiers de celui du microphone.

### 3° Microphones cylindriques

Les courbes de diffraction d'un microphone cylindrique sont, d'une façon générale, données dans la figure 6, pour des angles d'incidence compris entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ . Il est d'abord très curieux de noter que pour un rapport  $D/\lambda$  égal à 1 et pour l'incidence normale, la diffraction  $p/p_0$  est de l'ordre de 3 (soit 10 décibels environ), tandis que lorsque ce rapport est petit (inférieur à 0,2), on peut considérer la diffraction comme négligeable. Par

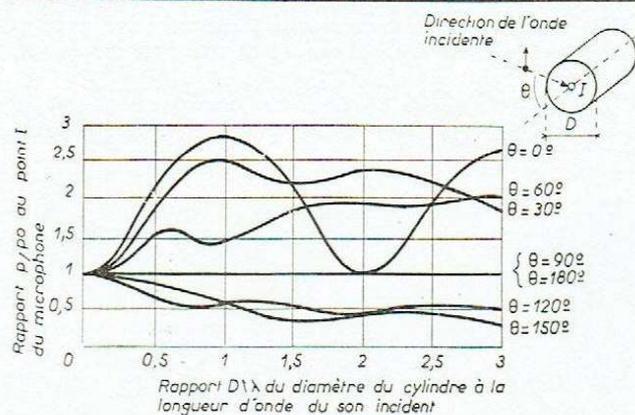


Fig. 6. — Courbes de diffraction d'un microphone cylindrique.

contre, pour ce même rapport  $D/\lambda > 1$  et pour des angles d'incidence égaux à  $120^\circ$  et  $150^\circ$ , le rapport  $p/p_0$  devient plus petit que 1 (de l'ordre de 0,5), ce qui, par rapport à l'angle  $\theta = 0^\circ$ , correspond à une différence due uniquement à la diffraction de l'ordre de 15 db.

Si on compare ces résultats expérimentaux à ceux exposés précédemment pour un microphone sphérique, il est intéressant de noter que la diffraction causée par

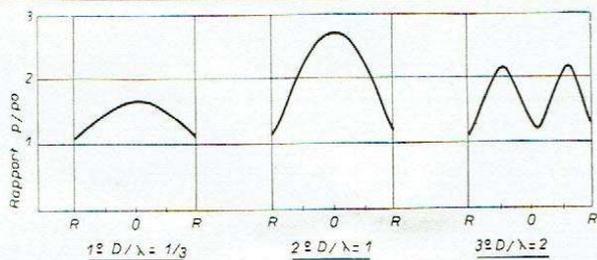


Fig. 7. — Représentation de la variation de la pression sur la membrane d'un microphone cylindrique en fonction de la distance du point considéré au centre pour  $\theta = 0^\circ$ .

une sphère est beaucoup plus uniforme que celle causée par un cylindre, en fonction de  $D/\lambda$ . D'autre part, les mesures expérimentales démontrent qu'il y a intérêt, pour un microphone cylindrique, à avoir une membrane dont le diamètre soit très peu différent de celui du microphone, de façon que la pression sur cette membrane n'offre que des variations peu importantes, comme le montre, d'ailleurs, la figure 7. On y voit, en particulier, sur la première partie, d'une part, que la pression varie très peu d'un point à l'autre de la membrane pour des rapports  $D/\lambda$  inférieurs à 1 et, d'autre part, que la pression y est à peu près la même que celle existant dans le champ libre. Les parties 2 et 3 de cette même figure montrent, au contraire, des variations beaucoup plus importantes de la pression sonore sur la surface de la membrane quand les rapports  $D/\lambda$  sont égaux ou supérieurs à 1 : c'est ici que l'on voit l'avantage d'une membrane de grande dimension, car la pression moyenne qu'elle supporte serait beaucoup plus indépendante de la fréquence qu'en son centre.

Enfin, il est intéressant de noter que pour des angles d'incidence égaux à  $0^\circ$  et à  $180^\circ$ , la diffraction est négligeable. Théoriquement, c'est à partir du cas de l'obstacle cylindrique qu'il est ensuite possible de passer au cas de l'obstacle en forme de disque mince. Nous ne nous y attardons pas car on ne trouve que très rarement des microphones ayant la forme d'un disque.

#### 4° Microphones cubiques

Comme pour les microphones de forme sphérique et cylindrique, nous donnerons dans la figure 8 les courbes de diffraction d'un microphone ayant une forme cubique,

Fig. 8. — Courbes de diffraction d'un microphone cubique.

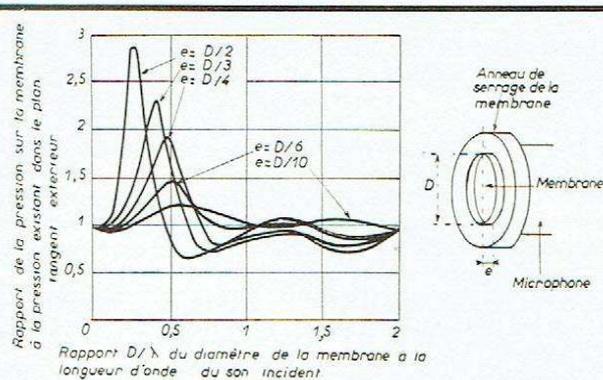
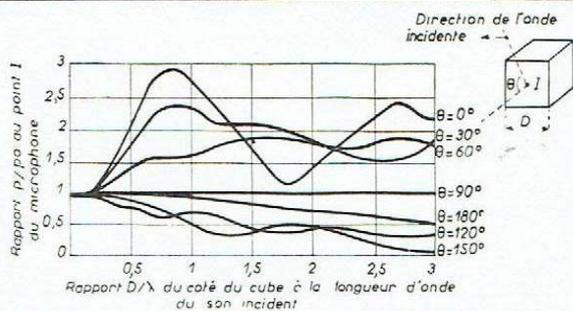


Fig. 9. — Diffraction causée par une cavité cylindrique.

également pour des angles d'incidence compris entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ . On peut remarquer, tout d'abord, si on compare les figures 6 et 8, que les courbes de diffraction d'un cylindre et d'un cube ont de fortes ressemblances, en particulier pour les angles d'incidence de  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  et  $150^\circ$ ; pour l'angle de  $180^\circ$ , il y a une légère différence, surtout pour des rapports  $D/\lambda$  supérieurs à 2.

#### 5° Résonance de cavité

La plupart des microphones possédant des membranes, il est naturellement nécessaire, lors de la construction de ceux-ci, de les tendre et de les maintenir dans une position correcte. La fixation des membranes pose des problèmes que l'on ne soupçonne peut-être pas *a priori* mais qui, souvent, ont pour effet de créer, malheureusement, des cavités cylindriques à la surface extérieure du microphone, donc d'introduire des fréquences de résonances dépendant à la fois des dimensions de la membrane et de celles de l'évidement ainsi créé. La figure 9 montre la diffraction causée par l'existence d'une cavité cylindrique en fonction du rapport  $D/\lambda$ . On y remarque que si l'épaisseur  $e$  de cette cavité est petite par rapport au diamètre  $D$  de la membrane, la diffraction créée est très faible.

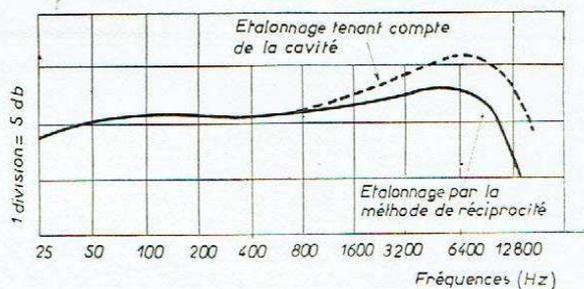


Fig. 10. — Effet de la cavité sur la courbe de réponse d'un microphone électrostatique.

Généralement, l'effet de résonance de la cavité est indépendant de l'angle incidence  $\theta$ ; par contre, il dépend dans de larges mesures de la fréquence du son incident et, presque toujours, la diffraction maximum a lieu pour un rapport  $D/\lambda$  inférieur à 0,5.

Signalons qu'il est particulièrement important de connaître la diffraction causée par la cavité lorsque l'on procède à l'étalonnage d'un microphone électrostatique par la méthode de réciprocité, mise au point aux Etats-Unis durant la dernière guerre, comme le montre, par exemple, la figure 10.

(A suivre.)

# LES PROBLÈMES MÉCANIQUES POSÉS PAR LA RÉALISATION D'UN MAGNÉTOPHONE

par Roger-Benjamin BOHIN

Si de nombreux documents traitent des problèmes électroniques que soulève la réalisation d'un magnétophone, par contre les renseignements concernant les problèmes mécaniques, de la solution desquels dépend, pourtant, dans une très large mesure, la réussite ou l'échec total d'une réalisation, sont pratiquement introuvables dans la littérature technique française et même étrangère.

Le sujet étant très vaste, nous n'aborderons dans cette étude que l'examen des problèmes posés par le déroulement normal de la bande lors de l'enregistrement et de la reproduction, le rebobinage de la bande et le blocage de celle-ci, lors de l'arrêt du mécanisme, posant des problèmes particuliers, sur lesquels nous nous réservons de revenir.

## Énoncé du problème

Le problème du défilement de la bande à vitesse constante est évidemment le plus délicat à résoudre. La figure 1 schématise le fonctionnement d'un dérouleur magnétique et constitue en quelque sorte l'énoncé du problème.

La bande qui peut être en papier, en matière plastique ou en acétate de cellulose, recouverte d'une mince couche d'oxyde magnétique ou contenant cet oxyde incorporé dans sa masse, provient d'une bobine débitrice sur laquelle elle occupe une certaine surface correspondant à un diamètre  $D'$  qui ira en diminuant au fur et à mesure que la bande se déroule, ce qui entraîne une variation en sens inverse de la vitesse angulaire  $N'$  de l'arbre porte-bobine :  $N' = K/D'$ .

La bande franchit, à la sortie de la bobine, un guide de défilement  $G_1$ , dont nous verrons ultérieurement le rôle, et s'engage sur les têtes d'effacement, d'enregistrement et, le cas échéant, de lecture avant d'être entraînée à vitesse constante par un dispositif d'entraînement constitué par un tambour de diamètre  $D$ , tournant à la vitesse angulaire  $N$ . On trouve, en général, à la sortie de ce système d'entraînement, un nouveau guide de défilement  $G_2$ , à la sortie duquel la bande s'enroule sur une bobine dite réceptrice, l'enroulement se faisant suivant un diamètre  $D''$  qui va, évidemment, en croissant au fur et à mesure que la bande se déroule, ce qui entraîne une variation en sens inverse de la vitesse angulaire  $N''$  de l'arbre porte-bobine :  $N'' = K/D''$ .

Les forces qui s'exercent sur la bande sont les suivantes : le passage sur le dispositif d'entraînement produit une face de traction  $T$ , un freinage exercé sur la bande par la bobine débitrice produisant une tension  $T'$ , l'effort dû à la traction exercée par la bobine réceptrice étant  $T''$ , comme l'indique la figure 1, dans laquelle on n'a pas tenu compte du léger freinage occasionné par la friction de la bande sur les têtes magnétiques.

De cet examen rapide, il ressort que les problèmes à résoudre sont les suivants :

1° Obtenir d'une vitesse de défilement constante lors du passage devant les têtes (effacement, enregistrement et lecture);

2° Obtenir que la bande soit débitée et rebobinée avec une tension aussi constante que possible, étant donné que les vitesses angulaires  $N'$  et  $N''$  varient en fonction inverse des diamètres  $D'$  et  $D''$  des bobines;

3° S'assurer que la bande exercera une pression suffisante sur les têtes pour qu'il n'y ait pas de variation du niveau enregistré ou lu, la réponse dans les hautes fréquences tombant rapidement dès que la bande s'écarte tant soit peu des têtes, comme on le voit sur la figure 2.

## Obtention d'une vitesse de défilement constante

Cet énoncé des problèmes fait, nous allons étudier la question la plus importante : « Obtention de la vitesse constante de défilement », en examinant tout d'abord si des enseignements utiles peuvent être retirés de l'étude des autres procédés d'enregistrement (disque et film cinématographique).

Dans l'enregistrement phonographique, la régulation nécessaire à l'obtention d'une vitesse de rotation constante est fournie par le plateau tourne-disques, qui peut être rendu suffisamment lourd sur sa périphérie pour jouer le rôle de volant (procédé qui ne peut être appliqué sous cette forme à l'enregistrement magnétique, un tel volant étant hors de question à cause de son poids et de son encombrement, bien que des adaptateurs magnétiques pour plateau tourne-disques aient vu le jour).

*A priori*, il semblerait que l'on puisse s'inspirer de la technique de l'enregistrement sur film cinématogra-

phique. Mais l'on se trouve arrêté dans cette voie par deux considérations :

1° Le film cinématographique est entraîné par l'intermédiaire de débiteurs dentés pénétrant dans des perforations, ce qui permet de supprimer pratiquement tout glissement du matériau d'enregistrement, la bande étant maintenue tendue par des tendeurs articulés; la tension peut être importante en raison de la résistance considérable du film à la rupture. La situation est différente pour la bande magnétique : celle-ci n'ayant pas de perforations, le glissement reste possible; de plus son élasticité est plus grande que celle du film et sa résistance à la rupture inférieure;

2° La régularité du défilement d'un film cinématographique lors du passage devant le dispositif d'enregistrement est assurée dans tous les dispositifs modernes par un tambour muni d'un volant.

Ce tambour est entraîné par la friction du film sur celui-ci, alors que dans l'enregistrement magnétique sur bande où un dispositif semblable est utilisé, c'est le tambour qui entraîne la bande.

En conclusion, l'étude d'un système d'enregistrement magnétique sur bande non perforée, doit se faire à partir de bases nouvelles, conformes naturellement aux enseignements donnés par la pratique de la mécanique.

La première idée qui vient à l'esprit pour assurer la régularité du défilement consiste en l'entraînement direct de la bande par un tambour solidaire de l'axe d'un moteur électrique à vitesse constante (moteur synchrone ou à hystérésis). Cette solution simple, techniquement séduisante, est viable, à condition que la régulation du moteur soit remarquable; elle a donné lieu à des réalisations pratiques, mais n'est guère à conseiller en raison de la difficulté de se procurer un moteur convenable et du prix élevé de celui-ci (un volant demeurant en plus la plupart du temps nécessaire, ce qui

fait sortir cette solution du domaine purement électrique).

Cette solution éliminée, il ne reste plus que des méthodes purement mécaniques. Des régulateurs agissant sous l'effet de la force centrifuge viennent, de prime abord, à l'esprit. Parmi ceux-ci le régulateur à masselottes a été retenu pour les plateaux des tourne-disques, surtout parce qu'il permettait une variation facile de la vitesse de rotation.

Il ne semble pas, toutefois, qu'un régulateur semblable ait retenu l'attention des constructeurs de magnétophones qui lui ont préféré le volant régulateur. Ce volant est constitué très simplement par un plateau circulaire bordé par une couronne pesante, exactement centré sur un axe portant, à l'une de ses extrémités le tambour d'entraînement de la bande.

On emploie, presque toujours à tort, le nom de cabestan pour désigner un tel tambour, un cabestan dans le sens habituel du mot étant constitué par un tambour ou une poulie sur lequel on enroule le matériau qu'il s'agit d'entraîner; en fait, le cabestan est un treuil à axe vertical, ce qui, par suite, implique la notion de serrage. Or, comme nous le verrons ultérieurement, dans la plupart des réalisations pratiques de défileurs magnétiques, il n'y a ni enroulement, ni même serrage de la bande sur le supposé cabestan, celle-ci ne contactant parfois le « cabestan » qu'en un point de sa périphérie; c'est pourquoi dans l'exposé qui va suivre nous parlerons de tambour d'entraînement.

De l'examen des dispositions mécaniques adoptées sur les magnétophones à usage professionnel, il ressort que seules deux méthodes de transfert du mouvement de la surface périphérique du tambour à la bande ont été retenues par les constructeurs :

1° Friction simple de la bande sur une partie de la surface périphérique du tambour;

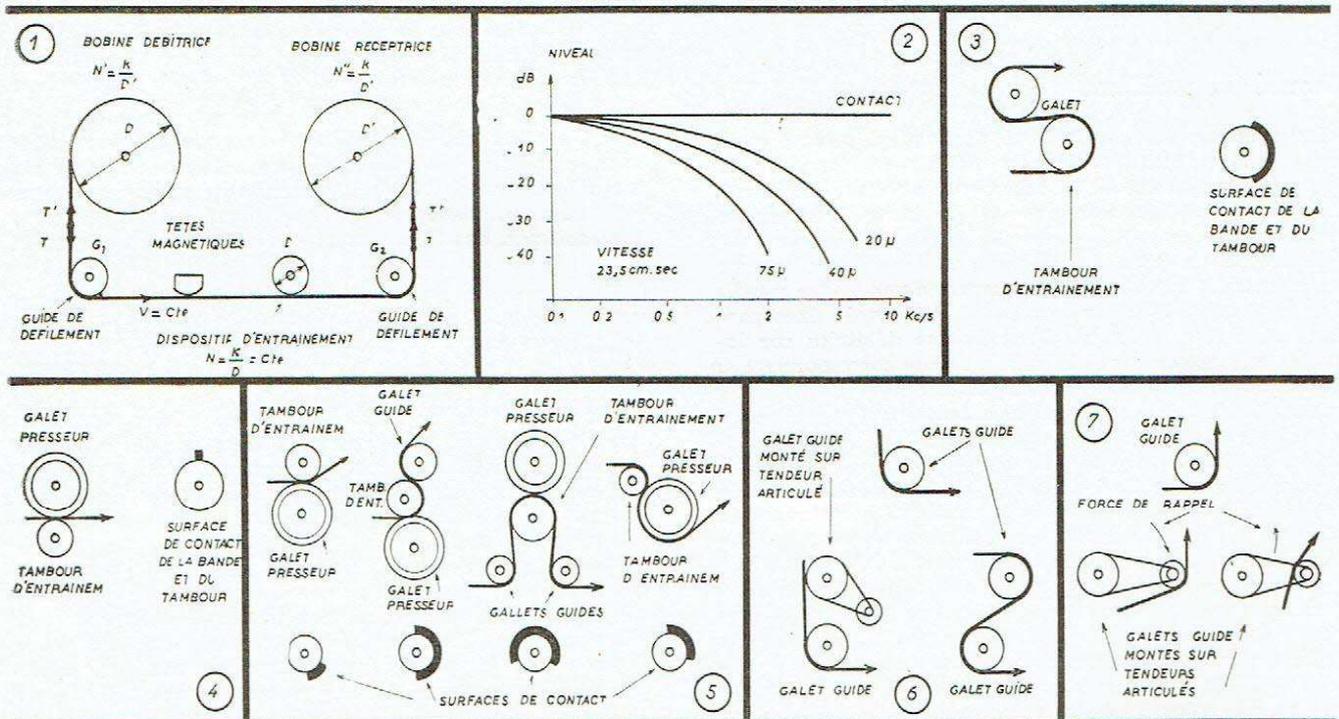


Fig. 1. — Disposition d'un dérouleur pour son magnétique.  
Fig. 2. — Variation du niveau avec la qualité du contact (d'après Herr-Murphey-Wetzell).  
Fig. 3. — Exemple de réalisation d'entraînement par friction.

Fig. 4. — Exemple de réalisation d'entraînement par pressage.  
Fig. 5. — Exemples de réalisations d'entraînement mixte.  
Fig. 6. — Exemples de guides de défilement débiteurs.  
Fig. 7. — Exemple de guides de défilement récepteurs.

2° Galet presseur appuyant la bande sur une faible largeur de la surface périphérique du tambour.

Certains constructeurs associent d'ailleurs ces deux méthodes comme en le verra plus loin.

Le procédé d'entraînement par friction de la bande sur le tambour est peu employé, car il exige que la tension de la bande demeure constante et possède, en plus, une valeur dynamique minimum, faute de quoi il y a glissement et l'entraînement cesse. Si cette méthode est relativement facile à appliquer dans le cas de bande se déroulant à 77 cm/s, elle est déjà plus délicate à mettre en œuvre pour des vitesses de 38 cm/s et ne peut plus, sauf dans le cas de réalisations telle que celle de la figure 3, convenir dans le cas de vitesses inférieures, le glissement devenant prohibitif, en raison du faible diamètre des tambours d'entraînement correspondant à ces vitesses. L'entraînement par pressage de la bande entre le tambour d'entraînement et un galet est à peu près le seul employé pour les vitesses de 19 cm par seconde et au-dessous.

Cette méthode, dont le principe est donné par la figure 4, pour être efficace, nécessite une étude théorique complète, mais aussi de nombreux essais pratiques, concernant particulièrement la nature du matériau employé pour la constitution du galet presseur, chaque réalisation présentant un cas particulier, ce qui fait qu'il est très difficile de conseiller une solution « omnibus ». Le galet presseur est généralement en caoutchouc ou en matière plastique déformable pour obtenir une adhérence suffisante de la bande sur le tambour d'entraînement, qui est toujours constitué par un cylindre métallique (souvent en bronze), dont la surface périphérique (qui est parfois recouverte d'une couche de métal dur, destinée à réduire l'usure) est finement polie. (La technique moderne prévoit le remplacement de ce cylindre métallique par un cylindre en nylon.)

Ceci dit, on est amené à soumettre le galet à une pression considérable sur la surface de contact. Par suite, il y a déformation de celui-ci et comme il tourne, la vitesse d'un point quelconque pris sur sa périphérie change rapidement au moment où le point passe sur le tambour; si le galet est sensiblement plus large que la bande, c'est la surface périphérique du galet qui entraîne la bande, cette surface périphérique étant elle-même entraînée par le tambour sur la partie qui déborde la largeur de la bande.

La conséquence est qu'il se produit un crépage du revêtement annulaire du galet soumis à des compressions et des décompressions, ce crépage peut amener des variations de vitesse de débit de la bande, l'influence perturbatrice étant d'autant plus importante que le diamètre du tambour est petit et que le revêtement du galet est mou.

Autre conséquence du crépage : la friction de la bande sur le tambour diminue la pression du galet, amenant du glissement. Les tensions exercées sur la bande par la traction exercée par la bobine réceptrice (force  $T''$  de la fig. 1) et la force de freinage  $T'$  de la bobine débitrice peuvent alors intervenir dans les cas de construction peu soignée, entraînant un patinage de la bande.

Si la largeur de la surface périphérique du galet est inférieure à celle de la bande, c'est la surface périphérique du tambour qui entraîne directement la bande, un glissement amené par les tensions dont la bande est l'objet pouvant se produire sans qu'il ait possibilité de crépage du galet.

La mise au point de ce dispositif d'entraînement est délicate à réaliser, la bande ayant tendance à quitter le tambour; la poussée latérale exercée sur les portées devient plus importante que dans le cas précédent et il en résulte une augmentation de la friction sur celles-

ci, ce qui oblige à l'emploi de portées munies d'anti-friction, aussi bien pour le tambour que pour le galet.

Dans le cas où le diamètre du tambour est assez important et quand le revêtement annulaire du galet est constitué par un matériau suffisamment dur, cette méthode peut donner des résultats très satisfaisants.

En pratique, on a avantage à monter le tambour sur roulements à billes de précision ou, tout au moins, à faire reposer l'axe du pivot sur une bille. La bande, lors de son passage sur le tambour, devra être en contact avec la surface périphérique de celui-ci, sous un angle de l'ordre d'au moins 90°. On utilisera également un galet presseur, dont le diamètre sera aussi important que possible, ce galet étant garni d'une bande annulaire de caoutchouc synthétique, dont la largeur sera de l'ordre de trois fois celle de la bande; l'axe du galet sera monté sur roulement à billes et sa tension réglée de façon que l'effort de traction exercée sur la bande soit de l'ordre de 700 à 800 grammes. La précision d'usinage du tambour devra être telle que la variation instantanée de vitesse de la bande défilant sur celui-ci soit inférieure à 0,1 %, une tolérance de 0,2 % étant toutefois admissible pour des réalisations d'amateurs; en aucun cas la tolérance ne pourra dépasser 0,4 %. Ces valeurs pourront paraître draconiennes, mais il ne faut pas oublier que dans la presque totalité des cas, la machine qui a servi à l'enregistrement sert également à la reproduction, ce qui réduit forcément la tolérance admissible.

Il est bon de remarquer que la moindre excentricité du tambour amène des résultats désastreux (dans un cas particulier, une excentricité de 1/100 amenait des variations de vitesse dépassant 1 %). La figure 5 donne des exemples de réalisations pratiques correspondant à ce qui vient d'être dit concernant les systèmes mixtes.

## Mécanisme du débit de la bande

Le passage de la bande sur le tambour (voir fig. 1) amène une traction  $T$  de la bande qui doit quitter la bobine débitrice d'une façon aussi uniforme que possible. Le diamètre  $D'$  de cette bobine variant sans cesse, il est nécessaire de disposer de guides de défilement en un point tel que les modifications du diamètre n'entraînent pas de variations importantes de la friction sur ces guides. Les diverses solutions employées par les constructeurs sont représentées par la figure 6.

De même, l'effet de charge, dû au poids de la bande sur la bobine, est variable et doit être minimisé par un dispositif de freinage judicieusement calculé. D'autre part, le mouvement de la bande et des bobines entraîne des effets dynamiques qui doivent être amortis. On utilise souvent un galet guide articulé rappelé par ressort. Si l'on veut éviter les variations périodiques de tension de la bande, qui auraient pour effet d'amener la rupture de celle-ci ou, en tout cas, une variation de la vitesse de la bande lors de son passage sur le tambour, le dispositif de freinage devra être établi de façon que la traction sur la bande se maintienne dans les limites de 30 à 90 grammes d'une extrémité de la bande à l'autre.

Les solutions adoptées pour l'obtention du freinage se ramènent à deux types :

1° Moteur de freinage généralement constitué par un moteur asynchrone, fonctionnant sous tension réduite et tendant à entraîner l'axe de la bobine débitrice dans le sens inverse de celui qui lui est imposé par le mouvement de la bande, cette solution étant celle que l'on emploie sur les machines professionnelles;

2° Emploi d'un embrayage fonctionnant par gravité, analogue à celui utilisé dans certaines réalisations pour la bobine réceptrice.

## Réenroulement de la bande

De même, tous les dispositifs utilisés pour l'enroulement de la bande sur la bobine réceptrice se ramènent à deux systèmes : 1° réenroulement à tension de bande constante; 2° réenroulement à couple d'embrayage constant. Seul, le premier système, qui oblige à l'emploi d'un moteur séparé pour l'entraînement, a été retenu par les constructeurs d'appareils d'enregistrement magnétique à usage professionnel.

Le moteur est généralement choisi pour fournir une vitesse angulaire à vide de l'ordre de deux fois la vitesse angulaire maximum de la bobine, quand la bande est près du noyau. On peut employer des moteurs spéciaux dans lesquels les courbes représentatives des variations du couple à faible vitesse sont complémentaires des variations de poids des bobines. Cette solution techniquement excellente nécessite une étude très poussée des caractéristiques des moteurs qui deviennent chers.

On peut aussi combiner l'emploi d'un moteur asynchrone classique et d'un embrayage fonctionnant par gravité dans lequel le poids de la bande contrôle la tension.

Si l'on emploie un unique moteur, il n'existe qu'une seule solution valable du problème : l'emploi d'un embrayage à couple constant, égalisant la charge sur le moteur en maintenant une vitesse constante de celui-ci, la puissance fournie à cet embrayage étant le produit de la vitesse de la partie menante par le couple transmis à la partie conduite. Cette solution permet des variations de tension de la bande dans le rapport de 1 à 4, ce qui correspond à l'utilisation d'une bobine de 18 cm. Il semble que cette dimension de bobine représente une limite difficile à dépasser quand on utilise un seul moteur.

Dans le cas de la première solution (système à tension de bande constante), il est évident que c'est le couple moteur qui varie dans le rapport 1 à 4. Pour régulariser la tension de bobinage, on emploie presque toujours des guides, généralement articulés, dont la figure 7 donne quelques exemples pour cette même bobine de 18 cm.

## Couplage de la bande et des têtes

Un dernier problème plus facile à résoudre est celui du couplage de la bande et des têtes d'enregistrement et de lecture.

Sur les machines qui utilisent les bandes en matières plastiques défilant à grande vitesse (77 et 38 cm par

seconde), la pression exercée sur les têtes par la bande, qui se traduit par une fonction combinée du moment d'inertie de la bande et de la tension exercée sur celle-ci par la bobine débitrice (les têtes étant toujours placées entre la bobine débitrice et le tambour d'entraînement) est, en général, suffisante pour assurer un couplage satisfaisant; par contre, dans le cas, malheureusement habituel où le polissage de la surface de contact des têtes laisse à désirer, dès que la vitesse tombe au-dessous de 38 cm/s, la tension longitudinale à appliquer à la bande pour maintenir le couplage dépasse largement la tension de sécurité, aussi bien pour la bande en matière plastique que la bande en papier et l'emploi de presseurs devient nécessaire. Ceux-ci s'imposent d'ailleurs pour toutes les vitesses dans le cas d'emploi de bandes en papier, à cause des irrégularités présentées par la surface de celles-ci. Ces presseurs présentent l'inconvénient de provoquer une usure plus rapide des têtes, ce qui oblige à leur remplacement plus fréquent et à un entretien continu. C'est, cependant, cette solution qui a été adoptée sur la quasi-totalité des machines pour amateurs, en raison des faibles vitesses de défilement prévues et de la finition généralement insuffisante des têtes, une réalisation commerciale française fournissant la preuve qu'on peut maintenir un couplage satisfaisant avec une tête parfaitement lisse sans presseurs à la vitesse de 9,5 cm par seconde.

## Conclusion

Pour conclure cet article, nous dirons que la résolution des problèmes d'ordre mécanique posés par la réalisation d'un magnétophone nécessite une étude importante, dont l'exposé ci-dessus ne donne qu'un aperçu. Cette étude dépasse la plupart du temps les possibilités de l'amateur (et même du petit constructeur), qui est ainsi amené à procéder, ou bien par empirisme (c'est la méthode des tâtonnements successifs), ou par imitation (en copiant plus ou moins intégralement une réalisation commerciale) ou encore (ce qui est la solution la plus recommandable), par assemblage de divers éléments préfabriqués, construits par des spécialistes. Il existe en France des constructeurs de pièces détachées excellentes pour magnétophone et notre conseil final, pour l'amateur qui désire se monter à peu de frais un enregistreur magnétique, sera de se procurer de telles pièces, provenant de constructeurs sérieux.

# Progrès réalisés depuis vingt ans dans le domaine de l'enregistrement magnétique commercial

Les perfectionnements apportés depuis vingt ans dans le domaine de l'enregistrement magnétique ont été considérables. En 1930, STILLE décrivait le premier enregistreur à fil pouvant être utilisé commercialement. En 1932, date à laquelle apparurent les premiers enregistreurs mis dans le commerce, la limite supérieure d'enregistrement était de 5.000 c/s (ce qui correspondait déjà

TABLEAU A

1 heure de programme avec bande passante allant de 50 à 5 000 c/s représentait en :	
1932	36 000 m de ruban d'acier.
1943	3 350 m de fil inoxydable.
1946	381 m de bande en papier enduit.
1952	171 m de bande en matière plastique enduite.

à la qualité des disques phonographiques du commerce de l'époque). Depuis cette date, la vitesse de défilement nécessaire à l'obtention d'une qualité donnée a considérablement diminué, comme l'indique le tableau A ci-contre.

Parallèlement à la réduction de la vitesse de défilement, la largeur de bande enregistrée augmentait considérablement, comme l'indique le tableau B ci-après :

TABLEAU B

Limite supérieure enregistrable					
5 Kc/s	10 Kc/s	12 Kc/s	15 Kc/s	100 Kc/s	4 Mc/s *
1932	1939	1943	1946	1951	1952

(\*) Cette largeur de bande est obtenue grâce à l'utilisation de pistes multiples sur une bande de 25 mm de large défilant à 2,50 m par seconde. L'utilisation prévue pour ce type de bande est l'enregistrement de programmes de télévision.

# UN CENTRE D'ENREGISTREMENT A LA PORTÉE DE TOUS <sup>(1)</sup>

## Deuxième partie : AMPLIFICATEUR D'ENREGISTREMENT

par M.-J. de CADENET \*

Nous avons vu dans le premier numéro de la *revue du SON* quelle était la présentation adoptée pour chacun des blocs constituant l'amplificateur d'enregistrement dont nous proposons la réalisation à nos lecteurs. Dans le but de donner une idée de la présentation d'ensemble de cet amplificateur, nous avons superposé sur la photographie de la figure 1, les trois blocs constitutifs de celui-ci. Il est à remarquer que cette présentation, si elle a l'avantage de réaliser un ensemble compact, est totalement à déconseiller en pratique en raison des inductions parasites qui ne manqueraient pas de se produire sur les transformateurs d'entrée du bloc préamplificateur-mélangeur et du bloc amplificateur de puissance à cause de la proximité des transformateurs d'alimentation. L'utilisation rationnelle de cet ensemble peut se faire de deux façons :

1° En groupant les blocs préamplificateur-mélangeur et amplificateur, la boîte d'alimentation étant placée à une distance d'au moins 2 mètres de ces blocs. C'est la disposition la plus recommandable quand on travaille en appartement où la place est généralement limitée.

2° En scindant en trois éléments, éloignés les uns des autres, les trois blocs ci-dessus. Cette solution est à recommander chaque fois que la place le permet, le bloc amplificateur étant disposé dans le voisinage des machines d'enregistrement et le bloc préamplificateur-mélangeur étant placé en un endroit très accessible, une table, par exemple, de façon que la manœuvre des différents contrôles en soit facilitée. Le haut-parleur de contrôle dont un exemple de réalisation robuste et pratique peut se voir sur la figure 1 sera avantageusement éloigné du bloc préamplificateur-mélangeur en raison des effets microphoniques que pourrait amener une réaction du haut-parleur sur les tubes d'entrée du préamplificateur. Le contrôle de la modulation au casque est d'ailleurs préférable dans la plupart des cas rencontrés en pratique.

Comme nous l'avons déjà dit, les capots de nos trois blocs comportent des appareils de mesure et des voyants lumineux qui sont raccordés aux châssis correspondants par des connecteurs constitués simplement par des supports de lampe à 7 broches, type américain, et des bou-

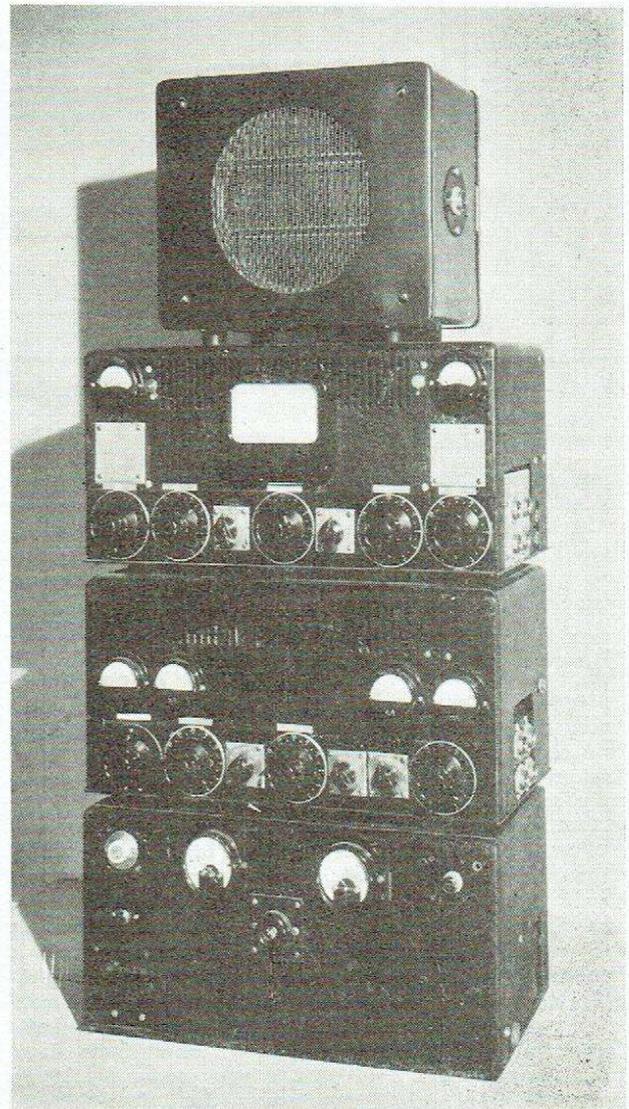


Fig. 1. -- Vue d'ensemble de l'amplificateur.

(\*) Ingénieur E.S.M.E.

(1) Voir le début de cette étude dans la *revue du SON* n° 1, avril 1953.

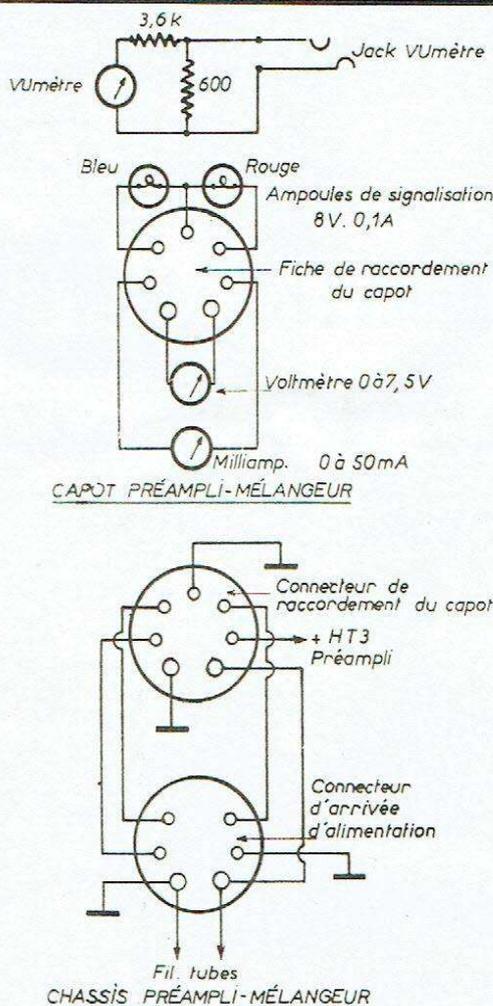


Fig. 2. — Branchements du capot et du châssis du bloc pré-amplificateur-mélangeur.

chons correspondants. La figure 2 donne le détail des connexions du bloc préamplificateur; elle indique en même temps le branchement des connecteurs de raccordement du câble d'alimentation qui sera obligatoirement d'un type permettant le verrouillage des parties respectivement fixées sur le câble et sur le châssis, par exemple, le genre Amphénol 6 broches figuré sur le schéma. Un câble d'alimentation dont la longueur dépend évidemment de l'utilisation prévue relie le bloc préamplificateur-mélangeur au châssis de l'amplificateur de puissance. Ce câble sera à 6 conducteurs, dont deux de forte section (20/10 ou plus), pour éviter les pertes de tension en ligne. Une façon économique de constituer ce câble sera d'utiliser deux câbles sous caoutchouc comportant chacun 4 conducteurs, chacun des conducteurs de l'un de ces câbles sera utilisé, le deuxième câble étant monté en connectant les conducteurs correspondant deux à deux, ce qui assurera une section suffisante.

La figure 3 représente le détail des connexions du capot et du châssis du bloc amplificateur; on y voit le connecteur de départ d'alimentation du bloc préamplificateur-mélangeur, ainsi que les connecteurs d'alimentation générale, recevant les câbles allant à la boîte d'alimentation; ces câbles seront au nombre de deux, l'un à 6 conducteurs, dont deux à forte section (20/10<sup>e</sup> au minimum), l'autre à 3 conducteurs, dont deux à forte section (20/10<sup>e</sup> au minimum). Comme dans le cas du câble d'alimentation du bloc préamplificateur-mélan-

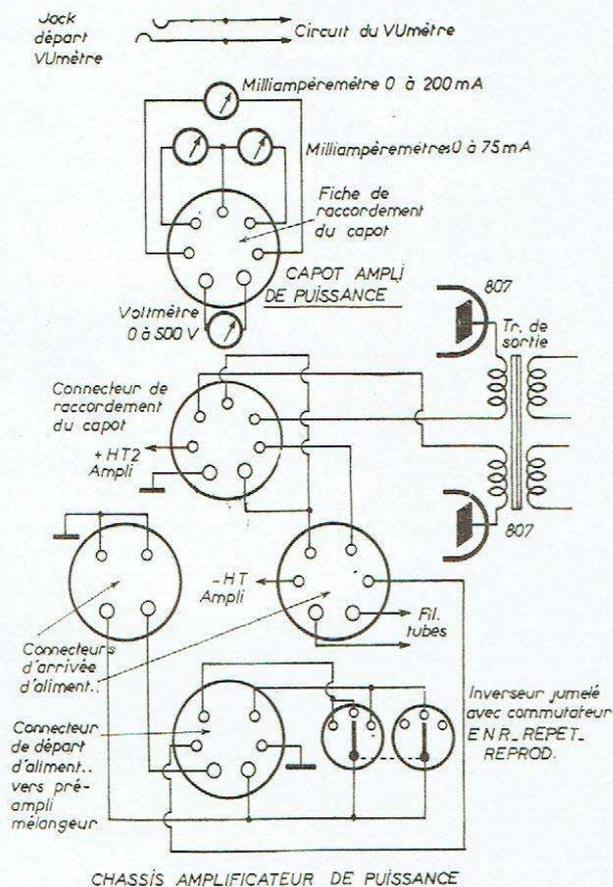


Fig. 3. — Branchement du capot et du châssis du bloc amplificateur.

geur, ces câbles pourront être constitués par des câbles à 4 conducteurs dont deux alimenteront le connecteur à 6 broches, comme dans le cas du connecteur d'alimentation du préamplificateur-mélangeur, un troisième câble à 4 conducteurs associé à un fil unique sous caoutchouc servant au raccordement du connecteur à 4 broches. Enfin la figure 4 donne les branchements du capot et du châssis du bloc d'alimentation sur lequel figurent également des prises de courant alimentant les moteurs d'enregistrement ou ceux des machines de lecture. La mise en marche de la boîte s'effectue en deux temps à l'aide de deux interrupteurs dont l'un commande la mise sous tension des filaments des tubes, l'autre connectant le secteur sur le primaire du transformateur HT alimentant le tube redresseur.

On remarquera en comparant les figures 2 et 3 que les lampes de signalisation figurant sur le capot du bloc préamplificateur-mélangeur sont commandées par le commutateur enregistrement-répétition-reproduction existant sur l'amplificateur de puissance.

Les caractéristiques des transformateurs basse fréquence à employer ont été données sur les schémas publiés dans le numéro 1 de la revue du SON. Il nous a toutefois semblé utile de les rassembler sous forme de tableau (tableau A) en donnant, pour chacun d'eux, les fabrications commerciales standard correspondantes. Nous avons décidé pour ne pas encombrer inutilement ce tableau, de n'y faire figurer que deux fabrications,

TABLEAU A  
CARACTÉRISTIQUES DES TRANSFORMATEURS B.F.

Fonction	Impédance primaire à 40 c/s (ohms)	Impédance secondaire à 40 c/s (ohms)	Observations	Types commerciaux courants	
				Etats-Unis Fabrication U.T.C.	France Fabrication L.I.E.
Entrée bloc préampli- mélangeur	50*	50 000 à 60 000	Double blindage en mu-métal de préférence	LS10	AY114
Sortie bloc préampli- mélangeur	15 000	500		LS50	AY37
Entrée bloc amplificateur de puissance	500	50 000 à 60 000	Double blindage en mu-métal de préférence	LS10	AY131
Sortie bloc amplificateur de puissance	8 000 à 10 000	500 et 15	Puissance modulée admissible 20 watts	LS-6L1	AY343
Attaque étage de sortie amplificateur de puissance	15 000	100 000 à 150 000		LS19	AY25

TABLEAU B  
CARACTÉRISTIQUES DES INDUCTANCES DE FILTRAGE

Fonction	Courant continu admissible (mA)	Inductance correspondant au courant prévu (henrys)	Résistance ohmique (ohms)	Types commerciaux courants	
				Etats-Unis Fabrication U.T.C.	France Fabrication L.I.E.
1 <sup>re</sup> cellule de filtre	300 min.	4 à 5	25 à 60	LS92	HT15C
2 <sup>e</sup> cellule de filtre	70	25	200 à 400	LS950	HT97
3 <sup>e</sup> cellule de filtre	50	30 à 50	500 à 1 500	LS90	HT43

les firmes choisies (U.T.C. pour nos lecteurs nord-américains et L.I.E. pour nos lecteurs européens) étant généralement considérées comme les plus représentatives d'une fabrication de qualité.

Nous avons fait également figurer dans un second tableau (tableau B), les caractéristiques des inductances de filtrage utilisées. On peut ici admettre des écarts

dans les caractéristiques beaucoup plus importants que pour les transformateurs.

Enfin nous rappellerons les caractéristiques du transformateur d'alimentation dont l'un servant à l'alimentation des filaments devra être bobiné spécialement. La tension de 6,5 à 7 volts indiquée sur le schéma du bloc d'alimentation tient compte de la chute de tension

TABLEAU C  
CARACTÉRISTIQUES DES TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION

Fonction	Primaire	Secondaires		
		Usage	Tension (volts)	Intensité (ampères)
Alimentation filaments	Suivant la tension du réseau d'alimentation	Ch. fil. ampli.	6,5*	5
		Ch. fil. préampli.	10	3
Alimentation en haute tension	Suivant la tension du réseau d'alimentation	Ch. valve	5	3
		H. T.	500 + 500	0,25

dans les câbles d'alimentation qui n'est pas négligeable étant donné l'intensité débitée. Une solution intéressante consisterait à prévoir deux transformateurs séparés dont l'un donnerait 7 volts en charge, un rhéostat de réglage prévu sur le primaire ramenant la tension à 6 volts 3 aux bornes des filaments des tubes du bloc amplificateur, une façon semblable d'opérer étant utilisée pour l'alimentation en courant continu sous 6 volts des filaments des tubes du bloc préamplificateur-mélangeur (tableau C).

Nous attirons l'attention de nos lecteurs sur l'importance qu'il y a à ne pas lésiner sur le prix des connecteurs équipant un amplificateur tel que celui décrit, le fonctionnement du centre d'enregistrement dépendant dans une large mesure de la qualité des contacts des éléments de raccordement. Nous conseillons l'emploi de connecteurs « Amphenol », ceux-ci assurant des contacts excellents, malgré des branchements et débranchements très nombreux, tout en étant robustes et particulièrement bien présentés. Nous avons équipé notre maquette de connecteurs à 3 broches (type 91, PC3F) pour les entrées et à 4 broches (type 91, PC4F) pour les sorties. Ces connecteurs, qui sont de fabrication américaine, sont disponibles chez Film et Radio, ainsi que les jacks également de type américain et les connecteurs d'alimentation à 6 broches « Amphenol » qui équipent notre réalisation.

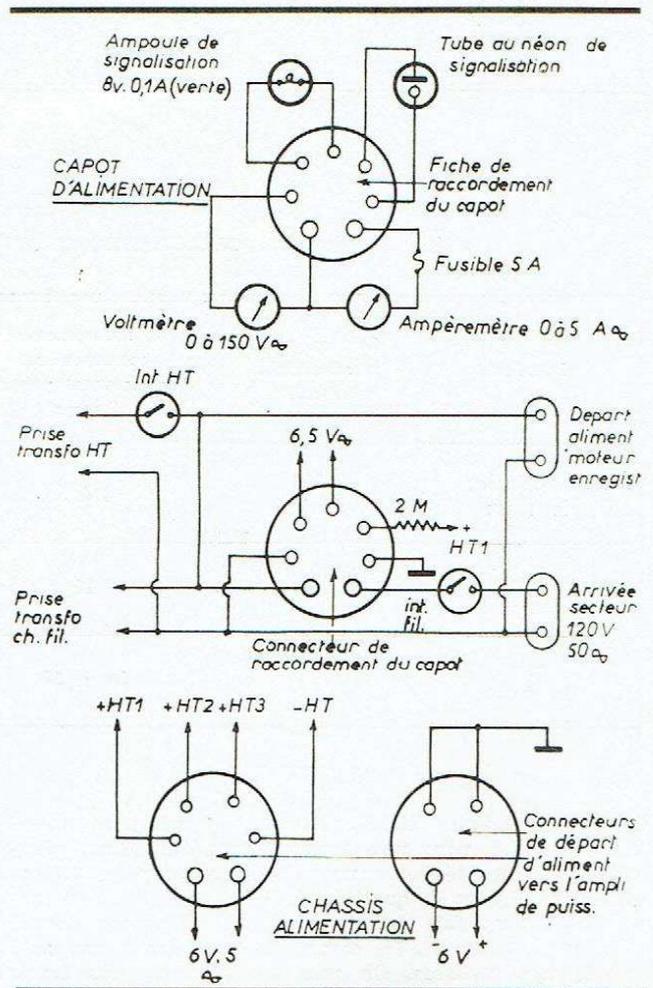
C'est par la description de nos unités d'adaptation que nous continuerons cet article.

Comme on le sait déjà, ces unités utilisent un couplage cathodique entre leur sortie et l'entrée du bloc préamplificateur. Il est évident que la plupart des tubes courants peuvent convenir pour cette fonction à la réserve près que les caractéristiques du tube de sortie de l'unité d'adaptation et du tube d'entrée du préamplificateur soient identiques ou tout au moins voisines (un écart de 20 % est sans importance pratique). Les tubes suivants peuvent s'associer sans difficulté 6C5, 6J5, 6J7 triode, 6SJ7 triode, 6SN7GT, EF40 triode, ECC81, 12AT7, les valeurs figurant sur les schémas des unités d'adaptation qui comportent des 6SJ7 connectées en triode ou des 6SN7GT pouvant convenir sans changement.

Les unités d'adaptation d'entrée normalement prévues appartiennent à quatre types différents : lecture électromécanique — lecture photo-électrique — lecture magnétique — écoute radiophonique à modulation d'amplitude auxquelles on peut adjoindre deux types d'unités dont

l'usage est moins fréquent en France; écoute radiophonique à modulation de fréquence — écoute téléphonique.

Fig. 4. -- Branchement du capot et du châssis du bloc alimentateur.



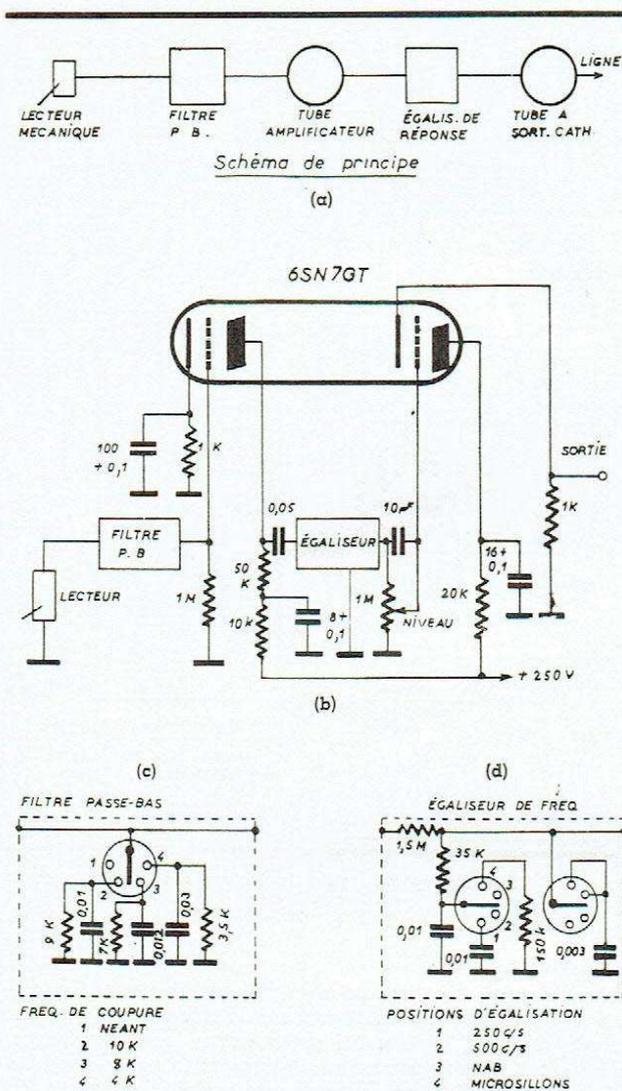
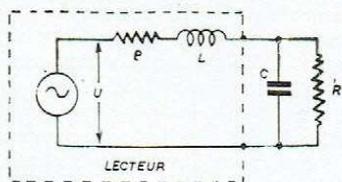


Fig. 5. — Unité d'adaptation pour la lecture des enregistrements électro-mécaniques.

L'unité de lecture électromécanique dite L.E.M. a été prévue pour l'utilisation de lecteurs phonographiques de haute qualité qui sont nécessairement à faible niveau. Le diagramme de la figure 5 a en donne l'allure générale, le schéma pratique étant fourni par la figure 5 b. Afin de réduire la réponse en HF lors de l'écoute d'enregistrements usés, nous avons prévu un dispositif de coupure des fréquences élevées fort simples qui utilise l'inductance propre du lecteur pour constituer, grâce à une capa-

Fig. 6. — Schéma équivalent d'un lecteur phonographique.



cité placée en parallèle sur celui-ci, un véritable filtre passe-bas (voir fig. 5 c). Cette technique qui a été décrite par notre confrère Mc PROUD, rédacteur en chef de la revue *Audio-Engineering*, mais qui n'est guère appliquée en France, permet de constituer à peu de frais un filtre d'aiguille d'efficacité satisfaisante. Si l'on considère, en effet, le schéma équivalent d'un lecteur phonographique (fig. 6), on constate qu'il s'agit d'un générateur fournissant une tension  $Q$ , à la sortie duquel on trouve en série l'inductance  $L$  du lecteur, et il est évident que l'adjonction d'une capacité  $C$  aux bornes du lecteur constitue un filtre passe-bas que l'on charge sur la résistance  $R$ . Les éléments de calcul en sont les suivants :  $L$  étant l'inductance du lecteur en Henrys et  $f$  la fréquence de coupure choisie, la résistance parallèle  $R$  en ohms est donnée par  $R = \pi/L$ , la capacité parallèle  $C$  étant donnée par la relation  $C = 159\,000/Rf$ . Les valeurs figurant sur le schéma correspondent à un lecteur General Electric dit « à réluctance variable », les fréquences de coupure prévues étant les suivantes 10 kc/s, 8 kc/s, 4 kc/s, une position permettant l'utilisation du lecteur « au naturel ».

Un circuit correcteur de fréquence a été inséré entre les deux étages de l'unité d'adaptation. Le rôle de ce correcteur, appelé en général égaliseur, est de compenser la courbe d'enregistrement utilisée par les fabricants de disques. Quatre positions d'égalisation suffisent dans la plupart des cas. Ce sont celles qui figurent en 5d, elles correspondent aux caractéristiques d'enregistrement suivantes :

- 1° Disques européens classiques à 78 t/m, fréquence de traversée 250 c/s, aucun relevage des aigus;
- 2° Disques américains classiques à 78 t/m, fréquence de traversée 500 c/s, aucun relevage des aigus;
- 3° Disques enregistrés suivant les normes de la Radio-diffusion Américaine (dite N.A.B.), très voisine de la courbe utilisée par la B.B.C. et par de nombreux amateurs de l'enregistrement;
- 4° Disques microsillon ou de longue durée du commerce.

La figure 7 donne les courbes d'égalisation correspondant aux quatre positions du correcteur. Il est naturellement possible de compenser tous les autres types d'enregistrement, mais, en général, le choix proposé est suffisant. Bien entendu, les valeurs indiquées pour le correcteur s'appliquent, quel que soit le type de lecteur employé, à condition naturellement que la courbe de réponse de celui-ci soit suffisamment droite. L'utilisation de lecteurs à bobine mobile se fera de la même façon, le transformateur d'entrée nécessaire étant incorporé à l'unité d'adaptation. Il est évidemment possible d'adapter tout type de lecteur à faible niveau, la combinaison faisant fonctionner le lecteur en filtre passe-bas n'étant naturellement valable que dans le cas où celui-ci possède une inductance. Nous n'avons pas envisagé l'adaptation d'un lecteur piézo-électrique, ce type de lecteur n'étant pratiquement pas employé en travail professionnel. Nous décrivons toutefois un adaptateur convenant à ce genre de lecteur, quand nous aborderons la version « amateur » de notre amplificateur.

On remarquera sur le schéma (comme d'ailleurs dans celui de toutes les unités d'adaptation décrites) un potentiomètre d'attaque du tube de sortie permettant de régler le niveau fourni par l'unité d'adaptation, de manière à fournir, pour chacun des adaptateurs, des niveaux équivalents. La haute tension est prélevée sur le bloc préamplificateur et amenée à l'unité par le câble qui sert à véhiculer la modulation. Les filaments des tubes peuvent être alimentés de plusieurs façons : on peut prélever sur le bloc préamplificateur-mélangeur le 6 volts continu alimentant les filaments des tubes de celui-ci ou disposer sur chaque unité d'adaptation un transforma-

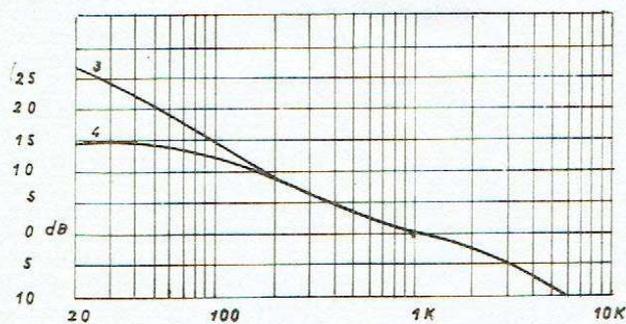
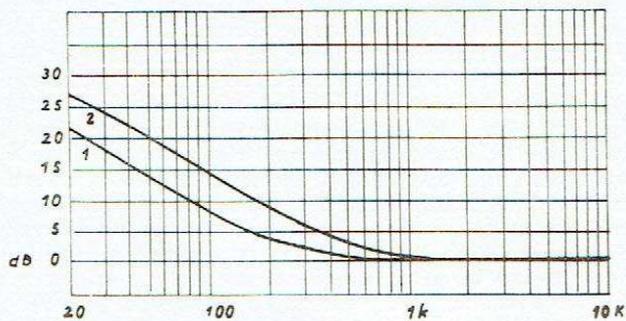


Fig. 7. — Courbes d'égalisation fournies par le correcteur de la figure 5.

teur abaisseur 120/6,3 volts en prenant la précaution toutefois de disposer en parallèle sur les filaments un potentiomètre antironfleur, dont le curseur sera connecté à une tension positive de 20 volts par rapport à la masse comme indiqué sur le schéma de la figure 8.

La liaison avec le bloc préamplificateur-mélangeur se fera à l'aide d'un câble blindé à deux conducteurs dont

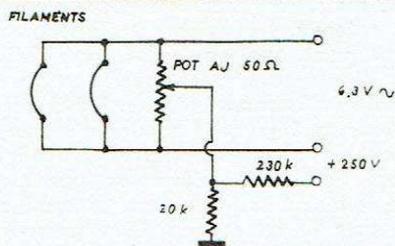


Fig. 8. — Alimentation des filaments des unités d'adaptation en alternatif.

seule l'extrémité de la gaine correspondant au préampli sera mise à la masse pour éviter des courants de circulation dans la gaine; un des conducteurs de ce câble véhicule la modulation, l'autre amenant la haute tension à l'unité d'adaptation.

Passons à l'unité d'adaptation pour lecture photoélectrique (LP) (fig. 9), cette unité est de conception classique, la tension d'alimentation de cellule étant toutefois stabilisée par une régulatrice OB2. Cette façon d'opérer n'est pas obligatoire, mais elle présente l'avantage considérable de maintenir la tension d'excitation constante, quelles que soient les variations éventuelles de la tension d'alimentation amenées par le branchement d'autres

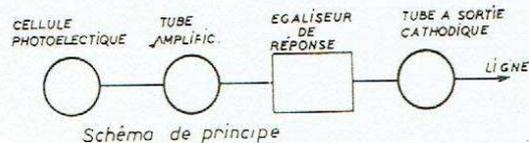


Schéma de principe

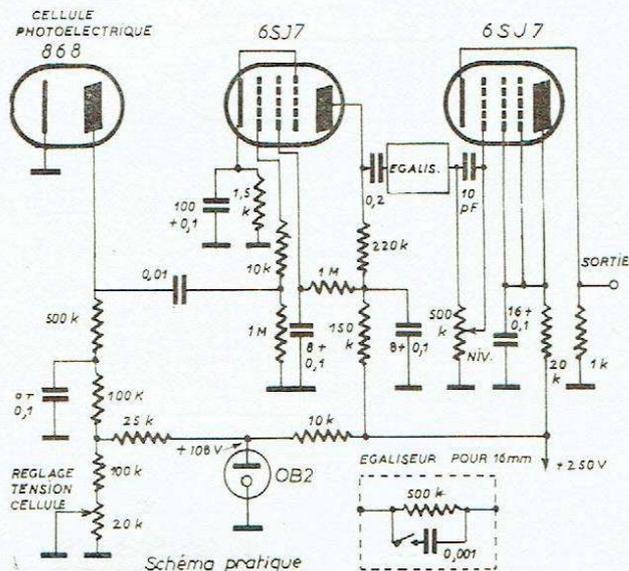


Fig. 9. — Unité d'adaptation pour la lecture des enregistrements photographiques.

unités d'adaptation sur le bloc préamplificateur. Un circuit de correction de la réponse en HF constitué par un simple releveur série a été prévu entre les deux étages, dans le but de compenser partiellement la perte dans les fréquences élevées qui se produit lors de la lecture de films de 16 mm. Cette correction s'est avérée inutile en 35 mm, sauf dans le cas de lecteurs partiellement mal étudiés; un interrupteur permet de mettre hors-circuit cet élément correcteur. L'unité complète peut être facilement montée sur une platine incorporable à la plupart des projecteurs 16 mm ou 35 mm. Nous n'avons pas fait figurer ici de dispositifs d'alimentation de l'excitatrice de cellule, nous réservant de traiter cette question en détail dans la suite de cette étude.

La troisième unité d'adaptation concerne la lecture des enregistrements magnétiques (LM) (fig. 10). Cette unité utilise une tête de lecture indépendante de celle d'enregistrement (nous verrons ultérieurement le cas de la tête commune aux deux fonctions). Le circuit d'égalisation placé entre les deux tubes a pour but de donner, en combinaison avec la courbe d'enregistrement, une réponse droite dans l'intervalle de fréquence considéré comme convenable. La valeur des éléments de ce circuit dépend évidemment des caractéristiques des têtes d'enregistrement et de lecture et du matériau magnétique employé, ainsi que de la vitesse de défilement de ce matériau et de la préaccatuation HF donnée lors de l'enregistrement. Le montage proposé relève considérablement les BF et légèrement le HF; il est constitué par un circuit en T ponté, associé à une capacité de relevage. Le calcul de ce circuit est relativement simple, mais ne peut se faire qu'à partir de données précises concernant la courbe de réponse obtenue pour l'ensemble: circuit de préaccatuation HF, tête d'enregistrement, matériau magnétique, tête de lecture, chaque réalisation individuelle posant un

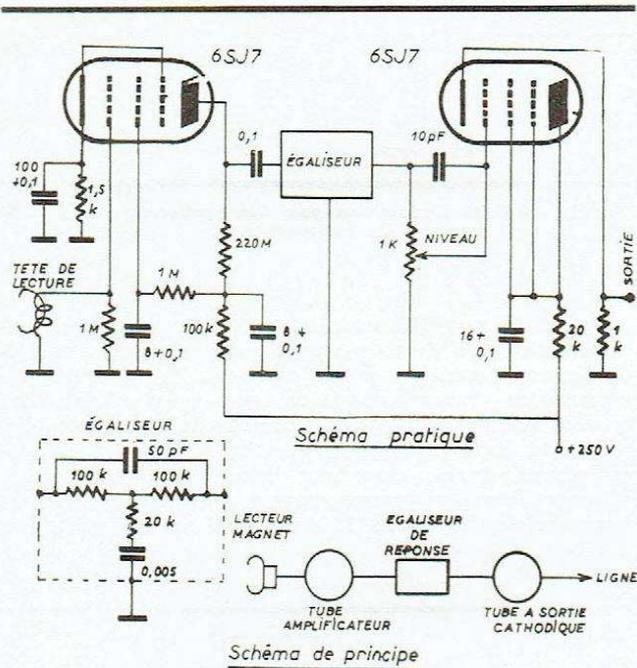
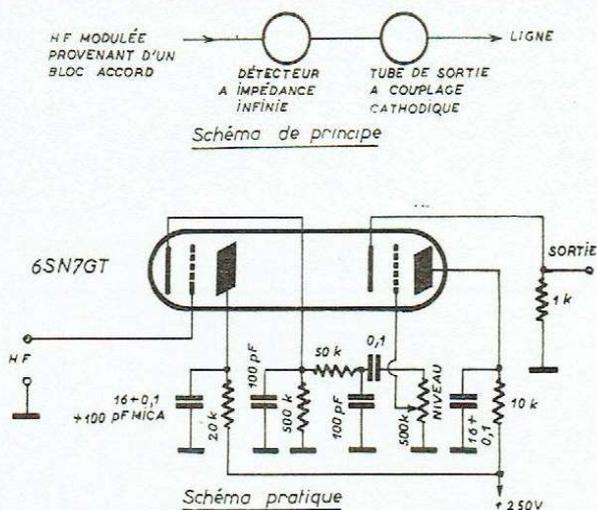


Fig. 10. — Unité d'adaptation pour la lecture des enregistrements magnétiques.

problème particulier. Les valeurs qui figurent sur notre schéma correspondent à l'utilisation d'une bande Scotch défilant à 19 cm/s, associée à des têtes d'enregistrement et de lecture Brush. Elles peuvent servir de base de départ pour des essais de réglage dans la plupart des cas.

Nous arrivons maintenant à l'unité d'adaptation pour l'écoute des émissions radiophoniques à modulation d'amplitude (ERA) (fig. 11). Bien que la HF ne soit pas du domaine de notre Revue, nous avons toutefois jugé nécessaire de faire figurer dans cette unité un détecteur sortant de l'ordinaire. Il s'agit, en effet, d'un détecteur à impédance infinie, aussi connu sous le nom de détec-

Fig. 11. — Unité d'adaptation pour la reproduction des émissions radiophoniques à modulation d'amplitude.



teur Sylvania. Ce type de détecteur présente des avantages certains par rapport à la diode qui, contrairement à l'opinion généralement répandue, est une source de distorsions considérables dans les conditions habituelles d'utilisation. La plupart des émissions sont, en effet, très souvent surmodulées. Certaines stations privées notamment, dans le but d'augmenter le rapport signal/bruit à la réception pour porter plus loin (et toucher ainsi plus d'auditeurs), surmodulent leur porteuse, en réduisant le plus souvent la dynamique de l'émission. Le résultat, lorsque la détection se fait par diode, est parfois désastreux, certains montages classiques causant une distorsion de 30 % pour un signal modulé à 100 %!

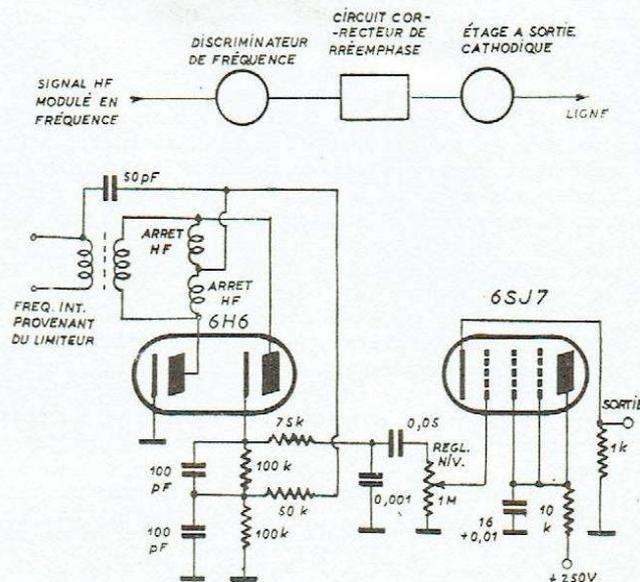


Fig. 12. — Unité d'adaptation pour la reproduction des émissions radiophoniques à modulation de fréquence.

Par contre, la détection à impédance infinie encaisse sans distorsion appréciable des pourcentages de modulation de 100 % et même plus. L'essai comparatif des deux procédés de détection fait sur l'écoute d'une station privée très populaire (nous ne dirons pas laquelle) est des plus révélateurs à cet égard.

Le seul inconvénient du montage décrit est de ne pas comporter de dispositif de contrôle automatique du niveau HF. On peut y remédier en utilisant une diode au germanium connectée de façon classique, bien qu'en écoute à haute fidélité, ce dispositif ne soit, en général, pas nécessaire, seules les stations locales fournissant une audition suffisamment exempte de parasites et de déformations dues au fading pour être acceptables. Bien entendu, le montage décrit s'adapte parfaitement à la réception du son de télévision, la détection à impédance infinie (qui, soit dit en passant, peut également s'utiliser avec des résultats remarquables pour le signal de vision) encaissant particulièrement bien les pointes élevées de modulation qui se produisent souvent lors du déplacement des acteurs de la zone d'action d'un microphone à un autre.

La Radiodiffusion Française procédant depuis quelque temps à des émissions à modulation de fréquence, prélude à des émissions régulières de haute qualité, il nous a semblé indispensable de prévoir l'adaptation d'un récepteur à modulation de fréquence à notre amplificateur.

Le schéma de l'adaptateur prévu dit ERF (fig. 12) emploie un discriminateur classique suivi d'un circuit égaliseur qui est nécessaire pour corriger la préaccentuation des HF faite avant l'émission dans le but d'améliorer le rapport signal/bruit à la réception. La correction a été prévue pour une préaccentuation standard de 75 microsecondes. L'emploi de deux inductances d'arrêt permet de se dispenser d'utiliser un transformateur d'entrée à prise médiane au secondaire.

Pour en terminer avec ces unités d'adaptation d'entrée, nous ajouterons quelques mots sur les précautions à prendre pour éviter les ronflements et inductions parasites sur celles-ci. Tous les retours à la masse des circuits d'entrée (résistance de cathode, condensateur de cathode, fil de masse de l'élément connecté, condensateur de découplage d'écran s'il y a lieu, condensateur ou résistance de fuite de grille) devront *obligatoirement* se faire en un point unique d'une façon identique à ce qui se fait en très haute fréquence. Cette précaution a pour but de réduire les ronflements qui pourraient prendre naissance par induction dans les boucles éventuellement constituées par un montage ramenant les divers éléments précités à la masse en des points divers; de plus, dans le cas d'alimentation des filaments en alternatif brut, ceux-ci seront connectés à l'aide de câbles blindés mis à la masse en un seul point. Les fils de connection des éléments raccordés (lecteur phonographique, tête magnétique, etc.) seront obligatoirement torsadés et blindés, le blindage étant mis à la masse en un seul point.

En suivant la modulation amenée à notre bloc pré-amplificateur-mélangeur par nos diverses unités d'adaptation, nous parvenons aux sorties de l'amplificateur de puissance, ce qui nous amène à décrire les unités d'adaptation de sortie qui appartiennent à deux types : enregistrement électro-mécanique, enregistrement photographique.

Ces deux unités comportent les points communs suivants :

A. — Présence à l'entrée de l'unité d'un circuit d'isolement dont les fonctions sont les suivantes :

1° Présenter à la sortie de l'amplificateur, une impédance sensiblement constante quelle que soit la fréquence, malgré les variations d'impédance du dispositif d'enregistrement utilisé;

2° Charger le dispositif enregistreur utilisé sur une impédance sensiblement constante quelle que soit la fréquence ce qui ne se produit pas dans le cas d'un raccordement direct à l'amplificateur à moins d'employer des taux de contre-réaction prohibitifs;

3° Eviter, dans le cas d'utilisation de dispositifs d'enregistrement sur film cinématographique, que l'amplificateur fonctionne presque à vide.

Bien entendu, ces circuits d'isolement entraînent des pertes qui sont, en général, de l'ordre de 12 db, mais qui, en raison des faibles niveaux d'enregistrement nécessaires, sont en général négligeables quand la puissance délivrée par l'amplificateur est suffisante, ce qui est ici le cas.

B. — Présence entre le circuit d'isolement et le circuit d'utilisation d'un filtre destiné soit à compenser la réponse du dispositif d'enregistrement, soit à constituer un élément passe-bas.

L'unité d'adaptation pour enregistrement électro-mécanique (EEM) (fig. 13) comporte un circuit d'isolement qui, dans la plupart des cas, joue en plus du rôle décrit ci-dessus, celui d'adapter l'impédance d'utilisation du graveur à celle de l'amplificateur, la plupart des graveurs disponibles en Europe ayant une impédance de l'ordre de 200 ohms à 400 périodes, alors que la sortie normalisée de notre amplificateur est de 500 ohms.

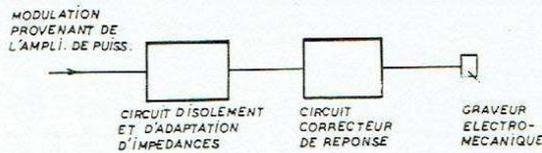


Fig. 13. — Unité d'adaptation pour l'enregistrement par procédé électromécanique.

Dans la plupart des installations professionnelles d'enregistrement de disques soignées, on compense individuellement les divers creux et bosses de la courbe de réponse du graveur, de façon que la résultante des courbes du graveur et du correcteur soit horizontale à partir de la fréquence de traversée, une capacité placée en schunt sur le correcteur permettant toutefois un relevage des aigus correspondant à la courbe de gravure choisie. La figure 14 donne un exemple d'un tel

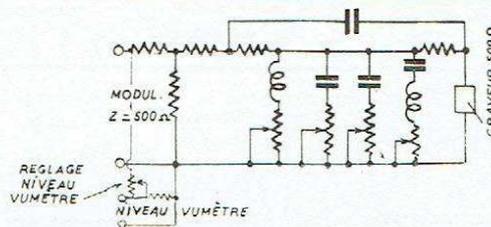


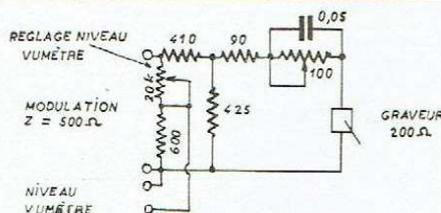
Fig. 14. — Exemple de réalisation d'un correcteur de réponse de graveur à usage professionnel.

réseau correcteur. Il existe d'autres variantes de correcteurs plus simples tels que celui de la figure 15, dont le but est de compenser dans une certaine mesure les variations d'impédance du graveur avec la fréquence.

Toutefois, l'habitude semble être, en France, de simplifier encore l'adaptation du graveur, en se contentant « d'abrutir » celui-ci en le connectant en parallèle avec une résistance de l'ordre de 1/4 de son impédance à 400 c/s. Si le lecteur désire adopter cette façon d'opérer qui donne des résultats très acceptables, spécialement avec les graveurs couramment disponibles en France, il aura intérêt, dans le cas habituel où l'impédance du graveur est de 200 ohms, à connecter celui-ci sur la prise 50 ohms du transformateur de sortie en chargeant celle-ci sur une résistance non inductive de 50 ohms, suivant le schéma de la figure 16.

L'unité d'adaptation pour enregistrement photographique (EP) est conforme au schéma de la figure 17. On voit qu'elle comporte à la sortie du circuit d'isol-

Fig. 15. — Exemple de réalisation d'un correcteur simplifié de réponse de graveur.





nies et deux types d'échelles particulières, l'une graduée en unités de volume sonore ou volume units (VU); c'est échelle dite A de la figure 20; l'autre étant graduée en pourcentage de modulation (échelle B). Il est bon de remarquer que sur l'échelle A figurent en chiffres de dimensions réduites, et en dessous de l'échelle principale, les valeurs de l'échelle B et vice versa.

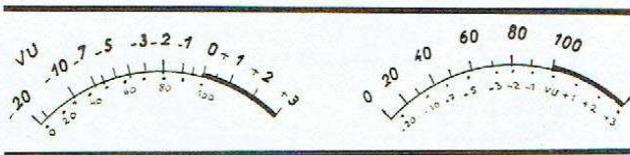


Fig. 20. — Echelles de VU-mètre.

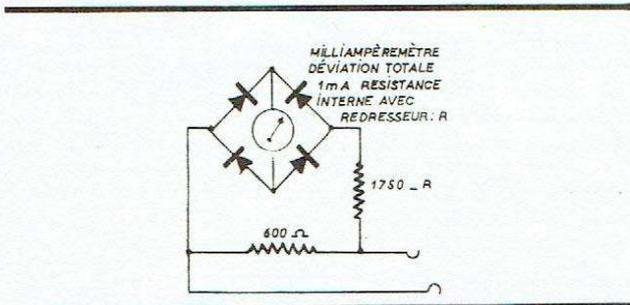


Fig. 21. — Schéma électrique du modulomètre.

Les caractéristiques balistiques du VU-mètres sont les suivantes : si on applique à celui-ci une tension à fréquence audible devant produire une déviation de 100 % en régime permanent, l'aiguille doit marquer 99 %, 0,3 seconde après l'application de la tension, puis dépasser la graduation 100 %, de 1 à 1,5 %, pour se stabiliser finalement à 100 %. Le niveau 0 choisi est de 1 milliwatt sur 600 ohms. L'appareil est réglé de façon à marquer 100 %, lors de l'application d'une tension sinusoïdale de 1,225 volt aux bornes de l'appareil monté en série avec une résistance de 3.600 ohms. Le niveau correspondant à cette tension est de 4 db au-dessus 1 mW ou, dans la terminologie adoptée, de + 4 VU.

Un tel instrument est assez coûteux et n'est fabriqué que par un petit nombre de constructeurs. On peut toutefois obtenir des résultats pratiquement aussi satisfaisants, en employant un appareil de mesure ordinaire associé à une échelle analogue à celle du VU-mètre, l'appareil en question étant muni naturellement d'un redresseur; sans doute les qualités balistiques ne seront-elles pas les mêmes mais, comme dans la plupart des cas, ce sont les pointes de modulation qui nous intéressent, notre modulomètre (c'est ainsi que nous l'appellerons) présentera l'intérêt d'être moins amorti et son fonctionnement se rapprochera de celui du classique décibel-mètre d'antan. La réalisation d'un tel modulomètre est simple. On se procurera un milliampèremètre donnant une déviation totale pour 1 mA; celui-ci sera

de préférence de forme rectangulaire, à fond éclairé si possible et gradué de 0 à 100. Tout d'abord on établira une nouvelle graduation correspondant à l'échelle B de la figure 20. Le tableau ci-dessous donne les indications nécessaires pour graduer ce nouveau cadran en partant des indications de l'ancien. On emploiera avantageusement du papier chamois comme sur les vrais VU-mètres. La graduation sera faite en rouge, l'arc de cercle correspondant à des pourcentages de modulation dépassant 100 % étant également en rouge, les chiffres figurant en dessous de l'échelle étant bleus, ainsi que les points repères.

TABLEAU D

Graduations du VU-mètre	Divisions corresp. de la graduation d'origine	Graduation auxiliaire du VU-mètre (échelle inf.)	Divisions corresp. de la graduation d'origine
100	70	+ 3	98
90	63	+ 2	87,5
80	56	+ 1	78,5
70	49	0	70
60	42	- 1	62,5
50	35	- 2	55,5
40	28	- 3	49
30	21	- 5	39
20	14	- 7	31
0	0	-10	22
		-20	7

N.B. — Seules les divisions 100, 80, 60, 40, 20 et 0 sont inscrites sur le cadran.

N.B. — Toutes ces divisions sont à marquer sur le cadran en dessous des points correspondants.

Le montage électrique sera celui de la figure 20. Afin de conserver la même valeur de référence pour le niveau 100 % que sur les vrais VU-mètres, nous disposerons en série avec notre modulomètre muni de son redresseur, une résistance égale à 1750 ohms, moins la résistance interne du milliampèremètre et de son redresseur associé. Le niveau 100 % correspondra alors à 1,225 volt appliqué, c'est-à-dire que si l'on place en parallèle avec le modulomètre et sa résistance série une résistance de 600 ohms, comme l'indique la figure 2, le niveau 100 % sera égal à + 4 db, le niveau 0 db correspondant à 1 mW sur 600 ohms. Si l'étalonnage en a été fait avec soin et si l'appareil de mesure est de bonne qualité, notre modulomètre pourra rivaliser dans bien des cas avec des VU-mètres beaucoup plus coûteux.

Dans le prochain numéro de la revue du SON, nous donnerons la description complète, avec tous les schémas, de la version semi-professionnelle de notre amplificateur, version qui verra disparaître tous les transformateurs BF, à l'exception des deux transformateurs d'entrée du bloc préamplificateur-mélangeur, et, naturellement, du transformateur de sortie de l'amplificateur de puissance.

## ERRATUM

Schéma du correcteur de réponse : figure 9, page 26, numéro 1  
 Le condensateur placé entre le curseur de la galette de gauche du contacteur et le point commun aux potentiomètres de 300 kΩ et 100 kΩ a une valeur de 0,05 μF et non de 0,005 comme indiqué.  
 Sur cette même figure, l'impédance du transformateur de sortie  $Z_D = 8 \text{ k}\Omega$  et non 3 kΩ comme indiqué.

# A PROPOS DU STROBOSCOPE

Il est généralement admis que l'utilisation d'un stroboscope représente la méthode la plus pratique pour contrôler instantanément une vitesse de rotation. Si ceci est indiscutable en principe, nous allons démontrer qu'une confiance trop absolue dans les vertus du stroboscope peut amener des résultats déplorable dans le domaine de l'enregistrement et de la reproduction du son.

Le nombre de secteurs alternativement blancs et noirs d'un stroboscope est lié à la fréquence  $f$  du réseau d'alimentation de la source lumineuse d'éclairage et à la vitesse de rotation  $N$  de l'arbre contrôlé par la relation suivante, qui donne le nombre de secteurs noirs (ou blancs) :

$$n = 120 \frac{f}{N}$$

$f$  étant en période par seconde et  $N$  en tours/minute.

Par ailleurs, la vitesse de l'arbre, qui est toujours entraîné, dans les équipements modernes d'enregistrement ou de lecture sonores, par un moteur dont la vitesse est fonction de la fréquence d'alimentation  $f'$  (moteur synchrone, à induction ou à hystérésis) est donnée par la relation :  $N = kf'$

$k$  étant une constante, fonction des caractéristiques électriques du moteur (nombre de pôles) et de la démultiplication mécanique. Par exemple :  $k = 1,5652$  pour le plateau d'un tourne-disque tournant à 78,26 tours/minute.

Si, dans la formule qui donne  $n$ , on remplace  $N$  par sa valeur ci-dessus, il vient :

$$N = 120 \frac{f}{kf'}$$

Et, dans le cas habituel où  $f = f'$  (alimentation du moteur et de la lampe d'éclairage du stroboscope par le même réseau électrique, il vient :

$$n = \frac{120}{K}$$

Et, par suite, on voit que  $n$  est devenu indépendant de la fréquence, c'est-à-dire, pratiquement, que si le stroboscope a été calculé pour apparaître immobile quand le moteur tourne bien à la vitesse  $N$  prévue, la lampe d'éclairage étant alimentée à la fréquence de  $f$  périodes par seconde, si la fréquence  $f$  (qui, répétons-le, alimente à la fois le moteur et la lampe d'éclairage) varie, le stroboscope continue à apparaître immobile.

Ce fait est d'une importance considérable, car si, au cours d'un enregistrement, il se produit des variations rapides de la fréquence d'alimentation des moteurs (\*), le stroboscope paraîtra immobile, bien que la vitesse du plateau tourne-disques ou du cabestan d'entraînement de la bande ait varié, ce qui entraînera inévitablement une variation de la hauteur des sons enregistrés, lors de leur lecture, donnant ainsi une impression de pleurage qui pourra faire incriminer la machine d'enregistrement.

Ce sont aussi des variations peu importantes de fréquence qui expliquent en partie les difficultés parfois rencontrées par les cinéastes-amateurs pour synchroniser leurs films à l'aide d'un projecteur et d'un lecteur de son séparés dans le cas où le moteur du projecteur de cinéma est du type universel, synchronisé par introduction de résistance en série avec l'induit grâce à un commutateur centrifuge (donc indépendamment de la fréquence d'alimentation). Si l'enregistrement a été fait à un moment où la fréquence du secteur est de 50 p/s et qu'il soit reproduit à un moment où celle-ci est tombée à 49 p/s, le réglage de vitesse étant chaque fois vérifié au stroboscope, on conçoit que la reproduction du son prenne un retard de plus en plus important sur l'image, la vitesse de rotation du disque ou de défilement de la bande étant inférieure de 2 % à celle obtenue lors de l'enregistrement, bien qu'en apparence l'examen du stroboscope semble révéler que la vitesse est demeurée la même dans les deux cas.

Ces constatations prennent une importance encore plus grande quand l'entraînement du moteur se fait à partir d'un groupe électrogène dont la vitesse ne demeure pas forcément constante. Le stroboscope seul ne peut plus alors avoir aucune utilité et il doit être supplémente par un fréquencemètre. Ce sera là notre conclusion : seule, l'utilisation d'un fréquencemètre permet d'affirmer que les raies d'un stroboscope paraissant immobiles, le moteur tourne bien à la vitesse prévue.

(\*) On nous rétorquera que la fréquence du secteur est en principe constante. En réalité les Cahiers des charges d'Electricité de France prescrivent des limites à l'intérieur desquelles la fréquence peut varier, le maximum de variation autorisé étant de  $\pm 1\%$ . Cependant au moment du couplage de nouveaux alternateurs lors des pointes de consommation il peut arriver que des variations importantes se produisent. Nous avons été nous-mêmes témoins récemment d'une variation brutale : 50 à 47 p/s (qui n'a d'ailleurs duré que quelques secondes) alors que, procédant à un enregistrement, nous examinions justement un fréquencemètre.



# UN NOUVEAU TUBE DE PUISSANCE : EL 84

par L. CHRÉTIEN \*

## Tétrade ou penthode ?

A différentes reprises et dans différentes revues, l'auteur a publié des études comparatives entre penthodes et tétrodes de puissance.

Ayant une inclination particulière vers les montages symétriques, ses préférences allaient généralement du côté des tétrodes. C'était assez logique : la forme des caractéristiques est telle que les tétrodes produisent surtout des harmoniques de rang pair. Or, le montage symétrique permet d'éliminer ces composantes gênantes. De plus, il est hors de doute que l'oreille humaine supporte mieux les harmoniques pairs. Les harmoniques impairs se traduisent par une sensation désagréable : la musique est aigre et criarde.

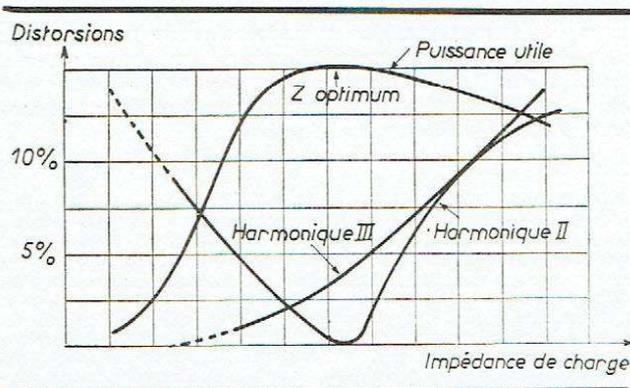
L'auditeur moyen tolère beaucoup plus facilement 10 % d'harmonique 2, que 5 % d'harmonique 3. Il suffit de faire quelques « tests » pour s'en convaincre.

A la suite de la publication de certains des articles précités j'ai reçu des lettres, émanant de spécialistes de la construction des « penthodes » et essayant de me convaincre que la penthode était la reine des lampes de puissance. Ces lettres, accompagnées de documents techniques, ne m'ont pas converti.

Avec les anciens modèles de penthodes, il existait bien le moyen de diminuer le taux relatif d'harmonique 3 : il suffisait, évidemment, de réduire l'impédance de charge.

(\*) Ingénieur E.S.E.

Fig. 1.



Pour s'en convaincre, il suffit de regarder la figure 1 qui donne l'allure générale des courbes du taux des harmoniques 2 et 3, en fonction de l'impédance d'utilisation. L'impédance de charge optimum correspond généralement à l'annulation de l'harmonique 2.

Sur le même graphique, nous avons représenté la variation de la puissance utile en fonction de la même variable.

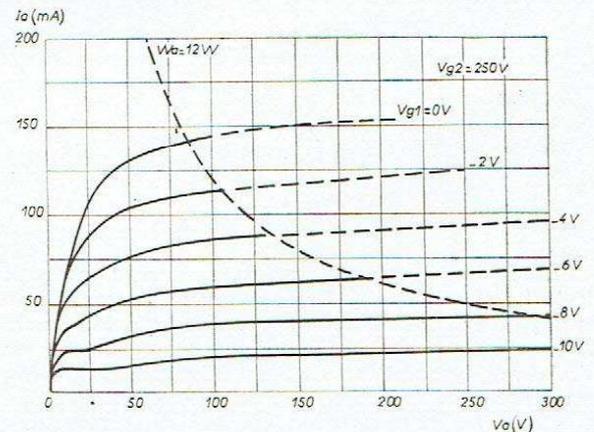
On voit que la puissance utile tombe très rapidement, quand l'impédance de charge est elle-même diminuée.

## Un nouveau tube

Mais voilà qu'apparaît un nouveau tube sur le marché européen : c'est le tube EL84. En fait, il s'agit bien d'un tube penthode, mais à considérer ses caractéristiques (fig. 2), on pourrait presque croire qu'il s'agit d'un tube tétrade.

En effet, le « genou » des caractéristiques est reporté assez loin vers les tensions anodiques faibles ou, en d'autres termes, la tension de déchet est très faible. Quand on compare ce tube récent avec les penthodes de l'âge héroïque (B443, C443, etc), on ne peut qu'être frappé par la différence. La diffraction électronique, causée par

Fig. 2.



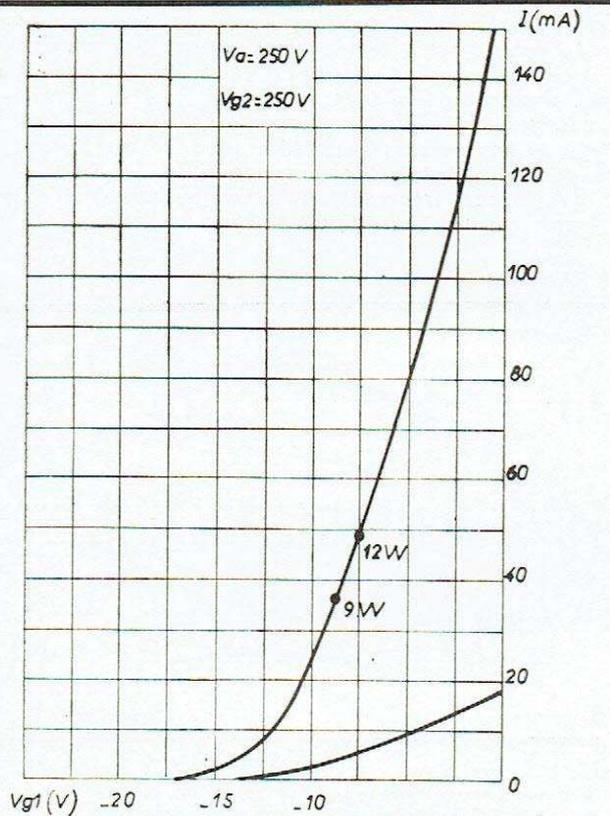


Fig. 3.

grille d'arrêt ( $g_3$ ), a été vraiment réduite à un minimum. L'élimination des électrons secondaires n'est, d'ailleurs, sans doute pas due uniquement à la présence de cette grille. Pour s'en convaincre, il suffit d'observer qu'un léger effet dynatron se manifeste encore sur les courbes correspondant à des valeurs élevées de la polarisation négative de la grille de commande.

### Deux tubes en un seul...

Nous reproduisons, figure 3, la caractéristique statique donnant l'intensité anodique en fonction de la tension de grille de commande ( $g_1$ ) pour des tensions anodiques et d'écran de 250 volts.

Elle est remarquablement droite et la courbure inférieure est peu étendue.

La dissipation anodique peut atteindre 12 watts. Ce maximum, en classe A, correspond, pour 250 volts d'anode, à une intensité de 48 milliampères. La polarisation négative de grille est de  $-7,4$  volts.

La sensibilité est très grande : 0,3 volt sur la grille pour 50 milliwatts utiles, grâce à la valeur très élevée de la pente au point de fonctionnement (11,5 milliampères/volt).

Avec une impédance de charge de 5 200 ohms, le tube peut fournir 5,7 watts, le taux global de distorsion étant alors de 10 % (fig. 4).

Mais on peut aussi utiliser le tube à puissance plus réduite. Il suffit d'augmenter la polarisation négative de la grille : 8,5 volts au lieu de 7,4. L'intensité anodique n'est plus que de 36 milliampères, ce qui correspond à une puissance dissipée de 9 watts (voir fig. 3).

Dans ces conditions, le tube a sensiblement les mêmes caractéristiques que le tube EL41, avec la même inclinaison : 10 mA/V. L'impédance de charge doit alors être de 7 000 à 8 000 ohms, comme une EL41. La sensibilité est à peu près la même : 0,31 volt efficace pour

50 milliwatts utiles. Le tube peut alors produire une puissance de 4,2 watts utiles, en limitant la distorsion à 10 %.

### Comparaison avec les tétrodes usuelles

Le tube précédent peut être raisonnablement comparé aux tubes tétrodes classiques : 6V6, ou à sa version dans les séries miniatures : 6AQ5. On constate que, pour la même puissance d'alimentation, les tétrodes fournissent 4,5 watts au lieu de 5,7 avec une sensibilité beaucoup plus faible, puisque la tension d'attaque doit être de 8,8 volts, au lieu de 4,3.

Le gain de sensibilité obtenu peut, évidemment, se convertir en fidélité au moyen d'un couplage de contre-réaction.

Nous reproduisons, figure 2, les courbes donnant les principaux éléments de fonctionnement en fonction de la puissance utile.

### Réduction de l'impédance de charge

En réduisant l'impédance de charge à 4 500 ohms, on peut encore obtenir une puissance de l'ordre de 4,4 watts, avec une distorsion globale inférieure à 8 % (fig. 5).

Mais dans l'utilisation courante, la puissance nécessaire est très inférieure à 4,5 watts. La puissance modulée normale, dans un appartement, est inférieure à 3 watts. Il se trouve précisément que la réduction de la charge

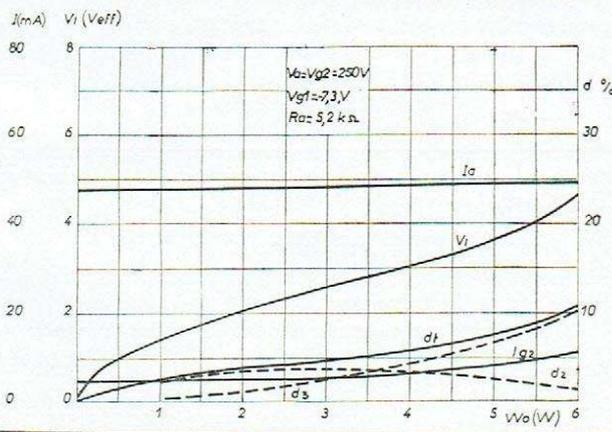


Fig. 4.

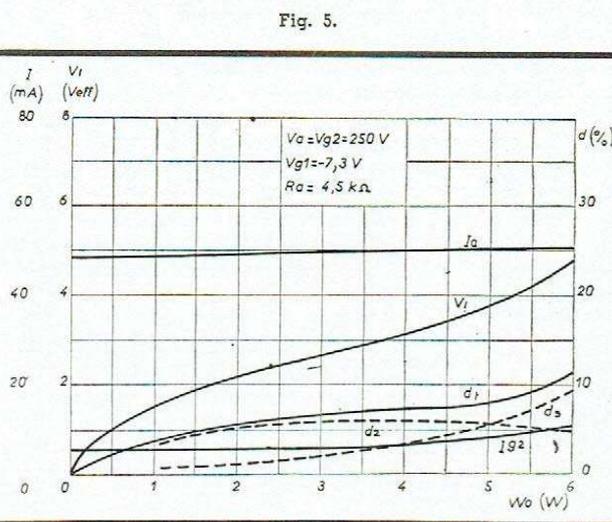


Fig. 5.

a pour conséquence une augmentation légère de l'harmonique 2, mais une très nette diminution du très désagréable harmonique 3.

Ce mode de fonctionnement ne se traduit pas par une réduction de sensibilité. C'est donc celui que l'on choisira pour obtenir le maximum de sensibilité chaque fois, naturellement que la puissance maximum de 4,5 watts sera jugée suffisante.

Il faut remarquer que cette solution n'est pas applicable à toutes les pentodes. Pour la plupart d'entre elles, la puissance disponible serait notablement trop faible.

### Fonctionnement en montage symétrique

Les observations précédentes permettent de comprendre que le nouveau tube présente un intérêt tout spécial quand on l'utilise dans un montage symétrique. Les pentodes usuelles, bien qu'employées par de nombreux usagers — ne pouvaient donner que de piètres résultats. Il était beaucoup plus intéressant d'utiliser des tubes 6V6 ou 6AQ5. On obtenait plus de puissance pour moins de distorsion. Ce résultat s'expliquait précisément par la prédominance des harmoniques pairs.

La situation est maintenant changée avec le tube EL84. Il suffit de l'utiliser avec impédance de charge plus réduite. La valeur correcte de plaque à plaque du montage symétrique est de 9 000 ohms. On peut même, sans inconvénient autre qu'une légère réduction de puissance maximum, adopter 8 000 ou même 7 000 ohms.

Avec cette dernière valeur, il est encore possible d'obtenir une puissance modulée supérieure à 10 watts, le taux de distorsion ne dépassant pas 3 %.

On voit en fig. 6 que l'on peut obtenir une puissance notablement plus grande en adoptant le montage en classe AB, avec une tension anodique de 300 volts et en polarisant la grille pour ne pas dépasser la dissipation anodique admissible (15 W pour  $d < 2\%$ ).

Nous aurons sans doute l'occasion de revenir sur ce mode particulier de fonctionnement.

Nos lecteurs trouveront ci-dessous les données de fonctionnement usuelles du tube EL84.

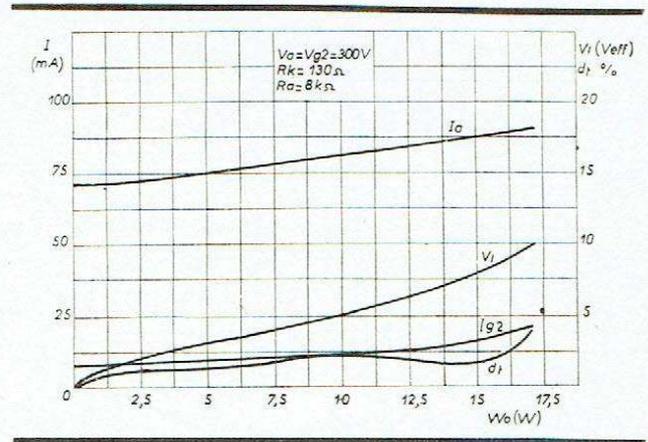


Fig. 6.

(Tous les graphiques reproduits dans cet article sont des documents MINIWATT DARIO.)

#### Chauffage :

Indirect par CA ou CC :  $I_f = 0,76$  A

Alimentation en parallèle :  $V_f = 6,3$  V

#### Caractéristiques nominales de fonctionnement :

$V_a$	V	250	250	250
$V_{g2}$	V	250	205	250
$R_k$	$\Omega$	140	175	215
$V_{g1}$	V	-7,4	-7,0	-8,5
$I_a$	mA	48	36	36
$I_{g2}$	mA	5,4	4,0	4,0
S	mA/V	11,5	10,2	10,0
Q	k $\Omega$	47,5	45	50
$\mu_{g1g2}$		19,5		

#### Polarisation fixe :

$R_a$	k $\Omega$	5,2	7,0	7,0
$P_s$ ( $d = 10\%$ )	W	5,7	4,3	4,2
$V_i$ ( $d = 10\%$ )	$V_{eff}$	3,9	3,35	3,4
$V_i$ ( $P_s = 50$ mW)	$V_{eff}$	0,30	0,31	0,31

#### Polarisation automatique :

$R_a$	k $\Omega$	5,2	7,0	7,0
$P_s$ ( $d = 10\%$ )	W	5,3	3,9	3,75
$V_i$ ( $d = 10\%$ )	$V_{eff}$	3,85	3,25	3,3
$V_i$ ( $P_s = 50$ mW)	$V_{eff}$	0,30	0,31	0,31

#### Dimensions :

Diamètre max. : 22 mm.

Longueur totale max. : 78 mm.

#### Valeurs à ne pas dépasser :

$V_{a0}$	max.	550 V
$V_a$ (classe A)	max.	250 V
$V_a$ (classe B)	max.	300 V
$P_a$	max.	12 W
$V_{g20}$	max.	550 V
$V_{g2}$ (classe A)	max.	250 V
$V_{g2}$ (classe B)	max.	300 V
$P_{g2}$ ( $P_s$ max. = 0,7 W)	max.	2 W
$I_{g2}$	max.	75 mA
$R_{g1}$	max.	1 M $\Omega$
$V_{kf}$	max.	50 V
$R_{kf}$	max.	20 k $\Omega$

#### Brochage :

1	c.i. (à ne pas utiliser)
2	$g_1$
3	$k_{g3}$
4	f
5	f
6	c.i. (à ne pas utiliser)
7	a
8	c.i. (à ne pas utiliser)
9	$g_2$

#### Culot Noval.

Les numéros des broches sont donnés en partant de la première des broches les plus espacées et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, culot vu de dessous.

# L'ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE DANS LE CINÉMA PARLANT PROFESSIONNEL

par V. POKROVSKY \*

L'enregistrement magnétique de la musique, de la parole et des sons en général est actuellement en plein essor. Ce mode d'enregistrement, élaboré et exploité professionnellement avant et pendant la guerre en Allemagne se développa aux Etats-Unis et puis en France pendant ces dernières années.

On comprend que, dès l'apparition de ce nouveau mode d'enregistrement, les techniciens aient cherché à en faire bénéficier le cinéma parlant. La possibilité de vérifier sur place la qualité du son enregistré présente un grand intérêt car elle permet parfois de réaliser des économies importantes de temps et d'argent.

Outre les avantages importants propres au procédé magnétique qui sont trop connus pour qu'on s'y attarde ici, un autre facteur intervient en faveur de la substitution du procédé magnétique à l'enregistrement du son sur film à émulsion photographique, c'est la différence de prix entre le film (1) et la bande magnétique. Cette différence de prix peut se solder par l'économie de sommes importantes car, en cours de la production d'un film, le métrage de pellicule utilisé pour le son dépasse de plusieurs fois le métrage de la copie de projection.

En effet, il ne faut pas oublier qu'aux divers stades de production, en commençant par la prise des scènes, l'image et le son sont enregistrés sur des pellicules séparées et qu'avant d'aboutir à la copie de projection, où ils se trouvent côte à côte sur le même film, le son subit plusieurs réenregistrements (voir fig. 1). D'abord le son (ainsi que l'image, mais ici seul le son nous intéresse) est pris à plusieurs reprises sur des bandes appelées *rush*; puis, les *rushes* considérés bons sont développés et ensuite tirés et développés en positif. Avec ces bandes positives on prépare une copie de travail destinée au montage. Celui-ci consiste dans le découpage et le collage des dites bandes suivant les modifications apportées entre temps aux bandes images; ce travail demande des tables de montage permettant le passage simultané et synchrone des copies son et image avec possibilités d'arrêt, marche arrière, etc. L'opération, une fois terminée et vérifiée par projection sur des appareils synchronisés, la copie de travail, qui devient sale et s'abîme pendant le montage est envoyée au laboratoire où elle servira de modèle au découpage des négatifs pri-

mitifs des *rushes* correspondants. De ces négatifs, on tire une copie positive destinée au mélange, opération qui consiste à reporter électriquement sur un nouveau film, le son enregistré sur cette copie positive en le mélangeant avec la musique, les bruits et au besoin, avec des commentaires enregistrés sur d'autres bandes. Le film négatif ainsi obtenu servira au tirage des copies destinées à l'exploitation sur lesquelles la trace sonore se trouve enfin impressionnée à côté de l'image.

Ce bref exposé des opérations qui ont lieu au cours de la production d'un film permettra de se rendre compte de l'économie qu'il est possible de réaliser avec le procédé magnétique (voir fig. 2).

En effet les bandes utilisées pour enregistrer les *rushes* peuvent, une fois le film terminé, être effacées et employées à de nouveaux enregistrements. Par contre la copie de travail, sur laquelle le son est cette fois reporté électriquement, est considérée comme non récupérable, car elle est constituée par l'assemblage de fragments de durée relativement courte et comportant, par suite, de nombreux raccords.

Si le montage est proprement fait, on utilise cette copie de travail directement pour le mélange. Le son mélangé est enregistré soit directement sur film à émulsion photographique, soit sur bande magnétique d'où il sera, après contrôle, reporté sur film, car dans le stade actuel de cette technique, la copie finale est toujours un film à émulsion photographique négatif. Naturellement cette dernière bande magnétique est aussi récupérable.

Ainsi, contre les quelques 15 000 m négatifs et 9 000 m positifs de film à émulsion photographique utilisés pour le son en cours de production d'un film moyen, dans le procédé magnétique on sacrifiera en tout environ 3 000 m de bande magnétique perforée (2) — le reste des bandes employées étant, répétons-le, récupérable.

Profitons de cette description pour attirer l'attention sur le fait que dans l'enregistrement photographique la plupart des reports de son d'une copie à l'autre se font par tirage — travail délicat et qui peut facilement introduire des distorsions — tandis que dans le procédé magnétique on a uniquement recours au réenregistrement électrique qui donne des résultats de haute qualité.

On pourrait aller plus loin sur la voie de l'enregistrement magnétique et, sur les copies destinées à l'exploita-

(\*) Ingénieur E.S.T.

(1) Dans le prix du film, on compte les prix de la copie négative, de la copie positive, du tirage et du développement.

(2) L'utilisation de bandes perforées à plusieurs traces magnétiques permet de réduire encore plus ce chiffre.

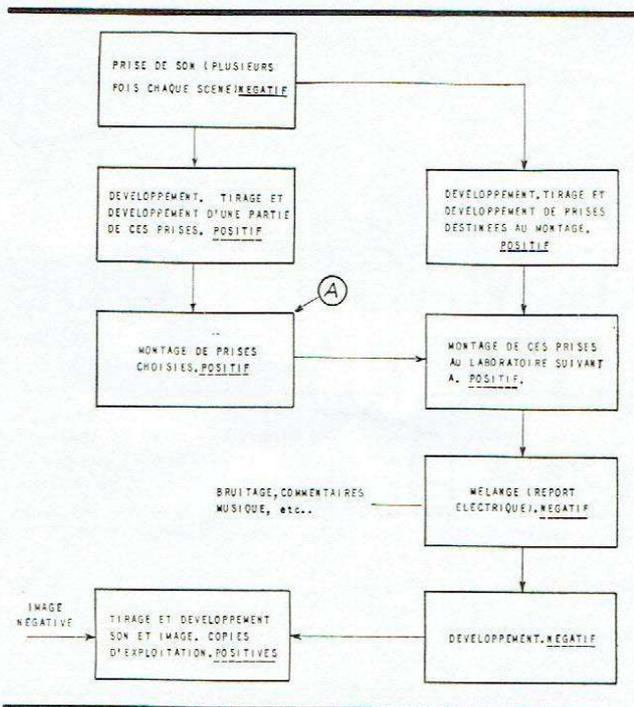


Fig. 1. — Représentation schématique des opérations effectuées avec le son enregistré sur film à émulsion photographique.

tion, enregistrer le son, sous forme d'une trace magnétique disposée à côté de l'image, mais ce changement entraînerait une transformation des installations sonores des salles de projection. Comme il y aurait dans ce cas une période transitoire de coexistence de films à trace sonore sur émulsion photographique et de film à trace magnétique, il faudrait également garder les anciennes installations à lecteurs photo-électriques. En outre la trace magnétique devrait pouvoir résister aux rudes conditions d'exploitations, et certaines précautions seraient à prendre contre des détériorations éventuelles de l'enregistrement par des champs magnétiques parasites.

Ces difficultés font exclure, pour le moment au moins, l'application directe de pistes magnétiques sur les copies d'exploitations professionnelles. En revanche, de tels films, pour usage semi-professionnel, ont été déjà réalisés en format réduit.

### Servitude imposée par le cinéma à l'enregistrement magnétique

L'introduction de l'enregistrement magnétique dans le cinéma parlant a posé le problème d'augmentation de la régularité du déroulement de bandes magnétiques, car une synchronisation parfaite entre l'image et le son est indispensable dans la technique cinématographique. En effet, le magnétophone normal, dérivé des premiers appareils allemands, utilise des rubans de 6,35 mm de largeur, non perforés, entraînés par friction. Grâce à divers perfectionnements, la vitesse de déroulement du ruban peut être réglée avec une précision suffisante pour la plupart des utilisations courantes. Dans la radiodiffusion, malgré un programme strictement minuté, des écarts de l'ordre d'une minute peuvent, à la rigueur, être tolérés. Par contre, en cinématographie, un décalage même inférieur à la seconde entre l'image et le son correspondant devient inacceptable. Il est nécessaire d'assurer aux différents stades de production du film un synchronisme complet entre la bande son et celle de l'image.

Deux solutions de ce problème sont possibles. La première emploie le ruban magnétique de 6,35 mm non

perforé, en y ajoutant un signal périodique, lequel permet, par un procédé électronique, de synchroniser le son et l'image.

La seconde solution fait appel à des films standards perforés de 35, 17,5 ou 16 mm, sur lesquels l'émulsion photographique est remplacée par une couche magnétique. La synchronisation son-image est obtenue ici par la méthode classique — couplage électrique des moteurs d'entraînement, habituellement à partir du réseau alternatif.

Si la première solution permet l'emploi des rubans de 6,35 mm moins coûteux, par contre les différents systèmes de synchronisation sont assez compliqués.

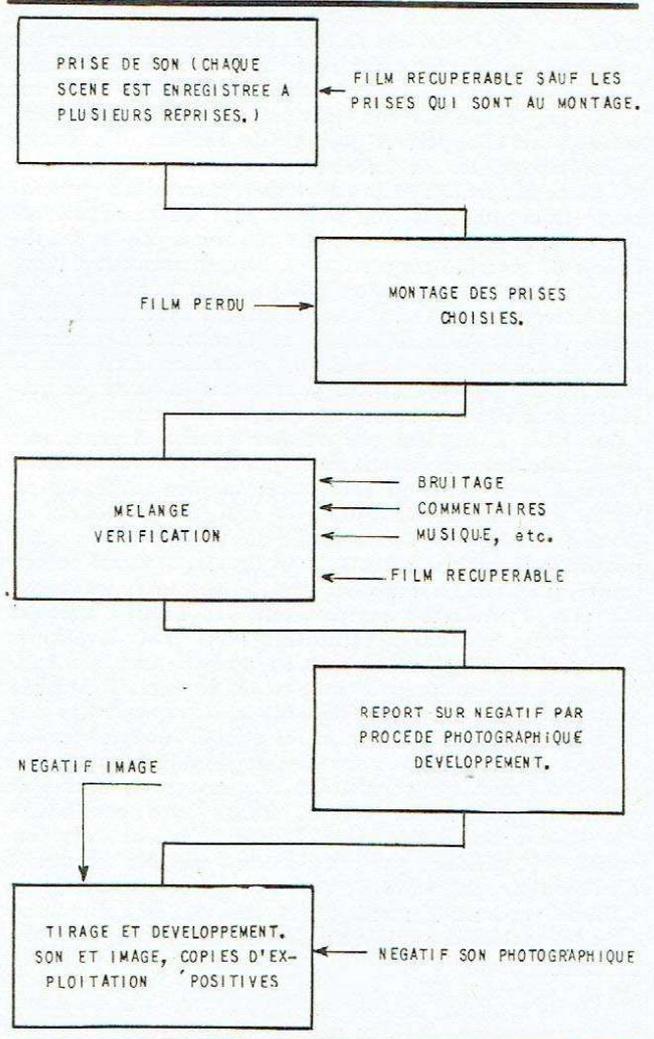
C'est la deuxième qui a trouvé un champ d'application pratique.

Nous parlerons d'abord de la synchronisation des rubans non perforés et nous nous arrêterons par la suite sur les appareils et les méthodes de travail employés avec les films magnétiques.

### Synchronisation de l'image avec le son enregistré sur ruban magnétique non perforé

Pour obtenir une synchronisation parfaite image-son, il ne suffit pas de dérouler le ruban magnétique et le film images à la même vitesse linéaire ou, plus exactement,

Fig. 2. — Représentation schématique des opérations effectuées avec le son enregistré sur film magnétique perforé. La plus grande partie du film magnétique est récupérable. Tous les reports de son, sauf le dernier se font électriquement.



dans le même rapport de vitesses, car le film est déroulé à 456 mm/s, tandis que le ruban fait 77 ou 38 cm/s. En effet les bandes-supports de l'émulsion photographique, ou de la poudre magnétique, sont sujettes à des allongements et des rétrécissements en fonction de leur état hygrométrique, de la force de traction et du vieillissement. Mais, tandis qu'avec les films perforés, l'entraînement par tambour denté élimine à chaque passage d'une dent l'influence de ces facteurs (une bobine de 300 m demandera toujours le même temps de passage à condition, naturellement, que la vitesse du moteur d'entraînement demeure constante), le ruban les traduira par des écarts qui iront en s'accumulant. Le temps de passage d'une même longueur de ruban, même déroulé à une vitesse linéaire constante, variera en fonction de ces facteurs.

On voit qu'une véritable synchronisation n'implique pas nécessairement des vitesses de défilement identiques ou proportionnelles, mais bien l'égalité des temps de passage de la même longueur nominale.

Pour aboutir à un tel résultat, le seul moyen consiste à porter des repères directement sur le ruban et de se servir de ces repères pour la synchronisation. Ainsi les écarts seront rattrapés, comme dans les films perforés, à chaque passage du repère.

Diverses méthodes sont employées pour porter ces repères sur les rubans. La première qui vient naturellement à l'esprit consiste à marquer sur le ruban des signes visibles également espacés et de les utiliser pour la synchronisation par un procédé photo-électrique. Le défaut de cette méthode est l'impossibilité d'obtenir une synchronisation pendant le démarrage, car en présence de grands écarts de vitesse, la cellule ne peut distinguer si il y a retard ou avance du ruban. En plus, l'installation d'un dispositif photo-électrique présente des inconvénients certains.

Les autres méthodes font appel aux propriétés magnétiques des rubans et utilisent des signaux qui sont inscrits perpendiculairement à l'enregistrement du son, ou lui sont superposés en occupant une plage de fréquences située en dehors de la gamme audible (fig. 3).

Sur la figure 4 on trouve le schéma plus détaillé du dispositif de synchronisation. Les différences éventuelles entre la fréquence nominale de 60 Hz du ruban et la fréquence du secteur se manifestent par une différence des vitesses des petits moteurs A et B. Les rotors de ces deux moteurs sont couplés mécaniquement, mais tandis que le stator du premier est fixe, celui du deuxième peut tourner librement d'un angle qui peut atteindre 180°. Etant donné que les rotors sont couplés, une différence de vitesse angulaire entre ceux-ci peut se manifester uniquement par une rotation du stator du moteur B, lequel est solidaire du curseur d'un potentiomètre. Ce potentiomètre commande à son tour la fréquence d'un multivibrateur, réglé initialement sur 60 Hz. Le signal du multivibrateur, après amplification adéquate, alimente le moteur d'entraînement du reproducteur.

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'emploi du ruban est plus économique que celui du film magnétique. D'autres avantages viennent s'y ajouter (3). Les voici par rapport au film magnétique de 35 mm :

Prix (rapport approximatif) .....	1 : 8
Volume occupé .....	1 : 7,5
Poids par bobine .....	1 : 2,5
Durée d'enregistrement pour une vitesse de ruban de 77 cm/s. ....	2,5 : 1

(L'augmentation de durée par bobine est obtenue,

(3) Depuis l'emploi de plus en plus répandu de films à plusieurs pistes sonores et de films de 17,5 mm, ces avantages deviennent moins prononcés.

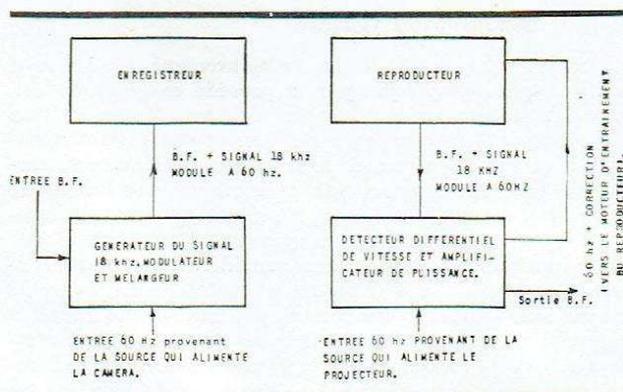


Fig. 3. — Schéma de principe de synchronisation du son enregistré sur ruban magnétique non perforé et de l'image enregistrée sur film. Sur le ruban on enregistre simultanément avec le son un signal à 18 kHz modulé par la fréquence du secteur. A la reproduction la différence, positive ou négative, de cette dernière fréquence recueillie sur le ruban et de celle du secteur local règle la vitesse du moteur d'entraînement du reproducteur.

malgré une vitesse de déroulement plus élevée, grâce au support plus mince employé pour le ruban.)

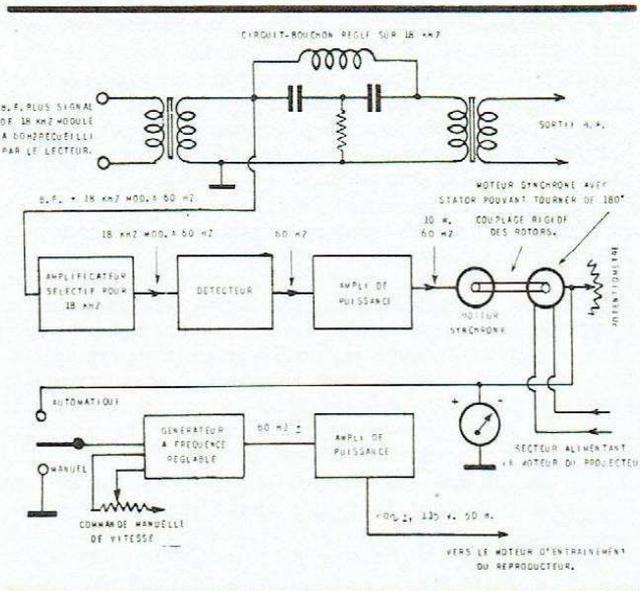
D'autre part, il est plus facile d'obtenir des rubans à revêtements magnétiques uniformes ce qui permet, conjointement avec un support plus mince, d'avoir une modulation d'amplitude plus faible et une meilleure réponse dans le haut de la gamme audible.

Malgré ces avantages les rubans synchronisés ne sont pas effectivement utilisés dans l'industrie cinématographique. Nous croyons que deux raisons peuvent expliquer cette réticence :

1° L'installation électronique nécessaire à la synchronisation des rubans est assez complexe et, de ce fait, est beaucoup moins sûre que la synchronisation par perforations;

2° La superposition du signal de synchronisation sur le son enregistré restreint la dynamique disponible et, surtout, augmente la distorsion de non-linéarité.

Fig. 4. — Commande de la vitesse du reproducteur à partir d'un signal modulé enregistré sur le ruban. Un système à deux moteurs détecte la différence de fréquence de ce signal et de celle du secteur. Cette différence agit sur un générateur, réglé initialement à 60 Hz, et corrige ainsi la vitesse du moteur d'entraînement du reproducteur.



## Le film magnétique perforé

L'intérêt que présente le remplacement du film à émulsion photographique par le procédé magnétique est, comme nous venons de le voir, évident. Mais, si à la prise de son les avantages de l'enregistrement magnétique sont indiscutables, dans les stades qui suivent, certains avantages, comme, par exemple la possibilité de reproduction immédiate, ne présentent pas un tel intérêt, et les avantages restant peuvent être momentanément contrebalancés par des considérations d'amortissement du prix des anciennes installations, par la nécessité de former le personnel, par quelques difficultés apportées par la nouvelle technique et parfois tout simplement par la routine. Ces diverses considérations, d'importance variable suivant les pays, conditionnent un développement plus ou moins rapide de l'enregistrement magnétique dans les industries cinématographiques des grandes nations productrices.

Aux Etats-Unis, où toute une série d'améliorations ont été apportées à l'enregistrement magnétique, l'idée de réaliser sur film magnétique toutes les opérations effectuées dans les studios a séduit nombre de techniciens dès le début, mais, comme le changement s'avéra plus compliqué qu'on ne le croyait, la nouvelle technique marqua un temps d'arrêt. Néanmoins au stade de la prise de son, l'utilisation des appareils magnétiques a pris une place prépondérante. Déjà, vers la fin de l'année 1951, 75 % de ce travail, ainsi que des enregistrements de doublage, se faisait sur film magnétique. Au montage, c'est l'invisibilité de la modulation du son qui présente le plus grand obstacle.

Pour parer à cet inconvénient, diverses méthodes combinant les deux procédés d'enregistrement sont utilisées; la solution adoptée en Allemagne (à savoir, inscription avec de l'encre de l'enveloppe du son sur la surface du même film), est considérée comme insuffisante. Dans la méthode récemment introduite dans les studios de la Columbia Pictures, on utilise un film qui porte simultanément deux traces sonores: l'une, magnétique, sur laquelle le son original est enregistré, se trouve au milieu du film, et une autre, à émulsion photographique, est disposée à l'endroit habituel. Le son enregistré sur la deuxième trace est obtenu à partir de la première trace, grâce à un appareil spécial de marque Westrex, de telle façon que les modulations identiques se trouvent exactement sur la même ligne transversale. Le montage se fait suivant la trace visible et, pour le réenregistrement, on utilise la trace magnétique. Les films à trace magnétique rapportée sont fabriqués par la Société Reeves, leur qualité n'étant, paraît-il, pas inférieure à celle des films magnétiques recouverts sur toute leur surface.

A titre d'exemple, nous examinerons un procédé à signal superposé, employé pour la synchronisation par la Société Ampex (voir pour de plus amples détails *Picture-Synchronous Magnetic Tape Recording*, par HARE et FLING, J.S.M.P.T.E., mai 1950).

Pendant l'enregistrement le ruban magnétique reçoit, en plus du signal de son, un signal à la fréquence de 18 kHz modulé à 60 Hz (fréquence du secteur en U.S.A.). A la lecture, ce signal, après avoir été séparé du son, est démodulé et la fréquence de la modulation récupérée est comparée à celle du secteur. La différence entre ces deux fréquences, positives ou négative, détermine soit une augmentation, soit une diminution de la vitesse du moteur qui entraîne le reproducteur (voir fig. 3). La vitesse du moteur se stabilise dès que les deux fréquences sont ramenées à égalité.

Une grande quantité de matériel pour le travail sur film magnétique est fabriquée aux Etats-Unis. La tendance à l'augmentation du nombre de pistes sur le film de 35 mm et à l'utilisation de films de format réduit, parfois à des vitesses inférieures à la normale, oblige

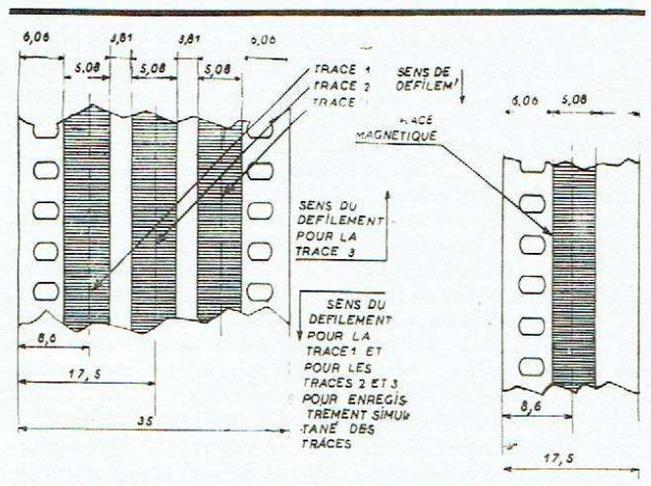


Fig. 5. — Standards de traces magnétiques proposés aux U.S.A. Pour le film de 16 mm la trace se trouve à 0,15 mm du bord non perforé.

souvent les constructeurs à sortir des appareils qui se prêtent chacun à ces diverses servitudes.

Un effort important est apporté à la réalisation des appareils d'enregistrement légers et transportables.

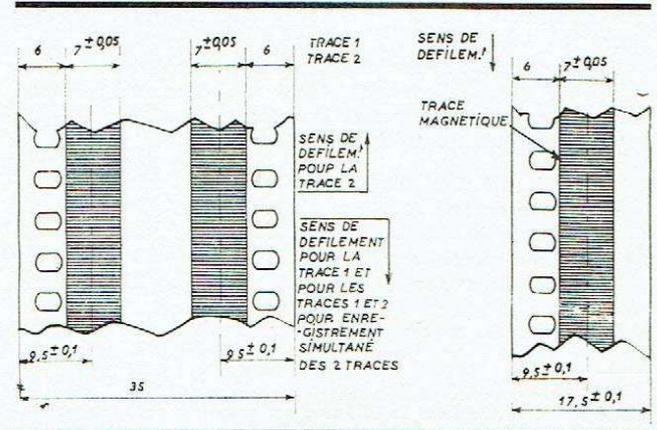
A titre d'exemple, nous donnerons les caractéristiques d'un enregistreur magnétique portatif, de marque Westrex, appareil actuellement très utilisé aux Etats-Unis.

Cet appareil peut utiliser indifféremment des films de 35 mm, de 17,5 mm ou de 16 mm — le passage d'un type à l'autre demande seulement le changement de quelques pièces (galets, tambours et axes de bobines). Le film est entraîné par un dispositif du type Davis, qui comporte deux tambours dentés, deux galets de filtrage reliés par un ressort amorti par « dash-pot » et un tambour à volant à l'intérieur duquel sont disposées les têtes d'enregistrement et de lecture. La tête d'effacement placée entre le tambour à volant et l'un des galets de filtrage est facultative. Les bobines sont entraînées par une courroie à partir du moteur principal. La vitesse de rebobinage est trois fois plus élevée que la normale.

On utilise quatre amplificateurs identiques: deux comme préamplificateurs pour deux voies d'entrée, un comme amplificateur commun et un comme reproducteur. Un seul type de tubes équipe les amplificateurs, ainsi que l'oscillateur de 60 kHz — la double-triode 12AY7. La distorsion de non-linéarité est inférieure à 1 %. La courbe de réponse de chaque amplificateur peut être réglée par un commutateur à plots.

La courbe de réponse globale pour le film de 35 mm

Fig. 6. — Standards de traces magnétiques proposés en Allemagne.



est horizontale de 50 à 7 000 Hz. Elle peut être remontée jusqu'à 10 000 Hz. Pour le film de 16 mm (vitesse de déroulement inférieure), elle est horizontale jusqu'à 6 500 Hz.

Le rapport signal/bruit de fond est de 55 dB et peut être porté à 60 dB.

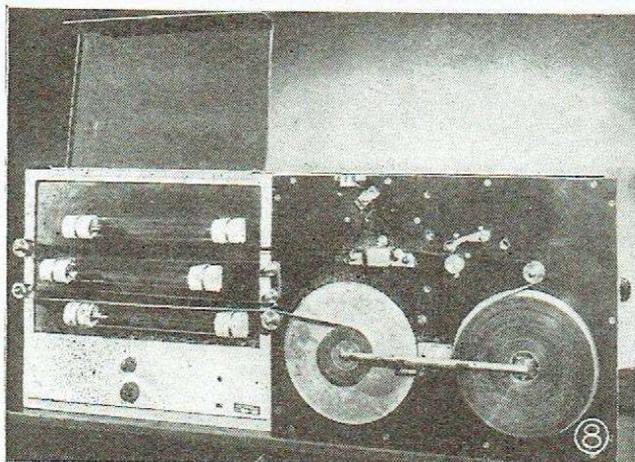
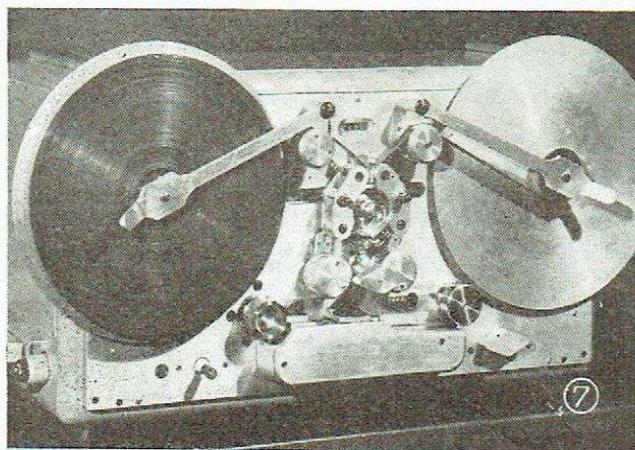
Le scintillement (flutter) est inférieur à 0,1 %.

Sur la figure 5, sont donnés les standards de traces magnétiques pour films de 35 mm et de 17,5 mm en voie d'adaptation aux U.S.A. Les pistes 1 et 3 sont enregistrées l'une après l'autre, sans déplacer la tête magnétique, en inversant simplement le début et la fin

Fig. 7. — Vue générale d'un enregistreur portatif allemand pour film perforé magnétique de 17,5 mm.

Fig. 8. — Enregistreur spécial allemand pour inscrire d'une façon visible le son enregistré sur film magnétique.

Fig. 9. — Table de montage allemande pour film à trace photographique et pour film magnétique de 17,5 mm.



du film. Les deux pistes peuvent aussi être employées pour des enregistrements stéréophoniques et les trois pour enregistrer simultanément sur l'une la parole, sur l'autre la musique et sur la troisième les bruits. On utilise alors plusieurs têtes d'enregistrements. Avec des têtes bien construites, la transmodulation entre les trois pistes ne dépasse guère 60 dB, autrement dit elle est inaudible.

Après la guerre, l'industrie cinématographique allemande se trouva placée devant la situation suivante : un grand nombre de studios et leur matériel étaient détruits et la condition de pays vaincu imposait la recherche de l'économie dans tous les domaines. Il était ainsi naturel que l'enregistrement magnétique, qui bénéficiait déjà d'une longue expérience dans ce pays, fût rapidement introduit dans le cinéma parlant.

Au début, on se borna seulement à la prise du son sur ruban magnétique, mais depuis le printemps 1950, la plupart des studios utilisent déjà le procédé magnétique pour la totalité du travail effectué sur le son (jusqu'au négatif final). La concentration de l'industrie cinématographique, la standardisation des procédés techniques et une bonne organisation ont grandement facilité ce changement.

Si le ruban de 6,5 mm est encore gardé pour la prise de son (toujours pour des raisons d'économie!), toutes les opérations suivantes se font sur film magnétique perforé de 17,5 mm. L'emploi des rubans de 6,5 mm peut être admis pour les prises de son, dont la durée est brève, grâce à la perfection des magnétophones qui, suivant les données allemandes, ont une vitesse de déroulement suffisamment constante pour que le décalage ne dépasse guère quatre images au bout de dix minutes de fonctionnement. Pour réduire au minimum l'influence des variations éventuelles de la longueur du support du ruban, problème que nous avons déjà examiné, le réenregistrement de ces prises sur film magnétique perforé se fait obligatoirement le jour même de la prise de son.

Ce film perforé sert de copie de travail et, la plupart du temps, c'est la même copie qui est utilisée pour le mélange. Néanmoins, certains producteurs préférèrent réenregistrer sur film de 17,5 mm en deux exemplaires et utilisent alors la seconde copie pour le montage au laboratoire en se basant sur la première, comme cela se fait avec les films à émulsion photographique.

Le son mélangé est réenregistré sur film magnétique et c'est seulement après vérification qu'on l'enregistre à nouveau, cette fois, optiquement, sur le négatif final. Le procédé d'enregistrement direct en positif est actuellement à l'étude.

Des standards de traces sonores sur films magnétiques sont en voie d'adoption (voir fig. 6); bien qu'ils diffèrent légèrement des standards américains, les films produits en Allemagne peuvent être utilisés sur les appareils américains et vice versa.

La figure 7 donne une vue générale d'un enregistreur magnétique allemand (4).

Les têtes d'enregistrement et de lecture sont montées sur un support commun entre deux tambours à volant; elles sont protégées par des écrans magnétiques. Il n'y a pas de tête d'effacement : quand le son doit être effacé, la bobine entière est envoyée dans un laboratoire équipé spécialement pour ce genre de travail.

Les bobines réceptrice et débitrice sont entraînées par friction à partir du moteur principal.

Le rebobinage s'opère à une vitesse trois fois plus élevée que la normale. Pendant le rebobinage, le film

(4) Les photographies des appareils allemands nous ont été fournies aimablement par le Dr Ing. M. ULNER, des Studios Cinématographiques de Tempelhof, de l'Universum-Film A.G.

Pour plus de détails sur les procédés employés, voir : *German Magnetic Sound Recording System in Motion Pictures*, by M. Ulner, *Journal of SMPTE*, April 1951.

est libéré du tambour denté d'entraînement et les deux têtes s'écartent.

Grâce au système des volants et aux deux galets amortisseurs le taux de scintillement ne dépasse pas 0,06 %. Les amplificateurs d'enregistrement (entrée 100 mV), de lecture (sortie 100 mV) et de reproduction (5 ou 20 W) présentent une distorsion inférieure à 1 %. La courbe de réponse est plate jusqu'à 15 kHz. Lors du mélange avec des enregistrements des films à émulsion photographique ou du transfert du son sur le négatif final, la bande passante est coupée à 7 ou 8 kHz.

Avant l'opération de montage, les films magnétiques sont passés sur un enregistreur spécial qui inscrit à l'encre, d'une façon visible, l'enveloppe du son enregistré (voir fig. 8). Grâce à ce procédé, les difficultés du travail inhérentes à ce mode d'enregistrement sont fortement atténuées.

Sur la figure 9, on voit une table de montage qui permet d'opérer aussi bien avec des films à émulsion photographique, qu'avec des films magnétiques. Il est indispensable, avant de commencer le montage et, en général, toute autre opération, de prendre soin de démagnétiser toutes les parties ferreuses des projecteurs, des tables de montage, de l'outillage, etc...

Au cours du travail, on emploie utilement une petite tête de lecture qui permet de lire les mots séparément quand le film est arrêté, des têtes d'effacement manuel et des crayons de couleur qui contiennent de l'oxyde de fer en poudre, pour marquer des « tops » sonores (ces tops peuvent être facilement effacés). Il paraît que, contrairement à ce qui se passe aux Etats-Unis, le personnel des studios allemands s'est facilement adapté à cette nouvelle technique de travail.

*En France.* — Les premiers essais d'utilisation de l'enregistrement magnétique dans la prise de son datent seulement de trois ans. Le manque de matériel, les caractéristiques souvent différentes des appareils importés, l'absence de spécialistes ont longtemps freiné son développement. Néanmoins, la crise financière que subit le cinéma français imposait l'utilisation de ce procédé économique. Ainsi, malgré toutes les difficultés, l'enregistrement magnétique a déjà pris une place prépondérante dans l'industrie cinématographique, du moins en ce qui concerne la prise de son : ce sont des films magnétiques perforés de 35 mm, en partie fabriqués en France, qui sont utilisés pour ce travail.

Dans les laboratoires de montage, on préfère encore utiliser le film à émulsion photographique. Nous avons vu que ce travail demande une organisation poussée et surtout une standardisation du matériel et des appareils accessoires comme, par exemple, la machine à rendre l'enregistrement magnétique visible.

On peut espérer que bientôt l'industrie d'appareillage cinématographique française rattrapera son retard dans la fabrication de ce matériel. Plusieurs maisons s'occupent actuellement de ce problème (5).

Tout récemment, un appareil d'enregistrement magnétique professionnel pour film magnétique de 35 mm vient de sortir sur le marché français (voir fig. 10). Voici ses caractéristiques :

Moteur principal à 2 vitesses, l'une synchrone de 1 500 t/m et l'autre asynchrone de 2 800 t/m pour rebobinage rapide.

Vitesse standard d'enregistrement, 24 images/seconde.

Rebobinage à 48 images/seconde.

Lecture avant, 24 images/seconde.

Lecture arrière, 24 images/seconde.

Commande par relais et boutons poussoirs.

Trois têtes magnétiques. Un commutateur unique

assure la mise en position des têtes d'enregistrement et de reproduction selon l'opération à réaliser. L'effacement se fait pendant l'enregistrement; l'écoute dans cette position se fait par la tête de lecture. La tête d'enregistrement et la tête de lecture sont montées dans un bloc unique disposé dans un tambour creux, lequel est muni d'un volant. La tête d'effacement est montée dans un autre tambour creux rotatif.

Les frictions des bobines réceptrices et débitrices sont remplacées par des moteurs à couple constant. Ces derniers sont munis d'un contacteur en bout d'arbre assurant l'arrêt en cas de rupture ou en fin de bobine.

Le film est entraîné par un tambour débiteur unique à 32 dents. La pellicule est tendue au moyen d'une fourchette à galets, amortie par dash-pot à glycérine.

L'ensemble d'enregistrement comporte les éléments suivants :

Une machine d'enregistrement conforme à la description ci-dessus.

Un générateur HF fournissant les courants d'effacement et de prémagnétisation (56 kHz) réglables indépendamment.

Un amplificateur d'enregistrement (entrée niveau 0 dB).

Un amplificateur de lecture (sortie niveau 0 dB).

Un amplificateur d'écoute (15 watts).

Un modulomètre permet au moyen d'un commutateur de contrôler les niveaux d'entrée et de sortie et d'égaliser les corrections suivant les types de bande utilisés.

Bande passante : 30 à 10 000 Hz.

L'égalisation entre 1 000 et 10 000 peut être réglée de 0 à + 8 dB.

Taux de distorsion à 400 Hz : moins de 2,8 %.

Scintillement : moins de 0,25 %.

Rapport signal/bruit de fond : 55 dB.

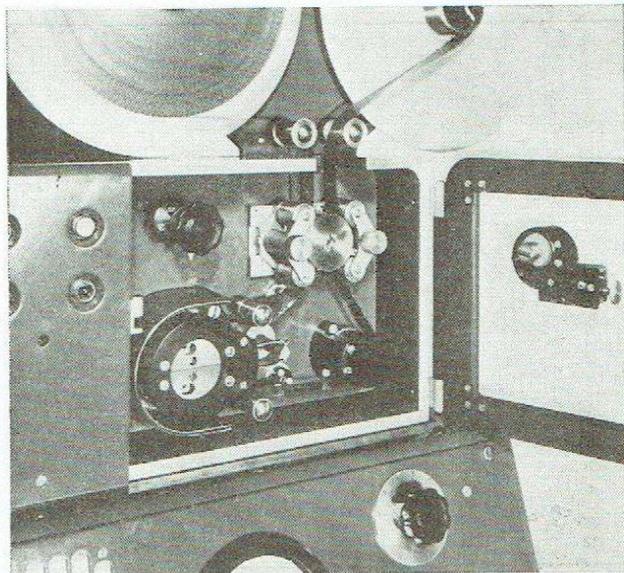


Fig. 10. — Vue d'un enregistreur français pour film magnétique perforé de 35 mm. Les têtes magnétiques sont placées dans des tambours-étaux. (Photographie fournie par « La Précision Cinématographique ».)

Cet appareil, d'une belle présentation, est destiné surtout à la prise de son dans les studios. Nous espérons que bientôt la gamme complète des appareils utilisés dans l'enregistrement magnétique sera fabriquée en France d'une façon suivie, condition indispensable pour que le procédé magnétique prenne la place qui lui est assignée dans l'industrie cinématographique.

(5) La Précision Cinématographique, 25, rue Trouillet, Asnières (Seine).

Ets Picot, 28, rue des Alouettes, Paris (19<sup>e</sup>).

Ets Fred Jeannot (Matériel Wattson), 56, r. de Sèvres (7<sup>e</sup>).

Ets C.T.L., 66, r. Pierre-Timbaud, Gennevilliers (Seine).

# LE CONTROLE ÉLECTRO-ACOUSTIQUE AU CINÉMA <sup>(1)</sup>

par Claude SOULÉ (\*)

## I. Contrôle des équipements d'enregistrement sonore.

4° GAIN ET BRUIT DE FOND. — On mesure le gain du système d'amplification à la fréquence de 1 000 Hz. Le gain est défini par la formule :

$$G = 10 \log \frac{P_s}{P_0}$$

$P_s$  étant la tension de sortie recueillie sur une résistance équivalente à la résistance de travail.

$P_0$  étant la puissance d'entrée définie par la relation :

$$P_0 = \frac{E^2}{4r}$$

$r$  résistance interne de la source prise égale à la résistance d'entrée de l'appareil.

La mesure est effectuée au moyen d'un voltmètre à lampe à détection quadratique, l'amplificateur étant alimenté par un générateur basse fréquence délivrant une tension d'entrée réglée de façon à fournir un niveau de sortie égal au niveau maximum indiqué par le constructeur (100 % de modulation).

Le bruit de fond (souffle plus ronflement) est exprimé en décibels par rapport au niveau 0 (1 milliwatt). La puissance de bruit de fond est définie par le rapport  $U_B^2/R$ ,  $U_B$  étant la tension de sortie mesurée sur la résistance de charge  $R$  au moyen d'un voltmètre à lampe à détection quadratique dont la courbe présente une région rectiligne à 2 db près entre 30 Hz et 10 000 Hz.

La mesure est effectuée en formant le circuit d'entrée de l'amplificateur sur sa résistance d'utilisation.

On peut alors définir le « facteur de qualité »  $G-B$ ,  $G$  désignant le gain de l'amplificateur et  $B$  la mesure du niveau de bruit correspondant au gain considéré.

Signalons que la valeur théorique maxima de ce facteur est de 140 et que pratiquement nous avons pu constater sur de très bons équipements des valeurs comprises entre 130 et 140.

5° DISPOSITIF DE RÉDUCTION DU BRUIT DE FOND. — L'enregistrement dit « sans bruit de fond » fait appel à la technique d'un dispositif redresseur incorporé dans la chaîne : il fournit en fonction de la tension de modulation une tension redressée qui est appliquée au dispositif de réduction du bruit de fond, en opposition avec une tension continue de référence de telle façon que lorsqu'aucune modulation n'est appliquée, l'intensité du courant de réduction de bruit de fond est maxima

et lorsque la valeur de la tension redressée correspond au taux maximum de modulation prévu par le constructeur, l'intensité du courant doit être nulle.

Il est donc nécessaire en plus des essais précédents de soumettre l'amplificateur-redresseur de réglage « anti-souffle » aux contrôles ci-après :

a) *Caractéristique de réglage.* — La caractéristique de réglage exprime la relation entre la tension appliquée à l'entrée du système antisouffle et l'intensité du courant continu appliqué à l'organe de réglage antisouffle.

Les essais sont effectués à partir d'un signal à 1 000 Hz sur un minimum de quatre valeurs échelonnées régulièrement dans l'intervalle des taux de réglage prévus.

b) *Caractéristique en fréquence.* — Un taux de réglage moyen ayant été déterminé d'après l'essai précédent, il est alors procédé au relevé de la caractéristique pour un minimum de quatre valeurs de la fréquence du signal appliqué (60, 250, 4 000, 8 000 Hz).

A titre d'exemple, nous indiquons, figure 10 et figure 11, les caractéristiques du dispositif antisouffle de deux équipements d'enregistrement du son :

*Premier équipement* (figure 10). — Le dispositif a été examiné en ce qui concerne sa caractéristique de fonctionnement au taux de réglage de 90 % pour les diverses fréquences de 60 à 8 000 Hz. Le diagramme montre que les caractéristiques obtenues se groupent suivant un faisceau homogène.

Toutefois il est souvent utile, lorsque le système anti-souffle est alimenté directement sur un réseau de distribution à courant alternatif, de répéter les mesures à  $+15\%$  et  $-15\%$  de la tension normale d'alimentation : en effet il a été noté au cours des essais précédemment décrits que le débit du courant noiseless variait de façon très sensible avec la tension d'alimentation secteur : c'est ainsi que sur la fréquence 1 000 Hz, on a pu relever les variations suivantes :

Tension secteur : 100 V, 110 V, 120 V, 130 V.

Débit antisouffle : 50 mA, 120 mA, 170 mA, 210 mA.

*Deuxième équipement.* — Le diagramme n° 11 montre les variations du courant en mA en fonction de la tension d'attaque pour les trois valeurs prévues du taux de réglage. Cet essai a été effectué à la fréquence de 1 000 Hz.

6° CARACTÉRISTIQUE ÉLECTRO-OPTIQUE. — La chaîne d'amplification du système d'enregistrement étant entièrement connue par les résultats des mesures entreprises et ci-dessus décrites, il est alors procédé à un essai global électro-optique tenant compte des caractéristiques de réglage de l'organe modulateur. Cet essai permettra de tracer la caractéristique de l'équipement qui traduit

(\*) Ingénieur au Contrôle Technique du Cinéma.

(1) Voir le début de cette étude dans la revue du SON n° 1, avril 1953.

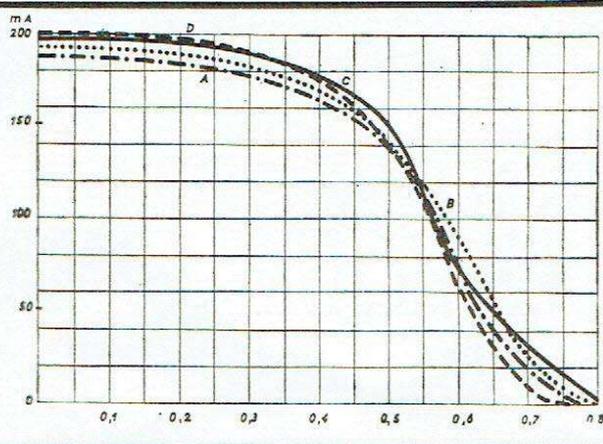


Fig. 10. — Caractéristiques du système de réduction du bruit de fond.  
Taux de réglage 90 %. - Influence de la fréquence.  
A : 60 Hz; B : 250 Hz; C : 4.000 Hz; D : 8.000 Hz.

le « rendu » total de la chaîne d'enregistrement à partir du microphone jusqu'à l'inscription finale sur le film sensible, compte tenu du dernier « maillon » laissé de côté jusqu'ici : la transformation des variations d'énergie électrique en variations d'énergie lumineuse.

Nous avons volontairement laissé ce dernier paragraphe dans la rubrique « Essais électriques », bien qu'il constitue par lui-même un ensemble justifiant une clas-

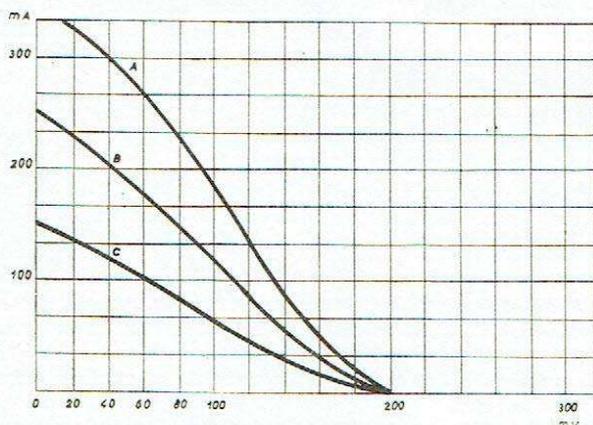


Fig. 11. — Caractéristiques du dispositif de réduction du bruit de fond.  
Débit en A : tension d'attaque mV.  
A : réglage « MAX »; B : réglage « MOY »; C : réglage « MIN ».

sification particulière, pour insister sur le fait qu'un organe déterminé, faisant partie d'une chaîne, ne doit pas être « contrôlé », « mesuré » et « caractérisé » en soi, mais qu'il doit occuper la place qui lui est impartie lors de son fonctionnement normal, au cours de mesures entreprises logiquement sur l'ensemble de la chaîne.

Ainsi, les bornes d'entrée microphone étant alimentées à partir d'un générateur basse fréquence réglé sur 1 000 Hz et dont le niveau est ajusté à des valeurs correspondant à des taux de modulation respectifs de 25, 50, 75 et 100 % (ces taux sont lus sur l'indicateur prévu au pupitre d'enregistrement), le flux lumineux modulé est recueilli à la sortie du tube optique du modulateur sur une cellule photo-électrique à vide branchée à l'entrée d'un amplificateur de mesure à caractéristique linéaire (la caractéristique de réponse doit tenir compte de la capacité du câble de liaison et être constante à  $\pm 0,5$  db près entre 30 et 10 000 Hz). L'essai est effectué

aux valeurs extrêmes du réglage de gain du système amplificateur qu'il est nécessaire d'adopter pour obtenir les taux de modulation indiqués plus haut à partir des tensions d'entrée correspondant respectivement à celles délivrées par les microphones usuels, le plus sensible

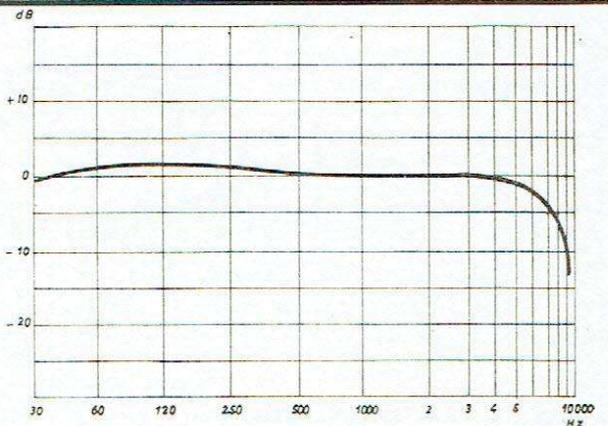


Fig. 12. — Courbe caractéristique électro-optique.

et le moins sensible dans le cas d'émission au niveau de parole normal à 1,50 m du microphone.

Dans ces conditions, on procède à un minimum de 12 mesures réparties dans la gamme 30 à 10 000 Hz selon la suite : 30, 60, 130, 250, 500, 1 000, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 000 Hz. Les variations de flux lumineux de modulation sont exprimées en db par rapport à la valeur réalisée sur 1 000 Hz au taux de modulation de 100 %.

La courbe de la figure 12 a été relevée selon les spécifications indiquées au moyen du système de mesure décrit : ces résultats ayant été obtenus sur la voie 1 de l'équipement, diverses mesures entreprises sur les autres voies ont permis de constater l'identité des résultats.

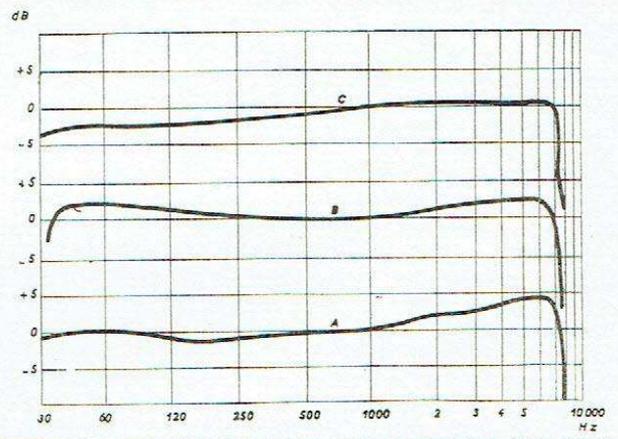


Fig. 13. — Caractéristiques électro-optiques :  
A : correcteur hors circuit, niveau de modulation 30 %; B : correcteur hors circuit, niveau de modulation 80 %; C : correcteur sur 250, niveau de modulation 80 %.

Les courbes de la figure 13 ont été relevées sur un autre équipement sans branchement du système anti-bruit de fond pour deux niveaux de modulation de 30 et 80 % et dans ce dernier cas avec insertion du correcteur « grave ».

Notons que la courbe B peut être utilement comparée à la courbe A de la figure 2 (il s'agit de mesures effectuées sur le même équipement) dont elle ne diffère que par une très légère remontée de 2 db à la fréquence 6 000 Hz.

# LA SONORISATION MAGNÉTIQUE DES FILMS DE FORMAT RÉDUIT

par M.-J. de CADENET \*

La conclusion qui pouvait se dégager de notre exposé général sur la sonorisation des films d'amateurs, publiée dans le numéro 1 de la revue du SON était que le son magnétique faisant partie intégrante de la bande image représentait la solution la plus intéressante à tous les points de vue pour l'amateur. Si ce point de vue est théoriquement exact, il nous a paru utile d'examiner plus en détail quels sont les problèmes complexes que pose la réalisation pratique d'un équipement de sonorisation de films par voie magnétique, cet examen devant faire ressortir de nombreuses difficultés qui peuvent ne pas apparaître de prime abord et qui sont telles que la mise au point d'un projecteur-enregistreur à son magnétique sur film étroit représente une étude particulièrement délicate. Nous n'en citerons pour preuve que le laps de temps considérable, en notre époque de progrès technique rapide, qui s'est écoulé entre l'apparition du premier projecteur à son magnétique et la commercialisation du procédé. L'idée d'adapter sur le film cinématographique une trace (1) sonore magnétique est venue à de nombreux chercheurs dès qu'ils ont eu en mains leur première bande magnétique; nous avons personnellement eu l'idée, en août 1939, de coller au dos d'un film de 16 mm, à une rangée de perforations, une bande magnétique coupée à la largeur de 3 mm et occupant l'emplacement réservé à l'enregistrement sonore photographique. Cette bande fut découpée au rasoir dans une bande de 6,5 mm provenant d'un magnétophone A.E.G. et, après bien des essais infructueux, un de nos amis, chimiste de son état, parvint à en coller 60 mètres sur notre film de 16 mm. Nous fîmes un essai d'enregistrement à la cadence de 24 images par seconde, la tête d'enregistrement étant appuyée à la main sur le film à

l'endroit où celui-ci quittait le tambour de régulation d'un projecteur Bell et Howell à son photographique. Aucune prémagnétisation à fréquence supersonique n'était utilisée (2), une polarisation en courant continu étant toutefois employée.

Avant que la bande magnétique ne se décolle du film, ce qui arriva lors du troisième passage de la bande dans le projecteur, nous pûmes reproduire l'enregistrement dont la réponse déplorable en fréquence, la distorsion considérable et le bruit de fond énorme freinèrent notre enthousiasme pour ce procédé nouveau de sonorisation. Nous n'eûmes pas le temps de faire d'autres essais car la guerre de 1939 mit un terme brutal à nos expériences sur les revêtements magnétiques en nous revêtant d'un uniforme que nous devions porter sans interruption de septembre 1939 à décembre 1946. Cette guerre devait d'ailleurs avoir pour conséquence indirecte d'amener des progrès énormes dans le domaine du son magnétique; c'est ainsi qu'en 1946, Marvin CAMRAS, un ingénieur d'études de la société américaine Armour Research Foundation, qui effectuait un travail de recherches sur les possibilités de sonorisation du film de 8 mm, eut l'idée, étant donné la qualité médiocre que pouvait fournir le son photographique en ce format, d'enduire d'oxyde magnétique la partie du film comprise entre le bord du support et les perforations. La figure 1 représente le film enduit par CAMRAS, la figure 2 montrant le dispositif de lecture employé, la courbe de réponse obtenue faisant l'objet de la figure 3. La présentation du projecteur mis au point par CAMRAS eut lieu le 15 novembre 1946, à Chicago, au cours d'une réunion organisée par la Société d'Acoustique Américaine: le cinéma sonore à trace magnétique était né!

La conception et la réalisation d'un ensemble permettant l'enregistrement et la reproduction des sons à l'aide d'une trace magnétique déposée sur un film cinématographique comportant également des images posent des problèmes d'ordres physique, mécanique, électrique et électronique..., sans parler ici des problèmes économiques qui existent aussi, hélas!

Le premier problème physique qui se pose concerne la disposition de la trace sonore sur la bande, la question

(\*) Ingénieur E.S.M.E.

(1) Nous employerons à dessein le terme de trace sonore au lieu de piste sonore, suivant en cela une suggestion très judicieuse de M. Jean Vivré, le son existant effectivement sur le film sous forme d'une trace et non d'une piste. En effet (Larousse dixit), si parmi les sens de « trace » figure celui de « marque physique qui reste d'une chose » (sens qui s'applique admirablement à la « marque » laissée par la modulation sonore), le sens de « piste » ne s'applique qu'à la « trace laissée par l'être qui marche » (ce qui, on en conviendra, nous emmène loin du domaine sonore!). Cette « piste sonore » nous est venue d'une traduction trop littérale du terme anglo-saxon « sound track ». Les dictionnaires anglo-français donnant le mot « piste » pour la traduction de « track » bien que « trace » figure également dans les dictionnaires les plus complets.

(2) Cette méthode qui date pourtant de 1921 n'était pas utilisée à l'époque.

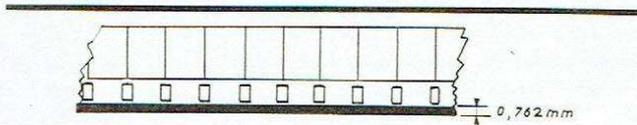


Fig. 1. — Enduction de film 8 mm réalisée en 1946 par Camras.

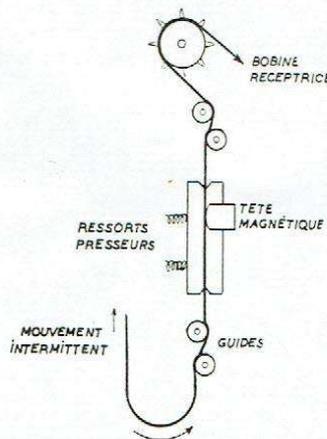


Fig. 2. — Dispositif de lecture employé par Camras.

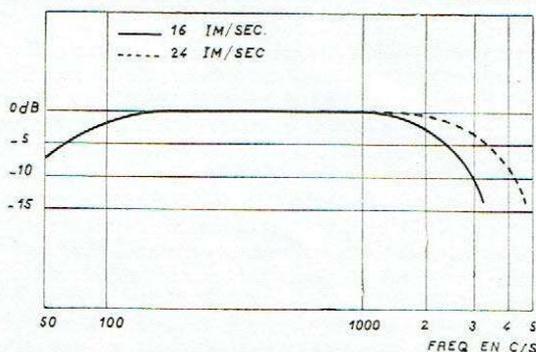


Fig. 3. — Courbe de réponse obtenue par Camras sur film de 8 mm en 1946.

de la vitesse de défilement étant supposée résolue *ipso facto* par le fait que l'amateur, dont nous nous occupons seulement dans cet exposé, a l'habitude de tourner ses films à 16 images par seconde ce qui rend nécessaire de conserver cette cadence si l'on veut que la sonorisation de films déjà réalisés soit possible sans accélérer exagérément les mouvements.

Le premier point à décider est celui de l'emplacement maximum qui peut être réservé à la trace sonore. Celui-ci dépend de contingences physiques variables selon le format. Le film devant transmettre au spectateur des informations à la fois visuelles et sonores il est évident que l'information sonore va risquer de se trouver en conflit avec l'information visuelle, le son étant amené dans la plupart des cas, à empiéter sur l'image si l'on veut obtenir un résultat optimum sur le plan technique, ce qui amène obligatoirement à l'utilisation d'un compromis dans lequel, le cinéma étant un art visuel avant toute autre chose, le son sera toujours le parent pauvre.

Nous ne ferons pas ici de parallèle avec le cas du 35 mm professionnel, cette question étant traitée d'une

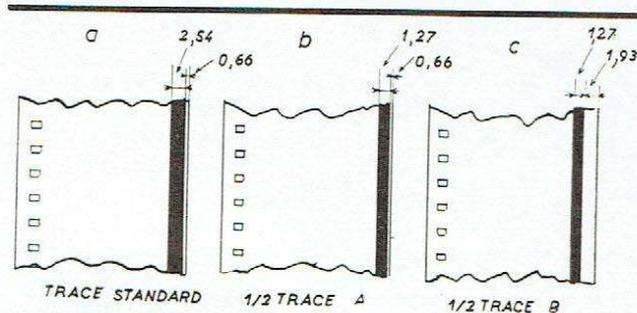


Fig. 4. — Enductions magnétiques réalisables sur film de 16 mm à une rangée de perforations.

façon très complète par M. POKROVSKY dans ce même numéro de la revue du SON. De même nous ne nous attarderons pas sur la solution semi-professionnelle utilisant le film de 16 mm à unique rangée de perforations, cette solution dépassant le stade de l'amateurisme en raison des frais élevés qu'entraînerait pour l'amateur la duplication de ses films à double rangée de perforations sur une bande à perforation unique, sans préjudice de la perte de qualité qui en résulterait. Nous rappellerons seulement que deux solutions ont été retenues dans le cas d'emploi de ce type de support: la première, des plus simples (fig. 4a), consiste à recouvrir purement et simplement l'emplacement normalement réservé à la trace photographique par un enduit magnétique; la deuxième consiste en l'enduction magnétique d'une largeur de bande égale à la moitié de la largeur de la trace optique, l'enduction pouvant se faire du côté intérieur du film (c'est la présentation dite A, fig. 4b) ou du côté extérieur, c'est-à-dire voisin de la bordure du film (c'est la présentation dite B, fig. 4c). Cette façon d'opérer donne l'avantage de pouvoir continuer, le cas échéant, à utiliser la trace photographique tout en y adjoignant le son magnétique. Ces trois types de traces magnétiques, répétons-le, ne présentent d'intérêt que pour l'utilisateur semi-professionnel.

Mais revenons à l'amateur. L'examen d'un film de 16 mm nous montre (fig. 5a) que si nous ne voulons pas « mordre » sur l'image, deux emplacements restent disponibles pour notre trace sonore. Le premier est constitué par l'espace existant entre la bordure du film et le bord des perforations, le second par l'espace compris entre le bord interne des perforations et le bord de la fenêtre de projection, les dimensions correspondantes étant respectivement de 0,9 mm et de 0,43 mm; cette deuxième dimension est trop faible pour mériter de retenir l'attention et il ne nous reste plus que la disposition utilisant l'es-

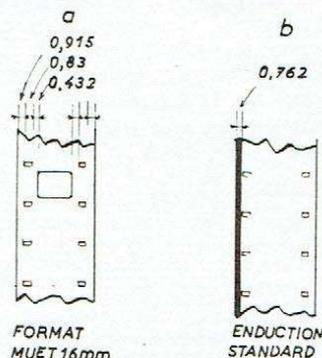


Fig. 5. — Enductions magnétiques réalisables sur film de 16 mm à double rangée de perforations.

pace compris entre la bordure du film et les perforations; un examen complet de la question révèle qu'il n'est pas possible d'utiliser toute la largeur physiquement disponible pour les raisons suivantes :

1° La proximité des perforations amène des variations d'amplitude du signal enregistré qui obligent à décaler la limite de la trace sonore de quelques dixièmes de millimètres;

2° Les irrégularités de la bordure du film amènent un effet de souffle particulier qui se révèle fort gênant quand le revêtement magnétique va jusqu'au bord du film (ou plus exactement quand la partie enregistrée atteint ce bord); cet effet de souffle oblige, lui aussi, à décaler la trace magnétique de quelques dixièmes de millimètre.

La réduction de largeur effectuée, on constate qu'il ne reste plus guère que 0,8 mm d'utilisable. En fait les réalisations commerciales américaines atteignent une largeur de 0,762 mm (Bell et Howell) (fig. 5b), le revêtement adopté en France couvrant la largeur de 0,8 mm ce qui fait que les enduits français et américains sont pratiquement identiques.

Dans le cas du 9,5 mm, le problème se pose d'une façon différente car ce format ayant été étudié pour permettre une utilisation maximum de la surface disponible (le coefficient d'utilisation atteint 72 %, alors qu'il n'est que de 56 % pour le 16 mm), l'adjonction d'une trace magnétique, si elle n'est plus tributaire de l'existence de perforations sur les bords du film, se heurte cependant à une limitation de largeur due au fait qu'il n'est pas souhaitable d'empiéter sur l'image. Dans le cas de films muets de 9,5 mm, la largeur disponible entre la bordure du film et le bord de la fenêtre de projection n'est que de 0,65 mm (fig. 6a); la nécessité de ne pas utiliser la bordure du film pour éviter l'effet de souffle, déjà mentionné à propos du 16 mm, oblige à réduire la largeur utile à 0,6 mm environ ce qui risque

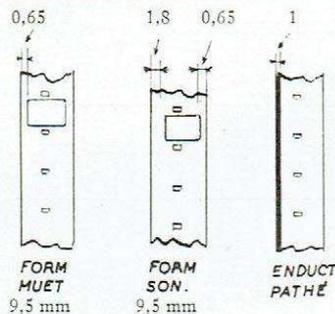


Fig. 6. — Enductions magnétiques réalisables sur film de 9,5 mm.

de donner un rapport signal/bruit médiocre, comme on le verra plus loin. On peut alors envisager de faire légèrement déborder le son sur l'image en adoptant la norme déjà utilisée pour le film de 9,5 mm à son photographique. Dans ce film (fig. 6b), la trace sonore occupe une largeur de 1,2 mm, l'image étant décalée par rapport au centre du film et réduite à la largeur de 7,3 mm (contre 8,2 mm pour le format muet), ce qui oblige à ramener la hauteur de l'image à 5,5 mm (contre 6,2 en muet) pour conserver la proportion hauteur/largeur, dite rapport d'aspect, à sa valeur normale de 3/4. Cette solution, qui laisse une largeur de 1,8 mm pour la trace magnétique, n'est pratiquement pas acceptable par l'amateur qui désire sonoriser ses anciens films car, outre le déca-

drage latéral important de l'image qui en résulte (ce qui dans la plupart des cas risque de détruire la « balance » de l'image), l'obligation de ramener le rapport d'aspect à 3/4 amène très souvent à couper des visages ou à mutiler une perspective. Il est également bon de constater que la réduction de la surface de l'image correspondante oblige à un agrandissement plus important de celle-ci pour une dimension d'écran donnée, d'où diminution de la définition et perte de luminosité. Par suite, l'amateur devrait, en général, se contenter d'une

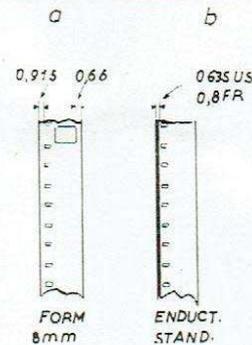


Fig. 7. — Enductions magnétiques réalisables sur film de 8 mm.

largeur de trace de 0,6 mm ce qui ferait que le 9,5 mm serait le format le plus défavorisé du point de vue bruit de fond. La solution adoptée par PATHÉ consiste à déposer sur le bord du film un revêtement de 1 mm de large, dont la figure 6c donne la disposition.

En 8 mm l'obligation de ne pas empiéter sur l'image dont les dimensions sont déjà des plus réduites ne laisse que la solution utilisant l'espace compris entre la bordure du film et le bord des perforations, exactement comme dans le bas du 16 mm (fig. 7a). Cependant, alors que, dans le cas du 16 mm, on utilise généralement une trace d'une largeur de 0,76 mm, dans le cas du 8 mm, les réalisations commerciales américaines utilisent une trace atteignant seulement 0,635 mm de large (revêtement REEVES), la solution française utilisant une largeur de 0,8 mm comme dans le cas du 16 mm.

La figure 7b fixe les caractéristiques de ces revêtements.

Nous avons résumé dans le tableau A les valeurs pratiques obtenues comme on l'a vu ci-dessus. Il est bon d'ajouter qu'afin d'éviter un bobinage irrégulier du film, en raison du fait que l'épaisseur du revêtement magnétique n'est pas négligeable (elle est de l'ordre de 12/1000 de mm) il est habituel de déposer une couche magnétique de faible largeur et de la même épaisseur que l'enduit principal du côté du film opposé à celui sur lequel est placé cet enduit. Cette couche, dite de compensation, se présente sous la forme donnée par la figure 8; il est évident que l'on pourrait également enregistrer des sons sur cette couche, particulièrement dans le cas du 16 mm, format pour lequel les deux couches pourraient être identiques, ce qui permettrait de faire ainsi du « son en relief », mais n'anticipons pas!

La faible largeur des traces réalisables en format réduit pose tout naturellement un problème électronique d'importance : celui du bruit de fond. Il est évident que le rapport signal/bruit d'une trace magnétique étroite se comparera difficilement avec celui obtenu pour la bande standard de 6,35 mm ou même pour le film cinématographique de 35 mm dans lesquels la largeur enregistrée atteint 5 mm pour les procédés américains, allant jusqu'à 7 mm pour les procédés allemands. Si l'on

TABLEAU A

	16 mm double perforation		9,5 mm muet	9,5 mm son photo	8 mm	
	Largeur disponible en mm	0,9		0,65	1,8	0,9
Largeur utilisable en mm	0,8		0,6	1,75	0,8	
Largeur de revêtement en mm	France	0,8	France	1	France	0,8
	U.S.A.	0,762*			U.S.A.	0,635
Largeur de la trace en mm	France	0,8	France	0,8	France	0,8
	U.S.A.	0,762			U.S.A.	0,635
Réalizations commerciales (Projecteurs-Enregistreurs)	France	Adaptateur Fred Jeannot	France	Pathé- Joinville	France	Emel Chicago
	U.S.A.	Bell & Howell R.C.A.			U.S.A.	Movie Mite

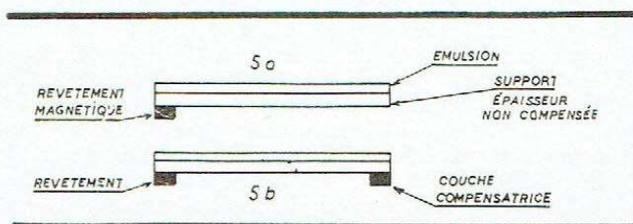
\* La Société Reeves aurait réalisé des enductions larges de 1,02 mm, débordant par suite sur les perforations.

TABLEAU B

	35 mm	16 mm 1 perforation	16 mm, 2 perforations		9,5 mm	8 mm	
			U.S.A.	France		U.S.A.	France
Largeur de trace en mm	5	2,54	0,762	0,8	0,8	0,635	0,8
Rapport par comparaison à la trace 35 mm	1	0,5	0,152	0,16	0,16	0,127	0,16
Rapport $\frac{\text{signal}}{\text{bruit de fond}^*}$ par comparaison au 35 mm (en décibels)	0	-6	-16,5	-16	-16	-18	-16

\* Il s'agit du bruit de fond dû aux influences parasites exercées sur la tête de lectures par les champs produits par le projecteur, les têtes étant supposées d'un type similaire pour tous les formats.

Fig. 8. — Disposition de la couche de compensation d'épaisseur de la trace magnétique.



prend comme base de comparaison cette valeur de 5 mm, on arrive aux chiffres du tableau B qui permettent de mesurer toute l'étendue du problème que pose la réduction du bruit de fond pour les formats réduits, le niveau de sortie d'une trace magnétique étant sensiblement proportionnel à la largeur de celle-ci dans le cas de têtes de fabrication similaire.

Ceci nous amène tout naturellement à parler du bruit de fond. Quel genre de bruits parasites notre tête de lecture va-t-elle capter? Quel sera le niveau de ces bruits? Ce sera là l'objet de notre prochain article.

# LE COUPLAGE DES HAUT-PARLEURS<sup>(1)</sup>

par Philippe FORESTIER

## Branchement parallèle

En reprenant les mêmes notations que pour le branchement série, on a (fig. 8) :

$$P_{e1} + P_{e2} + P_{e3} + \dots = P_a \quad (6)$$

$$\frac{1}{Z_{e1}} + \frac{1}{Z_{e2}} + \frac{1}{Z_{e3}} + \dots = \frac{1}{Z_a} \quad (7)$$

$$P_{e1} = \frac{E^2}{Z_{e1}}$$

$$P_{e2} = \frac{E^2}{Z_{e2}} \dots$$

$$P_a = \frac{E^2}{Z_a}$$

E étant la tension aux bornes de la ligne.

En égalant les valeurs de E<sup>2</sup>, on a :

$$P_{e1} \cdot Z_{e2} = P_{e2} \cdot Z_{e1} = \dots = P_a \cdot Z_a \quad (7 \text{ bis})$$

D'où l'on tire :

$$P_{e1} = P_a \frac{Z_a}{Z_{e1}}$$

$$P_{e2} = P_a \frac{Z_a}{Z_{e2}} \dots$$

$$Z_a = Z_{e1} \frac{P_{e1}}{P_a} = Z_{e2} \frac{P_{e2}}{P_a} = \dots$$

$$Z_{e1} = Z_a \frac{P_a}{P_{e1}} = \frac{Z_a}{P_{e1}/P_a}$$

$$Z_{e2} = Z_a \frac{P_a}{P_{e2}} = \frac{Z_a}{P_{e2}/P_a}$$

etc.

(1) Voir le début de cette étude dans la revue du Son, n° 1.

De ces expressions, on tire les formules générales :

$$P_c = P_a \frac{Z_a}{Z_c} \quad (8)$$

$$Z_a = Z_c \frac{P_a}{P_c} \quad (9)$$

$$Z_c = \frac{Z_a}{P_c/P_a} \quad (10)$$

donnant les relations entre les grandeurs en présence.

Les puissances sont inversement proportionnelles aux impédances.

Il est facile de constater que l'abaque de la figure 5 est encore utilisable ici. Z<sub>a</sub> et P<sub>a</sub> seront pris sur l'échelle centrale B, Z<sub>c</sub> et P<sub>c</sub> sur l'échelle de droite C. On trouvera, évidemment, les rapports Z<sub>c</sub>/Z<sub>a</sub> et P<sub>c</sub>/P<sub>a</sub> sur l'échelle de gauche A.

## EXEMPLES :

a) Trois haut-parleurs de 5 Ω, 7,5 Ω et 15 Ω sont branchés en parallèle sur un amplificateur de 30 W. Sur quelle sortie doivent-ils être connectés et quelles sont les puissances absorbées?

Leur impédance équivalente, Z<sub>e0</sub> est donnée par la relation :

$$\frac{1}{Z_{e0}} = \frac{1}{Z_{c1}} + \frac{1}{Z_{c2}} + \frac{1}{Z_{c3}}$$

$$\frac{1}{Z_{e0}} = \frac{1}{5} + \frac{1}{7,5} + \frac{1}{15} = \frac{1}{2,5}$$

$$Z_{e0} = 2,5 \Omega$$

L'ensemble doit être connecté sur la sortie 2,5 ohms. Pour calculer les puissances, utilisons l'abaque universel, comme précédemment, mais en tenant compte de la permutation de Z<sub>a</sub> et Z<sub>c</sub>.

On trouve (les impédances figurent en indices de P) :

$$P_5 = 15 \text{ W}$$

$$P_{7,5} = 10 \text{ W}$$

$$P_{15} = 5 \text{ W}$$

On vérifie que :

$$P_5 + P_{7,5} + P_{15} = 15 + 10 + 5 = 30 \text{ W (fig. 9)}.$$

b) Trois haut-parleurs devant absorber respectivement 2 W, 4 W et 10 W sont alimentés en parallèle par la sortie 200 Ω d'un amplificateur. Quelles doivent être leurs impédances? (fig. 10).

$$\text{On a : } P_a = 2 + 4 + 10 = 16 \text{ W.}$$

L'abaque permet de trouver (les puissances sont en indice) :

$$Z_2 = 1600 \Omega$$

$$Z_4 = 800 \Omega$$

$$Z_{10} = 320 \Omega$$

On vérifie que l'on a :

$$\frac{1}{Z_a} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_4} + \frac{1}{Z_{10}} = \frac{1}{200}$$

### Détermination des impédances en parallèle par l'abaque

Le calcul de l'impédance équivalente de plusieurs haut-parleurs en parallèle peut être une opération gênante pour le technicien pressé. S'il tente d'avoir recours aux abaques établis à cet effet et qu'on trouve dans les formulaires, il en résulte une notable imprécision, due aux échelles linéaires de ces abaques à échelles concourantes.

C'est une possibilité supplémentaire de l'abaque universel de la figure 5, de permettre le calcul des impédances en parallèle.

Voici comment procéder :

Comme les impédances considérées sont, en général, du même ordre de grandeur, il faudra multiplier les lectures de l'échelle A par 100 pour qu'elle devienne semblable à l'échelle C.

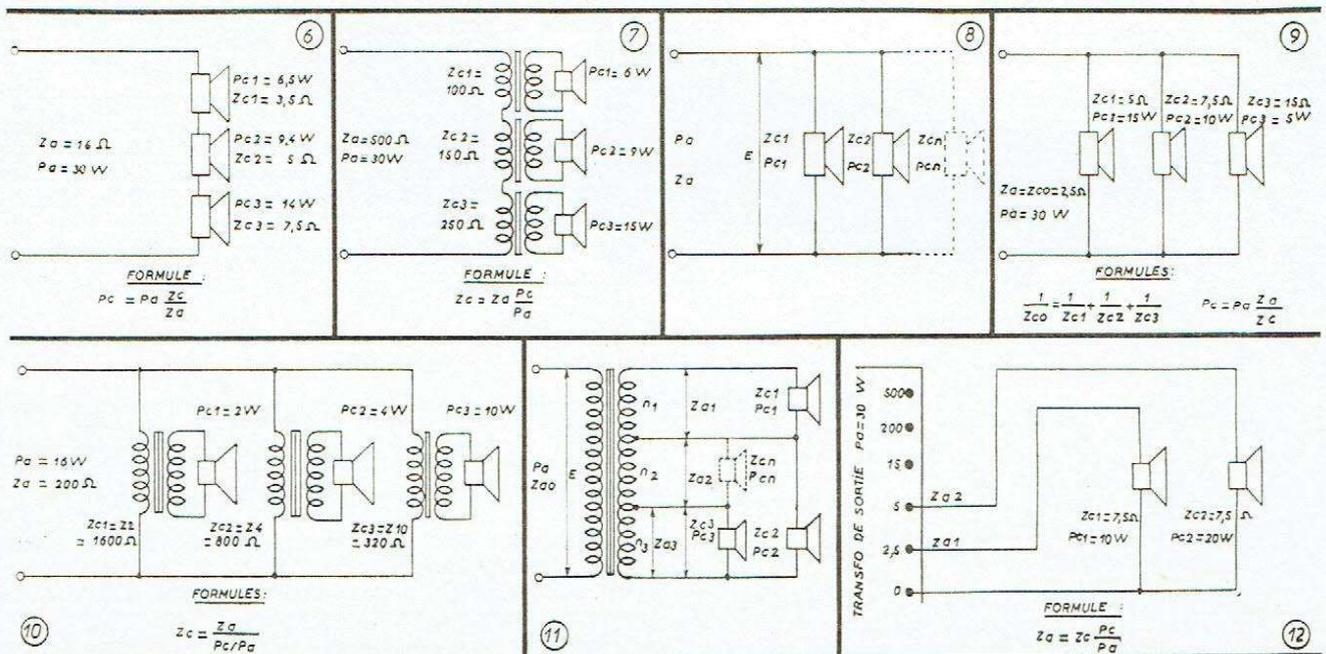
Soit à calculer l'impédance équivalente à deux impédances  $Z_1 = 4 \Omega$  et  $Z_2 = 6 \Omega$ . Joindre les points correspondant à  $Z_1 = 4$  sur l'échelle A et  $Z_2 = 6$  sur l'échelle C par une droite qui coupe l'échelle B en un point à noter, soit 0,24, mais dont la valeur n'importe pas. La droite passant au point correspondant à la somme des impédances  $Z_1 + Z_2 = 10$  sur l'échelle A (facile à faire mentalement) et au point noté de l'échelle B coupe l'échelle C en un point correspondant à l'impédance équivalente à  $Z_1$  et  $Z_2$  en parallèle, ici 2,4 Ω. C'est beaucoup plus simple — et plus rapide — à faire qu'à écrire. L'expérience suffira pour s'en convaincre.

Le mécanisme de l'opération est le suivant : l'abaque est, en somme, une table de multiplication graphique sur laquelle B est égal au produit A C. Dans un premier temps, on forme sur B le produit  $Z_1 Z_2$ . En effet, 0,24 est le produit  $6 \times 4$ , au facteur 100 près, facteur par lequel a été multiplié A. Dans le deuxième temps, on effectue la division  $Z_1 Z_2$  par la somme  $Z_1 + Z_2$  formée sur A. On lit donc la valeur de l'impédance parallèle  $Z_1 Z_2 / (Z_1 + Z_2)$  sur l'échelle C. Pour ceux de nos lecteurs peu familiarisés avec les abaques, ce raisonnement donnera aussi l'explication des calculs précédents.

S'il y a plus de deux impédances en parallèle, recommencer l'opération en faisant la mise en parallèle de l'impédance équivalente des deux premières avec une troisième et ainsi de suite jusqu'à épuisement.

Fig. 6. — Exemple de calcul des puissances absorbées par trois haut-parleurs en série.  
 Fig. 7. — Exemple de calcul des impédances de trois haut-parleurs de puissances branchés en série.  
 Fig. 8. — Branchement des haut-parleurs en parallèle.  
 Fig. 9. — Exemple de calcul de l'impédance résultante et des puissances respectives prises pour trois haut-parleurs en parallèle.

Fig. 10. — Exemple de calcul des impédances de trois haut-parleurs de puissances données, branchés en parallèle. Le problème est le même en basse impédance.  
 Fig. 11. — Variantes de branchement des haut-parleurs avec mise en parallèle par le transformateur de sortie.  
 Fig. 12. — Exemple de branchement sur des bornes de sortie différentes de deux haut-parleurs identiques délivrant des puissances différentes.



## Autre forme du branchement parallèle

Seule, la mise en parallèle directe des haut-parleurs a été considérée jusqu'ici, c'est-à-dire leur connexion aux mêmes bornes de sortie. Ce n'est pas une obligation, et la mise en parallèle peut tout aussi bien se faire par l'intermédiaire du transformateur de sortie. Les haut-parleurs sont alors connectés à des bornes différentes.

Cherchons dans quelles conditions l'adaptation est correcte. Reprenons encore les mêmes notations en considérant, cette fois, le montage de la figure 11 et en posant  $Z_{a1}, Z_{a2}, \dots$ , « impédances » des sorties auxquelles sont connectés les haut-parleurs d'impédances  $Z_{c1}, Z_{c2}, \dots$  et  $n_1, n_2, \dots$ , rapports de transformation correspondant.

On a :

$$P_{c1} + P_{c2} + P_{c3} + \dots = P_a \quad (11)$$

$$n_1^2 Z_{a1} = n_2^2 Z_{a2} = n_3^2 Z_{a3} + \dots = Z_{a0} \quad (12)$$

$$P_{c1} = \frac{E^2}{n_1^2 Z_{c1}}$$

$$P_{c2} = \frac{E^2}{n_2^2 Z_{c2}} \quad \text{etc.}$$

$$P_a = \frac{Z_{a0}}{E^2}$$

Egalons les valeurs de  $E^2$  :

$$P_{c1} n_1^2 Z_{c1} = P_{c2} n_2^2 Z_{c2} = \dots = P_a Z_{a0} \quad (13)$$

En portant dans (13) les valeurs de  $n_1^2, n_2^2, \dots$  tirées de (12), on a :

$$P_{c1} Z_{c1} \frac{Z_{a0}}{Z_{a1}} = P_a Z_{a0}$$

D'où l'on tire :

$$P_{c1} = P_a \frac{Z_{a1}}{Z_{c1}}$$

$$Z_{a1} = P_a \frac{Z_{c1}}{P_{c1}}$$

et  $Z_{c1} = \frac{Z_{a1}}{P_{c1}/P_a}$

On aurait de même :

$$P_{c2} = P_a \frac{Z_{a2}}{Z_{c2}}$$

$$Z_{a2} = Z_{c2} \frac{P_{c2}}{P_a}$$

et  $Z_{c2} = \frac{Z_{a2}}{P_{c2}/P_a}$

Ce qui conduit aux formules générales :

$$P_c = P_a \frac{Z_a}{Z_c} \quad (14)$$

$$Z_a = Z_c \frac{P_c}{P_a} \quad (15)$$

$$Z_c = \frac{Z_a}{P_c/P_a} \quad (16)$$

On notera la similitude de forme des formules (14), (15) et (16) avec les formules (8), (9) et (10), avec cette différence qu'à chaque valeur de  $Z_c$  correspond, ici, une valeur particulière de  $Z_a$ .

L'abaque de la figure 5 pourra ainsi convenir, dans ce nouveau cas, au calcul de  $P_c, Z_a$  et  $Z_c$ . Contrairement au mode de branchement parallèle, où l'on cherche, en général, l'impédance que doit posséder un haut-parleur pour délivrer une puissance déterminée, dans ce mode de branchement parallèle indirect, on recherchera à quelle sortie doit être branché un haut-parleur d'impédance donnée pour absorber une fraction déterminée de la puissance totale.

EXEMPLE. — Deux haut-parleurs identiques, de 7,5  $\Omega$  d'impédance, doivent recevoir respectivement 10 et 20 W de l'amplificateur de 30 W qui les alimente. Sur quelles sorties les connecter?

Ni le branchement série, ni le branchement parallèle simple ne peuvent convenir. On décide d'avoir recours au branchement parallèle indirect (fig. 12).

$$Z_{a1} = Z_{c1} \frac{P_{c1}}{P_a} = 7,5 \frac{10}{30} = 2,5 \Omega$$

$$Z_{a2} = Z_{c2} \frac{P_{c2}}{P_a} = 7,5 \frac{20}{30} = 5 \Omega$$

Le haut-parleur absorbant 20 W sera branché à la sortie 5  $\Omega$ ; le haut-parleur de 10 W à la sortie de 2,5  $\Omega$ . On remarque une nouvelle propriété de ce nouveau mode de branchement : c'est la facilité avec laquelle on peut jouer sur les puissances, ce qui vaut d'être examiné plus en détail.

## Alimenter des haut-parleurs de puissances différentes

En fait, c'est là le problème qui se pose le plus souvent en pratique. Les haut-parleurs, de provenances diverses, ont des impédances quelconques et les nécessités de la sonorisation font qu'ils devront traduire acoustiquement des puissances électriques différentes.

D'autres considérations peuvent encore entrer en jeu. Ainsi, les rendements des haut-parleurs peuvent être très variables suivant les marques de fabrique et, pour une même marque, suivant les types. Nous trouvons chez le même constructeur, par exemple, deux haut-parleurs à peu près semblables, qui, tous les deux, admettent une puissance de 10 W et ont respectivement des rendements de 3 et 6 %. Leur impédance est la même, 7  $\Omega$ . Si, dans une sonorisation, ils doivent balayer des aires égales, il suffira de fournir au second 5 W, pour 10 W au premier, pour que les résultats soient identiques. On revient à un problème exactement semblable à celui traité dans notre dernier exemple, choisi à dessein. On peut aussi être dans l'obligation d'associer des haut-parleurs à diaphragme classique et des haut-parleurs à chambre de compression, au rendement très supérieur, sans que les aires soient en proportion. Le technicien soucieux d'un travail correct devra procéder à une adaptation des puissances convenable.

Les branchements série et parallèle ne permettent pas de jouer commodément sur les puissances. On est tenu de remplacer le haut-parleur, ce qui n'est pas toujours possible, en raison des disponibilités. Si l'on peut avoir

6. Il est à remarquer que rendement et fidélité sont deux qualités, en général, incompatibles et qu'un haut-parleur à haute fidélité a un rendement assez faible. Les haut-parleurs modernes à membrane pour sonorisation ont des rendements entre 5 et 10 %.

recours à des transformateurs adaptateurs d'impédance, une solution correcte peut intervenir, mais elle manque de commodités.

Voyons un exemple (fig. 13) :

On veut connecter en parallèle, pour n'utiliser qu'une ligne à deux conducteurs, deux haut-parleurs, l'un d'impédance  $4 \Omega$  absorbant  $15 \text{ W}$ , l'autre d'impédance  $3 \Omega$  absorbant  $5 \text{ W}$ . Comment faire le branchement ?

On a :  $P_a = 5 + 15 = 20 \text{ W}$ .

On peut calculer  $Z_a$  au moyen de l'abaque et par la formule donnant  $Z_a$ , en considérant l'un des haut-parleurs :

$$Z_a = Z_{c1} \frac{P_{c1}}{P_a} = 4 \cdot \frac{15}{20} = 3 \Omega$$

toutes les valeurs relatives aux haut-parleurs étant connues. La ligne sera donc connectée à la sortie  $3 \Omega$  de l'amplificateur.

La formule donnant  $Z_c$  en fonction de  $Z_a$  permet de calculer l'impédance reflétée sur le primaire du transformateur d'adaptation par le second haut-parleur 7.

$$Z_{c2} = \frac{Z_a}{P_{c2}/P_a} = \frac{3}{5/20} = 12 \Omega$$

On devra utiliser un transformateur de rapport de transformation égal à :

$$n = \sqrt{\frac{Z_a}{Z_s}} = \sqrt{\frac{12}{3}} = 2$$

qui devra être spécialement prévu pour les basses impédances, donc à enroulements faiblement résistants.

#### REMARQUES :

a) On aurait pu permuter les haut-parleurs et rechercher sur quelle sortie le haut-parleur de  $3 \Omega$  aurait dû être branché directement. On aurait ensuite calculé un transformateur d'adaptation pour le haut-parleur de  $4 \Omega$ . Il n'y a théoriquement pas de différence. Pratiquement, il y en a une, énorme, qu'il convient de souligner.

Des considérations sur les pertes dans les lignes nous ont conduit à reconnaître qu'il était indispensable de travailler avec les plus hautes impédances de ligne possible, surtout en basse impédance.

7. Voir la note sur les transformateurs qui sera publiée à la fin de cette étude.

L'impédance  $Z_a$  de la ligne est directement proportionnelle au produit  $Z_c P_c$ . En conséquence, on devra, dans la mesure du possible, connecter directement à la ligne le haut-parleur ayant le plus grand produit  $Z_c P_c$ . On n'admettra de compromis à cette règle que si l'amplificateur ne possède pas de sortie correspondant à  $Z_a$ .

b) On conçoit que le recours à des transformateurs d'adaptation puisse, dans tous les cas, fournir une solution correcte au problème du couplage des haut-parleurs. Il présente cependant le défaut d'imposer un organe qui ne possède pas un rendement parfait : le transformateur, qui va provoquer des pertes de puissance — qui coûtent cher — et nécessiter tout un stock de transformateurs pour répondre à des cas divers.

Aussi, en pratique, ne recourt-on jamais, en sonorisation, à des transformateurs d'adaptation en basse impédance, et de tels organes ne se trouvent pas dans le commerce. Notre exemple n'a eu d'autre but que d'illustrer cette conclusion.

En basse impédance, une méthode d'intérêt bien plus considérable, puisqu'elle ne nécessite pas d'organes supplémentaires, est de faire usage du branchement parallèle indirect, c'est-à-dire d'utiliser simultanément plusieurs bornes de sortie.

L'avantage qui en résulte est qu'on a la possibilité, pour des haut-parleurs donnés quelconques, de jouer facilement sur les puissances, tout en conservant une adaptation de charge correcte. Cette propriété découle simplement des relations que nous avons établies. Si, comme pour le montage parallèle simple, les puissances absorbées par les haut-parleurs restent inversement proportionnelles à leur impédance propre, elles sont aussi proportionnelles aux impédances correspondant aux bornes de branchement, qui sont multiples.

On conçoit, de ce fait, qu'il soit possible d'adapter convenablement des haut-parleurs d'impédances données devant délivrer des puissances quelconques, dans tous les cas où l'on dispose de sorties convenables.

On verra plus loin d'autres solutions rationnelles, particulières à des branchements en haute impédance, faisant systématiquement usage de transformateurs d'adaptation. Elles diffèrent suivant que l'on considère :

- l'impédance de sortie ( $500$  ou  $200 \Omega$  en général) ;
- la tension de sortie ( $100$  ou  $70 \text{ V eff.}$ ) ;

comme grandeur caractéristique. Elles sont surtout réservées aux cas où les haut-parleurs sont relativement éloignés de l'amplificateur et pour lesquels des lignes à basse impédance introduiraient des pertes encore plus considérables que la somme des pertes provoquées par les transformateurs d'adaptation et les lignes à haute impédance.

(A suivre.)



## LE DIFFUSEUR "ÉLIPSON"

Le diffuseur « ELIPSON » est un transformateur de rayonnement acoustique conçu pour exploiter au mieux toutes les possibilités d'un haut-parleur à membrane, de type classique. L'étude et la mise au point en ont été conduites par M. LÉON, directeur des Etablissements ELIPSON.

L'utilisation rationnelle d'un seul haut-parleur pose un double problème :

1° Séparer dans le grave les rayonnements de deux faces du cône et améliorer le couplage membrane/air;

2° Elargir la répartition spatiale des aigus, habituellement canalisés en un étroit faisceau lobé.

Les solutions adoptées par le créateur du diffuseur ELIPSON réunissent :

1° Une enceinte antirésonante « Bass-Reflex », pour l'extrême grave et le bas

médium. On connaît les propriétés de ce baffle basé sur le principe du résonateur de Helmholtz.

D'une part on s'oppose aux effets de la résonance du cône par un choix judicieux de la fréquence propre à l'enceinte, de la forme et de la dimension du ou des évent, d'autre part on augmente le rendement acoustique en permettant à l'arrière de la membrane de contribuer au rayonnement global.

2° Un réflecteur formé d'une portion d'ellipsoïde de révolution allongé.

L'appareil est réalisé de telle sorte que le sommet du cône du haut-parleur coïncide avec l'un des foyers de la surface réfléchissante. Eu égard aux dimensions du miroir, les ondes sonores de fréquence supérieure à 800 Hz suivent les lois classiques de la réflexion et se concentrent au

second foyer dont elles sont ensuite diffusées et homogénéisées à l'intérieur d'un cône de « rayonnement utile » dont l'ouverture dépend des constantes géométriques de l'ellipsoïde (60° pour l'écoute de qualité, 45° en sonorisation).

Les résultats subjectifs d'écoute confirment ceux de l'étude théorique. La *distorsion spatiale est fortement diminuée*. La *qualité des transitoires est excellente*. Le rendement est amélioré dans l'aigu; l'enceinte Bass-Reflex confère aux sons graves une franchise d'attaque et une chaleur qui ne peuvent être étrangères, de même que la dissociation des plans sonores grave/aigu, à l'étonnant et très réel effet de « présence » caractéristique du diffuseur « ELIPSON », distribué par Film et Radio, 6, rue Denis-Poisson, Paris. ETO. 24-62.

## PROJECTEUR SONORE DE 16 mm, TYPE S. D. Cineric

L'appareil sonore à son photographique type SD se présente sous la forme de deux valises de dimensions réduites facilement transportables, contenant, l'une le projecteur et l'amplificateur, l'autre le H.P., les câbles, le bras de bobines amovible et les bobines.

Le projecteur est essentiellement caractérisé par la grande accessibilité et l'interchangeabilité des organes vitaux; il se compose de quatre blocs facilement démontables :

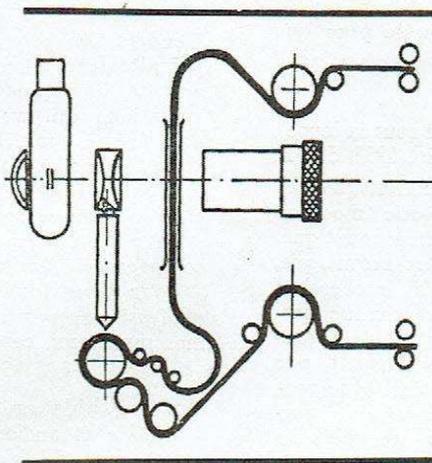
1° La platine de mécanisme en fonte sous pression qui supporte tous les autres organes et comprend le moteur et le système de déroulement continu du film;

2° Le mécanisme de descente intermittent du film qui se fixe par quatre vis sur la platine et comporte l'objectif et les couloirs de passage du film;

3° La tête sonore qui comprend la lanterne avec la lampe de projection et les dispositifs optiques ainsi que le lecteur de son; l'ensemble s'enlève et se remet en place par pivotement autour de l'axe du lecteur;

4° L'amplificateur d'une puissance de 12 watts modulés, constitué par deux châssis assemblés par cadres en acier, se glisse par l'arrière de la valise; il est immobilisé en position par deux crochets.

La tête sonore de l'appareil est remarquable par son dispositif breveté d'éclair-



rement de la cellule, utilisant les rayons divergents parasites du condensateur optique de projection. (Voir dessin ci-dessus.)

Le dispositif se compose essentiellement d'un prisme disposé judicieusement entre les deux lentilles du condensateur;

ce procédé permet de régler simultanément le parfait éclaircissement de l'écran de projection et de la fente de l'optique de lecture.

Le lecteur de son est du type tournant à lecture directe, la cellule se trouvant au centre du tambour dans un axe évidé. La régularité de défilement du film est assurée par une masse tournante parfaitement équilibrée montée sur roulements à billes de haute précision.

Les saccades du mouvement de griffe intermittent sont éliminées à l'entrée du tambour de lecture par un système de galets brise-boucle dont un margeur.

Les irrégularités de l'entraînement mécanique de la bande sont absorbées par un compensateur double à bascule d'une grande souplesse de fonctionnement.

L'amplificateur, dont la courbe de réponse est spécialement étudiée pour répondre aux exigences du film 16 mm, est équipé de tubes miniatures américains 6AT6 et 6AQ5. Il comporte des réglages de puissance et de tonalité ainsi qu'un commutateur permettant l'emploi en P.U. ou en micro pour le commentaire de films muets.

Une nouvelle version de ce projecteur qui sortira prochainement et dont nous donnerons la description en temps utile permettra l'enregistrement et la lecture du son grâce à un enduit magnétique déposé sur le film.

## RETOUR SUR LE SALON DE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO

En raison de l'importance de la participation des fabricants de matériel électro-acoustique au Salon de la Pièce Détachée Radio, il nous est apparu qu'un simple compte rendu de ce Salon risquait d'être trop sommaire, en se bornant à une énumération de fabrications déjà connues de nos lecteurs, alors qu'à notre avis le principal intérêt d'une telle manifestation réside dans les nouveautés qui y sont présentées.

C'est pourquoi nous avons jugé préférable de décrire dans notre rubrique « Activité des Industriels », les nouveautés que nous avons remarquées au cours de la visite de ce Salon. Nous pensons ainsi pouvoir donner à nos lecteurs des renseignements techniques complets sur la production française, la collection de la *revue du SON* devant ainsi constituer une documentation précieuse sur les réalisations de nos constructeurs.

**The reproduction of Magnetically recorded signals,**  
par R. I. WALLACE JR. — *Bell system Technical Journal*,  
pp. 1.145-1.170, vol. XXX, oct. 1951, n° 4.

C'est là une de ces études fondamentales comme il en sort périodiquement de cette mine d'électro-acoustique que sont les Bell System Laboratories. L'auteur montre que l'influence de l'éloignement du ruban de la tête reproductrice d'une distance  $d$  provoque une atténuation  $N$  exprimée par la loi fondamentale :

$$N = 55 d/\lambda \text{ db}$$

$\lambda$  étant la longueur d'onde magnétique, c'est-à-dire l'expression  $\lambda = v/f$ ,  $v$  étant la vitesse de déroulement, et  $f$  la fréquence. Il en résulte que  $\lambda$  étant de l'ordre de 1/10 de millimètre aux fréquences très élevées il est bien facile d'avoir de ce fait des pertes importantes puisque un écart de 1/100 de mm entre ruban et fente amène déjà à 10 000 Hz une perte de 6 db. Les pertes dues à cet effet purement « géométrique » paraissent jouer un rôle important dans les déficiences que présentent les systèmes magnétophoniques aux fréquences élevées. Une adhérence très soignée par un effort élastique notable et un poli spéculaire des têtes sont évidemment le remède mais ils requièrent une construction mécanique de haute qualité et nous concluons une fois de plus que « la clé de l'électricité c'est la mécanique ». A. M.

**Klangwelt unter der Lupe (Le monde sonore sous la loupe),**  
par F. WINAKEL. — Hesser Verlag, Berlin, 1952, 500 F.

Voici un petit ouvrage qui est très caractéristique des nouvelles tendances de l'acoustique musicale moderne qui se confond de plus en plus avec l'électro-acoustique.

Dans cette véritable introduction à l'électro-acoustique, se trouvent condensées un grand nombre de recherches récentes, d'origine surtout allemande et américaine qui, dispersées dans des revues peu accessibles ou pratiquement inconnues du public des utilisateurs, forment, par leur réunion, un aspect assez vivant de l'acoustique moderne. L'étude des transitoires des instruments de musique, la théorie des sons de combinaisons, les effets de modulation du son par la réverbération, les spectres des instruments et de la voix, les nouvelles méthodes de visualisation de la parole, les oscillogrammes du chant des oiseaux y sont sommairement présentés sous leur aspect physique si souvent ignoré du musicien.

Il faut souhaiter qu'il paraisse en France des ouvrages analogues qui, sans prétention, présentent à ceux qui manipulent le signal sonore, quelques vues des propriétés de cette substance temporelle qu'est le son.

A. M.

**L'orchestre Aubert et Landowski. — Que Sais-je?,**  
P.U.F., 1952, 126 p.

L'attitude des techniciens et celle des musiciens lors d'une prise de son en studio ou en salle publique est assez curieuse : chacun est pris d'un respect exagéré pour l'autre, le croyant entouré de mystérieux secrets et prenant ses arguments comme force de loi. Il est à espérer que ce petit ouvrage serve au moins à donner à l'ingénieur du son une considération plus exacte de cette « société musicale » que forme l'orchestre. Après avoir retracé sommairement le développement et l'histoire de l'orchestre en tant que groupe et en avoir décrit la composition, les auteurs s'efforcent de répondre à cette

impertinente question : « A quoi sert le chef d'orchestre ? » Ils montrent qu'en effet celui-ci sert bien à quelque chose — au point qu'on peut considérer l'ensemble de l'orchestre comme un instrument dont il joue — mais que son rôle est bien plus important à la répétition qu'à la représentation. Que les preneurs de son tirent profit de ses indications.

A. M.

**Music for the millions,** par David EWEN. — Mentor Books, M 47, 1950, 300 F.

Voulez-vous savoir comment on confectionne ces doctes anecdotes (*sic*) qu'un speaker à la voix grave et bien connue nous égrène à la radio entre les morceaux du concert du dimanche et qui portent le nom de « présentation musicale » ? C'est en puisant dans ce petit ouvrage.

Y a-t-il au programme les « variations sérieuses » de Mendelssohn, le fabricant du texte de présentation se précipite page 133, sur le paragraphe qui y est consacré et il nous conte :

« Savez-vous, écrivait Mendelssohn à Klingens, le 15 juillet 1841, ce que j'ai récemment composé avec enthousiasme : dix-huit variations pour piano sur un thème en ré mineur.

« Cette œuvre est une des plus belles qu'aient composées Mendelssohn pour le piano ; le thème en est élégiaque, parfaitement adapté pour le clavier, touchant dans ses accents, l'émotion d'une douleur maîtrisée. La série des variations qui suivent transforment le thème suivant des formes multiples... etc. » Vous reconnaissez le style... sinon la voix.

Ceci ne fait que souligner le mérite de l'auteur qui, classant par compositeurs les grandes œuvres musicales, a pour chacune nous donner un bref historique accompagné de quelques indications substantielles.

Pour vous tous, enregistreurs, speakers amateurs ou professionnels qui commencez à préparer des programmes musicaux, ce livre vous rendra service.

A. M.

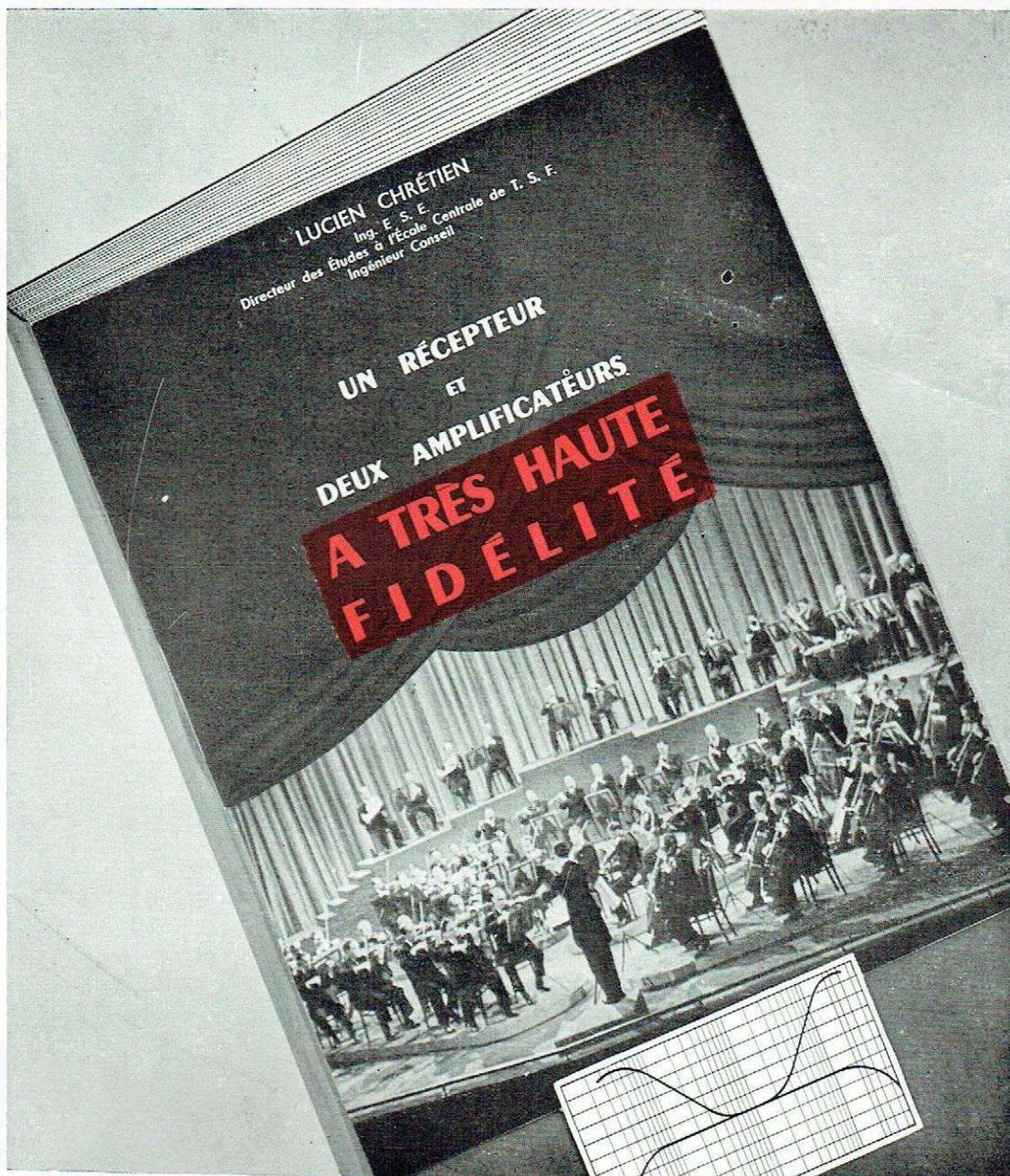
**Hearing aids and Audiometers (Appareils de prothèse auditive et audiomètres).** — Rapport du Comité Electro-acoustique du Medical Research Council, n° 261, H.M.S. Office, Londres.

Ce rapport officiel, qui est un petit ouvrage de 75 pages, résume les travaux effectués en Angleterre dans les dix dernières années, et particulièrement pendant la guerre, sur les questions de prothèse auditive. Il donne, en particulier, les normes adoptées au Royaume-Uni et aux États-Unis pour les appareils de prothèse : courbe de réponse, marge de fréquences utiles, amplification, structure des oreilles artificielles utilisées pour les essais — point extrêmement important, car tous ceux qui effectuent des mesures avec ces appareils savent que les résultats des mesures dépendent notablement du type d'oreille artificielle adopté.

Il donne également quelques schémas recommandés d'appareils de prothèse — solidement éprouvés par l'expérience — et fournit même un certain nombre de données anatomiques relatives au pavillon externe de l'oreille, que l'on trouve rarement.

Enfin, l'ouvrage se termine par les normes relatives aux audiomètres médicaux. C'est donc une brochure essentielle pour tous ceux qui, de plus en plus nombreux, s'occupent de prothèse auditive, et c'est pourquoi nous la signalons au public français.

A. M.



Un ouvrage de 280 pages, 14×21 cm., 231 figures

**Prix : 840 F ; port : 70 F**

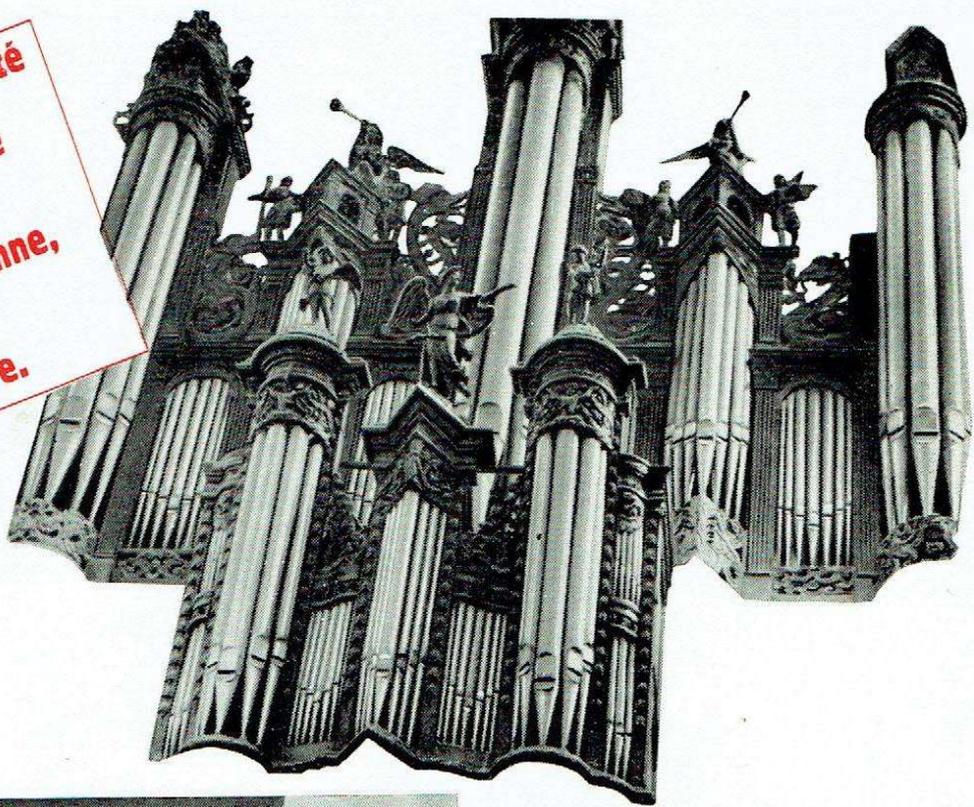
*Envoi franco contre règlement de 910 F aux Editions Chiron, 40, rue de Seine, Paris 6<sup>e</sup>  
C. C. Paris 53-35*



La discussion par un maître de l'enseignement de l'Electronique des circuits de réception radio et d'amplification basse fréquence de trois appareils réalisés, dont les descriptions précédèrent le lancement des réalisations britanniques, signées par Williamson et reprises par la presse technique.

L'amplificateur Lucien Chrétien à double push-pull, à triodes finales, à déphasage cathodyne, décrit et commenté dans cet ouvrage, a connu trois versions depuis 1938; il enchante les mélomanes... et les techniciens.

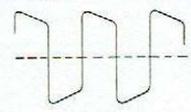
De l'imposante sonorité  
de l'orgue  
à la faible puissance  
de l'harmonium  
en passant,  
à puissance moyenne,  
par la flatteuse  
fidélité de toute  
la palette sonore.



**POSSIBILITÉS D'EMPLOI**

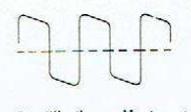
- 1° Récepteurs à grand volume sonore
- 2° Petits ou moyens récepteurs
- 3° Récepteurs luxe, pour amateurs éclairés et professionnels de la musique

1<sup>re</sup> utilisation - Montage normal -



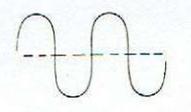
$V_a = 250\text{ V}$	$R_a = 5200$
$V_{g2} = 250\text{ V}$	$W_o = 5,7\text{ w}$
$I_a = 48\text{ mA}$	$D_1 = 10\%$
$I_{g2} = 5,5\text{ mA}$	$D_{H2} = 2\%$
$V_{g1} = 7,3\text{ V}$	$D_{H3} = 9,5\%$

2<sup>e</sup> utilisation - Montage économique -

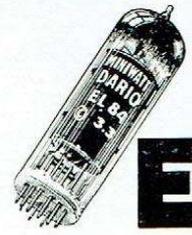


$V_a = 250\text{ V}$	$R_a = 7000$
$V_{g2} = 250\text{ V}$	$W_o = 4,2\text{ w}$
$I_a = 36\text{ mA}$	$D_1 = 10\%$
$I_{g2} = 4,1\text{ mA}$	$D_{H2} = 1,7\%$
$V_{g1} = 8,4\text{ v.}$	$D_{H3} = 8,7\%$

3<sup>e</sup> utilisation - Montage à haute qualité musicale



$V_a = 250\text{ V}$	$R_a = 4500$
$V_{g2} = 250\text{ V}$	$W_o = 4,5\text{ w}$
$I_a = 48\text{ mA}$	$D_1 = 7,5\%$
$I_{g2} = 5,5\text{ mA}$	$D_{H2} = 5,7\%$
$V_{g1} = 7,3\text{ V}$	$D_{H3} = 4,5\%$



**EL 84**

*c'est un*  
**NOUVEAU TUBE** *Miniwatt* **DE LA SÉRIE**  
DARIO

**NOVAL-RIMLOCK**

**LA SÉRIE QUI ÉQUIPE LES POSTES MODERNES**