

revue
du

SON

ENREGISTREMENT • REPRODUCTION
SONORISATION • CINÉMA SONORE



Nouvelle machine à dicter
magnétique type 525
(Ets S.I.M.É.A.)

N° 4-5 — Juillet-Août 1953
MENSUEL - 180 F
ÉDITIONS CHIRON PARIS

la première revue française
d'électro-acoustique

**INDISPENSABLES
POUR L'ÉTUDE ET LE CONTROLE
DES PHÉNOMÈNES
SONORES**



OSCILLOSCOPE 372

Oscilloscope d'atelier. Atténuateurs étalonnés pour les déviations verticale et horizontale. Impédance d'entrée : 1-M.Ω. Bande passante horizontale : 50 Hz - 100 kHz à ± 1 dB. Bande passante verticale : 20 Hz - 50 kHz à ± 1 dB. Balayage transitoire : 30 Hz à 15 kHz. Synchro interne ou externe. Accès aux électrodes de déviation et de luminosité.



GÉNÉRATEUR B.F. 161

Générateur de laboratoire à résistances-capacités, étalonné, stable et de très faible distorsion. Trois gammes de 20 Hz à 20 000 Hz. Cadran à lecture directe. Niveau de sortie réglable de 10 mV à 10 V en trois gammes. Contrôle de niveau par voltmètre de précision.

CENTRAD

ANNECY (Hte-SAVOIE)
FRANCE

AGENT PARIS, SEINE, SEINE-et-OISE : **GRISSEL**
19, rue Eugène-Girez - PARIS-XV^e - VAU 66-55

UNE SÉRIE SENSATIONNELLE

LA GAMME

EXPONENTIELLE

X.F. 35 B

de 60
à 8 000 pps
à ± 8 db

Fréquence
de résonance
60 pps

Puissance
admissible
20 watts,
à 400 pps,
sans distorsion,
supporte
30 watts
en pointe



XF35B

X.F. 51

de 40
à 12 000 pps
à ± 8 db

Fréquence
de résonance
40 pps

Puissance
admissible
6 watts,
sans
distorsion,
supporte
12 watts
en pointe



XF51

X.F. 50

de 38
à 16 000 pps
à ± 9 db

Fréquence
de résonance
40 pps

Puissance
admissible
3 watts,
sans distorsion,
à 400 pps,
supporte
6 watts
en pointe



XF50

X.F. 53

de 60
à 16 000 pps
à ± 5 db

Fréquence
de résonance
70 pps

Puissance
admissible
2 watts,
sans distorsion,
à 400 pps,
supporte 4 watts
en pointe

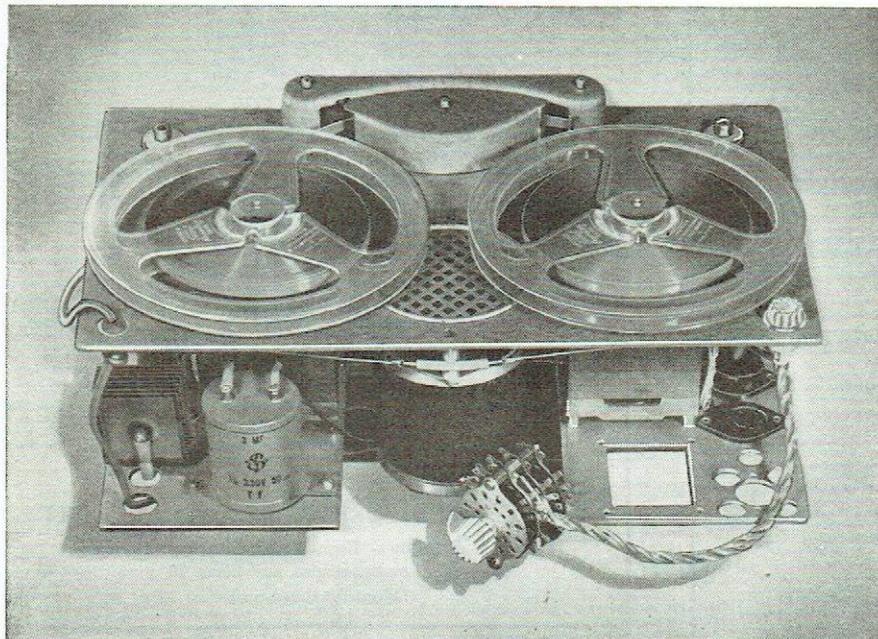


XF53

HAUT-PARLEURS **SEM** MICROPHONES

26, RUE DE LAGNY, PARIS 20^e - TEL. DORIAN 43-81

SEULE LA PLATINE MÉCANIQUE POLYDYNE SEMI-PROFESSIONNELLE



vous donnera
toute satisfaction

Vitesse de défilement 19 ou
9,5 cms/sec.

2 pistes avec renversement
automatique ou manuel.

Trois moteurs

Rebobinage et avance ultra-
rapides : 1 à 60.

Flutter : moins de 0,3 ‰.

Emplacement pour alimen-
tation et préampli.

Bande passante (selon vitesse)
50 à 10.000 ou 70 à 6.000 ps

Niveau élevé de lecture.

Sécurité absolue d'emploi.

Bon à découper

Monsieur, veuillez m'adresser
la documentation concernant
le polydyne.

Nom

Adresse

Ets M. VAISBERG 25, RUE DE CLÉRY - PARIS-II^e
Tél. : CEN 19-59 - - C.C.P. 6383-63

S. I. M. E. A.

met à votre disposition son

STUDIO D'ENREGISTREMENT CRISTABEL

Enregistrement en studio ou à l'extérieur
sur magnétophone SAREG

Copies sur disques normaux ou microsillons
dans les trois vitesses (33, 45, 78) de :

- Toutes bandes 77, 38 et 19 cm.
- Tous disques ou enregistrements corrects sur film 61 cm.

SIMEA, 62, bd St-Marcel, Paris 5^e - Por 15-80

P. HEMARDINQUER

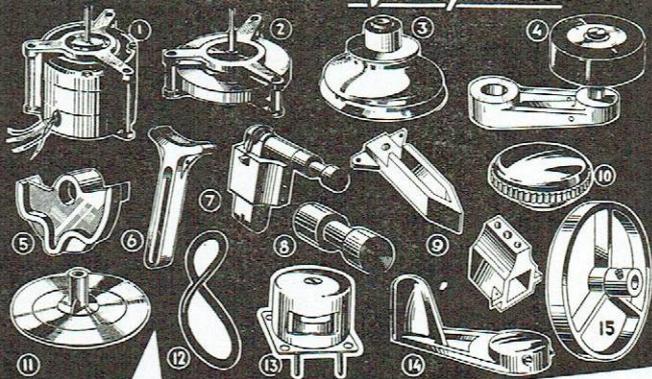
LA PRATIQUE DES MAGNÉTOPHONES

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

Toutes les pièces détachées pour la
construction de magnétophones.



pour ensembles
semi-professionnels

- 1 ECC 200 moteur synchrone pour cabestan.
- 2 ECC 212 cabestan.
- 3 ECC 022 poulie motrice.
- 4 ECC 214 galet presseur.
- 5 ECC 024 came de commande.
- 6 ECC 036 sabot de frein.
- 7 ECC 217 poussoir de ruban.
- 8 ECC 030 guide de ruban.
- 9 ECC 035 poussoir de frein avec guide carré.
- 10 ECC 018 écrou de fixation de la bobine.
- 11 ECC 016 support de bobine.
- 12 ECC 023 courroie en caoutchouc.
- 13 ECC 025 tête d'enregistrement et d'effacement.
- 14 ECC 037 bouton de commande
- 15 ECC 039 tambour de frein.

Demander votre documentation

ELECTRO-CHROMATIC

USINES A GIF/YVETTE S & O Tel: 73

BUREAUX DE PARIS : 72, Champs-Élysées, PARIS - BAL. 11-94

MICROPHONES MINIATURES

(DIAMÈTRE : 32 mm)

- **Surdité**
- **Magnétophone**
- **Usages professionnels**

Courbe étalonnée à la demande
sur 3 points, à ± 1 dB 5

Protection conforme C.C.T.U.

Haute qualité

Garantie totale

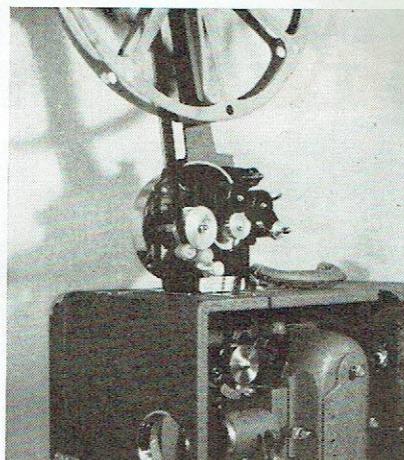
Prix : par 100 pièces... 687 F

Special price for export

PURSON

7, BOULEVARD DE LA CHAPELLE
PARIS-X^e

TÉLÉPHONE : NORD 15-64



**S
Y
N
C
H
R
O
B
L
O
C**

LECTEUR DE SON MAGNÉTIQUE

s'adaptant à tous les projecteurs sonores
optiques, sans percer un seul trou.

CENTRE AUDITORIUM DE BILLANCOURT

Travaux à façon - Enregistrements sur disques;
optique et magnétique sur films 16 mm
Montages sonores

SOCIÉTÉ FRED JEANNOT

86, RUE DE SÈVRES - PARIS-VII^e - - Tél. : SEG 40-76

RELIEF MUSICAL
et saisissant effet de présence
par la
CONQUE MUSICALE
"ELIPSON"

FILM ET RADIO 6, RUE DENIS-POISSON, PARIS
TÉLÉPHONE : ÉTOILE 24-62

PICK-UP A RÉLUCTANCE VARIABLE G. E. ★ TOURNE-DISQUES ★ CHANGEURS "GARRARD"
MICROPHONES POUR STUDIOS ET AMATEURS ★ TRANSFOS DE SORTIE 1 dB de 10 A
50.000 Hz ★ SOUDURE NON CORROSIVE EXTRA-ACTIVE ★ FIDÉLITÉ ★ SÉCURITÉ

notices sur demande

J.-L. WENZ

revue du SON

PREMIÈRE REVUE FRANÇAISE D'ELECTRO-ACOUSTIQUE

N° 4-5

JUILLET-AOUT 1953

SOMMAIRE

Editorial :

Séréophonie (M.-J. DE CADENET) 143

Acoustique :

Energie et puissance acoustique (J. MATRAS) 145

Les microphones, principes et caractéristiques des divers types (R. LEHMANN) 147

Quelques indications sur l'équipement d'un laboratoire de mesures acoustiques (A. MOLES) 151

Enregistrement :

La normalisation des enregistrements magnétiques..... (Fr. GALLET) 154

Un centre d'enregistrement à la portée de tous : version « amateur » de l'amplificateur d'enregistrement (M.-J. DE CADENET) 158

L'enregistrement autonome (J. THÉVENOT) 166

Cinéma sonore :

Le contrôle électro-acoustique au cinéma : essais sur films..... (C. SOULÉ) 171

Sonorisation par l'amateur d'un projecteur pour films de format réduit : organes constitutifs d'un lecteur de sons photographiques.... (A. GRIMBERT) 175

Problèmes posés par l'enregistrement magnétique sur films de format réduit. (M.-J. DE CADENET) 180

Circuits :

Montage symétrique « Série » (L. CHRÉTIEN) 183

Sonorisation :

Le couplage des haut-parleurs (Ph. FORESTIER) 185

Activité des industriels 142

Informations 144

Discotechnique 153

Revue des brevets 165

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'Ecole Technique du Cinéma; Louis MARTIN, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Directeur technique pour l'Europe de la Métro-Goldwin-Mayer.

CORRESPONDANCE :

Abonnements, vente, rédaction :

ÉDITIONS CHIRON

40, r. de Seine - PARIS-VI^e

Tél. DAN. 47-56

Publicité :

revue du SON

Dépt. Publicité

40, r. de Seine - PARIS-VI^e

Tél. DAN. 47-56

PURSON

Le nouveau micro PURSON existe en quatre courbes, S, N, TNB et L.

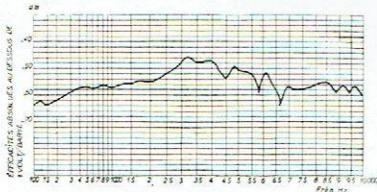
Le type S, dont l'étude a été conduite pour la surdité, correspond au relevé de courbe n° 1127 du Laboratoire Acoustique du Centre National d'Etudes des Télécommunications.

La seconde courbe, type L, correspond aux cas standards de surdité et est actuellement, employée par la presque totalité des constructeurs français.

La troisième courbe, type TNB, d'une qualité supérieure pour la bande musicale, convient plus particulièrement aux enregistrements sur bande magnétique.

La quatrième courbe, type N, correspond au microphone de prise de son, pour enregistrements sur disques ou reproduction des grands orchestres.

Il faut remarquer que les relevés du C.N.E.T. ont été faits sur une résistance de 1 Mg. Une résistance plus élevée permet des gains de 2 à 12 dB à 100 p/s, la remontée à 1 000 p/s étant de 0,25 à 3 dB, l'impédance caractéristique est de l'ordre de 100 000 ohms à 1 000 p/s et le circuit équivaut à une capacité de 3 à 4 000 cm/eg.



Les capsules, d'une dimension de 32 mm, épaisseur 6 mm, poids 7 g, ont une grille couleur or, boîtier de couleur gris foncé. Sortie effectuée par fils. Le micro est pratiquement étanche et protégé contre les cryptogames, la sueur humaine, l'air salin. Il peut fonctionner dans un intervalle de température compris entre -40 et +50° C. Il est muni d'une compensation barométrique.

Des prélèvements sur les séries subissent des essais dans différentes étuves (ammoniac, salt-spray, circulaire n° 50 Bureau of Standards), et des essais de vieillissement artificiel.

L'étalonnage est réalisé individuellement en 3 points à $\pm 1,5$ dB près. Chaque pièce est ensuite vérifiée à l'analyse de fréquence, afin d'éliminer celles qui présentent des pointes. Le contrôle de la courbe étant fait en impulsions au-dessus de 1 000 p/s permet d'examiner avec une précision satisfaisante la réponse en transitoires.

Plus de 10 000 de ces capsules fonctionnent actuellement dans 17 pays différents. Les retours n'excèdent pas 1 pour 1 000. Leur prix de vente est de 893 F pièce et 687 F par 100.

SEM

Essai d'un haut-parleur SEM XF 53

La famille des haut-parleurs à membrane « exponentielle » SEM vient de s'enrichir d'un nouveau membre : le XF53, d'un diamètre utile de 17 cm.

On sait que le profil « exponentiel » d'une membrane permet, entre autres avantages, d'éviter ce que les Allemands désignent par le « son rauque ». Il s'agit

en fait d'une vibration parasite du diaphragme, lequel au lieu d'attaquer l'air comme un piston, vibre dans le sens des génératrices de manière à présenter une zone nodale selon une circonférence.

Le phénomène se produit surtout dans les fréquences basses et le résultat est tout à fait désagréable. Comme les autres haut-parleurs de la même série, le XF53 ne présente absolument pas ce défaut.

Équipé d'un aimant à trempe orientée, il est très sensible et très amorti. Il permet une excellente reproduction des régimes transitoires.

Sa courbe de transmission s'étend à ± 5 dB, de 60 à environ 16 000 hertz.

Le champ magnétique de fuite est extrêmement faible — ce qui en fait un excellent haut-parleur pour l'équipement des téléviseurs. Aucune réaction n'est à craindre avec les trajectoires électroniques du tube à rayons cathodiques.

On peut lui reprocher de « couper » les basses à 60 Hz. Mais il ne peut en être autrement avec une membrane de 17 cm. Ce défaut peut, dans certains cas, être considéré comme un avantage. En effet, beaucoup de téléviseurs « ronflent » désagréablement. Il s'agit généralement d'une induction parasite de la base de temps, image sur l'amplificateur de basse fréquence.

Plutôt que d'agir sur la courbe de transmission de l'amplificateur (ce que font beaucoup de constructeurs) il est plus simple d'employer un haut-parleur qui se charge lui-même de la même opération.

En plus de sa fonction toute naturelle de haut-parleur pour téléviseur, le XF53 est excellent pour compléter l'action d'un haut-parleur à large membrane.

Les autres caractéristiques du XF53 sont, d'après le constructeur :

Fréquence propre du système mobile : 70 Hz.

Puissance admissible à 400 hertz : 2 W.
Puissance admissible en pointe : 4 W.

GODY

Le « résontimbre » GODY

Les Etablissements Gody viennent de réaliser un meuble de haut-parleur comportant dans ses parois une série de tuyaux sonores destinés, d'après le constructeur, à combler les déficiences que pourrait présenter un haut-parleur dans le domaine de la reproduction des harmoniques des instruments de musique.

Le système comporte 96 tuyaux dont les fréquences de résonance vont de 32 à 4 186 c/s, les harmoniques produits atteignant 12 558 c/s. La technique mise en œuvre pour la réalisation de cet appareil breveté appelé « Résontimbre » serait directement inspirée de celle de l'orgue, c'est-à-dire que les harmoniques présents dans un son musical excitent acoustiquement les tuyaux de fréquences de résonance correspondantes. Le « Résontimbre » est destiné à la réalisation de meubles pour radiodiffusion, télévision ou phonographie.

FILM ET RADIO

Les constructeurs américains ont lancé des microphones effilés en forme de gros crayons. Un modèle très court type « Vallière » est destiné aux conférenciers (Electro-Voice). FILM et RADIO spécialiste des micros dynamiques directionnels lance un micro-

phone à ruban à gradient de vitesse d'une très grande finesse de reproduction; la courbe de réponse est pratiquement droite de 40 à 15 000 hertz; la caractéristique bi-directionnelle permet une réduction de 66 % des sons parasites (Shure).

Nous aurons sans doute l'occasion d'en reparler.

SIMEA

Les Etablissements SIMEA, profitant de leur déjà longue expérience en matière de construction de machines électromagnétiques à dicter le courrier, présentent leur nouveau modèle type 525. Ce modèle dérive du « MASTER 520 » sous une nouvelle et très belle présentation industrielle.

Il en possède tous les avantages, avance et retour rapide, comptage à la seconde près, très grande sensibilité et fidélité remarquable pour un appareil aussi réduit.

La vitesse moyenne standard de défilement est de 61 cm. Sur demande spéciale elle peut être ramenée à 30 cm, ce qui permet une capacité d'enregistrement de 2 heures sur une seule bobine.

Les grandes améliorations portent sur l'accessibilité des organes qui ont été divisés en trois groupes : caisse ou tôlerie, bloc de mécanique complet, amplificateur.

Chaque ensemble se démonte, se visite et se remonte dans un temps record et permet l'entretien rationnel avec la plus grande facilité.

Il ne semble pas utile d'insister sur les qualités techniques de cette marque, la plus ancienne en France, et qui profite de plus de cinq années d'expérience.

ELECTRO-CHROMATIC

Transformateurs BF Savage

Les Etablissements Electro-Chromatic que dirige M. Louis Fishoff, bien connu des professionnels de l'Electro-Acoustique, viennent d'obtenir l'exclusivité pour la France et l'Union Française de la vente des transformateurs BF anglais Savage. Cette nouvelle sera accueillie avec beaucoup d'intérêt par les constructeurs français d'amplificateurs, en raison des caractéristiques particulièrement intéressantes de cette fabrication.

A titre d'exemple, voici les caractéristiques du transformateur de sortie SA7.

Impédance primaire : 6 600 ohms, prise médiane. Prises intermédiaires à 1 220 ohms.

Résistance du primaire en courant continu : 105 + 105 ohms.

Inductance primaire à 50 c/s pour une tension appliquée de 5 volts : 50 henrys.

Inductance de fuite entre le primaire et tous les secondaires montés en série et court-circuités : 10 millihenrys.

Inductance de fuite entre 1 section primaire et les secondaires : 5 millihenrys.

Inductance de fuite entre les deux sections primaires : 8 millihenrys.

Quatre secondaires permettent d'obtenir des impédances de 1, 4, 9 et 16 ohms.

La réponse mesurée entre une section primaire et l'un des secondaires chargé sur une résistance convenable varie seulement de 0,25 dB de 20 à 20 000 c/s et ne tombe que de 3 dB à 60 kc/s par rapport au niveau à 1 000 c/s. Il est intéressant de noter que lors du fonctionnement en pleine puissance, la réponse en BF est améliorée, la réponse HF demeurant inchangée. Le poids de ce transformateur est de 3.600 grammes.

STÉRÉOPHONIE

LES cinéastes d'Hollywood, entrant dans une nouvelle phase de leur lutte contre l'emprise grandissante exercée sur le public américain par la télévision, viennent de redécouvrir le « cinéma à trois dimensions ». On ne parle plus dans les milieux cinématographiques d'outre-Atlantique que de 3D. Les vocables les plus étranges apparaissent chaque jour dans la presse et les anciens procédés de relief qui firent l'objet de tant d'essais du temps du cinéma muet (et qui n'acquiescent jamais droit de cité, il faut bien le dire), ressortent, souvent sans aucune modification sur le plan visuel, mais avec une adjonction importante : le Son.

Les systèmes proposés, pour la plupart, qu'il s'agisse de procédés vraiment stéréoscopiques ou de projection sur écran élargi, présentent un point commun, c'est l'utilisation de traces sonores multiples, allant de 2 à 8, pour permettre une localisation dans l'espace des sons associée à celle des images. Un examen attentif des procédés utilisés révèle d'ailleurs que pour deux de ceux pour lesquels le plus de publicité est faite, il n'y a que le son qui soit en relief, l'image étant simplement projetée à l'aide d'un ou de trois projecteurs sur un écran courbe et non plus plan dont la proportion largeur/hauteur a été considérablement augmentée par rapport à la valeur habituelle de 4/3. C'est dire l'importance subjective que peut avoir le son sur les procédés d'appréciation de la profondeur d'une image animée.

En fait, on a bien l'impression que c'est le son tridimensionnel qui insuffle une vigueur nouvelle à ces procédés, déjà anciens pour la plupart. Pour les procédés de pseudo-relief visuels, dont nous parlions tout à l'heure, et à des essais muets desquels il nous a été donné d'assister, il y a déjà un certain nombre d'années, sans que ceux-ci nous aient laissé une impression valable, on peut dire que ce sont en fait nos oreilles qui nous font voir le relief qui n'existe absolument pas, techniquement parlant, dans les procédés en question. Nous en arrivons là à un problème d'importance capitale : celui de la corrélation entre les images et les sons. Le but du cinéma en relief est, en effet, de permettre la localisation dans l'espace des sujets présentés. Il est évident que quand ces sujets émettent des sons, leur localisation visuelle est notablement aidée par la localisation auditive. Le son « en relief » sera donc d'une importance capitale pour l'avenir du cinéma à trois dimensions tout comme il le sera le jour où la télévision faisant au cinéma la réponse du berger à la bergère, s'échappera du cadre plat dans lequel la maintient l'œil de cyclope de la camera de prise de vue électronique.

Le cinéma n'est d'ailleurs pas le seul domaine dans lequel les sons à trois dimensions sont à l'ordre du jour. Des expériences de transmission stéréophonique radiodiffusée ont eu lieu récemment en divers pays. Des essais réalisés en France en 1950 par José BERNHART et J. W. GARRETT devaient aboutir à la mise au point d'un procédé de stéréophonie dirigée, particulièrement intéressant. Un autre terrain sur lequel la stéréophonie vient de se lancer, c'est celui du phonographe. On a, en effet, vu apparaître, il y a quelques mois, aux Etats-Unis, des disques à sillonnage serré, comportant des enregistrements concentriques, dont la lecture à l'aide d'un lecteur spécial à double tête recrée l'illusion de la profondeur sonore. Le disque à sons en relief est né, ce qui représente d'ailleurs, si l'on veut jouer sur les mots, quelque chose d'assez étonnant, le disque qui, par définition, est tout ce qu'il y a de plus plat, servant à communiquer la notion de relief !

La stéréophonie n'est pas d'ailleurs restée confinée au cadre étroit du studio d'enregistrement ou de radiodiffusion ni à celui de la salle de cinéma : elle s'est attaquée au plein air; elle ne s'est pas contentée de combiner des sons localisables dans l'espace avec des images en relief : elle s'est associée à des jeux de lumière, empruntant la voix d'acteurs et les sonorités d'instruments de musique, pour permettre la création d'effets nouveaux sur le plan esthétique. L'intérêt croissant que porte le grand public aux spectacles associant la lumière et le son vient à nouveau de se manifester à Versailles, récompensant ainsi pleinement de ses efforts José BERNHART qui a trouvé, là encore, un nouveau champ d'application de la stéréophonie dirigée.

Comme on le voit, la stéréophonie touche donc à tous les domaines de la reproduction du son. Est-ce à

dire que celle-ci doive, dans un avenir très proche, supplanter les procédés monoauriculaires ? Nous ne le pensons pas. En effet, pas plus que l'enregistrement magnétique, qui passe aux yeux de beaucoup pour une découverte récente, alors qu'elle est déjà vieille de près de soixante ans, la stéréophonie n'est une idée nouvelle. L'invention du téléphone remonte en effet en 1876, et ce n'est qu'en 1878 que l'invention du microphone à charbon permit de transmettre la voix à une distance importante avec une puissance suffisante. Or, c'est en 1881 qu'eut lieu la première transmission stéréophonique, qui fut faite entre l'Opéra de Paris et l'Exposition d'Electricité, qui se tenait cette année-là dans la capitale. Le système employé comprenait deux circuits téléphoniques indépendants, deux microphones placés sur la scène de l'Opéra actionnant deux écouteurs placés aux oreilles de chaque auditeur dans la salle de l'Exposition d'Electricité.

Dès les débuts de la Radiodiffusion, vers 1921, des essais de transmission stéréophonique par voie hertzienne eurent lieu aux Etats-Unis. Ces essais, repris à diverses reprises, notamment en 1925, n'eurent aucun résultat sur le plan de l'exploitation, la radiodiffusion commençant dès cette époque à être avare des fréquences disponibles et l'obligation faite par la stéréophonie d'utiliser deux longueurs d'ondes pour un seul programme n'offrant guère à cette époque d'attrait commercial.

Le problème final reste celui-ci : exception faite de l'utilisation de la stéréophonie dirigée à des fins esthétiques, utilisation qui représente réellement quelque chose de nouveau et de concret, le son en relief, mis à part l'attrait de la pseudo-nouveauté, représente-t-il sur le plan du spectateur ou de l'auditeur moyen un progrès palpable par rapport à notre son « plat » actuel dans un monde où relativement peu d'individus ont l'oreille assez musicale pour faire la différence entre une reproduction sonore de qualité et une reproduction « moyenne », ou bien, ce son tri-dimensionnel n'est-il que la manifestation de la nécessité commerciale de faire du nouveau à tout prix pour ranimer l'intérêt défilant du public ? Seul l'avenir nous répondra.

M.-J. de CADENET.

Informations

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE DE LA PHONATION ET DU LANGAGE

Le 30 mai 1953, à l'amphithéâtre de la Sorbonne, rue Victor-Cousin, a eu lieu une réunion importante de cette Association sous la présidence du docteur A. MOULONQUET, de l'Académie de Médecine. Les quatre parties : *Histologie et histogénèse du sphincter laryngien*; *Psychophysiologie du langage oral et du langage musical*; *Neurophysiologie cochléo-récurrentielle et psychophysiologie de la phonation*; *Psychiologie de la phonation* y ont été traitées par d'éminents spécialistes. Signalons particulièrement à nos lecteurs les sections VII (Acoustique et Ultra-sons) et IX (Phonétique instrumentale) ainsi que les sections XIII (Langage musical et poétique, Bases psychophysiologiques et l'Art musical) et XVI (Aspect cybernétique des langages) de cette Association dont le siège se trouve au Laboratoire de Physiologie de la Sorbonne, 1, rue Victor-Cousin, Paris (5^e).

MUSIQUE EXPÉRIMENTALE

Des événements quelquefois très importants passent souvent presque inaperçus : la première Décade de Musique Expérimentale vient de se clore à Paris. La réunion des principaux spécialistes mondiaux de la musique électronique et des nouvelles tendances musicales pour une semaine et demie, des colloques en présence d'un public très sévèrement restreint de musicologues et d'expérimentateurs présente une grande signification; c'est pourquoi nous avons voulu le signaler à ceux de nos lecteurs qui s'intéressent à la musique électronique. Elle marque, en effet, la déclaration publique

d'existence d'une nouvelle école musicale qui brisant avec les rites de la composition traditionnelle, s'opposant délibérément à l'interprétation traditionnelle, vise à faire un usage inusité des moyens et des timbres électroniques, instruments auxquels la revue du SON consacre une attention particulière.

Des exposés et des auditions qui eurent lieu du 18 au 20 juin à l'UNESCO au Centre de Musique Internationale et au Centre d'Etudes Radiophoniques émergent quelques conclusions essentielles :

1^o La musique électronique comporte deux branches essentielles, un aspect économique d'ersatz : le remplacement par des dispositifs électroniques peu coûteux d'instruments de musique classiques, dont le prix posait un problème;

2^o *Economique* : ce sont les *orgues électroniques*, les instruments multiples (on-dioline, etc...) les carillons et cloches électroniques. Cet aspect n'apporte au point de vue proprement musical aucun point de vue nouveau et n'intéressait en aucune façon la Décade de Musique Expérimentale.

Au contraire, le point de vue qui s'est dégagé avec beaucoup de force c'est celui de l'originalité des compositions, répondant à la nouveauté des timbres. L'étude de l'objet sonore constituant l'essentiel du signal apparaît comme déjà avancée pour que le problème de leur assemblage, la composition « concrète », passe au premier plan. L'audition de certains morceaux « composés » au hasard en assemblant des objets sonores choisis par un jeu de dés selon la méthode originale du Chinois Li Tchi, révèle jusqu'à l'évidence qu'il n'est pas d'art sans règle et que les instruments de la musique électronique, Trautonium, Clavioline, Melochord, etc., ne peuvent vivre dans l'anarchie. C'est le rôle essentiel de la musique concrète que de tracer les lois de ce nouveau domaine musical. L'accent se trouve mis ainsi sur les procédés techniques de préparation du son qu'elle utilise et leurs instruments, compléments indispensables des appareils de musique électronique proprement dits : phonogène, vocoder,

banc à cellule et banc des formes, tous appareils dont nous aurons à reparler.

Enfin, l'écoute faite au cours de cette décade des contributions des divers pays à la nouvelle musique électronique a montré de façon claire que les deux pays qui tenaient la tête dans ce domaine étaient la France et l'Allemagne dans une amicale et étroite concurrence, laissant loin derrière eux toutes les autres contributions quelle que soit la puissance de leurs moyens.

Nous donnons ci-dessous les principales conférences et manifestations qui ont illustré cette décade :

P. BOURLER : Tendances de la musique récente. — MOLES et GARRETT : Les machines à musique : du phonogène au vocoder. — Dr EIMERT de la NWDR : Tendances de la musique électronique. — R. BARRAS : Musiques exotiques. — W. USSACHESKY : Music for tape. — H. SCHERCHEN : Dépassement de l'orchestre. — A. GOLÉA : Tendances de la musique concrète. — R. HUSSON : Conditionnement psychophysiologiques de l'esthétique musicale. — S. POUILLIN : Son et espace (musique spatiale).

La Revue Musicale doit publier le texte complet des exposés.

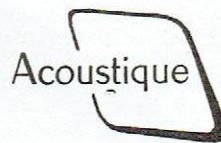
A. M.

MUSIQUE ÉLECTRONIQUE AU CINÉMA

Nous signalons à ceux de nos lecteurs qui s'intéressent à la musique électronique et aux techniques de truquage sonore, le film déjà ancien de Walt Disney *La Boîte à Musique (Make mine music)* qui passe actuellement au Studio Universel, avenue de l'Opéra; il comporte entre autres l'usage du Vocoder, appareil à faire automatiquement des transpositions de tessiture, dans le passage de Nelson Eddy *The whale singing at the Opera*, la baleine qui, voulait chanter à l'Opéra.

A. M.

ÉNERGIE ET PUISSANCE ACOUSTIQUE



par J. MATRAS *

« Pour fournir une puissance acoustique de UN cheval-vapeur, il faudrait faire parler simultanément QUINZE MILLIONS de speakers. »

Le fait, déjà singulier en lui-même, est présenté sous forme d'une image qui ne manque pas de pittoresque. On se représente des foules nombreuses, enthousiastes, déchainées, des applaudissements, des cris, des hurlements, et l'on se dit : « Tant d'énergie dépensée pour développer quelques fractions de watts, peut-être un watt dans les cas extrêmes. C'est décevant... »

On évoque aussi Charlie Chaplin, dictateur, prononçant un discours d'une violence inouïe, et le micro se tordant (d'effroi sans doute) sous l'effet de ses paroles. Vision d'artiste! Magnifique symbole de l'influence prodigieuse — faste ou néfaste — que peut exercer une énergie infinitésimale, convenablement modulée!

Mais, si l'esprit est en mesure d'interpréter un aussi minuscule signal, encore faut-il qu'il parvienne au cerveau, que nos sens puissent le percevoir.

On demeure confondu de l'extrême sensibilité de l'oreille, cet organe aux apparences extérieures somme toute assez grossières. On peut même dire que dans nos actuelles conditions de vie, cette sensibilité constitue un *extremum* au-delà duquel seraient entendus les bruits d'agitation thermiques des molécules atmosphériques. Sans philosopher, ou « finaliser », on conçoit qu'une telle écoute serait peu profitable, peu désirable et même sans doute peu réalisable. N'a-t-on pas vérifié, en effet, que l'audition permanente d'une même sonorité finit par léser l'oreille au point de l'empêcher de percevoir cette sonorité? On peut alors imaginer une oreille à l'origine plus sensible que la nôtre, mais peu à peu « rabotée » en quelque sorte par le bruit thermique jusqu'à constitution de notre oreille actuelle.

Organe parfait, donc, et excluant toute revendication? N'allons pas si vite. Cette perfection n'est atteinte que pour un domaine de hauteurs bien déterminé et d'ail leurs assez restreint. En deçà et au-delà, il n'en est plus de même: l'existence des infra-sons et des ultrasons montre que certains transports aériens d'énergie restent pour nous indiscernables, quelle que soit leur puissance. Là encore, nous sommes battus par beaucoup d'animaux, dont le domaine d'audition s'étend bien au-delà de celui de l'homme : le chien entend près de deux octaves de plus que nous; certains oiseaux ou insectes vont encore beaucoup plus loin. Il est vrai que, autant qu'on le puisse savoir, du côté des sons graves, nous serions les plus favorisés par Dame Nature (mis à part les poissons, peut-être?).

Ne soyons pas trop exigeants et contentons-nous de ce que nous avons : puisque l'oreille est très sensible aux sons de hauteur moyenne — n'appelle-t-on pas sons moyens ceux pour lesquels notre oreille est la plus sensible? — cherchons son degré d'acuité, dans ces cas favorables.

Un léger frémissement se propage dans l'air, il vient frapper nos sens — nous percevons un son. Pourquoi? Comment? C'est que notre tympan, soumis ordinairement à la pression atmosphérique, a subi une impulsion due à une variation de cette pression.

Oh! variation légère, comme on peut déjà s'en douter. On la mesure en barye : une barye c'est une pression bien minime; c'est sensiblement la pression exercée par un poids de 1 milligramme sur une surface de 1 cm². La pression atmosphérique est de l'ordre de 1 million de baryes.

Eh! bien, dans les conditions d'écoute optima, le tympan est impressionné par une variation de pression acoustique de l'ordre de deux dix-millièmes de barye. Chiffre prodigieusement bas : une perturbation modifiant de moins de un milliardième la pression de l'air dans laquelle est plongée l'oreille suffit à l'exciter!

On a peine à se représenter les possibilités mêmes de pareilles réactions. En se donnant quelques exemples, on se rend compte, mieux que théoriquement, ce qu'est un milliardième — une ride de un milliardième, sur un océan profond de 10 km, a une amplitude de un centième de millimètre, absolument indiscernable.

Je m'empresse d'ajouter que le chiffre de deux dix-millièmes de barye, adopté par *convention internationale* comme niveau de base de l'intensité sonore — comme niveau 0 — paraît aujourd'hui trop bas, on pense qu'il a été trouvé dans des conditions assez particulières qui l'ont rendu tant soit peu suspect.

Désireux d'obtenir une valeur pratique, les Américains ont profité de l'Exposition Internationale de New-York de 1939 pour faire des essais systématiques sur plusieurs dizaines de milliers de visiteurs.

Les résultats statistiques obtenus ont montré que la limite de perception de l'oreille humaine devait être ramenée en moyenne à environ un millième de barye — ce qui est déjà très bas — et ce qui n'exclut pas pour certaines personnes particulièrement douées des sensibilités très supérieures (certaines dépassant même les deux dix-millièmes déjà trouvés!).

A quel transport d'énergie, de puissance correspondent de telles ondulations de pression?

Connaissant les propriétés élastiques de l'air, il est facile de le calculer : on trouve naturellement des chiffres extraordinairement faibles, de l'ordre de un dix-millième de picowatt, le picowatt étant lui-même le millionième de microwatt, lequel n'est que le millionième du watt. Et il faut 736 watts pour faire un cheval-vapeur! Vertige de l'infiniment petit...

Trêve de philosophie : restons au bord du gouffre et regardons maintenant vers les sommets voisins en nous posant la question complémentaire : quelle puissance *maxima* peut percevoir l'oreille? Le problème vaut la peine d'être un peu développé, car si la notion de seuil de perception sonore ne présente aucune difficulté théorique d'interprétation — on entend ou on n'entend pas — il est moins facile de dire à quoi correspond

(*) Ingénieur Général de la Radiodiffusion-Télévision Française.

exactement cette notion de seuil maximum, de définir ce qui se passe quand l'énergie fournie est supérieure à celle qui caractérise ce seuil maximum.

A vrai dire, on ne le sait pas très bien — si le son perçu est trop fort, l'oreille est douloureusement impressionnée; mais le début de la douleur est lui-même assez difficile à déterminer, car, avant la douleur, il y a désagrément, et le passage de l'un à l'autre manque pour le moins de netteté.

Certes, si la puissance dépasse une certaine valeur, il y a lésion organique : cette valeur n'est-elle pas le seuil cherché?

Pour nous en rendre compte, nous allons tourner en quelque sorte l'obstacle, en faisant non plus croître l'énergie acoustique jusqu'au maximum cherché, mais au contraire en partant d'une énergie nettement supra-acoustique et en cherchant à quel moment, *en décroissant*, elle se transforme en onde sonore.

La Nature nous donne un moyen simple d'obtenir ce résultat : il suffit de considérer un phénomène très intense (explosion, par exemple) et d'étudier comment se propage l'énergie produite lorsqu'on s'éloigne progressivement du centre d'action.

L'expérience montre que l'on peut distinguer deux zones nettement séparées : une zone centrale et une zone périphérique.

Dans la zone centrale, d'autant plus vaste que l'action est plus vive, se produisent de violents déplacements et des chocs multiples de particules avec échanges intenses d'énergie : nous sommes là hors du domaine acoustique et, dans la plupart des cas, hors d'un domaine de possibilité de vie.

Les modifications moléculaires — et parfois nucléaires — qui en résultent, absorbent une énorme quantité d'énergie, de sorte que, en se propageant à partir du foyer du sinistre, la puissance diminue très rapidement. Elle finit par atteindre une valeur trop basse pour pouvoir entraîner des transformations internes des particules impressionnées.

Ce changement caractérise l'apparition de la zone périphérique, où ne se produisent plus que des phénomènes physiques — par opposition aux phénomènes chimiques existant dans la zone centrale — qui du fait de leur caractère propre, ne s'amortissent plus que très lentement : propagation d'ondes de chaleur et d'ondes élastiques.

Domaine humain, domaine de l'acoustique qui n'est atteint que lorsque l'énergie propagée descend au-dessous d'une valeur critique, qui ne dépend que des propriétés élastiques du milieu aérien.

Ainsi donc, la violence du phénomène initial ne détermine que l'ampleur de la zone centrale, mais non l'énergie acoustique produite qui est, en somme, toujours la même, quelle que soit la puissance développée à l'origine.

On conçoit que l'on puisse définir ainsi *physiquement* un seuil maximum. Mais ce seuil est-il le seuil *physiologique* cherché? Autrement dit, la lésion de l'oreille apparaît-elle *exactement* au moment du changement de nature du phénomène énergétique?

Il est assez difficile de l'affirmer, les expériences dans ce domaine étant — on l'imagine — fort délicates à réaliser. Néanmoins, l'ordre de grandeur paraît respecté.

D'ailleurs l'effet douloureux n'est pas toujours lié à l'effet lésionnel : l'un et l'autre se produisent dans des conditions qui dépendent d'autres facteurs que de l'énergie produite. C'est ainsi que :

— d'une part, un son progressivement croissant est mieux supporté qu'un son arrivant brusquement à l'oreille (propriété d'accoutumance physiologique très connue);

— d'autre part, un son arrivant en permanence à

l'oreille finit par engendrer une lésion de certaines cellules, bien avant que ne soit atteint le seuil douloureux.

Ces exemples nous montrent l'influence du facteur temps dans ce domaine.

On comprend les réserves avec lesquelles on doit accueillir les résultats énoncés dans l'enseignement classique sur le « seuil de douleur ».

Contentons-nous de dire qu'il correspond sensiblement à une pression acoustique de l'ordre de la centaine de baryes, c'est-à-dire à une puissance acoustique de l'ordre de la centaine de microwatts.

Tout incertains qu'ils soient, ces nombres comparés à ceux qui définissent le seuil minimum, mettent en évidence une nouvelle propriété intéressante de l'oreille : son extraordinaire fidélité.

Le rapport du seuil maximum au seuil minimum atteint environ 1 000 milliards. Imaginez une balance susceptible de peser à la fois 1 milligramme et 1 000 tonnes! La technique humaine en est encore loin.

Très heureusement le travail de l'oreille est facilité par un effet physiologique connu sous le nom de loi de WEBER-FECHNER, qui s'exprime lapidairement ainsi : « La sensation est proportionnelle au logarithme de l'excitation. »

C'est dire que chaque fois que l'énergie excitatrice est multipliée par une même quantité, 10 par exemple, l'impression physiologique produite *augmente* d'une même quantité — que l'on peut choisir arbitrairement, ce qui permet de définir diverses échelles d'intensité sonore.

L'échelle classique — dite des *décibels* — est basée sur le système décimal : chaque fois que la puissance est multipliée par 10, l'intensité subit un accroissement de 10 décibels. Le *zéro* correspond, par convention, au seuil d'audibilité. Le *maximum* correspond sensiblement à une valeur comprise entre 120 et 130 décibels.

Nous reviendrons plus longuement sur cette question à la fois délicate et fondamentale.

Contentons-nous maintenant de tirer de cette loi logarithmique une conséquence physique très curieuse.

Considérons un instrument de musique dont l'intensité maximum est de 80 décibels, correspondant à une énergie d'environ 1/100^e de microwatt.

Deux instruments jouant simultanément donnent une énergie de 2/100^e de microwatt, donc une intensité (facile à calculer) d'environ 83 décibels.

Pour atteindre 90 décibels donc 1/10^e de microwatt, il faut faire jouer simultanément 10 instruments.

Pour atteindre 100 décibels, il en faudra faire jouer 100.

On arrive facilement à ce résultat en apparence paradoxal et pourtant exact, car parfaitement vérifié par la pratique :

« Un orchestre complet jouant en tutti est à peine plus bruyant qu'un instrument solo! »

Diverses mesures faites à la Radiodiffusion Française ont permis de déterminer les intensités maxima données par divers instruments jouant en orchestre ou en solo. Relevons les indications suivantes :

Piano à queue : 96 décibels.

Orchestre classique de 80 musiciens : 102 décibels.

Orchestre de jazz : 106 décibels.

Conséquence immédiate : il est presque aussi difficile d'empêcher la propagation du son provenant d'un piano jouant seul que celle du son provoqué par un orchestre de 80 musiciens. On comprend les raisons de l'hostilité manifestée par leurs voisins aux malheureux apprentis-pianistes!

Cette loi a donc des incidences pratiques considérables, quand on a des problèmes d'isolation phonique à traiter.

Nous reprendrons dans un prochain article l'exposé de ces paradoxes de l'Acoustique.

LES MICROPHONES :

principes et caractéristiques des divers types

par R. LEHMANN *

Dans de précédents articles, nous avons examiné l'effet de perturbation d'un champ sonore par les microphones, ainsi que l'influence de leur forme et de leurs dimensions sur la diffraction d'une onde acoustique. Nous avons aussi passé en revue les principales caractéristiques qu'il est important de définir et de mesurer pour juger de la qualité intrinsèque d'un tel transducteur; nous avons donné quelques indications sur le matériel de mesure nécessaire et sur les performances qu'il doit présenter.

Dans le présent article, nous commencerons l'examen des divers types de microphones couramment utilisés dans les techniques de l'enregistrement et de la prise de son; pour chacun d'eux, nous donnerons quelques indications sur les principes sur lesquels est basé leur fonctionnement et nous préciserons quelques-unes de leurs caractéristiques principales en essayant d'insister sur leurs avantages et inconvénients réciproques.

Dans la pratique courante, sont presque uniquement utilisés les microphones électrodynamiques, à ruban et piézoélectriques. Dans les laboratoires d'acoustique et dans certains studios de radiodiffusion, ainsi que pour des enregistrements de haute qualité, sont souvent utilisés des microphones électrostatiques. En téléphonie et dans les systèmes de transmission de la parole, les microphones à charbon sont presque toujours employés, ainsi que, dans certains cas, des microphones magnétiques. Enfin, en acoustique sous-marine ou pour la mesure de bruits très intenses, tels que des bruits d'explosions ou des bruits dans lesquels sont produites des ondes de choc, des microphones à quartz sont presque toujours utilisés. Nous étudierons donc successivement :

- les microphones à charbon,
- les microphones électrostatiques,
- les microphones électrodynamiques,
- les microphones à ruban,
- les microphones piézoélectriques,
- les microphones à quartz,
- les microphones à magnétstriction,
- les microphones divers de types peu répandus.

Les microphones à charbon

Ces microphones sont universellement adoptés en téléphonie pour diverses raisons que nous préciserons ultérieurement. Ils sont robustes et de construction simple; ils sont également très souvent utilisés dans la marine et l'aviation pour l'équipement des appareils de bord. Ils exigent, malheureusement, l'utilisation d'une tension continue de polarisation qui varie, en principe, entre 4 et 48 volts selon les cas; leur consommation varie généralement entre 30 et 100 milliampères environ. Leur fonctionnement est basé sur la variation de la résistance électrique du graphite utilisé, sous l'action de la compression de ce dernier par l'intermédiaire d'un diaphragme qui transforme les pressions sonores en forces mécaniques. La figure 1 donne le schéma de principe d'un tel microphone. La qualité du graphite utilisé a, naturellement, une importance primordiale sur ses caractéristiques.

La résistance d'un tel microphone est généralement comprise entre 50 et 100 ohms. Sa caractéristique de fréquence n'est pas linéaire et la bande passante se situe généralement entre 200 et 5 000 Hz; il présente souvent des résonances assez marquées entre 800 et 1 500 Hz; ainsi, à titre d'exemple, la figure 2 donne quelques caractéristiques de fréquences pour divers niveaux à l'émission: on y voit nettement qu'à partir de 110 dB au-dessus de 2.10^{-4} baryes, la saturation commence à se manifester à la résonance. Ce type de microphone est très efficace (de l'ordre de 30 à 50 dB au-dessous de 1 volt par barye); il peut être utilisé sans préamplificateur; sa distorsion harmonique est souvent importante (de l'ordre de 5 à 10 % pour des pressions sonores de l'ordre de 10 baryes) et son taux d'intermodulation atteint souvent 15 à 30 % à la fréquence de résonance, pour une pression sonore de 20 baryes sur le diaphragme.

L'intensité du courant d'alimentation influe également sur la caractéristique de fréquence et sur l'efficacité. La valeur de l'intensité de ce courant dépend, d'ailleurs, des caractéristiques générales du circuit dans lequel est inclus le microphone. Ainsi, si on désigne par R la résistance totale de ce circuit, en ohms, quand l'amplitude x de déplacement du diaphragme est nulle, par e la

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

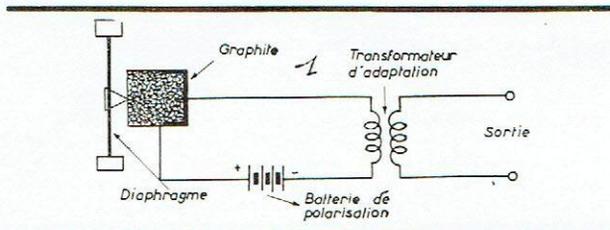


Fig. 1. — Schéma de principe du fonctionnement d'un microphone à charbon.

tension de la batterie de polarisation, par K la constante du graphite en ohms par cm, l'intensité i , en ampères, est donnée par la formule suivante, pour la fréquence $f(\omega = 2\pi f)$:

$$i = \frac{e}{R + K \sin \omega t}$$

Chaque type de microphone est conçu pour fonctionner normalement sous une intensité déterminée; une variation de $\pm 10\%$ autour de cette valeur n'a généralement

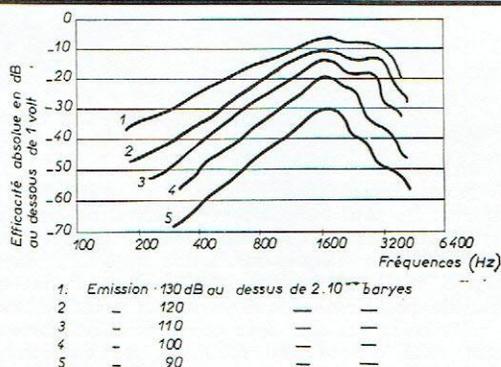
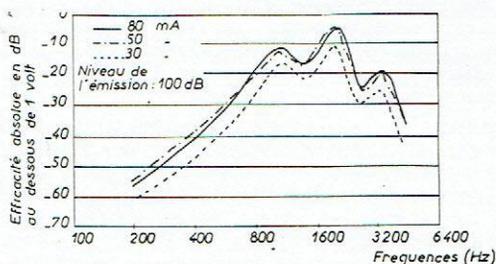


Fig. 2. — Caractéristiques de fréquences d'un microphone à charbon pour divers niveaux à l'émission.

pas d'influence, mais lorsque l'intensité diminue, l'efficacité décroît également; au contraire, lorsque l'intensité augmente, l'efficacité ne change pas ou peu et même, dans certains cas, a tendance à diminuer légèrement; enfin, lorsque l'intensité est trop forte, on dit que le microphone « brûle », son efficacité tend à diminuer assez fortement et il finit par être hors d'usage. La figure 3 illustre par quelques courbes ces considérations d'ordre général.

L'influence de la pression ambiante sur la caractéristique de fréquence et sur la sensibilité d'un microphone à charbon n'est pas négligeable, quoiqu'elle n'ait cepen-

Fig. 3. — Influence de l'intensité du courant d'alimentation sur la caractéristique de fréquence d'un microphone à charbon.



pas une importance considérable, sauf lorsque la pression devient très faible, ainsi que le montre la figure 4, dans laquelle les mesures ont été exécutées pour des pressions correspondant aux altitudes de 0, 6 000 et 12 000 mètres. Ces essais, exécutés aux Etats-Unis en grande série pour le matériel destiné à l'aviation, offrent un intérêt certain.

Un défaut important des microphones à charbon est l'existence d'un bruit de fond propre très important dû, en grande partie, aux variations instantanées de la résistance du graphite produites par le passage du courant

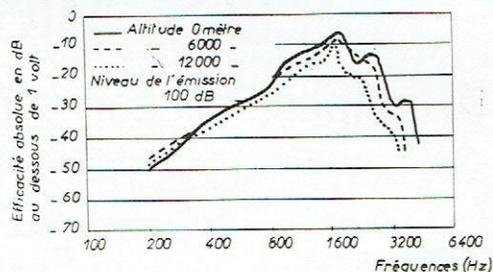


Fig. 4. — Influence de la pression ambiante sur la caractéristique de fréquence d'un microphone à charbon.

continu. Ce niveau de bruit décroît lorsque la fréquence croît, comme le montre la figure 5. Il existe également un autre effet très important, aux très basses fréquences, de la variation de résistance du graphite; cet effet, quoique inaudible, produit souvent une modulation des fréquences acoustiques: le courant élève la température des grains de graphite qui se dilatent, d'où réduction de la pression et diminution de l'intensité du courant, ce qui a pour effet un abaissement de la température du charbon, d'où contraction des grains de graphite et répétition du cycle.

Pour terminer, signalons que les mesures acoustiques effectuées sur les microphones à charbon présentent une

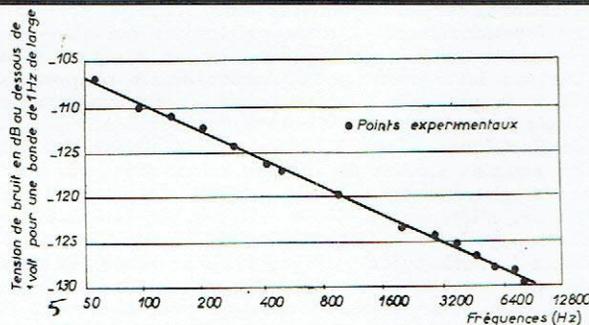


Fig. 5. — Répartition spectrale du bruit propre d'un microphone à charbon (d'après Christensen et Pearson).

difficulté supplémentaire, du fait du phénomène dit de « tassement ». Lorsque le microphone n'est pas agité, mécaniquement ou acoustiquement, son efficacité diminue peu à peu et la réponse finit par être nulle. Pour éviter ce phénomène lors du relevé d'une caractéristique quelconque, il faut, soit agiter mécaniquement le microphone, soit superposer à la fréquence de mesure un bruit complexe fluctuant, comme nous l'avons précisé à la fin du chapitre précédent. Si, par exemple, lors du relevé de la caractéristique de fréquence d'un tel microphone, on ne prend pas de précaution particulière et si on utilise la méthode générale déjà décrite, on risque d'obtenir des résultats peu précis et peu reproductibles;

c'est pour cette raison que les téléphonistes ont longtemps hésité à caractériser objectivement, par des mesures physiques, les microphones à charbon. Actuellement, certains auteurs préconisent, pour le relevé des courbes de réponse, d'utiliser des sons purs continûment et rapidement variables (1/5 de seconde pour balayer la bande 100-5 000 Hz) et de photographier ainsi la courbe obtenue sur un tube cathodique, ce qui semble donner des résultats relativement stables.

Les microphones électrostatiques

Les microphones électrostatiques (ou à condensateur) sont adoptés par tous les laboratoires d'acoustique en tant que microphones étalons, pour de nombreuses raisons, en particulier parce qu'ils peuvent être étalonnés par toutes les méthodes d'étalonnage primaire actuellement connues et employées et parce qu'ils ont des caractéristiques exceptionnellement linéaires. Le principe de fonctionnement d'un tel microphone est simple : il est basé sur la variation de capacité d'un condensateur plan dont la première électrode est formée par le diaphragme (ou membrane) du microphone. La membrane est presque toujours en duralumin et a une épaisseur très faible, de l'ordre de 1/100 de mm; la distance entre cette membrane et la deuxième électrode est également très petite (de 1/100 à 5/100 de mm) et la capacité du condensateur ainsi formé est comprise, dans la plupart des cas, entre 50 et 500 pF.

La figure 6 montre la coupe de principe d'un microphone à condensateur, tel qu'il fut réalisé par WENTE, à son origine, tandis que la figure 7 donne le schéma de principe de l'adaptation d'un tel microphone à son préamplificateur. La valeur de la tension continue de polarisation est comprise, presque toujours, entre 100 et 250 volts, tandis que la résistance R a une valeur comprise entre 20 et 200 mégohms.

Indiquons, à titre documentaire, que l'amplitude x du déplacement du diaphragme peut se calculer théoriquement par la formule suivante :

$$x = \frac{F}{\left[r_m + j\omega(m_1 + m_2) + \frac{1}{j\omega} \left(\frac{1}{C_{m1}} + \frac{1}{C_{m2}} \right) \right] j\omega}$$

où : F est la force appliquée en dynes (produit de la pression sonore par la surface du diaphragme);

r_m est la résistance mécanique de la masse d'air comprise entre le diaphragme et l'électrode arrière, en ohms mécaniques;

m_1 est la masse du diaphragme, en grammes;

m_2 est la masse d'air comprise entre le diaphragme et l'électrode arrière, en grammes;

C_{m1} est l'élasticité du diaphragme en centimètres par dyne ou compliance);

C_{m2} est l'élasticité de l'air situé entre le diaphragme et l'électrode arrière, en centimètres par dyne (ou compliance).

Lorsqu'une pression sonore alternative de fréquence f frappe le diaphragme, il y a apparition d'une tension alternative de même fréquence aux bornes de la résistance R, la valeur de cette tension étant d'autant plus importante que la pression sonore frappant le diaphragme est plus élevée. L'amplitude x du déplacement du diaphragme sous l'action des ondes sonores est très petite (1×10^{-10} mm environ) et lorsque les niveaux sont très élevés, il est à craindre que le microphone soit mis en court-circuit, ce qu'il faut éviter pour ne pas risquer de le détériorer.

Une grosse difficulté dans la construction de ces microphones est la réalisation et le serrage du diaphragme, la résonance mécanique de ce dernier doit se trouver à une fréquence très élevée, de façon à ce que la réponse soit linéaire dans la gamme audible; il faut donc qu'il soit mince, léger et convenablement tendu, sans trop altérer, pour autant, l'efficacité absolue du microphone. Un effet important qu'il ne faut pas négliger de l'existence de cette fréquence de résonance élevée est que la distorsion de phase est très faible. L'impédance de sortie des microphones à condensateur est très élevée; elle est naturellement capacitive et il est nécessaire que le premier étage d'amplification soit situé à proximité : c'est pour cela que dans presque tous les microphones de ce type fabriqués actuellement, le préamplificateur est solidaire de la capsule. Malheureusement, le fait de rendre solidaire le préamplificateur de la capsule microphonique proprement dite a pour cause immédiate d'agrandir les dimensions de l'ensemble et de causer des perturbations non négligeables du champ acoustique; c'est pour cette raison que certains constructeurs ont séparé ces deux parties par une tige rigide de 20 cm de longueur environ (microphones du type Neumann ou Telefunken par exemple).

La qualité essentielle des microphones électrostatiques est d'avoir une courbe de réponse très linéaire en fonction de la fréquence; leur efficacité absolue, à 1 000 Hz, est généralement comprise entre -50 et -60 dB au-dessous de 1 volt par barye. Leurs caractéristiques de directivité dépendent naturellement de leur forme, mais, d'une façon générale, on peut dire qu'ils sont peu directifs, car ils sont généralement de petites dimensions (20 à 50 mm) et sphériques, puisqu'ils sont utilisés comme étalons et que l'on doit pouvoir calculer théoriquement relativement facilement leur diffraction, comme nous l'avons déjà précisé.

Fig. 6. — Principe de réalisation d'un microphone électrostatique.

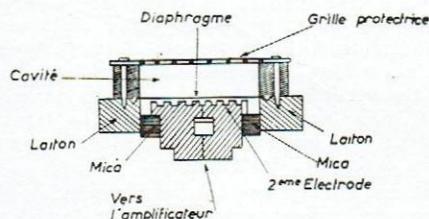


Fig. 7. — Schéma de principe de l'adaptation d'un microphone électrostatique.

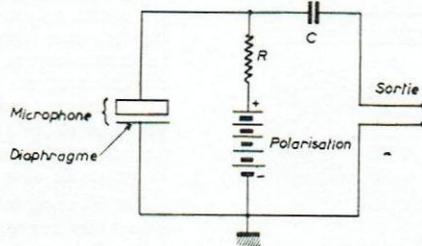
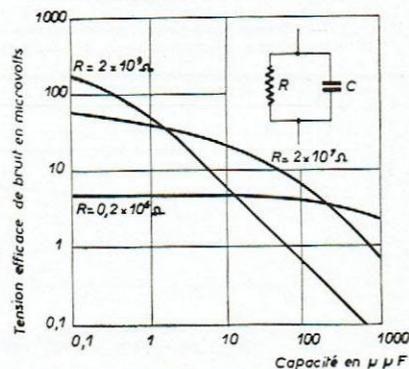


Fig. 8. — Bruit d'agitation thermique d'un microphone à condensateur.



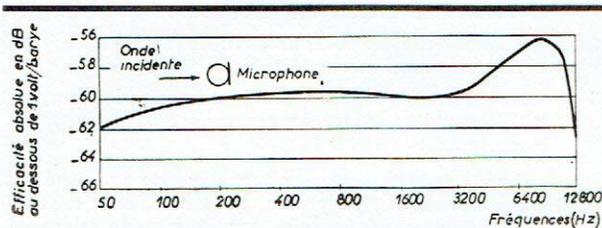


Fig. 9. — Caractéristiques de fréquence d'un microphone à condensateur de fabrication française.

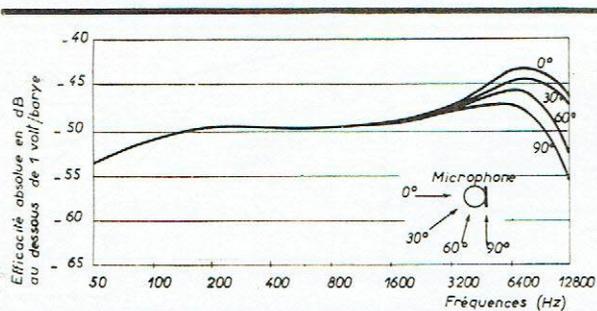
Ainsi, à titre d'exemple, la figure 9 donne la courbe de réponse d'un microphone de fabrication française, tandis que la figure 10 donne la même courbe, pour divers angles d'incidence, d'un microphone de fabrication américaine. La température et la pression ambiantes ont une influence extrêmement minime sur la courbe de réponse des microphones à condensateur; par contre, elles influent sur leur efficacité. Ainsi, quand la pression ambiante diminue, l'efficacité tend à augmenter légèrement: de 1 dB à la fréquence 1 000 Hz à 2 dB à la fréquence 10 000 Hz quand la pression passe de 760 à 350 mm de mercure et respectivement de 3 à 5 dB aux mêmes fréquences quand la pression passe de 760 à 150 mm de mercure. L'influence de la température est beaucoup plus faible: une différence de température de 40° C n'entraîne une variation d'efficacité que de 1 dB environ, sauf à la fréquence de résonance, quand elle se situe dans la gamme audible, où la variation peut atteindre 2,5 à 3 dB (une augmentation de la température tendant à produire une baisse de l'efficacité).

La dynamique des microphones électrostatiques est limitée, pour les niveaux inférieurs, par leur bruit de fond et, pour les niveaux supérieurs, d'une part parce que les mouvements du diaphragme ne sont plus proportionnels aux pressions qu'il reçoit et qu'il risque de se briser et, d'autre part, parce que par principe même, la tension aux bornes de la capacité n'est pas proportionnelle, mais au contraire inversement proportionnelle à la valeur même de cette capacité. C'est, d'ailleurs, cette seconde cause qui est, de loin, la plus importante et qui limite, à cause de la distorsion relative au 2^e harmonique ainsi produite, la possibilité d'utilisation du microphone. Approximativement, le pourcentage de distorsion harmonique ainsi créé est donné par la formule suivante:

$$D \% = 50 \frac{e}{E}$$

dans laquelle e est la tension de crête produite par le microphone à la fréquence de mesure et E la tension continue de polarisation. Pour un appareil de bonne qua-

Fig. 10. — Caractéristiques de fréquence et de directivité d'un microphone électrostatique de fabrication américaine.



lité, ce taux de distorsion reste inférieur à 1 % pour un niveau sonore de l'ordre de 130 dB au-dessus de $2 \cdot 10^{-4}$ baryes.

Il est important et intéressant de connaître ou de pouvoir calculer le niveau de bruit produit par ce type de microphone, principalement dans la résistance de charge, par les fluctuations thermiques des électrons, comme l'ont montré de nombreux auteurs et, en particulier, SCHOTTKY, JOHNSON et LLEWELYN. Les autres bruits de fond sont dus au tube de l'amplificateur et aux charges électriques entre les plaques du condensateur, mais ils sont plus faibles et négligeables par rapport à la première cause qui donne une tension électrique de bruit e_b égale à:

$$e_b = \sqrt{4KT \int_{f_1}^{f_2} R(f) df}$$

où: K est la constante de Boltzmann;

T est la température absolue;

$R(f)$ est la composante réelle de l'impédance électrique du microphone et de sa résistance de charge, et

f_1, f_2 les limites des fréquences transmises.

Nous avons donné une formule analogue dans un article précédent lorsque nous avons parlé des bruits de fond des microphones, mais dans le cas d'un microphone à condensateur, on peut remplacer $R(f)$ par une valeur équivalente égale à la résistance d'un circuit résistance-capacité montés en parallèle. Dans ce cas:

$$R(f) = \frac{R}{1 + (RC\omega)^2}$$

en considérant le montage représenté par la figure 8 sur laquelle sont également portées, d'après WEBER, diverses courbes donnant la tension de bruit d'agitation thermique en fonction de la valeur de la capacité et pour diverses valeurs de la résistance. Ainsi, si on considère les fréquences f_1 et f_2 comme fréquences limites à transmettre, la tension e_b de bruit sera:

$$e_b = \sqrt{\frac{2KT}{\pi c} \sqrt{\frac{1}{\text{tg } RC\omega_2} - \frac{1}{\text{tg } RC\omega_1}}}$$

On a donc intérêt, pour limiter le bruit de fond, à utiliser un filtre passe-haut afin d'éviter le bruit dû aux fréquences inférieures à f_1 et à prendre pour R une valeur aussi élevée que possible.

Pour terminer ce paragraphe relatif aux microphones à condensateur, nous pensons pouvoir dire qu'à notre connaissance leur utilisation par les services de radiodiffusion de divers pays est assez variable. En France, ils n'ont commencé à être utilisés en studio que récemment; par contre, ils sont employés pour certaines retransmissions théâtrales; en Allemagne, c'est un type de microphone d'utilisation courante dans les cas les plus divers; en Grande-Bretagne, nous croyons savoir qu'ils sont peu utilisés; aux Etats-Unis, certains types de petites dimensions sont presque toujours utilisés pour la prise de son des émissions de télévision.

En France, c'est un microphone très peu répandu, ce que nous regrettons amèrement, principalement dans les laboratoires d'acoustique, car nous n'avons jamais rencontré jusqu'à ce jour un microphone d'un autre type ayant une caractéristique de fréquence aussi linéaire et jouissant d'une telle stabilité.

Quelques indications sur L'ÉQUIPEMENT D'UN LABORATOIRE DE MESURES ACOUSTIQUES

par A. MOLES *

SUMMARY 2nd Part :

In this paper the author gives a very short account of the various devices and apparatuses which may be practically needed for electro acoustics and acoustics measurements. The practical side of this question is, as previously, carefully taken into account in connexion with financial possibilities.

Dans notre article précédent nous avons abordé l'équipement d'un laboratoire d'acoustique en présentant l'appareillage, non pas dans l'ordre fonctionnel qui n'est jamais suivi, mais dans l'ordre même d'importance qu'il acquiert au fur et à mesure que le rôle et les crédits du laboratoire s'accroissent. C'est ce mode de présentation que nous conserverons dans la suite. Celui-ci nous conduira par exemple à considérer après l'achat d'un quelconque pick-up destiné à faire du bruit mais sans aucune prétention à la qualité, d'un oscillographe d'excellente qualité et d'un enregistreur Neumann de prix élevé. C'est bien ainsi en effet que les choses se passent dans la pratique et l'inégalité considérable de prix entre des appareils aussi différents correspond à des périodes d'économie ou de reports au fur et à mesure que les besoins du laboratoire s'accroissent.

Quand les mesures se développent en se systématisant, on est conduit corrélativement à revoir la « collection » d'appareils et peu à peu à améliorer l'équipement (microphones, haut-parleurs et pick-up par exemple) conservant des appareils de qualités différentes, chacun suffisant pour une certaine gamme de mesure : ainsi personne n'ira utiliser un microphone étalon à niveau absolu pour des mesures de comparaison, etc.

C'est dans cet esprit que nous poursuivrons cette étude en examinant aujourd'hui quelques appareils plus complexes et en procédant à une amélioration progressive des installations. De façon générale nous manifesterons une défiance systématique pour les appareils compliqués ou délicats dont le fonctionnement est tel qu'on ne sait pas exactement ce que l'on mesure et dont l'interprétation des indications requiert déjà une certaine expérience des appareils électro-acoustiques.

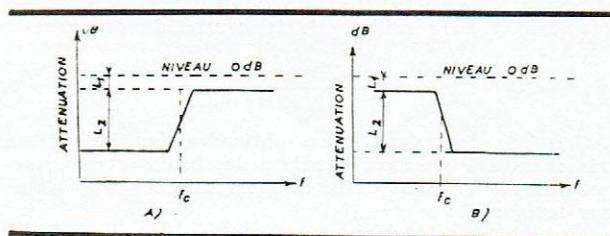
On s'illusionne beaucoup sur l'importance des appareils en acoustique, la correction de la méthode de mesure y joue un rôle beaucoup plus grand souvent un peu négligé. Aussi traiterons-nous dans un dernier article de quelques techniques de mesure usuelles ayant recours à un matériel assez restreint. L'expérience nous a montré qu'avec un oscillographe, un enregistreur logarithmique et un oscillateur BF, on pouvait faire 90 % des mesures acoustiques courantes. Les appareils spécialisés ne présentent un intérêt véritable que pour les mesures de routine ou de contrôle de fabrication. C'est là qu'ils se révèlent précieux et nous en dirons quelques mots *in fine*.

(*) Docteur ès Sciences, Ingénieur I.E.G.

Les filtres

Ce sont là des appareils assez coûteux dans le commerce, mais dont le prix dépend très largement des caractéristiques; c'est dire que si l'on n'a que des deside-

Fig. 1. — Courbe de réponse théorique d'un filtre passe haut (a) passe bas (b). f_c fréquence de coupure, L_1 atténuation introduite par la présence du filtre; celle-ci doit être inférieure à 4 dB, L_2 atténuation du filtre (celle-ci doit être la plus grande possible).



rata restreints, il est possible d'en réduire très sérieusement le prix. Nous discernons quatre types de filtres :

Les filtres passe-haut. — Leur caractéristique de réponse en fréquence est donnée (fig. 1); f_c est la fréquence de coupure; L_1 est la perte apportée par le filtre; L_2 l'atténuation du filtre en décibels.

Ces filtres sont fabriqués commercialement sous la forme de séries de filtres en gammes où f_c varie par 1/2 octave dans toute la gamme acoustique.

Les filtres passe-bas. — C'est la réciproque des précédents, leur caractéristique est donnée figure 1 b. Ils sont généralement constitués de la même façon.

Les filtres passe-bande. — Les plus importants sont les filtres d'octaves (bandes de 1 octave); ils sont les plus utiles au laboratoire d'acoustique; ils permettent de faire l'analyse par octaves d'un phénomène sonore complexe, principalement des bruits. Ils sont théoriquement constitués de l'assemblage d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut, connectés simultanément par des clés de commutation dont la qualité (car il y a 7 ou 8 circuits sur chaque position) est un des points délicats de la fabrication, les clés devant être fréquemment et brutalement manipulées.

L'assemblage d'un filtre passe-haut et passe-bas en série permet de suppléer à un filtre passe-bande au prix d'une certaine complication de réglages et de caracté-

Générateurs de très basses fréquences

Dès que les mesures électro-acoustiques deviennent un peu nombreuses, on éprouve le besoin d'étendre la

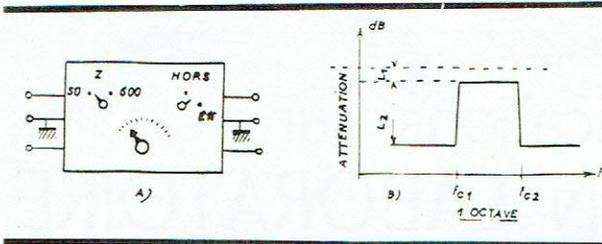


Fig. 2 A. — Aspect d'un filtre d'octave.
Fig. 2 B. — Réponse théorique d'un filtre passe-bande d'octaves.

ristiques un peu moins bonnes. Les filtres commerciaux sont livrés généralement en 2 ou 3 impédances d'entrée et de sortie (50 ohms, 600 ohms, 100 000 ohms) obtenues à l'aide de transformateurs adaptateurs à prises. Ils sont généralement symétriques et comportent une clé de court-circuit. Leur utilisation correcte exige une adaptation presque parfaite des impédances.

On doit considérer dans l'ensemble les filtres comme des appareils assez imparfaits qui permettent d'obtenir surtout des indications sur la structure des spectres continus. Ils sont peu indiqués pour les phénomènes à spectre de raies.

Le prix des filtres commerciaux correspondant à des spécifications satisfaisantes fabriqués, en France par LIE et par la Société SELT, en Allemagne par RÖHDE et SCHWARZ et au Danemark par la Société BRUEL et KJOER, est assez élevé.

Le prix d'un filtre à gammes multiples est la somme $1 + nP/2$, n étant le nombre de gammes et P le prix d'une gamme. Le prix d'une gamme est lui-même inversement proportionnel au logarithme de f_c , inversement proportionnel à l'atténuation de la bande passante L_1 et proportionnel à l'atténuation L_2 en dehors de la bande passante et à la raideur de la courbe de coupure en dB/octave :

$$P = \frac{L_2 (L_2 - L_1)}{L_1 \log f_c \times \log (f_{cM})}$$

Signalons cependant qu'on obtiendra des indications très substantielles dans l'analyse des bruits et des sons complexes en faisant usage de trois filtres à trois gammes seulement :

Passe-bas $f_c < 400$ Hz $L_2 = 26$ dB
Passe-bande $f_{c1} = 400$ Hz ; $f_{c2} = 1600$ Hz $L_2 = 26$ dB
Passe-haut $f_c > 1600$ Hz $L_2 = 26$ dB

Filtres correcteurs. — Laisant de côté les correcteurs de parole importants pour les utilisateurs de sonorisation et de public-address et qui seront examinés dans cette revue en détail, signalons simplement l'intérêt pour le réglage des amplificateurs, les corrections de pick-up, les mesures sur micro à ruban, etc., des correcteurs en échelle faciles à fabriquer avec des assemblages de condensateurs et résistances dont la réponse a la forme d'une droite inclinée de 6 dB/octave.

Fig. 3 A. — Filtre correcteur aigu ($Z = 600 \Omega$).

Fig. 3 B. — Filtre correcteur grave ($Z = 600 \Omega$).

L'impédance doit être adaptée à celle de la sortie de l'amplificateur de puissance.

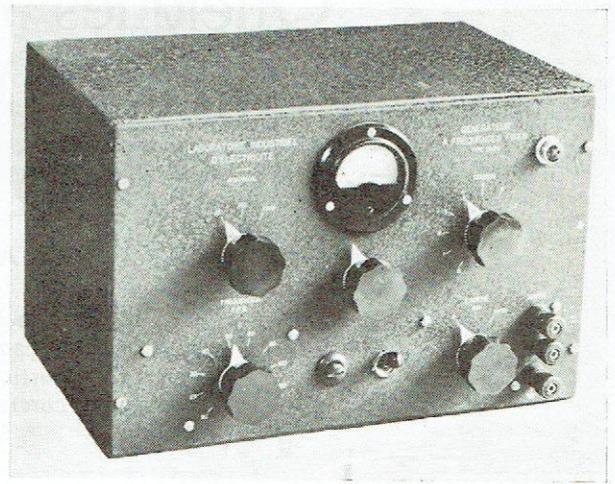
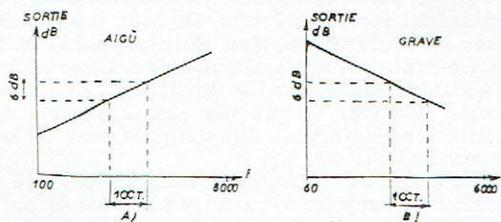


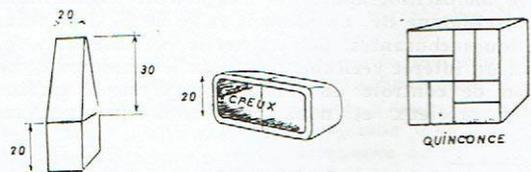
Fig. 4. — Générateur à points fixes L.I.E.

gamme des mesures aux fréquences aiguës et aux fréquences graves. Si les oscillateurs BF à battements fournissent sans difficultés les aiguës jusqu'à 15 000 Hz, par contre ils sont instables dans les graves et la plupart sont pratiquement inutilisables au-dessous de 60 Hz. On aura donc intérêt à compléter l'outillage du laboratoire par un générateur de très basses fréquences, mais les générateurs du type RC qui conviendraient particulièrement pour cet usage coûtent des prix très élevés quand ils sont de bonne qualité. La stabilité étant la qualité majeure des générateurs basse fréquence, on aura recours avec intérêt à des générateurs à points fixes tels que celui représenté figure 4 fabriqué par LIE.

C'est à ce stade de l'équipement qu'il devient intéressant de se préoccuper d'améliorer les locaux dont on dispose et d'installer une petite chambre sourde (Anechoic room, Toterraum) pour les mesures sur haut-parleurs, récepteurs, ébénisteries, baffles et microphones.

Rappelons que de telles « salles » ont pour rôle de fournir à l'abri du vent, des courants d'air et des bruits extérieurs un lieu dans lequel la propagation du son se fait comme dans un espace indéfini, à l'air libre, par exemple; par ondes sphériques centrées sur la source, donc sans réflexions ni ondes stationnaires sur la paroi. Cela revient à dire que les parois doivent être totalement absorbantes des ondes sonores à toute les fréquences et c'est la difficulté essentielle de leur réalisation : car si les matériaux poreux, les tissus et la laine de verre absorbent bien les fréquences aiguës, il est de plus en plus difficile d'absorber les fréquences graves. Pour faire des mesures correctes à ± 1 dB près ($\pm 10\%$) il faut que la proportion : son réfléchi par les parois sur le récepteur à partir de la source par rapport à l'onde sonore directe

Fig. 5. — 3 types de coins absorbants utilisables dans la réalisation des chambres sourdes.

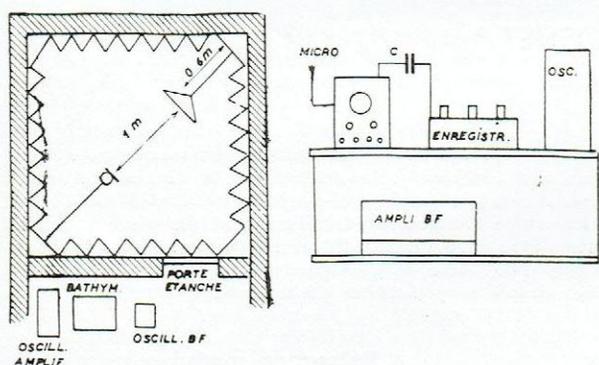


source-récepteur soit inférieure à 10 %. C'est là quelque chose de très difficile et on peut dire qu'il n'existe guère de chambre sourde satisfaisante au-dessous de 120 Hz.

On a recours, pour obtenir les meilleurs résultats possibles, à des cavités absorbantes irrégulièrement disposées sur les parois et dont la figure 5 donne deux exemples réalisés en lame de verre agglomérée ou en laitier. Un matériau intéressant pour ces parois en raison de son bon marché et de sa relative ininflammabilité est le varech sec imprégné de sel.

Les dimensions de la chambre sourde dépendront des possibilités du laboratoire et des mesures que l'on a à y faire. Pratiquement il faut prévoir un espace libre d'environ 1,5 m devant la source et d'environ 60 cm (au minimum) dans toutes les directions autour de celle-ci

Fig. 6. — Disposition générale d'une salle de mesures sans échos (sourde); e: épaisseur du matériau absorbant. L'oscillateur BF a son cadran entraîné par le mouvement du papier de l'enregistreur logarithmique. Il débite dans un amplificateur de puissance et un haut-parleur; c'est la source de mesure la plus classique. Le microphone de mesure ou de contrôle attaque un oscillographe qui sert d'amplificateur de tension. Celui-ci attaque alors avec un condensateur de liaison l'entrée de l'enregistreur.

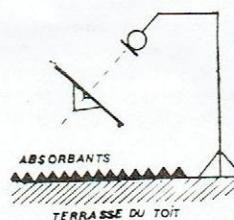


Ceci conduit à des dimensions minimum de 1,5 m utile + les épaisseurs d'absorbant de l'ordre de 40 cm à 50 cm (fig. 6).

On installera la salle dans un réduit isolé des bruits (les caves conviennent très bien) autant que possible de forme irrégulière et qu'on utilisera en diagonale dans sa plus grande dimension. On prévoira une table de mesure au voisinage immédiat de la paroi ou des câbles de raccordements pour connecter la source sonore et le microphone. On prévoira une ouverture épaisse étanche au son.

Rappelons que, dans les pays abrités du vent (?), on arrive à faire des mesures acoustiques assez acrobatiques et instables, sur des toits en terrasse en braquant à 45° environ la source sonore vers le ciel (fig. 7) et en posant sur le sol quelques couvertures de tissu.

Fig. 7. — Méthode de mesures en plein air sur un toit en terrasse bien dégagé.



Pour des mesures fréquentes on ne comptera guère cependant sur ces procédés qui doivent réunir une multitude de conditions: terrasse disponible, beau temps, pas le moindre vent, caisse de bière à portée de la main, voisins peu encombrants, pas de chiens dans le voisinage, ni tramways, ni usines, ni locomotives, pas d'immeubles élevés dans le voisinage, indication de câbles assez longs, etc. Certaines de ces indications posent des problèmes d'habitabilité difficile.

(A suivre.)

Son en conserve

DISCOTECHNIQUE

Essai en bruit blanc.

C'est un essai qui se rapproche du contrôle de la constance de réponse en fréquence, dont nous avons parlé dans le n° 3, page 120. Un disque donnant un spectre à peu près continu et homogène est la fameuse **Danse du Sabre** de la suite gayane de KRATCHATURIAN, dans l'interprétation de Efraïm Kurz, Orchestre Symphonique de New-York, disque 7824, Columbia, étiquette verte, n° GFX 163.

On ne devra pas percevoir à l'oreille de variation notable de la tonalité globale de l'accompagnement qui constitue un véritable bruit à spectre quasi uniforme, en passant d'un pick-up de référence à un autre à essayer. La mémoire

des tonalités sera ici précieuse à l'auditeur qui fait l'essai.

Contrôle de la réponse dans les aiguës.

Deux morceaux sont particulièrement intéressants pour le contrôle: 1^{re} **Symphonie**, de BIZET, 1^{er} mouvement, interprétation de Arthur Rodzinski, Orchestre Philharmonique de New-York, disque Columbia « haute fidélité », LFX 873, face 1 (Dynamique enregistré effective 34 dB) et **Siegfried Idyll**, de R. WAGNER (interprétation orchestrale de Toscanini, disque 78 t/mm, Gramophone DB 2920-2921).

Ces morceaux sont remarquables par

une texture aiguë particulièrement fournie, et les deux interprétations ici signalées les soulignent particulièrement.

A l'audition les aiguës doivent « sonner » sans aucune résonance métallique ni vibration origininaire du pick-up, sans aucunement se confondre avec le bruit d'aiguille et sans amener sur les fff aiguës un renforcement du bruit d'aiguille sous-jacent qui traduit une transmodulation. C'est avec ces enregistrements que, par exemple, le metteur au point réglera les circuits correcteurs. Pour tous les essais dans les gammes aiguës, on utilisera naturellement des disques en très bon état et on n'utilisera que la première moitié de la page enregistrée.

UN CENTRE D'ENREGISTREMENT A LA PORTÉE DE TOUS ⁽¹⁾

VERSION « AMATEUR » DE L'AMPLIFICATEUR D'ENREGISTREMENT

par M.-J. de CADENET *

Avant-propos

Tout amplificateur d'enregistrement peut se décomposer en une série d'éléments qui sont les suivants : étages d'entrée, dits aussi préamplificateurs ; étage mélangeur ; étages intermédiaires ; étage déphaseur ; étage de puissance.

Au lieu de décrire, selon les méthodes habituelles, un amplificateur type équipé de tubes déterminés, il nous a paru plus intéressant de donner à l'amateur le choix entre diverses versions pour chacun des étages cités ci-dessus, versions qui ne différeront d'ailleurs que par les types de tubes employés. En effet, il arrive bien souvent que l'on dispose de tubes disparates qu'il peut être intéressant d'utiliser. Peu importe pour le résultat final que l'amplificateur réalisé soit un hybride associant des tubes de types octal, rimlock, miniature et noval si le résultat final est satisfaisant. Cette façon de procéder se retrouve d'ailleurs parfois dans le cas de réalisations professionnelles ou pour des raisons de qualité, de microphonie ou tout simplement parce que l'on a en stock certains types de tubes qu'il faut bien utiliser, on est amené à utiliser des tubes appartenant à des familles diverses.

Systèmes d'enregistrement à portée de l'amateur

Deux méthodes d'enregistrement se partagent à l'heure actuelle la faveur des amateurs : l'enregistrement électromécanique sur disques à gravure latérale à sillonnage normal ou serré et l'enregistrement magnétique sur fil ou sur bande.

Les caractéristiques des amplificateurs nécessaires sont très différentes suivant la méthode employée. Alors que pour l'enregistrement magnétique la puissance nécessaire est de l'ordre du milliwatt, l'enregistrement sur disque nécessitera la fourniture d'une puissance qui ne pourrait être que de quelques centaines de milliwatts si la nécessité de compenser les variations d'impédance considérables du graveur ne nous obligeait pas à prévoir des

circuits correcteurs augmentant la puissance nécessaire, sans que toutefois celle-ci dépasse la dizaine de watts, comme nous le verrons ci-après.

Par suite l'amplificateur alimentant un graveur de disques devra être un amplificateur de puissance, l'alimentation d'une tête magnétique pouvant se faire à partir d'un simple amplificateur de tension.

Puissance modulée nécessaire pour l'enregistrement de disques

Voyons tout d'abord le cas de l'enregistrement sur disques. Il existe deux types de graveurs couramment utilisés par les amateurs : les graveurs électromécaniques et les graveurs piézo-électriques. Nous ne parlerons pas ici du deuxième type, celui-ci, qui est très répandu aux Etats-Unis en raison de son très faible prix d'achat et de sa facilité d'emploi, étant pratiquement inconnu en France. Les graveurs courants en France sont du type électromagnétique à aimant permanent dont l'équipage mobile est amorti par caoutchouc ou par huile.

Certains lecteurs qui font de la gravure nous ont écrit pour nous dire qu'ils ne voyaient aucunement la nécessité d'employer pour l'enregistrement de disques un étage de puissance pouvant débiter 10 watts avec une distorsion négligeable, puisque leur graveur se contente de 0,6 watt pour l'obtention de la largeur de réfil standard de 22 mm. S'il est exact qu'un graveur de type standard ne consomme en effet qu'une puissance de l'ordre du watt dans les conditions normales de gravure, il ne faut pas oublier que ce graveur est loin d'être constitué par une résistance pure. En fait la réactance due à l'inductance du graveur présente une importance telle que l'on est bien obligé de tenir compte de la variation d'impédance avec la fréquence pour l'étude des conditions de fonctionnement de l'étage de sortie.

Pour les raisons qui nous échappent, la totalité des graveurs disponibles sur le marché français est du type à moyenne impédance, 200 ohms à 800 c/s semblant une valeur habituelle. Cette impédance relativement élevée dont la nécessité ne nous apparaît nullement ne présente que des inconvénients. Si en effet nous considérons un graveur américain à bas prix dont l'impédance nominale

(*) Ingénieur E.S.M.E.

(1) Voir le début de cette étude dans la revue du SON, numéros 1, 2 et 3.

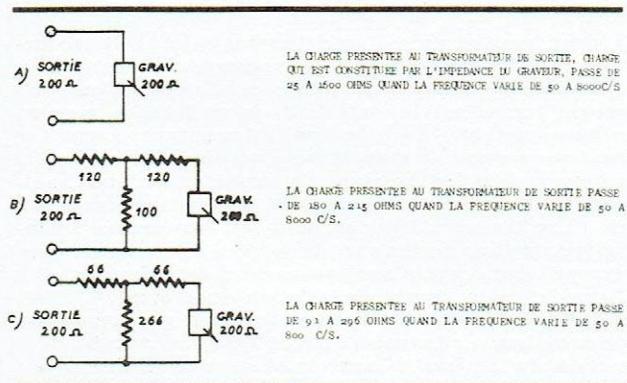
est de 15 ohms à 800 c/s, nous constatons que son impédance varie de 5 à 60 ohms quand la fréquence passe de 50 à 10 000 c/s, soit une variation de 1 à 12. La variation correspondante d'un graveur français d'impédance nominale 200 ohms à 800 c/s va de 25 à 1 600 c/s, soit une variation de 1 à 64. La comparaison se passe de commentaire. L'effet de ces variations d'impédance sur la charge de l'étage de sortie est évidemment considérable. Si nous connectons en effet un graveur « 200 ohms » sur la prise de sortie 200 ohms du transformateur de sortie d'un amplificateur, que va-t-il se passer? Si nous supposons l'impédance primaire de ce transformateur de 5 000 ohms à 800 périodes, celui-ci étant normalement chargé, nous constatons que la charge réelle de nos tubes de sortie passe de 310 à 20 000 ohms quand la fréquence passe de 50 à 10 000 c/s! Aucune contre-réaction ne pourra compenser une telle variation et il s'en suivra des distorsions inadmissibles à certaines fréquences. Dans le cas de triodes la distorsion sera considérable pour les fréquences basses; pour les tétrodes ou les pentodes ce sera l'inverse.

Le fonctionnement normal de l'amplificateur exige que la variation de l'impédance de charge de l'étage de sortie soit réduite à une valeur aussi faible que possible. Pour ce faire plusieurs solutions sont possibles, au détriment naturellement de la puissance fournie par l'amplificateur. Le plus efficace consiste à disposer un atténuateur entre le transformateur de sortie et le graveur. Si nous considérons le montage de la figure 1 b, nous constatons que lorsque la fréquence varie de 50 à 10 000 c/s, la variation de l'impédance chargeant le secondaire de notre transformateur n'est plus que de 180 à 215 ohms, les variations correspondantes de l'impédance primaire supposée de 5 000 ohms nominaux étant de 4 000 à 5 375 ohms, soit de -10 à +7,5 % de la valeur nominale. Ces variations seront facilement compensées par une contre-réaction de taux approprié. L'amélioration obtenue dans le domaine de la constance de l'impédance de sortie est donc considérable; elle s'obtient malheureusement au prix d'une perte de puissance de 12 dB introduite par l'atténuateur en T. Alors que dans le cas du graveur branché directement aux bornes du transformateur il suffisait de 11 volts à 800 c/s pour obtenir une largeur de reflet standard de 22 mm, il faudra maintenant 44 volts à la sortie du transformateur. Les puissances modulées correspondantes sont respectivement de 0,6 et de 9,7 watts! Nous voyons maintenant pourquoi l'enregistrement de disques de qualité nécessite des watts.

Puissance modulée de pointe

Dans le raisonnement qui précède nous n'avons tenu compte que des puissances nécessaires à l'obtention d'une

Fig. 1. — Variations de charge de l'étage de sortie dues aux variations de l'impédance du graveur avec la fréquence.



largeur de reflet standard de 22 mm. En pratique il est courant d'admettre des écarts de 10 dB entre la valeur en régime sinusoïdal de la tension aux bornes du graveur correspondant au reflet standard et la valeur de la tension correspondante aux pointes de modulation d'un programme. Le reflet correspondant aux pointes est alors de 70 mm, ce qui correspond à une tension aux bornes de notre graveur de 35 volts. Par suite, pour que notre amplificateur encaisse les pointes de modulation dans le cas d'emploi d'un atténuateur tel que celui de la figure 1 b, la puissance délivrable sans distorsion devrait atteindre $35 \times 4 : 200 = 98$ watts.

En pratique, de telles puissances étant hors de question, on sera amené à utiliser l'une des deux solutions ci-après : compresser les pointes de modulation ou bien admettre un niveau moyen donnant une largeur de reflet inférieure à la valeur standard de 22 mm. Nous estimons pour notre part qu'il est préférable de choisir comme niveau 0 une largeur de reflet de 15,5 mm, soit 3 dB en dessous du standard, en réglant la dynamique de l'enregistrement de façon que les pointes ne dépassent jamais 5 dB en plus de la valeur moyenne, ce qui correspondra à des puissances modulées de pointe de 15,2 watts dans le cas où l'on utilise l'atténuateur de la figure 1 b.

Hâtons-nous de dire que dans la plupart des cas on pourra réaliser un compromis entre la qualité et la puissance nécessaire en utilisant un atténuateur T n'introduisant qu'une perte de 6 dB; les valeurs correspondant à un tel atténuateur sont données sur la figure 1 c. Les variations d'impédance seront alors plus importantes puisqu'elles iront de 134 à 296 ohms, soit -32 à +48 %; elles pourront toutefois être compensées dans une certaine mesure par une contre-réaction suffisante. La puissance modulée nécessaire pour l'obtention d'un reflet standard de 22 mm ne sera plus alors que de 2,4 watts. Le même raisonnement que ci-dessus concernant la puissance modulée de pointe nous conduira à adopter une largeur de reflet de 15,5 mm comme référence, ce qui correspondra seulement à une puissance de pointe de 4 watts demandée à l'amplificateur.

Un autre avantage non négligeable de l'utilisation d'atténuateurs entre le transformateur de sortie et le graveur (on appelle aussi ces atténuateurs circuits d'isolement) est que la charge en parallèle avec le graveur demeure elle aussi sensiblement constante.

Choix du montage de l'étage de sortie

Un deuxième point qui paraît devoir retenir l'attention de nos lecteurs est celui de savoir si un étage symétrique s'impose vraiment pour l'enregistrement d'amateur. Sans discuter ici des mérites respectifs des amplificateurs à tube unique et à montage symétrique, discussion qui établit sans contestation possible la supériorité dans tous les domaines du montage symétrique, nous dirons seulement que dans notre cas le problème se trouve résolu *ipso facto* par les considérations exposées ci-dessus concernant la puissance modulée nécessaire à un enregistrement de qualité. Dans le cas où l'on désire le maximum de qualité, seul l'étage de puissance symétrique pourra fournir la puissance nécessaire (nous avons vu qu'elle était de l'ordre de 15 watts). Dans le cas où l'on se contenterait d'une qualité moindre, les 4 watts nécessaires pourraient être fournis par un tube unique, avec un taux de distorsion non négligeable même en employant une contre-réaction importante; dans ce cas aussi les avantages de l'étage de sortie symétrique sont tels que l'amateur soucieux du résultat final devra l'adopter. Dans le cas enfin où, malgré ce que nous avons exposé ci-dessus, le lecteur passerait outre et déciderait de rester dans les traditions en raccordant directement son graveur à la sortie de l'amplificateur, les distorsions amenées par cette façon d'opérer seront telles que l'uti-

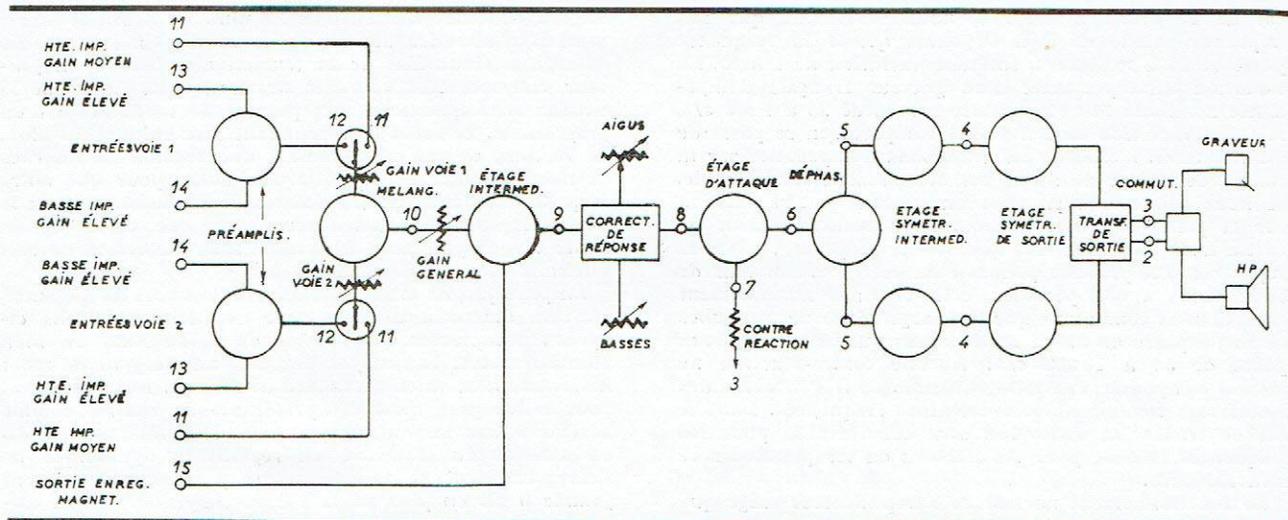


Fig. 2. — Disposition d'ensemble de l'amplificateur.

lisation d'un étage de sortie à tube unique ou à tubes symétriques ne produira guère de différence dans le résultat final. Il suffit d'écouter certains enregistrements réalisés par ce procédé, qui a le mérite de la simplicité, pour se rendre compte que ce que les auteurs de ces enregistrements prennent pour de la « brillance » n'est en réalité qu'une accumulation d'harmoniques de tous ordres.

Conception de l'amplificateur d'enregistrement

La disposition générale de notre amplificateur version « amateur » est donnée par le diagramme de la figure 2. On voit que le montage comprend deux étages préampli-

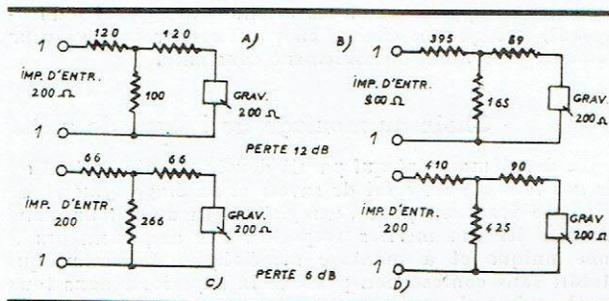


Fig. 3. — Dispositifs d'adaptation de graveurs de disques.

ficateurs suivis d'un mélangeur attaquant un étage intermédiaire permettant le raccordement éventuel d'un dispositif d'enregistrement magnétique. Cet étage intermédiaire est suivi d'un correcteur de réponse alimentant un étage d'attaque commandant un déphaseur qui excite par le moyen d'un étage symétrique intermédiaire un étage symétrique de sortie envoyant grâce à un commutateur la modulation soit sur un graveur de disque soit sur un haut-parleur.

Adaptation du graveur

Voyons tout d'abord le cas de la gravure de disques. Dans le cas où la qualité nous intéresse avant toute autre chose, aucune hésitation n'est possible. Un circuit d'adaptation tel que celui de la figure 1 b est à adopter.

Le graveur sera généralement du type dit 200 ohms et les valeurs indiquées sur les schémas des figures 3 a et 3 b lui conviendront parfaitement. Le montage de la figure 3 a correspond aux branchements sur une impédance de sortie du transformateur de 200 ohms celui de la figure 3 b correspondant à un branchement sur une sortie 500 ohms, l'atténuateur prévu jouant en même temps le rôle d'adaptateur d'impédance.

Dans le cas où l'on désire faire un compromis entre la qualité et la puissance demandée à l'amplificateur on adoptera les schémas 3 c ou 3 d qui correspondent respectivement à des adaptations sur sorties 200 et 500 ohms.

Le raccordement au transformateur de sortie s'effectuera par l'intermédiaire du dispositif de commutation faisant l'objet de la figure 4. Il s'agit d'un commutateur

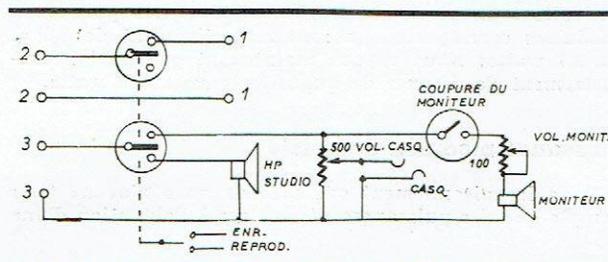


Fig. 4. — Dispositif de commutation des sorties de l'amplificateur.

à deux positions : « Enregistrement » et « Reproduction ». En enregistrement, le graveur est connecté à la sortie d'impédance convenable de l'amplificateur, un casque permettant le contrôle de la modulation avec un volume réglable. De plus un interrupteur permet de mettre en circuit un moniteur dont on peut ajuster le volume selon les besoins. En reproduction, un haut-parleur de puissance est raccordé à la sortie convenable de l'amplificateur. Bien entendu les impédances secondaires du transformateur de sortie de l'amplificateur devront être adaptés au haut-parleur de puissance et à l'impédance du circuit d'adaptation du graveur.

Le raccordement de l'atténuateur du graveur et du commutateur s'effectuera en réunissant les numéros des sorties du schéma 4 aux entrées correspondantes du schéma 3. Il en sera de même de tous les autres élé-

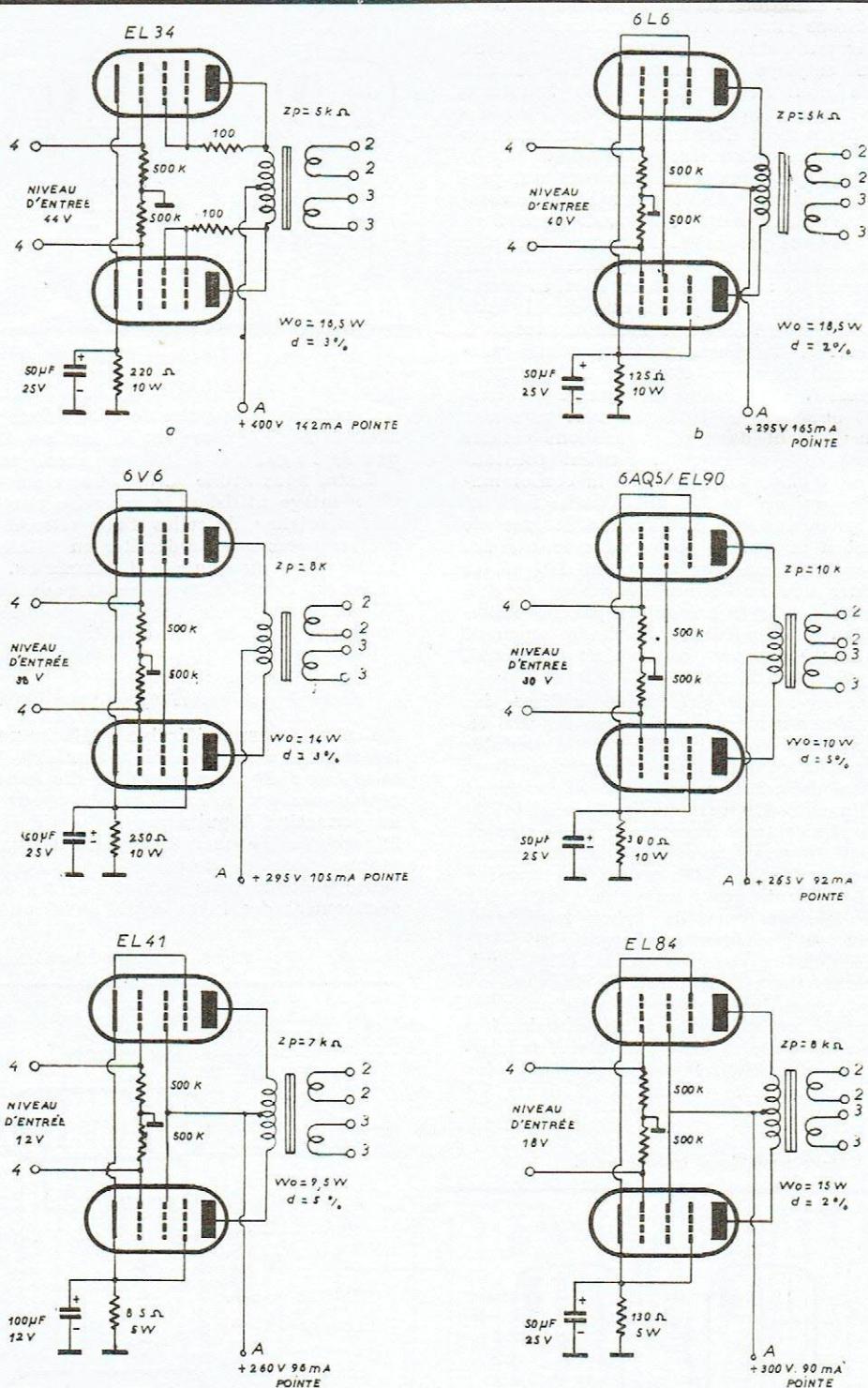


Fig. 5. — Etage de sortie symétrique.

ments, c'est-à-dire qu'on obtiendra une famille d'amplificateurs, utilisant des montages et des tubes différents, en réunissant entre eux les points de numéros correspondants des divers schémas, n'importe quel élément pouvant se raccorder aux étages qui l'encadrent, du moment que ces numéros correspondent.

L'étage de sortie

Nous en arrivons maintenant au problème du choix des tubes de sortie: triodes, tétrodes ou pentodes. Ce sujet est certainement un de ceux qui ont fait le plus couler d'encre dans toutes les revues techniques. Nous

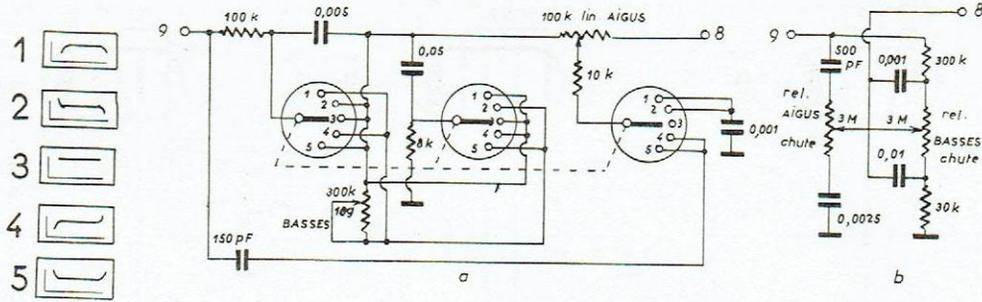


Fig. 9. — Correcteurs de réponse.

Etage déphaseur

L'étage déphaseur dont la figure donne trois variantes est du type à charge répartie analogue à celui utilisé sur la version semi-professionnelle de notre amplificateur. Nous avons déjà donné dans le numéro 3 de la revue du SON les raisons qui nous ont fait adopter ce montage auquel on peut adresser un seul reproche, c'est d'avoir un coefficient d'amplification inférieur à l'unité, reproche auquel répond d'ailleurs notre étage symétrique intermédiaire.

Etages intermédiaires et correcteur de réponse

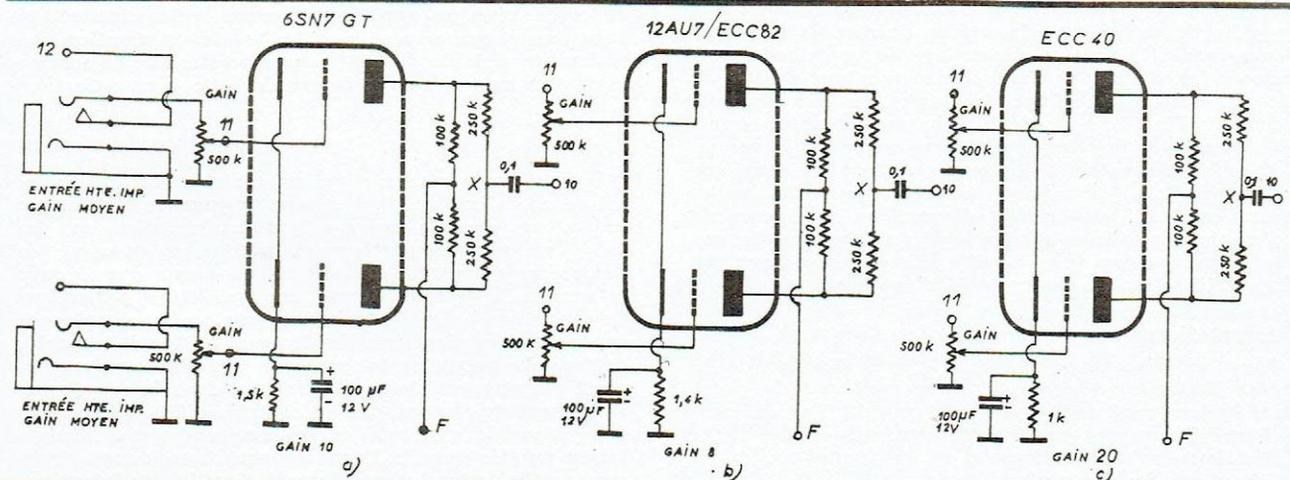
Nous arrivons maintenant à l'étage d'attaque du déphaseur qui reste identique à celui de la version semi-professionnelle. Là encore trois montages sont offerts au choix de nos lecteurs (fig. 8). Cet étage d'attaque est précédé par les correcteurs de réponse pour lesquels nous avons gardé des possibilités de réglage indépendant des basses et des aigus. On pourra utiliser soit le montage préconisé dans les versions professionnelles et semi-professionnelles de notre amplificateur (fig. 9 a), soit, pour ceux qui le préféreraient, le montage de la figure 9 b qui permet une variation continue de tonalité, une position intermédiaire correspondant sur chaque potentiomètre à une réponse plate. Le choix pourra se faire en s'inspirant des raisons qui nous ont amené à adopter pour la version professionnelle le correcteur décrit (voir numéro 1 de la revue du SON, page 26).

L'étage alimentant le correcteur de réponse est classique (fig. 8). Il comporte toutefois la particularité de permettre la sortie par la cathode de la modulation, en vue d'effectuer des enregistrements magnétiques grâce à une unité d'adaptation du genre de celles décrites sur les figures 18 et 19 de la page 69 du numéro 2 de la revue du SON, le reste de l'amplificateur fonctionnant alors en amplificateur d'écoute.

Etage mélangeur

Nous sommes parvenus, en remontant la chaîne d'amplification, à l'étage mélangeur. La figure 10 donne trois versions d'un même montage permettant d'effectuer le mélange électronique de deux modulations. Bien entendu il serait possible de faire le mélange de quatre modulations en raccordant en parallèle deux unités du type décrit, en connectant simplement ensemble les points marqués X sur les schémas, le même processus pouvant naturellement s'appliquer pour six ou huit modulations ou plus. Pour ceux de nos lecteurs qui le préféreraient, nous avons donné sur la figure 11 le schéma de trois versions d'un mélangeur électrique qui présente sur le mélangeur électronique l'avantage de n'utiliser qu'un tube unique fournissant un gain plus élevé mais qui présente par contre l'inconvénient d'une certaine interaction des contrôles du gain d'une voie sur l'autre. Là encore le choix pourra se faire en s'inspirant de ce que nous avons déjà écrit sur ce sujet lors de la description de l'amplificateur professionnel.

Fig. 10. — Etage mélangeur électronique.



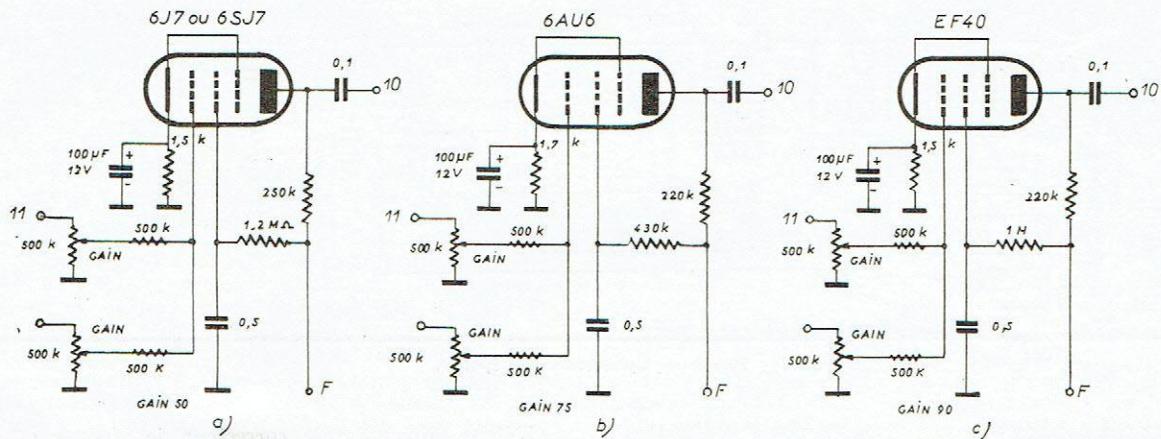


Fig. 11. — Etage mélangeur électrique.

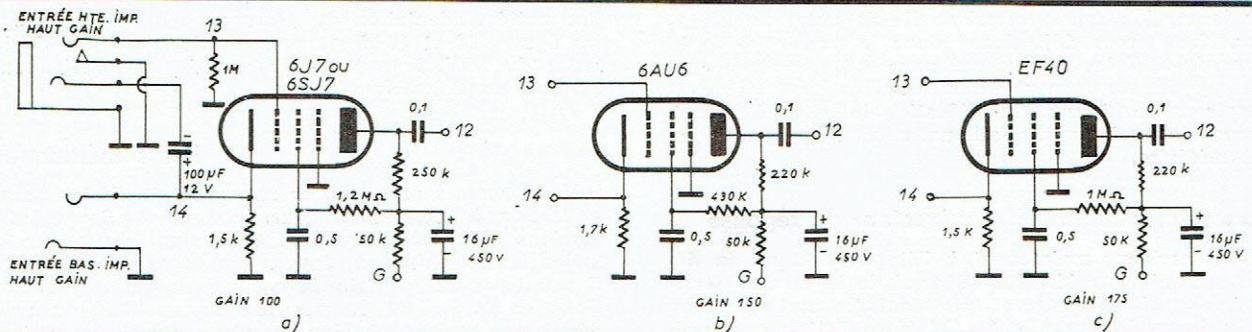


Fig. 12. — Etage d'entrée.

Etages d'entrée

Nous en arrivons ainsi aux étages d'entrée de notre amplificateur pour lesquels nous avons retenu les avantages d'utilisation de nos unités d'adaptation décrites dans le numéro 2 de la revue du SON. La figure 12 donne le montage d'un de ces étages. Il est évident que l'on peut monter côte à côte dans l'amplificateur un nombre quelconque de ces étages d'entrée correspondant naturellement à un nombre égal d'entrées du mélangeur. Comme on le voit, il s'agit d'un montage assez particulier qui comporte deux jacks d'entrée. L'un, marqué : entrée à haute impédance, connecte normalement la grille de contrôle du tube à la masse. L'introduction d'une fiche amène deux opérations : tout d'abord le raccordement à la grille de contrôle de la source de modulation extérieure connectée puis le découplage de la cathode à la masse à travers une capacité électro-chimique de 100 µF 12 volts raccordée à l'une des lames du jack de telle façon que l'introduction de la fiche met en court-circuit cette lame avec le canon normalement réuni à la masse. L'étage fonctionne alors de façon classique. Le deuxième jack marqué : entrée à basse impédance connecte simplement, lors de l'introduction d'une fiche, la source de modulation extérieure à la cathode du tube d'entrée qui fonctionne alors en tube à grille à la masse, permettant ainsi l'utilisation de nos unités d'adaptation.

Alimentation

Tous les éléments nécessaires à la réalisation de la chaîne d'alimentation en tension anodique de notre amplificateur sont donnés sur la figure 13. Par ailleurs, la figure 14 groupe tous les renseignements utiles à la réalisation du bloc d'alimentation en haute tension et de chauffage des filaments.

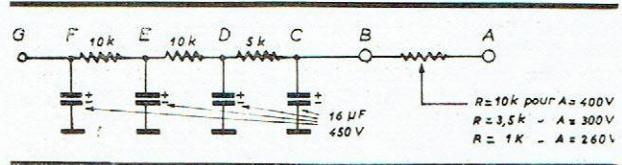


Fig. 13. — Chaîne d'alimentation.

Contre-réaction

Nous appliquerons à notre amplificateur une contre-réaction en suivant le schéma de la figure 15. Le taux de contre-réaction appliqué dépendra naturellement du gain des étages situés dans la boucle de réaction. La résistance réglable de 2 500 ohms prévue sur ce schéma permettra un réglage optimum de cette contre-réaction

Contrôle de niveau

Le seul système permettant un contrôle réel du niveau est le modulomètre. Les « yeux magiques » et autres indicateurs plus ou moins cathodiques de même que les tubes au néon appartiennent plutôt au domaine de l'amusement que du contrôle. Nous avons donné dans le numéro 2 de cette Revue tous les détails permettant de construire à peu de frais un modulomètre simple que son prix de revient très faible peut mettre à la portée de tous. Le prix d'un tel appareil sera d'ailleurs rapidement amorti par l'économie réalisée, dans le cas d'enregistrement de disques, par un contrôle efficace du niveau envoyé sur le graveur. Les schémas des unités d'adaptation publiés dans la Revue donnent tous les renseignements utiles pour le branchement d'un tel modulomètre.

LA NORMALISATION DES ENREGISTREMENTS MAGNÉTIQUES

par Fr. GALLET

Introduction

Nous assistons depuis une dizaine d'années à un développement considérable des applications de l'enregistrement magnétique; chaque mois, presque chaque semaine, apparaissent des dispositifs nouveaux ou des applications originales. Devant une telle situation, le besoin d'une normalisation commence à se faire impérieusement sentir.

A cette occasion se pose une fois de plus le dilemme classique : Faut-il normaliser dès maintenant, et par cela-même risquer de cristalliser la technique dans un état incomplet d'évolution? Ou ne vaut-il pas mieux attendre un début de stabilisation, ce qui ne fait que reculer la difficulté, celle-ci devenant de plus en plus grande à mesure que le temps s'écoule? Comme toujours, la sagesse sera vraisemblablement dans un moyen terme : Normaliser le plus vite possible tout ce qui concerne les applications classiques, mais se garder de normaliser tous les dispositifs, procédés, et méthodes dont l'usage courant n'a pas encore confirmé la validité définitive.

On peut souligner par ailleurs que la prolifération des dispositifs nouveaux, si elle est due pour une part à l'imagination des chercheurs en quête de progrès, ne résulte aussi parfois que de leur manque d'information. La simple publication d'une norme existante, même provisoire, exerce un effet stabilisateur certain sur le développement ultérieur de la technique, mais sans limiter en quoi que ce soit ses progrès.

Que faut-il normaliser ?

Et d'abord, pourquoi normaliser? Très schématiquement, on peut distinguer dans une telle normalisation trois échelons qui correspondent à trois buts distincts :

1. Une première normalisation est celle qui doit permettre l'utilisation sur tous les appareils d'une catégorie, des supports magnétiques et des accessoires de la catégorie correspondante. Dans ce but, il y a lieu de normaliser tout d'abord les types de supports, leurs dimensions, ainsi que celles des bobines, noyaux, plateaux, et dispositifs d'entraînement. Cette normalisation intéresse évidemment tous les fabricants et utilisateurs, et particulièrement les amateurs qui veulent être assurés en achetant un appareil de toujours pouvoir se procurer les bobines ou les bandes correspondantes;

2. Une deuxième étape se propose de rendre possible l'échange et la circulation des enregistrements. Il faut pour cela normaliser d'abord les vitesses de défilement pour chaque type de support, et ensuite les caractéristiques propres de l'enregistrement, c'est-à-dire princi-

palement le niveau et la caractéristique de fréquence. Ici apparaissent de véritables difficultés techniques sur lesquelles nous reviendrons. Cette normalisation intéresse en premier lieu les utilisateurs professionnels, tels que cinéma et radiodiffusion pour lesquels la circulation des enregistrements sur le plan national et sur le plan international est une nécessité vitale.

3. Enfin une troisième étape serait une normalisation destinée à permettre une classification des appareils d'après leur qualité (ou si l'on préfère d'après leur fidélité). Notons qu'il ne s'agit nullement de normaliser les performances des appareils, mais plutôt la façon de définir et de mesurer ces performances. Chaque fabricant doit rester libre de réaliser un appareil ayant les qualités qui lui semblent répondre aux besoins de sa clientèle; toutefois il est de son intérêt comme de celui de l'acheteur de connaître le sens exact de toutes les données techniques qui peuvent caractériser un type d'appareil.

Lorsqu'un fabricant annonce par exemple : « Courbe de réponse de 50 à 10.000 c/s », il s'agit, en général, d'une courbe relevée avec précision en laboratoire et contenue à l'intérieur de la bande indiquée dans un canal de 2 ou 3 décibels; mais il y a des cas où les chiffres indiqués résultent d'une estimation grossière faite à l'oscillographe, les fréquences extrêmes de la bande correspondant parfois à des affaiblissements de 20 ou 30 décibels. Comment dans ces conditions est-il possible de se faire une idée des qualités réelles de l'appareil?

L'exemple cité ci-dessus est assez grossier, mais il en est exactement de même en ce qui concerne les mesures de bruit de fond, de distorsion et de pleurage.

Lorsqu'on examine en détail chacun des points qui doivent faire l'objet d'une normalisation, on découvre que l'élaboration d'une norme se heurte à deux sortes de difficultés :

D'une part, il faut s'efforcer de tenir compte de tous les types de matériel existant. Le premier travail à faire est donc généralement un recensement. Comme il n'est jamais possible de faire rentrer toutes les caractéristiques utilisées en fait dans une norme unique, on est conduit le plus souvent, soit à une norme multiple (cas des vitesses de défilement), soit à la fixation à titre transitoire de tolérances assez larges pour certaines caractéristiques.

Mais à cette difficulté s'en ajoute dans certains cas une autre beaucoup plus grave, qui est celle de l'imperfection de nos connaissances techniques sur certains phénomènes particulièrement importants. C'est ce problème essentiel qu'il faut résoudre avant de normaliser, par exemple, les caractéristiques de fréquence. Mais il n'est pas inutile d'examiner cette question de plus près.

(*) Ingénieur du Corps des Télécommunications

La normalisation des caractéristiques de fréquence

Chacun sait que les amplificateurs utilisés pour l'enregistrement et la lecture des supports magnétiques ont généralement une courbe de réponse en fréquence qui s'écarte beaucoup de la ligne droite classique. Ceci est rendu absolument nécessaire par les propriétés particulières aux têtes d'enregistrement et de lecture, ainsi que par celles des supports magnétiques eux-mêmes.

Rappelons que lorsqu'une bande magnétique a été enregistrée à courant constant, c'est-à-dire avec un courant basse fréquence dans la tête indépendant de la fréquence, le signal obtenu à la sortie de la tête de lecture possède une amplitude qui varie avec la fréquence comme l'indique la figure 1 (courbe *a*). On distingue sur la courbe deux régions :

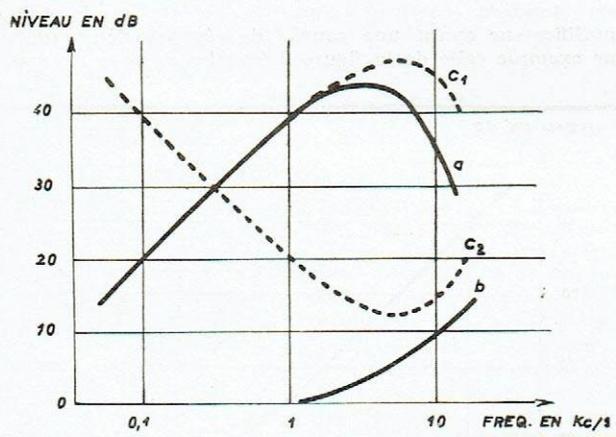


Fig. 1. — *a* : Niveau de sortie de la tête de lecture pour un enregistrement effectué à courant constant; *b* : Courbe de préaccentuation; *c*₁ : Niveau de sortie pour un enregistrement effectué avec préaccentuation; *c*₂ : Correction à effectuer dans l'amplificateur de lecture.

Pour les fréquences basses, le flux magnétique enregistré est constant et la tension induite qui en résulte à la lecture est proportionnelle à la fréquence (loi fondamentale de l'induction : $E = d\Phi/dt$).

Pour les fréquences élevées, l'amplitude du signal décroît rapidement par suite de l'action conjuguée de différentes pertes, qui, toutes, croissent avec la fréquence, et que l'on peut classer schématiquement comme suit :

1. Pertes diverses au moment de l'enregistrement;
2. Perte par démagnétisation de la couche magnétique aussitôt après l'enregistrement;
3. Pertes dues à la largeur de l'entrefer de lecture;
4. Pertes dues au contact imparfait entre la couche magnétique et la tête de lecture.

Il est très important de remarquer que la notion de perte est quelque chose d'absolument arbitraire. Quand dit-on, en effet, qu'un système présente des pertes? Quand la grandeur mesurée à la sortie de ce système se trouve inférieure à celle que l'on avait prévue, ni plus, ni moins. Autant dire que ce terme de pertes n'est qu'un mot commode qui sert surtout à masquer notre ignorance du mécanisme intime des phénomènes.

Revenant maintenant à la courbe de réponse : on est conduit, pour obtenir une reproduction fidèle, à introduire dans les amplificateurs d'enregistrement et de lecture des corrections dont la somme doit reproduire aussi exactement que possible l'inverse de la courbe *a*.

Pratiquement, la solution la plus courante consiste à faire à l'enregistrement une partie de la remontée néces-

saire des fréquences élevées (courbe *b*), la correction des fréquences basses ainsi que la correction supplémentaire des fréquences élevées étant effectuées à la lecture (courbe *c*₂).

Nous ne pouvons pas nous étendre aujourd'hui sur l'intérêt et la justification technique de la préaccentuation des aiguës à l'enregistrement; ce sujet sera étudié à fond dans des articles ultérieurs de la *revue du SON*; disons seulement que la répartition moyenne de l'énergie dans le spectre d'une modulation musicale décroît rapidement pour les fréquences supérieures à 3 000 c/s et que, par conséquent, la préaccentuation ne fait qu'équilibrer la distribution de l'énergie dans le spectre des fréquences sans nécessiter pour autant un surdimensionnement de l'amplificateur d'enregistrement.

Dans le cas, d'ailleurs assez fréquent, où une installation d'enregistrement est considérée comme un tout indivisible, le problème de la répartition des corrections entre l'enregistrement et la lecture peut être résolu de façons très diverses; il en est tout autrement dès que l'on veut rendre possible la circulation des enregistrements. A la notion de chaîne de transmission avec émetteur et récepteur vient alors se substituer celle de réseau de production et de réseau de consommation. Il faut considérer un équipement d'enregistrement comme un outillage de production d'un produit « manufacturé » qui n'est autre que l'enregistrement (le mot étant pris dans son sens de « support enregistré »). Une installation de lecture devient alors un appareil d'utilisation qui consomme le produit en question.

Il résulte de ces considérations que ce qu'il faut normaliser ce sont les caractéristiques du produit fabriqué une fois terminé, de façon à permettre son utilisation dans des conditions standard. Par contre, le mode de fabrication du produit n'a pas à être normalisé; il revient à chaque fabricant de déterminer les conditions de fabrication qui lui paraissent les plus rationnelles pour aboutir à un produit qui satisfasse à la norme, compte tenu des matières premières et de l'outillage dont il dispose.

Ceci revient à dire que la normalisation des caractéristiques de fréquence pour l'enregistrement magnétique doit tendre à définir la valeur du flux magnétique rémanent produit à chaque fréquence sur le support enregistré.

Remarquons en passant que cela peut être obtenu de deux manières : soit directement : « L'enregistrement sera tel que la variation avec la fréquence du flux rémanent enregistré satisfasse à certaines conditions », soit indirectement en normalisant l'installation de lecture : « L'enregistrement sera tel que, lorsqu'il est lu sur une installation de lecture satisfaisant à certaines conditions, le niveau du signal de sortie soit indépendant de la fréquence ».

Ceci soulève d'ailleurs une sérieuse difficulté technique qui est celle de l'influence exercée sur l'enregistrement par la tête de lecture, mais cette question fera l'objet d'un prochain article.

En définitive, le problème fondamental qui conditionne la possibilité théorique d'une normalisation est donc le suivant : « Peut-on définir et mesurer avec une précision acceptable la valeur du flux rémanent existant dans une bande magnétique après l'enregistrement d'un signal sinusoïdal de fréquence *f*? » Pour répondre à cette question, il faut malheureusement constater qu'une telle mesure est encore très incertaine dès que la longueur d'onde du signal enregistré tombe au-dessous de 75 à 100 microns. (Rappelons qu'à la vitesse de 19 cm/s ceci correspond aux fréquences supérieures à 2 000 c/s.) De très importants travaux sur lesquels nous reviendrons ont été effectués sur cette question depuis deux ans.

Il reste cependant une ressource. S'il est encore difficile d'évaluer numériquement le flux rémanent enregistré sur une bande pour une fréquence *f*, il est par contre

assez facile de comparer entre eux les flux enregistrés à la même fréquence sur deux bandes différentes. Il suffit pour cela de lire les deux enregistrements au moyen d'une même tête de lecture, et de comparer les tensions recueillies. Ceci conduit à penser qu'une normalisation effective est parfaitement possible à partir d'un étalon primaire constitué par une bande sur laquelle une série de fréquences auraient été enregistrées une fois pour toutes; des copies de cet étalon étant distribuées à tous les utilisateurs intéressés.

Ici se pose évidemment la question de la stabilité dans le temps des enregistrements servant d'étalons primaire ou secondaire; mais l'expérience a prouvé que moyennant quelques précautions assez simples la stabilité de tels étalons est largement suffisante.

Cette méthode de travail est d'ailleurs utilisée depuis plusieurs années avec succès à l'intérieur des services de la Radiodiffusion Française. C'est grâce à la mise en circulation de bandes étalons toutes identiques et éditées par un même laboratoire central qu'un enregistrement réalisé à Paris peut être relu quelques jours plus tard à Alger ou à la Martinique sans qu'aucun réglage spécial soit nécessaire pour obtenir la courbe de réponse correcte.

On a parfois proposé une méthode de normalisation basée sur la diffusion de têtes de lecture étalons qui seraient toutes identiques à une même tête servant d'étalon primaire. La mise en œuvre de cette méthode semble en pratique un peu compliquée.

Tels sont donc les principes qui doivent servir de base à la normalisation des caractéristiques de fréquence pour l'enregistrement magnétique. Voyons maintenant où en sont effectivement les travaux de normalisation.

La normalisation sur le plan international : les travaux du C.C.I.R.

Il peut sembler curieux que le Comité Consultatif International des Radiocommunications ait été chargé de mener à bien sur le plan international cette normalisation des enregistrements magnétiques; ce fait est une conséquence de l'encombrement de l'éther. On se rappelle devant quelle situation inextricable se sont trouvés les experts qui se sont réunis en 1948 à Mexico pour tenter d'effectuer une répartition équitable entre les différents pays des bandes réservées à la radiodiffusion sur ondes courtes. Devant un tableau des fréquences disponibles infiniment plus réduit que celui des besoins à satisfaire, certains délégués, notamment ceux de la France, ont eu l'idée que certains de ces besoins pourraient dans l'avenir être couverts par des moyens autres que celui de la transmission radio-électrique instantanée, et en particulier par un très large développement des échanges de programmes enregistrés. Or, à cette époque, la diversité des méthodes d'enregistrement utilisées par les différentes radiodiffusions interdisait pratiquement tout échange. C'est pourquoi la Commission d'étude n° 10 du C.C.I.R., chargée plus spécialement des questions de radiodiffusion, a pris en mains la tâche d'élaborer une normalisation internationale pour tous les procédés d'enregistrement couramment utilisés en radiodiffusion.

En 1951, au cours d'une réunion tenue à Genève, une première normalisation a été établie, portant notamment sur les points suivants :

- Vitesses de défilement;
- Largeur de la bande magnétique;
- Dimensions et forme des noyaux;
- Dimensions maxima et sens de déroulement des bobines.

Cette normalisation est maintenant devenue effective dans tous les services de radiodiffusion du monde (Europe orientale exceptée).

Nous en publierons le texte bientôt.

Restait la question fondamentale de la normalisation des caractéristiques de fréquence, question dont j'ai rappelé ci-dessus les difficultés techniques. Dès 1951 des propositions précises avaient été faites à ce sujet par certains délégués; ces propositions admettaient implicitement que la normalisation était possible dans l'absolu sans avoir recours à une bande étalon; ce sont elles qui ont servi de base pour toutes les discussions qui ont eu lieu depuis deux ans.

Sans entrer trop dans le détail, il faut tout de même indiquer rapidement en quoi consiste l'originalité de la solution proposée. Il s'agit de normaliser la caractéristique du flux rémanent enregistré dans la couche magnétique en fonction de la fréquence du signal; si nous disposons d'une tête de lecture sans pertes (appelée pour la circonstance « tête idéale »), l'enroulement de cette tête serait traversé à toutes fréquences par un flux proportionnel à celui qui existe dans la bande enregistrée, par conséquent si nous normalisons une chaîne de lecture standard constituée d'une tête idéale suivie d'un amplificateur ayant une courbe de réponse déterminée, par exemple celle de la figure 2 (courbe *a*) nous norma-

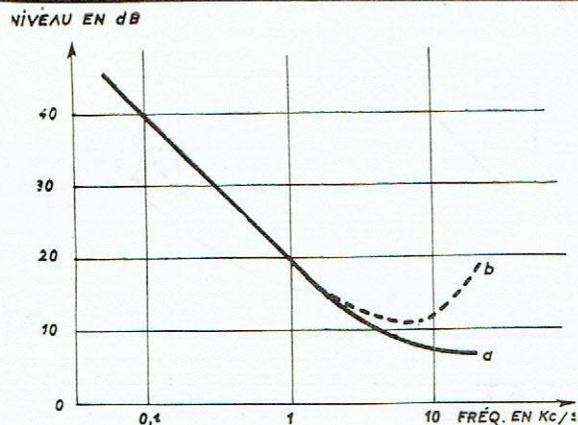


Fig. 2. — *a* : Courbe de réponse de l'amplificateur associé à une tête idéale; *b* : Courbe de réponse de l'amplificateur associé à une tête réelle. (La différence $b - a$ représente les pertes de la tête réelle.)

lisons par le fait même la variation avec la fréquence du flux rémanent enregistré. En effet, ce flux rémanent devra être tel qu'il produise à la sortie de la chaîne de lecture standard une tension indépendante de la fréquence.

Mais la difficulté n'est que déplacée, car la tête idéale, comme son nom l'indique, n'est pas réalisable pratiquement. Cependant, si nous disposons d'une tête de lecture réelle dont les pertes soient exactement connues à chaque fréquence, il suffirait alors de modifier légèrement la courbe de réponse de l'amplificateur associé à la tête (courbe *b*) pour obtenir un dispositif équivalent à la chaîne de lecture standard définie ci-dessus.

Reste évidemment à calculer les pertes : une formule simple avait été proposée dans ce but, mais par suite de sa simplicité même, son emploi s'est révélé insuffisant. En effet, il n'est pas rare de rencontrer deux têtes dont les courbes de réponse soient assez différentes, tout en ayant les mêmes pertes calculées. Ceci tient évidemment au caractère arbitraire de la notion de perte, et à la difficulté de calculer ces pertes au moyen d'une formule précise ne faisant intervenir que des grandeurs exactement mesurables.

Aussi, un accord unanime n'a pas pu se réaliser jusqu'ici par suite de la difficulté technique du problème. Cependant, pour les grandes vitesses de défilement, le

calcul des pertes donne des résultats à peu près cohérents, car celles-ci sont normalement faibles. Quoi qu'il en soit, une réunion est prévue à Londres en septembre, au cours de laquelle le point de la question sera fait, et il est assez probable qu'une normalisation définitive pourra être établie avant la fin de l'année pour les trois vitesses normalisées, de 76,2, 38,1 et 19,05 cm/s.

Parallèlement à ces travaux, le C.C.I.R. a demandé aux différentes organisations de radiodiffusion de poursuivre leurs études afin d'arriver à une définition précise des moyens d'effectuer certaines mesures essentielles :

- mesure absolue des niveaux enregistrés;
- mesure absolue des paramètres caractéristiques des bandes magnétiques;
- mesure du bruit de fond des appareils d'enregistrement;
- mesure des variations de vitesse (pleurage et scintillement).

Jusqu'ici aucune décision n'a été prise sur ces questions mais un certain nombre de travaux intéressants ont été entrepris; nous aurons l'occasion d'en reparler.

La normalisation sur le plan national : les travaux du S.N.I.R.

Les travaux du C.C.I.R. dont il vient d'être question concernent uniquement les enregistrements à haute fidélité destinés aux échanges de programmes de radiodiffusion. C'est pourquoi il n'est pas fait mention ci-dessus des vitesses de défilement inférieures à 19 cm/s. Il reste donc un travail important à accomplir sur le plan national, travail dont les résultats intéressent tous les utilisateurs amateurs ou professionnels de l'enregistrement magnétique. Ce travail a été entrepris par une commission spécialisée du Syndicat National des Industries Radio-électriques. Des enquêtes sont en cours.

Dans ce domaine, le premier objectif est évidemment l'unification des vitesses de défilement, des dimensions

principales des bobines et de leur sens de déroulement. Ensuite viendra l'étude des caractéristiques de fréquence, et enfin la normalisation des essais et contrôles à faire subir aux différentes catégories d'appareils et de supports magnétiques.

Le vocabulaire

Dans une technique aussi jeune que celle de l'enregistrement magnétique, le vocabulaire a tendance à se développer très rapidement et de façon assez anarchique. Ceci est dû pour une part à la rapidité d'évolution de la technique elle-même, mais aussi, et surtout, au manque d'ouvrages de base ainsi qu'à l'absence à peu près complète de cette question dans les programmes des différentes branches de l'enseignement technique.

Pour n'en donner qu'un exemple des plus familiers, on emploie pour désigner le courant de haute fréquence auxiliaire à l'enregistrement les expressions « polarisation » et « prémagnétisation », on rencontre aussi des termes impropres comme « déphasage magnétique » ou « agitation magnétique » (traductions incorrectes de termes anglais) sans parler bien sûr de « polar » ou « préma »; ou même « pol » (pourquoi pas « pré »?).

Cette situation est regrettable pour diverses raisons : parce qu'elle rend plus difficiles les échanges de vues entre techniciens, parce qu'elle aggrave les difficultés de traduction des textes étrangers et enfin parce qu'elle déroute les étudiants et plus généralement tous ceux qui cherchent à se familiariser avec les techniques nouvelles. C'est pourquoi le C.C.I.R. a décidé d'entreprendre la publication d'un vocabulaire international de l'enregistrement qui ne sera lui-même qu'un chapitre du vocabulaire international des télécommunications. La première étape de ce travail était évidemment la mise au point de vocabulaires particuliers à chaque langue. Le travail est actuellement en cours d'achèvement en ce qui concerne la langue française, et nous espérons pouvoir en publier prochainement des extraits importants dans les colonnes de la revue du SON.

revue du SON

PREMIÈRE 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.

UNE RÉVOLUTION : L'ENREGISTREMENT AUTONOME

par Jean THÉVENOT

L'enregistrement direct sur disque qui, par une coïncidence curieuse, est à peu près contemporain du film sonore, représente dans l'histoire de la radio une étape aussi importante que le passage du muet au parlant dans l'histoire du cinéma.

Si l'on y a moins insisté, sans doute est-ce tout simplement parce que le huitième art — dénomination d'ailleurs souvent refusée à la radio — a suscité moins d'historiens, voire de simples chroniqueurs, que le septième.

De plus, à son apparition, l'enregistrement direct sur disque ne pouvait être considéré comme une totale nouveauté (pas plus, du reste, que le film sonore de 1929). Le procédé date du premier cylindre (de même qu'il y eut, par la synchronisation du cylindre puis du disque avec le film, une forme de cinéma parlant bien avant l'enregistrement photographique du son).

Mais ce n'est qu'avec le disque dit souple, par surcroît gravé électriquement et non plus acoustiquement, que l'enregistrement direct est devenu viable et que, par voie de conséquence, des possibilités vraiment nouvelles ont été offertes à la Radio tant en ce qui concerne ses méthodes de travail que le contenu de ses programmes. De là, en effet, naquit le *différé* et se généralisa le *montage*, les deux bases essentielles de l'exploitation radiophonique actuelle.

Sur les deux plans, le passage du disque à la bande magnétique a encore entraîné un nouveau progrès, de nouvelles facilités, et pourtant, à ce stade même, la technique ne répondait pas encore à tous les besoins et à toutes les ambitions.

Le fil à la patte

Depuis plus de vingt ans, combien de doléances a-t-on enregistrées, c'est le cas de le dire, de professionnels (de la radio et d'autres secteurs aussi) qui ne pouvaient faire ce qu'ils voulaient parce qu'ils étaient toujours soumis à la fameuse servitude du fil à la patte. Tantôt, c'étaient des prises de son auxquelles ils devaient totalement renoncer, tantôt des sujets qu'il fallait traiter à moitié, ou à côté, ou en truquant alors que l'authenticité s'imposait. Ou bien, forcés leur était de recourir à des solutions dont les inconvénients étaient tels qu'on peut sans exagérer les qualifier d'héroïques.

Pour rapporter des documents sonores authentiques, la mission Ogooué-Congo, — en 1946, ce n'est pas si vieux! — avait dû emporter un matériel totalisant 480 kilos (machine de gravure, commutatrice et accumulateurs, groupe électrogène, disques vierges), 480 kilos qui nécessitèrent, pour leur acheminement à travers la brousse et la forêt, un certain nombre de porteurs uniquement affectés à cette tâche.

Il y a sept ans encore, telle était l'alternative: ça ou le secteur. Et, dans le premier cas comme dans le second, quoiqu'à un moindre degré, certaines opérations restaient impossibles, toujours pour la même raison: le fil à la patte.

À la même époque, j'ai vu plusieurs chercheurs essayer de tourner la difficulté en combinant l'émission mobile sur ondes courtes avec l'enregistrement fixe à distance. Théoriquement, l'idée n'était pas mauvaise (et le

cinéma américain l'a reprise pour certains films de mouvement, de même que la Télévision Française songe au micro-émetteur pour certaines émissions directes), mais la pratique a prouvé qu'il y avait aussi des servitudes du sans-fil à la patte.

Et, en tout cas, une nouvelle technique est intervenue depuis peu, qui, à mon sens, a définitivement résolu le problème: c'est l'enregistrement autonome.

Cette technique est actuellement en plein essor, périodiquement, elle donne lieu à des applications plus parfaites (appareils plus légers et plus maniables, d'une fidélité plus stricte, etc.) et il n'est pas nécessaire d'être grand clerc pour affirmer qu'elle est en passe de révolutionner la prise de son, plus particulièrement bien sûr la prise de son en extérieurs ou, pour mieux dire et pour employer le vocabulaire de certains amateurs étrangers, la « chasse aux sons ».

N'importe où, n'importe quand

Par exemple, avec le petit « Nagra » construit par M. Stefan Kudelski, et dont la *revue du SON* a déjà fait mention, les 480 kilos de la mission Ogooué-Congo seraient ramenés aujourd'hui à 8 ou 9 kilos (large provision de bandes et piles de rechange comprises). D'ailleurs, pourquoi en parler au conditionnel, puisque, dès à présent, plusieurs missions d'exploration en Afrique et en Asie ont fait usage de cet appareil avec succès?

Le travail autonome, c'est la liberté. Et point n'est besoin d'aller sous les Tropiques pour le vérifier.

Parmi bien d'autres, prenons le cas apparemment simple de l'interview radiophonique d'une personnalité de passage. En réalité, ce cas, très souvent, n'est pas simple du tout, du fait des contingences particulières au métier de l'interviewer et à la position de l'interviewé. Plus celui-ci est important et son passage bref, plus la tâche de celui-là est compliquée. A-t-il décidé son futur interlocuteur à venir à tel studio ou à recevoir un car de reportage tel jour à telle heure, il se peut qu'à ce jour et à cette heure il n'obtienne ni studio ni car. Et réciproquement. S'il porte en bandoulière un enregistreur autonome, tous ces pourparlers deviennent inutiles. Il peut opérer à brûle pourpoint, dès la première occasion, n'importe où, n'importe quand.

Et, à ceci, on ne saurait plus ajouter: n'importe comment, car il existe désormais des appareils autonomes à bande défilant à bonne vitesse, qui, tout en étant légers, peu volumineux et très maniables, donnent des résultats impeccables même pour la musique. *A fortiori* sont-ils bons pour la parole.

Cela dit et afin qu'il ne risque pas d'être attribué à des causes douteuses, je crois devoir préciser que mon enthousiasme pour l'enregistrement autonome résulte uniquement des réalisations qu'il m'a permis d'accomplir et qui, autrement, m'eussent été impossibles.

La pêche miraculeuse à la portée de tout le monde

De ces expériences personnelles plus que satisfaisantes, positivement exaltantes, je ne citerai que les deux plus récentes.

La première date du Festival de Cannes.

A l'instant, j'évoquais les difficultés matérielles pouvant faire obstacle à l'interview d'une personnalité. Tellement cela va de soi, j'ai négligé de dire qu'il fallait d'abord que la personnalité fût d'accord sur le principe de l'interview. Il y a lieu d'ajouter — et cela paraît peut-être moins naturel — que cet accord n'est pas toujours acquis d'avance. Or, psychologiquement, rien n'est plus mauvais que de laisser le temps de la réflexion à des gens qui, par nécessité du reste beaucoup plus que par manque d'affabilité, ont toujours tendance à se dérober aux sollicitations trop nombreuses dont ils sont l'objet. Avec l'appareil en bandoulière, plus de marge de réflexion. Ce n'est plus : « Monsieur, voudriez-vous envisager de prendre rendez-vous pour après demain afin que... », mais : « Monsieur, permettez-moi de vous accompagner; tout en marchant, j'aimerais bavarder avec vous de votre dernier film. »

De la sorte, à Cannes, à pied, à cheval et en voiture, sur mer et dans les airs (ou presque), j'ai pu établir une importante collection de voix célèbres et de témoignages d'autant plus intéressants qu'ils étaient, par le fait des conditions de leur enregistrement, d'une spontanéité absolue.

D'autre part, j'ai opéré dans des circonstances insolites qui ont, je crois, suffi à donner une valeur particulière aux enregistrements ainsi obtenus.

Par exemple, le premier jour du Festival, on donnait hors-concours *Intimate relations*, version anglaise des *Parents terribles*. Ayant pensé qu'il pourrait être intéressant de connaître les impressions de Jean Cocteau face à son œuvre deux fois transposée, et de les connaître à chaud, je lui proposai de m'asseoir à ses côtés pendant la projection pour l'interroger alors que les images défileraient sur l'écran. Cocteau, toujours curieux de toute innovation et même très amusé par mon petit enregistreur, accepta aussitôt. De là est né ce document assez extraordinaire qu'on pourrait appeler « un Cocteau devant le miroir » : au premier plan, Cocteau chuchotant avec moi; à l'arrière plan, le dialogue et la musique du film anglais.

Le lendemain — ce sont des choses qui arrivent — j'ai dû aller chez le coiffeur. Un coiffeur cannois, me suis-je dit, ça doit avoir une opinion sur le Festival, sur les têtes de cinéma passées entre ses mains. Et, sur un fond léger de ciseaux et de tondeuse en action, nous avons tranquillement bavardé festival et cinéma.

Dans le train du retour encore, un voyageur anonyme parlait films devant mon micro.

Plus récemment, j'ai entrepris d'enregistrer une série de bruitages naturels : oiseaux, grillons, crapauds, grenouilles, travaux des champs, etc. Là encore, l'autonomie m'a valu d'effectuer des prises de son, me semble-t-il, sans précédents.

En même temps, j'ai pu vérifier cette constatation bien connue que les bruits réels ne sont pas toujours, à l'écoute, les plus vrais. Je pense en particulier à une certaine cascabelle qui évoque plutôt les chutes du Niagara. De même que le bruit d'une fraise que je subissais assis dans un fauteuil de dentiste, avec mon enregistreur sur les genoux, ressemble étrangement au vacarme d'une scierie. Mais il est fort possible que, dans les deux cas, j'aie mal réglé ma prise de son. Et, de toute façon, si j'ose me permettre cette suite d'images audacieuses, cette fraise et cette cascade sont peu de chose dans la balance en regard de la pêche miraculeuse qu'il m'a été donné de faire par ailleurs (alors que je ne suis pas technicien).

Un problème chasse l'autre

Selon l'usage, l'enregistrement autonome, en supprimant certains problèmes, en a créé d'autres.

D'abord, la souplesse même de la manœuvre d'un appareil à piles et à ressort implique certaines servitudes

qui, pour n'être pas comparables à celle du fil à la patte, sont parfois très astreignantes.

Revenons à l'exemple banal d'une interview faite en marchant : il faut tout à la fois penser à tenir le micro à bonne distance, à surveiller le niveau de la modulation, à remonter périodiquement la mécanique et tout de même aussi à suivre ou plutôt à conduire la conversation. C'est beaucoup pour un seul homme. Et si l'on se fait aider par un assistant, alors ce n'est plus l'autonomie.

Mais, avec la pratique, les quatre opérations se combinent sans trop de difficultés. Et, à vrai dire, quand je parlais de « problèmes » nouveaux, je songeais moins à celui-ci qu'aux incidences de l'enregistrement autonome sur le terrain des professionnels dont c'est le métier d'enregistrer par les moyens classiques.

L'enregistrement autonome, donc, est appelé à révolutionner le travail radiophonique. Certains organismes de radiodiffusion, loin de retarder l'événement, dont les avantages sont évidents, le précipitent. Là, les reporters, qui jusqu'alors avaient pour seule fonction de parler, apprennent, les uns après les autres, à se servir d'un magnétophone, et simultanément les techniciens des services extérieurs sont progressivement reclassés dans d'autres services. Ailleurs, l'emploi de l'enregistrement autonome ne fait que commencer et l'on voit se dessiner une forte opposition des techniciens qui s'estiment menacés par son développement. Leur réaction première se comprend (pour ma part, je la comprends si bien que je me suis interdit de proposer mes enregistrements autonomes dans les services où cette attitude prévaut), mais il serait souhaitable que cette réaction première ne s'éternisât point, que des intérêts particuliers, si légitimes qu'ils soient et qui peuvent être sauvegardés d'autre façon, ne fissent pas échec à un progrès d'intérêt général. Ceux-là mêmes qui sont en cause devraient se rappeler qu'il n'est jamais adroit de jouer les diligences contre les chemins de fer et que leur véritable intérêt est de ne pas s'accrocher obstinément à un présent qui demain ne sera plus qu'un passé mort.

Au viol !

Reste un problème — le dernier, du moins pour l'instant — qui appelle de non moins graves réflexions : la tentation d'opérer « à l'insu », qui se fera de plus en plus dangereuses à mesure que les moyens d'enregistrement seront plus souples.

Pour indépendante qu'elle en soit en principe, cette tentation se trouve en fait considérablement développée par l'enregistrement autonome.

Ainsi, il existe des appareils portatifs à fil (le « Mini-fon » allemand par exemple) dont le format ne dépasse pas le double d'un paquet de cigarettes. S'ils sont impropres à des enregistrements utilisables sur une antenne, reliés à un micro-boutonnière ils peuvent servir à des prises de son clandestines qui risquent de se transformer en autant de viols.

Il y a là une menace qu'il me semble urgent de dénoncer. Et je crois être particulièrement bien placé pour le faire puisque j'ai pris l'initiative, voici bientôt quatre ans, de la première expérience radiophonique française de paroles volées. Mais, c'était avec des mobiles et dans un but innocents, et il n'est pas un seul volé qui n'ait aussitôt reçu l'aveu du voleur, pas un seul enregistrement qui ait été diffusé sans l'accord des intéressés. Tandis que bien des paroles volées, au vol désormais, ne sont jamais plus restituées à leurs auteurs, et cela, quelque mauvaise excuse qu'on puisse chercher dans le noble amour des prouesses techniques, n'a qu'un nom : c'est de la malhonnêteté.

L'enregistrement autonome, c'est la liberté du preneur de son. Prenons garde que ce ne soit la fin de la liberté d'autrui !

CONCOURS DU MEILLEUR ENREGISTREMENT SONORE 1953

Le Concours du meilleur enregistrement sonore dont nous avons entretenu nos lecteurs dans le n° 1 de la revue du SON a connu une importance encore plus grande que l'an passé. C'est en effet à partir de 211 enregistrements provenant de 7 pays que les sélectionneurs ont eu à choisir les 50 réalisations qui devaient être jugées par le jury international réuni à Paris les 18 et 19 mai 1953.

Ces 211 enregistrements se répartissaient comme suit :
France : 77; Suisse : 63; Allemagne: 52; Belgique : 11; Autriche : 6; Etats-Unis : 1; Hollande : 1.

La sélection française avait été faite à partir des enregistrements qui ont obtenu un prix au Concours français du meilleur enregistrement d'amateur. Nous avons fait figurer dans le palmarès ci-dessous les titres des œuvres primées à ce concours ainsi que les noms des lauréats et les prix remportés, la lettre (S) indiquant les œuvres sélectionnées pour le Concours international.

CATÉGORIE A (Montage)

- Bouquet de songes* (S), de M. Claude CRONIER (Paris).
Un ensemble mécanique complet type LM33 semi-professionnel destiné à monter un magnétophone à ruban, (Don de « Audibel » Société Productions Electroniques.)
- Les Chiens qui chantent* (S), de M. Jean MEES (La Varenne-St-Hilaire).
Un électrophone Multigroove P52 (Don de la Société Phonographique Philips.) Deux disques microsillon 33 tours ou dix disques 78 tours à choisir dans le catalogue « Le Chant du Monde ». Un abonnement d'un an à la revue « Electronique ». (Don des Editions L.E.P.S.)
- Jésus que que ma joie demeure* (S), de M. l'Abbé PRÊCHEUR (Saint-Dié).
Un enregistreur-reproducteur à bande magnétique SARE, modèle 53A. (Don de la Société d'Appareillage Radio-électrique (SARE)).
- L'Accident* (S), de M. Guy BRETON (Paris).
Un récepteur radio « Starlet Junior », superhétérodyne miniature. (Don des Ets Radio-Star.)
- Le Sonneur de Saint-Jean* (S), de M. Guy TAVERNIER (Paris).
Un pied télescopique pour micro. (Don de Carobronze S.A.R.L.) Un abonnement d'un an à la revue Electronique. (Don des Editions L.E.P.S.) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (Don des Ets Montaudon.)

Pastiche de l'émission « Aux Quatre Vents », de M. Jacques CHENARD (Nancy).

Cinq bobines de fil d'enregistrement magnétique Tophet M. (Don de la Société Gilby-Fodor.) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (Don des Ets Montaudon.) Un abonnement d'un an à la revue Electronique. (Don des Editions L.E.P.S.)

De vigne en verre, de M. René FOURNIER (Tonnerre).
Un microphone électrodynamique L.E.M., type 307. (Don des Ets L.E.M.) Un abonnement d'un an à la revue Electronique. (Don des Editions L.E.P.S.)

Le bonheur de donner, de M. Roger LOUBIÈRE (Paris) :
Cinq bobines de fil d'enregistrement magnétique Tophet M. (Don de la Société Gilby-Fodor.)

L'ouverture de la chasse, de M. A. BEAUFORT (Nogentel, Aisne) :

Cinq bobines de fil d'enregistrement magnétique Tophet M. (Don de la Société Gilby-Fodor.)

Tour d'horizon, de M. FREDDY (Tarbes) :

Bandes magnétiques et disques vierges. (Don de Pyral.)

CATÉGORIE B (Documentaire et reportage).

Un vol en planeur, (S), de M. Jean REBILLARD (Bressuire, Deux-Sèvres).

Une valise enregistreuse sur fil magnétique Phonofil. (Don des Ets Ribert-Desjardins.)

Les Grandes Orgues de la Cathédrale de Poitiers, (S) de M. BOUROR (Poitiers) :

Un lot de bandes magnétiques W.H. et W.L.. (Don de la Société Hypérion.) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (Don des Ets Montaudon.) Un abonnement d'un an à la revue Electronique. (Don des Editions L.E.P.S.)

Scrutin du 26 avril à la mairie de Savins (S), de M. Christian FRIVOLLET (Savins, S.-et-M.) :

Cinq bobines de fil d'enregistrement magnétique Tophet M. (Don de la Société Gilby-Fodor.)

Les Pilotes du dimanche, de M. Jean BEAL (Paris) :
Un microphone melosphérique, dynamique 22 A. (Don des Ets Melodium.)

Saint-Jean-de-Bretagne, du Club des Petits Reporters (Redon) :

Un microphone cristal Ronette-France. (Don de M. Herbay.)

CATÉGORIE C (Prise de son musicale ou parlée)

Sonate pour violon et piano de Mozart (S), de M. Jan MEES (La Varenne-Saint-Hilaire) :

Un récepteur portatif Radel piles-secteur, 4 gammes d'ondes (*Don de Semvil Radio*.)

Fugue de Bach (S), de M. Pierre MOUREAUX-NÉRY (Paris) :

Un lot de bandes magnétiques W.H. et W.L. (*Don de la Société Hyperion*.) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon*.)

Cantate 56 de Bach (S), de M. Claude CRONIER (Paris) :

Un baffle focalisateur « Elipson », type Salon. (*Don de Film et Radio*.)

Concerto n° 4 de Haëndel (S), de M. Jacques LAPPARTIENT (Paris) :

Un lot de bandes magnétiques W.H. et W.L. (*Don de la Société Hyperion*.)

Fragment de la grand-messe de Pâques à l'église Saint-Pierre des Sables (S), de M. Jean REBILLARD (Bressuire, Deux-Sèvres) :

Un pick-up marque P.C., type L4B, avec saphir. (*Don des Ets Clément*.)

Fanfare, de M. Guy Tavernier (Paris) :

Un microphone piezo-électrique. (*Don de la Société Thermionic-Mabille*.)

Grand retour de chasse, de M. Claude CHARRIER (Cognac) :

Un microphone piezo-électrique. (*Don de la Société Thermionic-Mabille*.)

Improvisations sur quelques airs bretons, de M. AUBRY (Audierne, Finistère) :

Un microphone Cristabel Junior. (*Don des Ets S.I.M.E.A.*) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon*.)

Le Doubs, chant folklorique, de M. Roland STRUB (Beaucourt, Territoire de Belfort) :

Un microphone Cristabel Junior. (*Don des Ets S.I.M.E.A.*) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon*.)

La Scottish des priseurs, de M. Roland MORAINVILLE (Elbeuf) :

Un microphone Cristabel Junior. (*Don des Ets S.I.M.E.A.*) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon*.)

Le déficit, de M. Maurice HOUBRE (Eloyes, Vosges) :

Un microphone Cristabel Junior. (*Don des Ets S.I.M.E.A.*) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon*.)

Le Cocher de fiacre, de M. Jean RIGAL (Toulouse) :

Un microphone Cristabel Junior. (*Don des Ets S.I.M.E.A.*) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon*.)

La Petite Bergère, de M. Pierre DELORME (Paris) :

Une tête d'enregistrement pour ruban magnétique demi-piste, type T.B.M. (*Don des Ets P.M.F.*) Un abonnement d'un an à la revue *Electronique*. (*Don des Editions L.E.P.S.*)

1. De gauche à droite : M. de CADENET, M. Arno-Charles BRUN, M. Jacques BUREAU, M. Jean THEVENOT, Mme CANIVET, M. André BASDEVANT, M. SCHORSCH-OBERSHAUSEN. — 2. Le jury international au travail (au Centre Erard de la R.T.E.). De gauche à droite : de dos, M. André BASDEVANT, Mlle ANSCHUTZ, M. Jean THEVENOT, M. Arno-Charles BRUN, M. René MONNAT, M. VIRDIS, chef des services techniques de Radio-Lausanne (remplaçant M. MEROZ, directeur, empêché); M. ERNST, M. Jean MOGIN, M. Claude BOURGUIGNON. — 3. Un moment de grande perplexité du président du jury, M. Arno-Charles BRUN (entre M. Jean THEVENOT et M. René MONNAT). — 4. M. Jean THEVENOT remet au lauréat du Grand Prix, M. Claude CRONIER, les 100.000 francs offerts par le Ministère de l'Education nationale. De gauche à droite, au premier plan : M. Arno-Charles BRUN, M. Jean THEVENOT, M. André BASDEVANT, M. Claude CRONIER, M. SCHORSCH-OBERSHAUSEN, M. Claude BOURGUIGNON; au second plan : M. Jacques BUREAU, Mme CANIVET, M. Pierre AUJAMES. — 5. Le jury a soif. De gauche à droite : M. VIRDIS, M. ERNST, M. KREBSER, M. MOGIN, M. BOURGUIGNON. — 6. Lors du cocktail organisé le 19 mai à la Maison de l'Amérique Latine à l'occasion de la proclamation du palmarès, le constructeur du petit appareil autonome sur bande déjà signalé par la revue du SON, M. Stefan KUDELSKI, est interviewé sur un des appareils de sa fabrication. De gauche à droite : M. Claude BOURGUIGNON, M. Fredy WEBER (l'un des animateurs de l'Association Suisse des Chasseurs de Son), M. Stefan KUDELSKI. Cette photo donne une idée très précise des dimensions de l'appareil et de sa maniabilité. A noter que M. KUDELSKI, déjà lauréat au Concours 1952 à Lausanne, qui a révélé sa construction, a obtenu cette année encore un premier prix, pour un « Nocturne » de Chopin, enregistré sur un tel appareil et qui était d'une fidélité parfaite et sans aucun pleurage.

Reportage photographique Jean-Marie MARCEL : 16, place Vendôme, Paris.



Lohengrin, de M. CADILHON (Dax) :

Un microphone 210, type reporter. (*Don des Ets Bouyer.*) Un compteur totalisateur pour magnétophone. (*Don des Ets Montaudon.*)

CATÉGORIE D (Instantané ou Document sonore)

Conversation entre un sourd aveugle et son professeur (S), de M. BOUROT (Poitiers) :

Un tourne-disque trois vitesses « La Voix de son Maître ». (*Don de Pathé-Marconi.*) Un ensemble pour amplificateur en pièces détachées. (*Don de la Société de Matériel Electro-acoustique.*)

Contrastes (S), de M. Christian FRIVOLLET (Savine, S.-et-M.) :

Une platine mécanique Polyfil. (*Don des Ets Vaisberg.*)

Le jury international comprenait les membres suivants, par ordre alphabétique des pays représentés et des noms :

ALLEMAGNE :

Mlle ANSCHUTZ.

M. G. HUSSLA, ingénieur du son.

M. W. SCHORSCH-OBERHAUSEN, président du *Deutscher Tonjäger Verband*.

BELGIQUE :

M. Claude BOURGUIGNON, secrétaire général adjoint du *Groupement des Amateurs Belges de l'Enregistrement Sonore*.

M. Jean MOGIN, de l'I.N.R.

FRANCE :

M. Pierre AUJAMES, remplaçant M. Roger MARTY, délégué général de la *Fédération Nationale des Syndicats des Industries Radio-électriques et Electroniques*.

M. André BASDEVANT, chargé d'études et d'information à la *Direction Générale de la Jeunesse et des Sports* (Ministère de l'Education nationale).

M. Arno-Charles BRUN, directeur du programme parisien de la *Radiodiffusion-Télévision Française*, élu à l'unanimité président du jury.

M. Jean THÉVENOT, président honoraire-fondateur de l'*Association des Amateurs de l'Enregistrement Sonore*.

SUISSE :

M. F. ERNSE, directeur de *Radio-Bâle*.

M. Charles KREBSER, président de l'*Association Suisse des Chasseurs de Sons*.

M. René MONNAT, secrétaire général de l'*Association Suisse des Chasseurs de Sons*.

M. YIRDIS, remplaçant M. Jean-Pierre MÉROZ, directeur de *Radio-Lausanne*.

Le palmarès du Concours International s'établit comme suit :

A. — Grand prix :

100 000 F français en espèces offerts par la Direction générale de la Jeunesse et des Sports (Ministère de l'Education nationale) à M. Claude CRONIER (France) pour l'ensemble de ses envois, principalement pour : *Bouquet de songes*. Enregistrement réalisé sur bande 6,35 mm à simple trace. Vitesse de défilement 38 cm/s. Appareil commercial français considérablement modifié et amélioré par le lauréat.

B. — Catégorie montage :

Premier prix. — Un chronomètre or (valeur 70 000 F français) offert par la Société Suisse de Radiodiffusion - M. l'Abbé Maurice PRÊCHEUR (France), pour *Jésus, que ma joie demeure*, réalisé sur disque Pyral à sillonnage serré (72 sillons par cm-33 t/mm) à l'aide d'une machine Ark SP447, transformée par le lauréat.

Deuxième prix. — Un micro Beyer (valeur 15 000 F français), offert par la maison Eugène Beyer (Allemagne) à M. Roger SIMONS (Belgique), pour *Une potence pour trois*, réalisée sur bande 6,35 mm à simple trace. Vitesse de défilement 19 cm/s. Appareil Brush Sound Mirror.

C. — Catégorie documentaire et reportage :

Premier prix. — Une platine d'enregistrement magnétique Werifon (valeur 80 000 F français), offerte par la maison Werifon (Allemagne), à M. Francis GUERG (Suisse), pour *Fabricant d'automates*, réalisé sur bande 6,35 mm. Vitesse de défilement 19 cm/s. Appareil Revox.

D. — Catégorie prise de son musicale et parlée :

Premier prix : 25 000 F français en espèces, offerts par la Fédération Nationale des Syndicats des Industries Radio-électriques et Electroniques, à M. Stefan KUDELSKI (Suisse), pour *Nocturne*, réalisé sur bande 6,35 mm, double trace. Vitesse de défilement 19 cm/s. Appareil autonome Nagra, fabriqué par le lauréat.

Deuxième prix. — 100 F suisses en espèces, offerts par Laubscher et Co (Suisse), à M. Herbert FRITZ (Autriche), pour *Duo à la cithare*, réalisé sur bande 6,35 mm. Vitesse de défilement 38 cm/s.

E. — Catégorie instantané ou document sonore :

Premier prix. — 25 000 F français en espèces offerts par la Fédération Nationale des Syndicats des Industries Radio-électriques et Electroniques, à M. Jean TAVERNY (Suisse), pour *Quatuor à une voix*, réalisé sur bande 6,35 mm. Vitesse de défilement 19 cm/s. Appareil Revox.

Deuxième prix. — 10 000 F français en espèces offerts par les Disques Festival (France), à M. Hans REICH réalisé sur bande 6,35 mm. Vitesse de défilement 19 cm/s.

Comme on peut le voir sur les 8 enregistrements primés, un seul a été réalisé sur disque, la bande magnétique se taillant la part du lion. Des 8 lauréats primés, 3 sont suisses, 2 français, 2 allemands et 1 autrichien, le grand prix étant emporté par la France.

Le montant total des prix en espèces et en nature représentait un total de 1 500 000 F français.

La remise des récompenses a eu lieu le 19 mai au cours d'un cocktail organisé à la Maison de l'Amérique latine. Une assistance choisie, dans laquelle on reconnaissait de nombreuses figures familières de la grande famille de l'Electro-Acoustique, se pressait autour des lauréats, tandis que tournaient les caméras du Journal télévisé de la Radio-Télévision Française et que surgissaient de toute part des microphones.

Il ne nous reste qu'à souhaiter que le concours de l'année prochaine connaisse un succès encore plus grand; nous voudrions dire aux amateurs français de l'enregistrement sonore que c'est dès maintenant qu'ils doivent envisager leur participation et non au dernier moment. La participation française de cette année (77 enregistrements seulement contre 63 à la Suisse) ne représente qu'une faible partie de l'effort que peuvent fournir les amateurs français et il faut espérer que l'an prochain, c'est par centaines que se chiffreront les envois, même si cette abondance doit amener les membres du jury, épuisés, à demander grâce! Un « flash » technique avant de terminer : il faut espérer que l'an prochain verra enfin apparaître cette normalisation des enregistrements dont l'absence a créé, cette année, tant de soucis aux techniciens chargés de la reproduction des œuvres soumises pour lesquelles on peut bien dire qu'il y avait autant de normes que de candidats!

M. DE CADENET.

LE CONTROLE ÉLECTRO-ACOUSTIQUE AU CINÉMA ⁽¹⁾

ESSAIS SUR FILMS

par C. SOULÉ *

Les essais sur film entrepris avec les équipements d'enregistrement sonore sont destinés d'une part à confirmer les résultats obtenus par les essais électriques et d'autre part à définir certaines caractéristiques qui sont sous la dépendance du processus photographique. Celui-ci introduit des distorsions provenant à la fois des émulsions sensibles utilisées et des méthodes de traitement employées :

— la distorsion dite linéaire conduit à une déformation de la courbe d'amplitude en fonction de la fréquence; il est facile de la déterminer en traçant la caractéristique de transfert sur film. Toutefois il ne peut être procédé au tracé de cette caractéristique qu'une fois connues les conditions photographiques optima permettant l'obtention de la copie positive servant aux essais;

— la distorsion non linéaire introduit des déformations des formes d'ondes enregistrées : elle fait apparaître, outre les sons émis, des sons étrangers qui ne figuraient pas lors de l'enregistrement. Il est facile de la chiffrer par le pourcentage des harmoniques de rangs 2, 3, 4 et 5 contenus dans l'onde après son enregistrement. Ce pourcentage dépend évidemment des conditions de traitement photographique et il est naturel de considérer comme optima celles qui correspondent au minimum du taux de distorsion harmonique.

1° Détermination des conditions de traitement photographique

Il est donc procédé à l'enregistrement d'une onde sinusoïdale pure sur un certain nombre d'échantillons pour différentes valeurs d'exposition s'il s'agit d'un procédé à elongation variable; après développement, on tire chacun des négatifs obtenus à plusieurs valeurs d'exposition positive. Déterminant les pourcentages d'harmonique sur chaque film positif suivant la méthode de mesures décrite plus loin, on obtient finalement une

famille de courbes indiquant les valeurs des pourcentages d'harmoniques en fonction des densités positives pour diverses valeurs de la densité négative.

S'il s'agit d'un procédé à densité variable, il suffit d'enregistrer une onde sinusoïdale pure pour plusieurs valeurs de l'intensité lumineuse de la lampe d'enregis-



Fig. 1. — Microdensitomètre photoélectrique. (Photo Jean Vividé.)

trement : après développement à plusieurs valeurs de gamma négatif on tire une série de positifs pour diverses valeurs d'exposition positive : il faut alors procéder à l'enregistrement des courbes de transparence au microphotomètre (fig. 1) pour chaque échantillon positif : ces courbes (fig. 2) sont obtenues directement en utilisant

(*) Ingénieur au Contrôle Technique du Cinéma.

(1) Voir le début de cette étude dans la revue du SON, numéros 1 et 2.

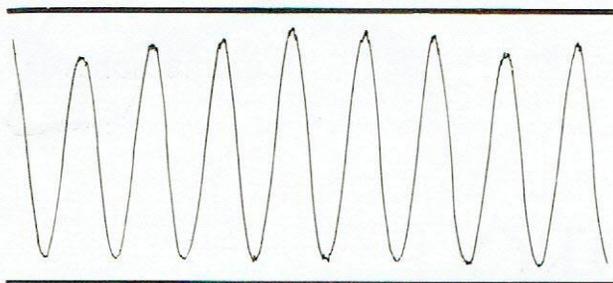


Fig. 2. — Enregistrement photographique au microdensitomètre photoélectrique de la courbe de transparence d'un échantillon positif.

un papier photographique à haute rapidité plaqué sur le cylindre enregistreur dont la vitesse de rotation est fonction de la vitesse de défilement du chariot portant la piste à explorer.

Chaque courbe ainsi tracée $y = f(x)$ de période p est alors décomposée en une série harmonique de Fourier au moyen de l'analyseur harmonique (2).

Cette décomposition se fait, d'après FOURIER, selon la forme :

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \frac{2\pi}{p} x + a_2 \cos 2 \frac{2\pi}{p} x + \dots + a_N \cos N \frac{2\pi}{p} x + b_1 \sin \frac{2\pi}{p} x + \dots + b_N \sin N \frac{2\pi}{p} x$$

ou :

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{n=N} \left(a_n \cos n \frac{2\pi}{p} x + b_n \sin n \frac{2\pi}{p} x \right)$$

où la constante $a_0/2$ représente l'ordonnée moyenne de la fonction $f(x)$:

$$\frac{a_0}{2} = \frac{1}{p} \int_0^p f(x) dx$$

Les autres « coefficients de Fourier » a_n et b_n sont donnés par les expressions suivantes :

$$a_n = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \cos n \frac{2\pi}{p} x dx$$

$$b_n = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \sin n \frac{2\pi}{p} x dx$$

Naturellement l'intégration, au lieu d'être faite de 0 à p , peut être faite à partir d'une autre valeur initiale sur une longueur égale à une période.

Si $p = 2\pi$, les formules 1, 2 et 3 se simplifient en :

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x + \dots + a_N \cos Nx + b_1 \sin x + \dots + b_N \sin Nx$$

(2) Il s'agit de l'analyseur harmonique de l'Institut pour l'Etude et la Construction de Courbes Mathématiques. A. OTT KEMPTEN (Bavière).

Les détails de fonctionnement que nous en donnons sont tirés de la brochure Af. 341.

ou :

$$-f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{n=N} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

$$-\frac{a_0}{2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx$$

et :

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nx dx$$

L'analyseur harmonique effectue l'analyse harmonique conforme à la représentation (1) en permettant l'obtention mécanique des valeurs numériques des coefficients de Fourier a_n et b_n pour $n = 1, 2, 3, \dots$, ceci en parcourant avec une pointe le cycle d'une période de la courbe donnée $y = f(x)$. Il se compose d'un guide analyseur et d'un planimètre polaire ou à règle ordinaire (servant habituellement à la détermination des surfaces par le parcours de leur périphérie).

Lorsque la pointe du guide analyseur est déplacée sur la courbe $y = f(x)$, le guide analyseur conduit le planimètre qui lui est asservi de telle façon qu'il résolve sous forme de superficie les intégrales (3) dans lesquelles $f(x)$ est lu multiplié par $\cos n \frac{2\pi}{p} x$ et $\sin n \frac{2\pi}{p} x$. La constante $a_0/2$ est déterminée sans utilisation du guide analyseur

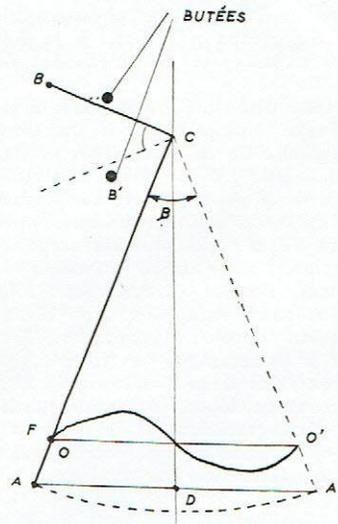


Fig. 3. — Enregistrement au microdensitomètre de la piste 1 060 Hz, taux d'harmonique relevé au planimètre analyseur. Rang 2 : 15 %; Rang 3 : 8 %; Rang 4 : 4 %; Total : 18 %.

par le planimétrage direct d'une période de la courbe et en divisant la surface ainsi obtenue $\int_0^p f(x) dx$ par la longueur de période p .

Le guide analyseur est basé sur deux idées fondamentales :

1° Au moyen d'une équerre ACB (fig. 3), qui peut tourner autour d'un centre de rotation C mais seulement

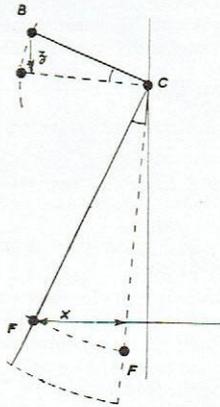


Fig. 4.

d'un certain angle β déterminé par des butées fixes, une longueur de période arbitraire $OO' = p$ est ramenée à une longueur de période fixe $BB' = l$. Le centre de rotation C est mobile sur la bissectrice CD perpendiculaire à l'axe des périodes OO' . On place la pointe conductrice F, déplaçable sur AC de telle manière que dans ses positions extrêmes, déterminées par les butées du côté CB, elle vienne sur les points extrêmes de la période étudiée (fig. 4). D'une manière générale, la considération des triangles semblables montre qu'à un déplacement de F dont la projection sur l'axe des X est égale à X, correspond un déplacement z de B, suivant la direction de l'axe des y, égal à : $z = \frac{l}{p} x$.

2° Une roue dentée qui peut faire exactement n tours sur une crémaillère de longueur l, tourne pour un déplacement z de la crémaillère de l'angle proportionnel à z, $\omega = n \frac{2\pi}{l} z$. (Dans la figure 5 on a admis, pour plus de clarté, que la crémaillère était fixe et la roue dentée mobile).

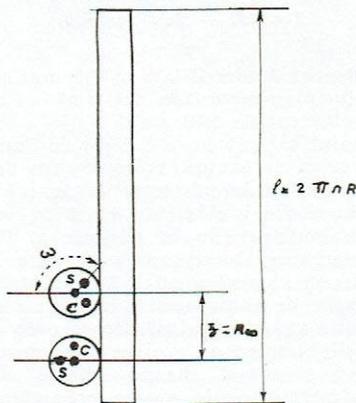


Fig. 5.

L'équerre, la crémaillère et la roue dentée sont disposées sur un chariot (fig. 6), qui ne peut être déplacé que dans la direction indiquée par la flèche et le centre de rotation C de l'équerre peut parcourir la bissectrice CD perpendiculaire à l'axe des périodes OO' . Lorsque la pointe conductrice F est guidée sur la courbe $y = f(x)$, depuis le point de départ O d'une période jusqu'au

point de départ O' de la suivante, le point terminal B pousse la crémaillère au moyen d'un guidage coulissant toujours de la même longueur l, indépendante de la longueur de la période; donc pour un déplacement x de F dans la direction des x, la crémaillère avance d'une longueur proportionnelle : $z = \frac{l}{p} x$. A ce déplacement de la crémaillère correspond une rotation de la roue dentée également proportionnelle à x, soit $\omega = n \frac{2\pi}{l} z = n \frac{2\pi}{p} x$, qui a été justement employée pour (3).

La roue dentée de rayon R (correspondance $2\pi nR = l$)

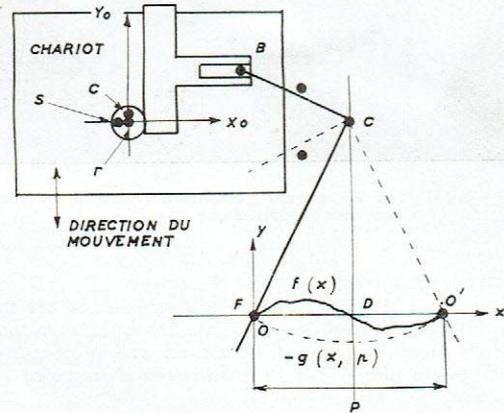
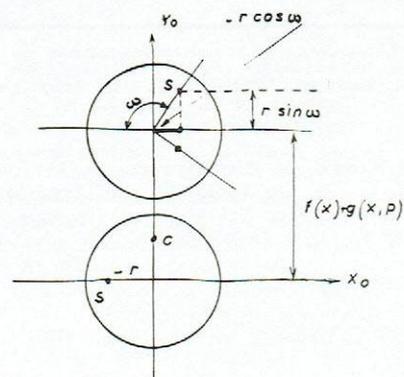


Fig. 6.

porte deux petits trous placés à 90° l'un de l'autre, désignés par c et s (cosinus et sinus) (fig. 7) recevant la pointe guide du planimètre à la distance r du centre. Pour rechercher quelles indications donne le planimètre ainsi lié au guide analyseur, plaçons parallèlement au système de coordonnées x et y dont l'axe des x est la ligne de référence de la courbe $y = f(x)$ et dont l'origine peut coïncider avec le point initial d'une période, un nouveau système de coordonnées X_0, Y_0 dont l'origine est déterminée par la position initiale du centre de la roue dentée, elle-même liée à la position initiale de la pointe conductrice F. La roue dentée doit être, au commencement de l'opération orientée de telle manière que les

Fig. 7.



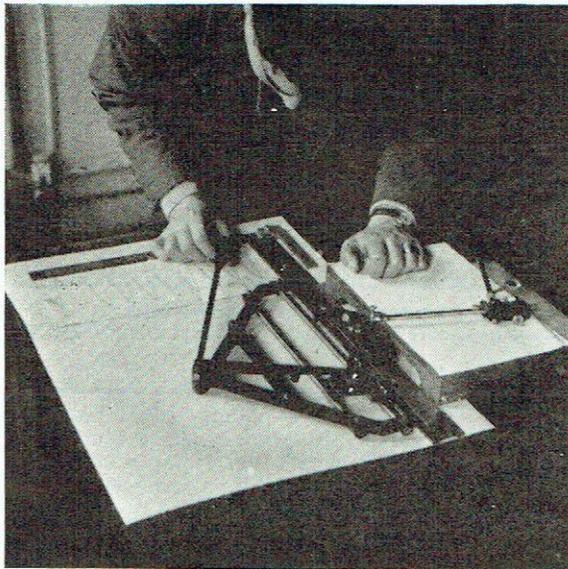


Fig. 8. — Installation de mesure permettant l'analyse harmonique d'une courbe périodique $y = f(x)$.

coordonnées du point s soient $X_0 = -r$; $Y_0 = 0$ et les coordonnées du point c : $X_0 = 0$; $Y_0 = +r$. Si on maintient le chariot immobile et si on transporte la pointe guide F de O en O' , celle-ci décrit un arc de cercle dont nous désignons par $-g(x, p)$ l'ordonnée d'un point quelconque.

Si on fait décrire à F la courbe $y = f(x)$, on déplace le chariot dans la direction des y d'une quantité $f(x) + g(x, p)$. Par suite de ce déplacement et par suite de la rotation de la roue dentée d'un angle $\omega = n \cdot \frac{2\pi}{p} \cdot x$, dû au dépla-

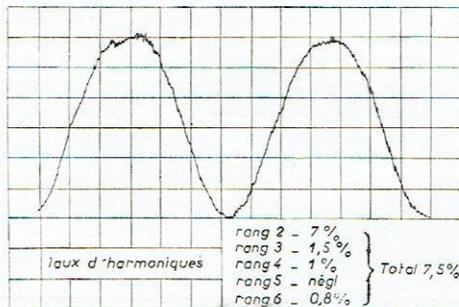


Fig. 9. — Enregistrement au microdensitomètre de la piste à 250 Hz. Taux d'harmonique relevé au planimètre analyseur. Rang 2 : 7 %; Rang 3 : 1,5 %; Rang 4 : 1 %; Rang 5 : négligeable; Rang 6 : 0,8 %. Total : 7,5 %.

cement de F dans la direction des x , les coordonnées $Y_0 = 0$; $X_0 = -r$ du point s se transformant en $X_0 = -r \cos \omega$ et $Y_0 = f(x) + g(x, p) + r \sin \omega$.

Si nous parcourons la courbe $y = f(x)$ de O en O' , et

si nous revenons ensuite en O en suivant l'axe des x , il faut faire figurer pour le retour $f(x) = 0$. Le point s décrit dans le système de coordonnées fixe $X_0 Y_0$ une courbe fermée de surface $I = \int Y_0 \cdot dX_0$.

Etant donné que $dX_0 = r \cdot n \cdot \frac{2\pi}{p} \sin \omega \cdot dx$, on peut aussi écrire, en séparant l'aller et le retour :

$$I = \int_0^p [f(x) + g(x, p) + r \sin \omega] r n \frac{2\pi}{p} \sin \omega \cdot dx + \int_p^0 [g(x, p) + r \sin \omega] r n \frac{2\pi}{p} \sin \omega \cdot dx$$

Puisque la seconde intégrale tout entière se déduit des éléments de la première intégrale par opposition du sens de parcours de l'axe des x , éléments pour lesquels il n'importe pas de savoir sur quelle courbe le chemin d'aller se fait, il reste seulement :

$$I = \pi r n \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \cdot \sin n \frac{2\pi}{p} x \cdot dx = \pi r n b_n$$

Le nombre $\pi r n$ est une constante K de l'appareil. Le planimètre, avec la pointe conductrice fixée au point s , mesure alors la surface $J = K \cdot b_n$, de la figure tracée par ce point, surface égale au coefficient de Fourier b_n à un facteur constant près. Par analogie on obtient pour la surface de la figure parcourue par le point c la valeur $J = K \cdot a_n$.

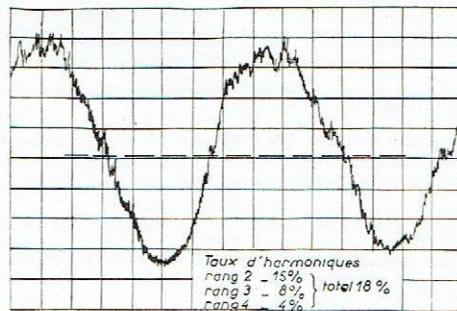


Fig. 10. — Voir figure 9.

Pour l'analyseur Mader-Ott, $K = 100$ mm en sorte qu'à une unité du planimètre de $0,1 \text{ cm}^2$ correspond une valeur du coefficient de $0,01 \text{ cm}$.

C'est un point capital de la théorie de l'analyseur que, pour la réduction de toutes les longueurs de périodes p sur l'étendue fixe l de parcours de la crémaillère, les valeurs obtenues des coefficients a_n et b_n sont indépendantes de la longueur de la période p . Il en résulte qu'on peut disposer l'analyseur pour une longueur de période arbitraire comprise entre $2,5 \text{ cm}$ et 36 cm .

Chaque courbe de transparence tracée au densitomètre photo-électrique ayant été ainsi décomposée en une série harmonique de Fourier, on obtient finalement le nombre d'harmoniques présents, chacun affecté d'une valeur d'amplitude déterminée : la courbe présentant le taux le plus faible d'harmoniques caractérise le traitement photographique optimum (fig. 9 et 10)

Nous traiterons dans un prochain numéro des caractéristiques de transfert sur film.

LA SONORISATION PAR L'AMATEUR D'UN PROJECTEUR CINÉMATOGRAPHIQUE pour films de format réduit

PREMIÈRE PARTIE : ORGANES CONSTITUTIFS D'UN LECTEUR DE SONS PHOTOGRAPHIQUES

par André GRIMBERT

Plusieurs lecteurs cinéastes nous ont posé cette question : est-il possible pour un amateur disposant d'un minimum de connaissances mécaniques, optiques et électroniques, ayant la possibilité d'usiner lui-même, ou de faire réaliser par un artisan, de petites pièces mécaniques, de sonoriser lui-même un projecteur muet pour films de format réduit?

L'arrière-pensée de ces lecteurs étant évidemment l'adjonction du son magnétique, nous leur dirons tout d'abord qu'il nous semble que la réalisation directe par l'amateur, même particulièrement bien outillé, d'un adaptateur de son magnétique risque de soulever de grosses difficultés de mise au point dues au fait que pour assurer un défilement à vitesse constante du film, il sera nécessaire pour les réglages de disposer d'une trace sonore dont la qualité est indiscutable et dont tout spécialement l'enregistrement aura bien été effectué à vitesse constante. Etant donné qu'il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'enregistrements magnétiques sur film pouvant servir à de tels essais et que, par ailleurs, la réalisation par l'amateur d'une telle bande d'essai suppose déjà un équipement très important, il nous paraît préférable de commencer par ajouter le son photographique à un projecteur muet, les films d'essais nécessaires existant dans le commerce. La mise au point terminée, tous les organes mécaniques réalisés serviront intégralement à l'adaptation du son magnétique pour lequel le problème de la régularité du défilement se trouvera déjà résolu. On aura alors l'avantage de pouvoir utiliser alternativement les deux procédés photographique et magnétique, ce qui, convenons-en, constituera un avantage peu négligeable.

Nous sommes donc ramenés à un autre problème : l'adaptation à un projecteur muet de format réduit du son photographique est-elle à la portée de l'amateur? La réponse est affirmative et nous avons demandé à André Grimbert qui a sonorisé lui-même divers projecteurs de 9,5 et de 16 mm, dont nous avons eu personnellement l'occasion d'apprécier la qualité sonore, de décrire pour nos lecteurs la meilleure façon d'ajouter à un projecteur muet le son photographique. André Grimbert qui a réussi, entre autres, le tour de force de sonoriser un classique Pathé-Baby (réalisation qu'il décrira en détail dans la revue du SON) rappellera tout d'abord dans un premier article, quels sont les éléments constitutifs d'un lecteur de sons photographiques.

Avant-propos

Sans vouloir entrer dans le détail des diverses traces sonores que l'on peut rencontrer suivant les types de modulateurs de lumière employés pour le réenregistrement du négatif son final dont seront tirées les copies d'exploitation, nous rappellerons simplement que toutes ces traces peuvent être rangées dans deux grandes catégories :

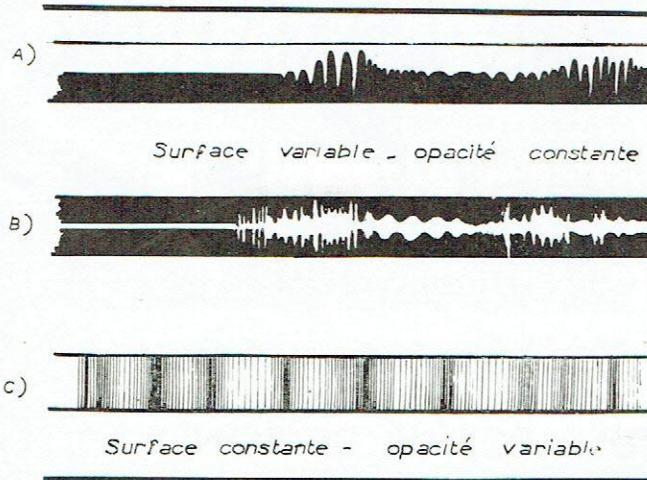


Fig. 1.

1° Les traces à surface variable et à opacité constante, dont il existe de nombreuses variantes (unilatérales, bilatérales, multipistes, push-pull de diverses classes, etc., chacune de ces variétés pouvant comporter ou non une réduction de bruit de fond). A titre d'exemple, la figure 1 donne l'apparence de deux traces de cette catégorie qui sont respectivement du type unilatéral (1 A) et bilatéral (1 B) ;

2° Les traces à surface constante et à opacité variable, qui peuvent être produites par des types très divers de modulateurs et comporter ou non une réduction de bruit de fond. Ces traces se présentent toutes, quelle que soit le procédé, sous la forme de la figure 1 C.

Il n'existe aucune différence de principe pour la lecture de ces deux catégories de traces sonores, le dé-

filement de celles-ci devant la fente de lecture éclairée amenant toujours des variations de l'éclairement transmis au travers du film à la cellule photo-électrique, variations qui reproduisent la modulation enregistrée, que la trace soit à surface variable ou à opacité variable.

La disposition de la trace sonore étant la même dans le cas des deux formats sonores substandards 9,5 et 16 mm (on voit sur la figure 2 que cette trace est disposée immédiatement sur la bordure du support), tout ce que nous dirons ultérieurement s'appliquera indifféremment à ces deux formats pour lesquels les problèmes de régulation seront d'ailleurs rigoureusement les mêmes, les vitesses de défilement étant sensiblement identiques.

Lecteurs de sons

Les lecteurs de sons sont généralement composés d'un projecteur de fente, d'une lampe excitatrice munie de son boîtier, d'une cellule avec son support et son boîtier, d'un filtre mécanique destiné à étouffer le mouvement

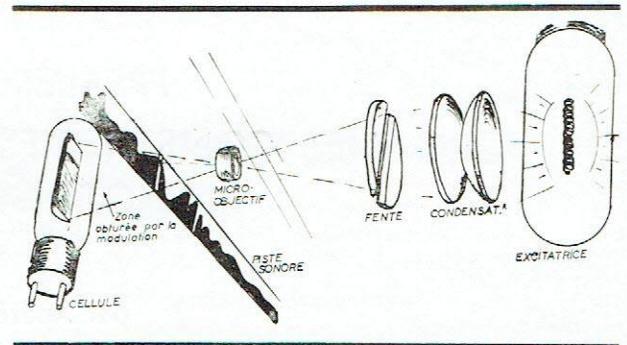


Fig. 3.

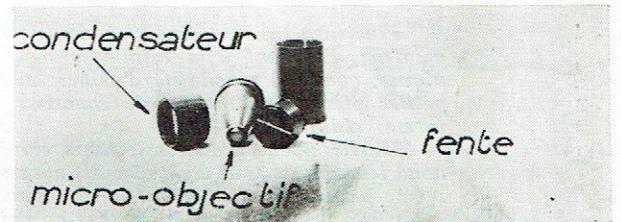
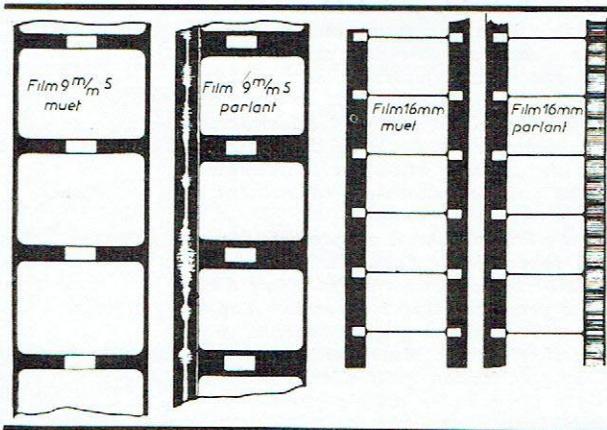


Fig. 3 bis. — Projecteur de fente.

Fig. 2 A.

Fig. 2 B.



saccadé du film à sa sortie du couloir de projection de l'image, d'un volant régulateur à double palier et galet lisse, de galets à axe fixe, et enfin d'un compensateur oscillant; ce dernier est indispensable pour éviter le chevrottement créé par le passage du film sur les dents du débiteur d'entraînement.

La restitution du son s'effectue par exploration de toute la largeur de la trace à l'aide d'un trait lumineux transversal extrêmement fin (de l'ordre du centième de millimètre) et aussi lumineux que possible. La lumière qui traverse la bande est plus ou moins interceptée, suivant la modulation, avant de frapper la cathode émissive d'une cellule photo-électrique placée de l'autre côté (fig. 3).

Le trait lumineux, ou spot, s'obtient par projection de l'image d'une fente fortement éclairée par une lampe excitatrice à filament rectiligne boudiné ou, dans cer-

taines réalisations, par la lampe de projection image inversée, dont une partie de la lumière est utilisée pour la lecture du son. L'image de la fente est ensuite réduite optiquement par un micro-objectif qui la projette sur la trace sonore, le réglage consistant à obtenir sur le film un trait lumineux aussi fin et net que possible, cette condition étant indispensable si l'on veut que les fréquences élevées soient reproduites correctement.

L'image de la fente, qui est à peine large de un à deux centièmes de millimètre, doit avoir des bords parfaitement nets, d'où la nécessité d'un réglage très précis, en raison de la faible profondeur de champ du micro-objectif. Il convient donc de maintenir la distance micro-objectif-trace sonore constante et le projecteur de fente doit être fixé rigidement sur un support approprié, exempt de vibrations.

Par contre, le film étant en mouvement, la trace glissant sur une surface plane peut, malgré les presseurs, se rapprocher plus ou moins de l'objectif; c'est le cas, notamment, si le support est gondolé, et la qualité du son en est alors notablement affectée. Pour éviter ce défaut, il est préférable de guider le film non pas par un couloir plan, mais par une glissière courbe maintenue par la tranche grâce à ses bords en forme de V.

D'autre part, à l'emplacement du trait lumineux de lecture, on peut disposer un galet d'acier parfaitement poli (que l'on pourra constituer par un petit roulement à billes de 3 mm par exemple) maintenant le film dans un plan rigoureusement invariable. L'emploi d'un tel galet est recommandé avec le couloir plan ou la glissière courbe : cette dernière enveloppe concentriquement, en général, le boîtier de la cellule photo-électrique.

Cette disposition des organes est assez commode; d'autre part, le freinage dû aux presseurs du couloir ou à la glissière en V est quelquefois suffisant pour absorber les saccades du film. La lecture peut aussi être faite sur le tambour d'entraînement du volant selon une méthode qui sera décrite plus bas, à propos des différents types de lecteurs de sons.

Des précautions particulières pour l'entraînement et le guidage du film doivent, en outre, être prises pour obtenir une bonne reproduction des sons enregistrés. D'autre part, la projection saccadée des images s'opposant à une reproduction correcte des sons, il faut décaler le son des images correspondantes, de façon à opérer la lecture sonore sur une section du film défilant à vitesse constante; ce décalage est de 26 images pour le 16 mm et de pour le 9,5 mm.

Projecteur de fente

Le projecteur de fente se réalise assez facilement avec une précision acceptable, à condition de posséder un micro-objectif très lumineux et de bonne qualité ou, à la

Fig. 4 A.

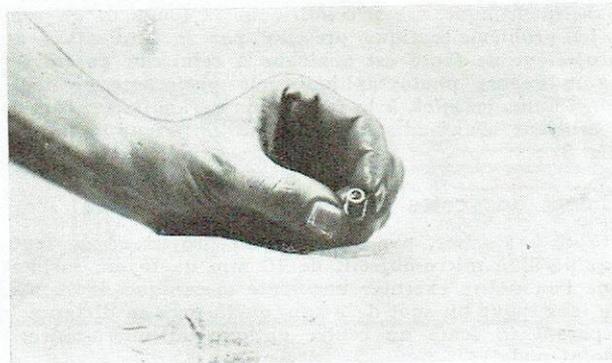
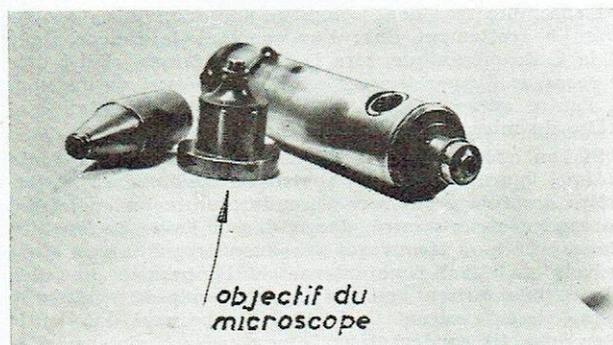


Fig. 4 B.

rigueur, un objectif de microscope à deux ou trois lentilles de 10 à 15 mm de focale (fig. 3 bis). Toutefois, ces objectifs, qui furent utilisés à l'origine, manquent de luminosité, tandis que les micro-objectifs spécialement construits ont, en général, une ouverture relative de $F/1,4$ à $1,6$ et sont, en outre, très bien corrigés.

La forme du projecteur de fente peut être quelconque, carrée ou cylindrique; c'est cette dernière qui est le plus souvent adoptée, en raison de sa facilité de réalisation

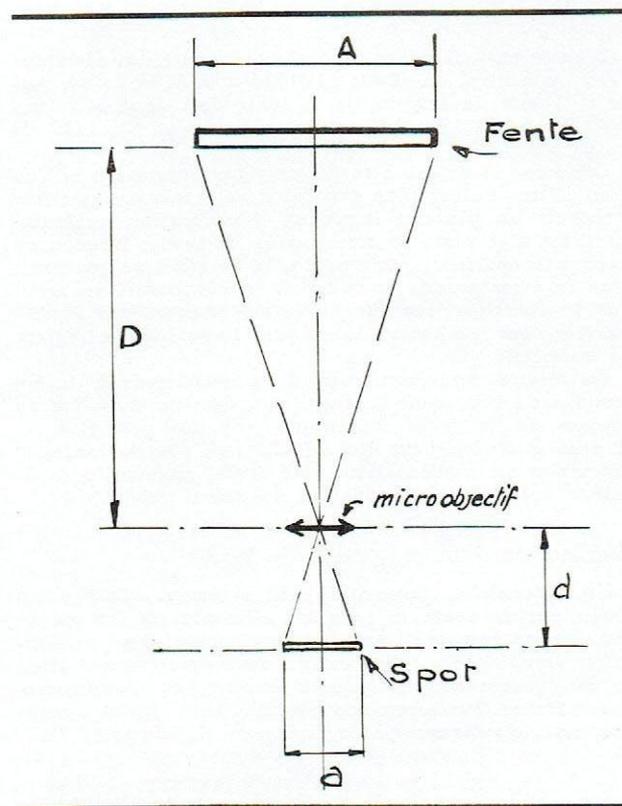


Fig. 5.

(fig. 4 A et B). On taille le corps dans un tube de diamètre aussi réduit que possible, afin de diminuer l'encombrement; l'une des extrémités de ce tube est généralement tronquée, de manière à l'ajuster au diamètre du micro-objectif. Près de l'autre extrémité est placée la fente mécanique; l'emplacement de celle-ci ne doit pas

être quelconque, car il conditionne la longueur du tube.

Le problème optique présenté par la réalisation du projecteur de fente est analogue à celui que posent les agrandisseurs photographiques; le projecteur de fente fonctionne, en effet, à la façon d'un agrandisseur dont le coefficient d'agrandissement serait inférieur à l'unité (fig. 5).

Calcul des cotes d'un projecteur de fente

Soit à réaliser, par exemple, un projecteur de fente équipé d'un micro-objectif de 10 mm de foyer; sachant que l'on désire exécuter une fente mécanique de 12 mm de long, pour un spot de 2 mm, quelle sera la distance D séparant la fente du centre optique du micro-objectif (point nodal)?

D'après la figure 5, nous devons calculer le rapport R des dimensions linéaires du spot à la fente, ce qui donne :

$$R = \frac{a}{A} = \frac{2}{12} = 0,16$$

Les distances d et D s'obtiennent par les formules :

$$D = \frac{f(R+1)}{R} = \frac{10(0,16+1)}{0,16} = 72,5 \text{ mm}$$

et

$$d = \frac{D-f}{Df} = \frac{72,5-10}{72,5 \times 10} = 11,6 \text{ mm}$$

dans lesquelles f représente la distance focale du micro-objectif.

D'autre part, R est aussi égal au rapport des distances d/D . On a bien, en effet : $11,6/72,5 = 0,16$. Pour un spot de 0,02 mm, la largeur de la fente doit donc être de : $0,02/R = 0,02/0,16 = 0,12$, soit un peu plus de 1/10 de millimètre.

Cette épaisseur est à respecter rigoureusement; si l'on prenait une valeur plus grande, il ne serait pas possible d'obtenir un pinceau lumineux d'exploration suffisamment fin, d'où perte de niveau dans les hautes fréquences. Avec une épaisseur plus petite, la lumière ne passerait plus en assez grande quantité. Il en résulterait un manque de puissance, sans préjudice des phénomènes de diffraction, qui rendraient à peu près impossible le réglage de la netteté.

En résumé, pour construire le projecteur de fente, on prendra un tube dont l'alésage sera égal au diamètre du support de la fente mécanique, soit un peu plus de 12 mm, et de longueur égale à 72,5 mm plus la longueur nécessaire au condensateur, côté fente, augmentée de la valeur nécessaire à la fixation du micro-objectif.

Réalisation d'un projecteur de fente

Un mécanicien façonnier peut aisément réaliser un projecteur de fente et tous les éléments du lecteur de son. Il sera bon de disposer, de préférence, d'un condensateur double, afin d'assurer une meilleure concentration de la lumière sur la fente à éclairer, et d'un micro-objectif aussi lumineux que possible. De nombreux constructeurs d'optiques photographiques fabriquent, d'ail-

Fig. 6 A. — Projecteur de fente TAYLOR-H.

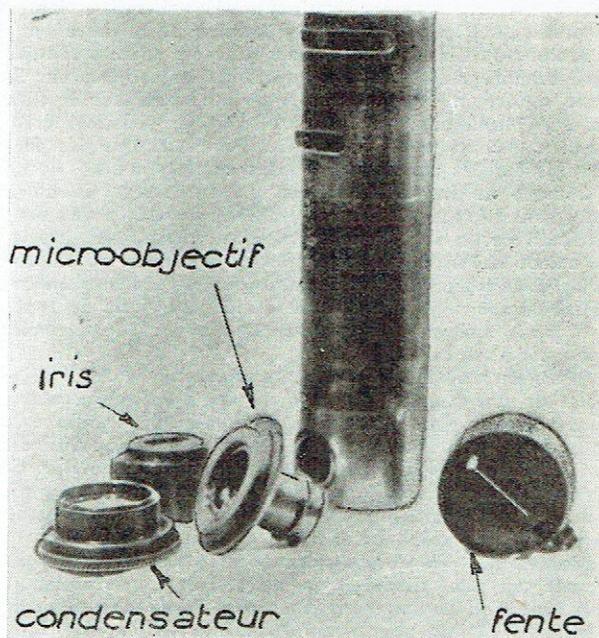
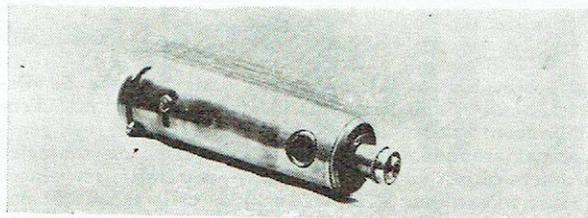


Fig. 6 B.

leurs, des projecteurs de fente pour lecteur de son de cinéma sonore, en format standard ou réduit. Citons, en particulier, un modèle de projecteur de fente de la marque anglaise Taylor-Hobson pour film de 35 mm, dans lequel la fente peut être décalée d'un certain angle, afin de régler sa perpendicularité par rapport à la piste sonore (fig. 6 A et B).

La longueur peut être réduite par rotation d'un volet obturateur (iris); en outre, un miroir sans tain, placé à 45° par rapport à l'axe optique, au foyer arrière du micro-objectif, permet de contrôler aisément le réglage de la mise au point sur la trace sonore.

Le condensateur, la fente mécanique et le micro-objectif sont enfermés dans un tube dont la longueur dépend, en particulier, de l'allongement de l'espace séparant la fente du micro-objectif; on obtient ainsi une chambre noire dont la longueur est fonction de la distance focale du micro-objectif utilisé. Cette longueur déterminée, on peut fixer à demeure l'ensemble des éléments du projecteur de fente; toutefois, la nécessité du réglage de l'image de la fente projetée sur la piste sonore oblige l'opérateur à déplacer tout l'appareil, ce qui n'est pas très commode. Il est préférable de rendre le micro-objectif réglable par vis ou, plus simplement, par éléments de tubes lisses concentriques coulissants, bloqués par vis-pointeau lorsque la mise au point est obtenue.

L'ensemble sera donc constitué par deux tubes coulissants à frottement dur; l'un, portant le condensateur et la fente mécanique, sera le tube extérieur, c'est-à-dire le corps de l'appareil serré dans le dispositif de fixation, et l'autre aura son extrémité conique tronquée au diamètre du micro-objectif utilisé.

Si l'on adopte un des modèles de réglage de la fente indiqués figure 7, on devra choisir en conséquence le diamètre des tubes, qui seront en duralumin ou en laiton. Le condensateur pourra être réalisé à l'aide de lentilles planconvexes ou biconvexes sans monture; il faudra alors prévoir un décolletage interne de l'extrémité du tube, afin d'immobiliser celles-ci à leur emplacement, une bague vissée assurant la fixation. On pourrait aussi utiliser un petit condensateur à monture cylindrique, glis-

Réglage des fentes

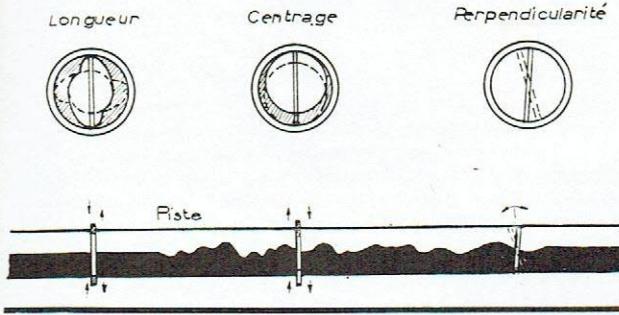


Fig. 7.

sant juste dans le tube; dans ce cas, la fixation serait assurée par une petite vis-pointeau latérale (1).

La fente mécanique

La fente mécanique doit être rigoureusement calibrée, et ses bords parallèles et fraisés, de manière à ne pas créer de passage susceptible de réunir les grains de poussière qui peuvent rentrer dans l'appareil.

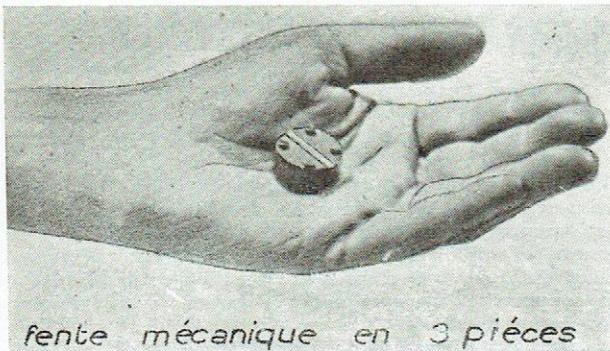


Fig. 8.

Les lèvres de cette fente doivent se présenter comme les lames d'un couteau opposées par leurs tranchants, le côté fraisé étant, autant que possible, du côté du condensateur. L'ensemble se réalisera en trois pièces, au moins : une embase cylindrique fraisée au centre d'une ouverture diamétrale de 1 à 2 mm et deux pièces semi-cylindriques fraisées suivant leur diamètre; leur assemblage donnera la fente désirée, chaque pièce étant fixée par deux vis à métaux série horlogère de 1 mm (fig. 8); l'une des pièces sera rendue légèrement mobile par ovalisation de ses trous de fixation. Les trous taraudés correspondants seront percés dans l'embase.

Le réglage et le calibrage sont d'une facilité enfantine; il suffit de disposer d'une cale plane rigoureusement calibrée en épaisseur et en parallélisme, et qu'on trouve dans le commerce en jeux d'épaisseurs différentes. On pourrait aussi tailler une telle cale dans du clinquant d'acier sans bavure.

A la mise en place des pièces semi-cylindriques, on introduit la cale, contre laquelle on resserre ces pièces avant de les bloquer; puis, on retire ladite cale. La fente est alors constituée, et il ne reste plus qu'à la mettre en place à côté du condensateur (fig. 9).

(1) Les condensateurs de projecteur PATHÉ-BABY conviennent parfaitement à un tel usage.

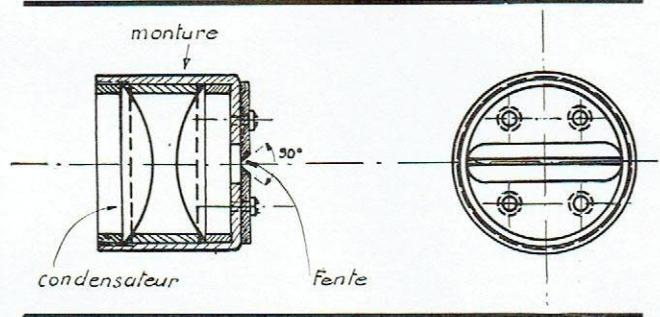


Fig. 9.

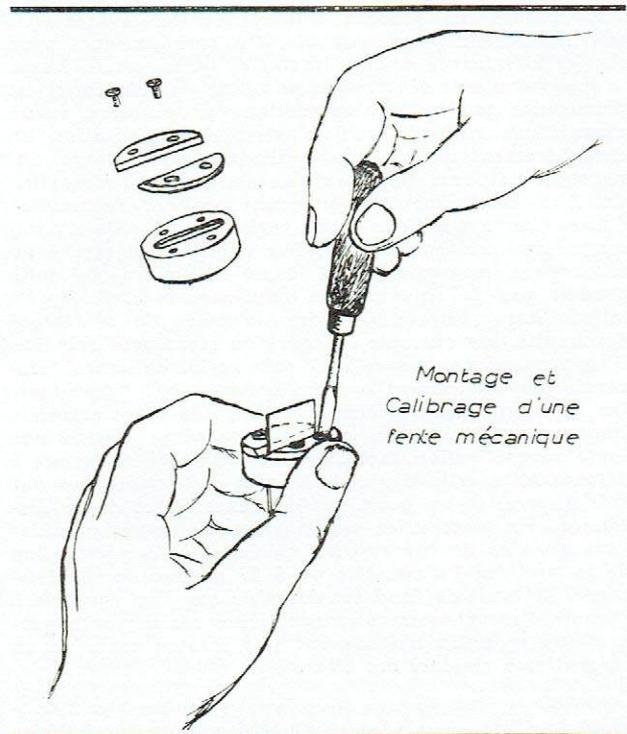
On pourrait aussi rendre l'embase de la fente solidaire de la monture du condensateur, ce qui permettrait de supprimer une pièce décollée; mais la réalisation serait plus délicate (fig. 10).

La réalisation du tube porte-objectif est très simple; il suffit, comme nous l'avons dit, de tailler l'extrémité au diamètre du micro-objectif, celui-ci étant vissé, si possible, dans l'extrémité qui doit le recevoir. Le réglage sera obtenu en vissant plus ou moins ce micro-objectif. De toute façon, l'intérieur des tubes devra être bruni ou mieux noirci, afin d'éviter les réflexions de lumière parasites sur les parois et le pas micrométrique.

Le micro-objectif

Les maisons spécialisées dans la fabrication des objectifs réalisent des micro-objectifs spécialement adaptés aux projecteurs de fente de lecteurs de son. Signalons, par exemple, les micro-objectifs « Magister » de S.O.M Berthiot, constructeur des « Cinor » bien connus pour la prise de vues; cette maison peut, d'ailleurs, livrer des projecteurs de fente complets, dont nous publierons les caractéristiques prochainement.

Fig. 10.



PROBLÈMES POSÉS PAR L'ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE sur films de format réduit ⁽¹⁾

par M.-J. de CADENET *

Réduction du magnétisme résiduel

Si l'influence des parasites produits par le projecteur sur le rapport signal/bruit est considérable, il n'en demeure pas moins nécessaire que le bruit de fond propre au procédé d'enregistrement magnétique soit aussi réduit que possible. On constate que, pour que cette exigence soit satisfaite et qu'en même temps la distorsion soit réduite à une valeur acceptable, il est primordial que la tête magnétique ne conserve aucun magnétisme résiduel qu'il s'agisse de l'utilisation en enregistrement ou en lecture. Diverses précautions, qui ne sont d'ailleurs pas spéciales au cas de l'utilisation du film étroit, sont à prendre lors de l'utilisation d'une tête magnétique pour éviter que celle-ci soit magnétisée accidentellement. Par exemple, la tête a pu se trouver momentanément dans le champ de fuite produit par la culasse d'un haut-parleur d'où on l'a retirée brusquement; au cours d'essais de continuité de circuits, par exemple au cours du montage d'une tête, il a pu arriver que celle-ci soit accidentellement traversée par un courant continu brusquement interrompu. On ne saurait trop le dire ici : il est de toute première importance d'éviter en cours de montage magnétique toute magnétisation fortuite de la tête qui obligerait à démagnétiser celle-ci avant l'emploi si l'on ne veut pas voir apparaître un bruit de fond excessif et de la distorsion. En particulier on ne devrait jamais procéder sans prendre de précautions spéciales, à la vérification de la continuité d'une tête ou à la mesure de sa résistance. Le bruit de fond considérable que l'on constate à l'écoute d'enregistrements magnétiques réalisés sans précautions spéciales n'a souvent pas d'autre cause qu'un magnétisme résiduel des têtes.

(1) Voir le début de cette étude dans les numéros 2 et 3 de la revue du SON.

(*) Ingénieur E.S.M.E.

Un autre point capital à observer et qui n'est en général pas même effleuré dans les articles traitant de l'enregistrement magnétique c'est le fait que dans le cas courant d'emploi d'une tête unique assurant successivement les fonctions d'enregistrement et de reproduction la suppression brusque de la polarisation à fréquence supersonique utilisée lors de l'enregistrement peut laisser un magnétisme résiduel si la tension HF appliquée présente une pointe au moment précis de la coupure de l'alimentation de la tête. C'est pourquoi il est indispensable de ne pas couper brusquement ce courant mais de le réduire progressivement à une valeur aussi faible que possible avant la déconnection du circuit. Cette précaution qui n'est observée que par certains constructeurs importants (entre autres RCA sur son projecteur à son magnétique 16 mm, type 400) permet d'améliorer de 10 à 20 décibels le rapport signal/bruit par rapport à ce que l'on obtient sans prendre de précautions spéciales, la distorsion étant également réduite dans des proportions importantes, le magnétisme résiduel amenant un déplacement du point de fonctionnement sur la courbe d'hystérésis du matériau magnétique constituant l'armature de la tête.

Il y a lieu également de s'assurer que la bobine contenant le film n'est pas magnétisée (dans le cas naturellement où celle-ci est en matériau magnétique) et que le trajet parcouru par le film à travers le projecteur ne comporte aucune partie magnétisée. L'idéal serait évidemment d'employer des bobines en matériau non magnétique (c'est, en général, le cas en France) et d'utiliser un projecteur ne comportant aucune partie magnétisable sur le passage de la trace magnétique du film; ceci n'est naturellement pas possible dans le cas de l'utilisation d'un projecteur existant; les débiteurs sur lesquels l'enduit magnétique vient en contact devront en particulier dans le cas le plus fréquent ou ceux-ci sont constitués

par un matériau ferreux, faire l'objet d'une démagnétisation fréquente si l'on veut que l'utilisation du projecteur avec son magnétique se fasse dans des conditions satisfaisantes.

Réponse en fréquence

Pour continuer l'étude des problèmes d'ordre électro-magnétique intéressant le matériau magnétique lui-même, problèmes que la réduction du bruit de fond nous a fait aborder, nous dirons quelques mots sur la réponse en fréquence des films étroits enregistrés magnétiquement. Si la vitesse de défilement n'exerce qu'une action relativement peu importante, sur le plan pratique, en ce qui concerne les basses fréquences, elle affecte de façon considérable les fréquences élevées. La technique de fabrication des têtes d'enregistrement a fait de tels progrès qu'on peut considérer que la réponse pour ces fréquences n'est pratiquement limitée que par suite de l'intervention de phénomènes de démagnétisation de la bande, les fentes des têtes d'enregistrement et de lecture pouvant être rendues suffisamment étroites pour que leur influence devienne négligeable par rapport aux effets de démagnétisation. Sans entrer dans des développements techniques qui nous entraîneraient trop loin du problème traité, nous dirons seulement que cette démagnétisation se fait d'autant plus sentir pour un matériau de force coercitive donnée, que la vitesse de défilement est faible, ce qui fait que l'on atteint pour chaque vitesse et chaque type d'enduit des limites bien déterminées qui ne paraissent pas s'être élevées sensiblement depuis 1946, malgré les progrès considérables réalisés dans la fabrication des têtes.

Le revêtement magnétique doit naturellement être approprié à la vitesse de défilement; par exemple les oxydes servant à l'enduction d'une bande de 6,35 mm défilant à 77 cm par seconde donnerait des résultats déplorables pour l'enduction d'un film de 16 mm défilant à 12 cm par seconde. Les fabricants de bande magnétique qui enduisent des films cinématographiques ont mis au point des oxydes à force coercitive élevée, étudiés spécialement pour les faibles vitesses de défilement correspondant aux films de format réduit. Le fait d'augmenter la force coercitive du matériau d'enregistrement a, en effet, la même conséquence qu'au point de vue réponse HF qu'une augmentation de la vitesse de défilement, les phénomènes de démagnétisation intervenant d'autant moins que la coercivité du matériau est grande, la réponse BF demeurant inchangée. Il n'est pas absolument prouvé d'ailleurs qu'en fin de compte cette adoption d'oxydes à forte coercivité soit la plus recommandable pour les films étroits car, pour améliorer la réponse dans les fréquences basses, tout en réduisant la distorsion pour ces fréquences, elle oblige à utiliser une polarisation supersonique plus importante que pour une bande à coercivité moindre, ce qui peut amener une réduction du niveau de sortie HF, allant ainsi à l'encontre du but poursuivi.

Quelle limite supérieure de fréquence reproduite avec une atténuation de l'ordre de 3 décibels par rapport au niveau à 1 000 périodes peut-on atteindre, après égalisation, dans l'état actuel de la technique? Comme nous l'avons dit ci-dessus, peu de progrès ont été faits dans ce domaine, tout au moins sur le plan commercial, depuis les premiers essais de CAMRAS qui obtenait déjà en 1946 la courbe de réponse que nous avons donné dans le numéro 2 de la *revue du SON*, page 84. Nous ne nous intéresserons pas ici au cas du défilement à 24 images par seconde qui n'offre aucun intérêt particulier pour l'amateur, puisque la reproduction des mouvements est suffisamment naturelle à 16 images par seconde, (le scintillement n'étant, par ailleurs, pas gênant à cette cadence avec les projecteurs modernes) pour que l'on éprouve le besoin de dépenser 50 % de pellicule en plus

en passant de 16 à 24 images par seconde. Les revêtements employés pour les trois formats réduits sont les mêmes, c'est-à-dire que les têtes d'enregistrement et de lecture étant supposées du même type (ce qu'il est naturel d'assumer pour une comparaison), la limite de réponse supérieure sera proportionnelle à la vitesse de défilement. Cette limite est de l'ordre de 5 000 c/s pour le film de 16 mm défilant à 12 cm/s et employant les oxydes magnétiques et les têtes disponibles en France. Les valeurs obtenues pour le 16 mm et de 9,5 mm sont identiques, les vitesses de défilement étant les mêmes à 0,8 % près; la fréquence limite reproduite par le film de 8 mm est sensiblement la moitié de celle obtenue pour les deux autres formats, soit 2 500 c/s.

Les résultats obtenus se comparent favorablement dans le cas du 9,5 et du 16 mm avec ceux obtenus par le procédé photographique. Il est évident que les résultats obtenus sont très inférieurs à ceux que l'on pourrait obtenir en utilisant un enregistreur magnétique indépendant couplé avec le projecteur d'images. Comme nous l'avons déjà dit, l'enregistrement magnétique sur film étroit n'en est encore qu'à ses débuts et il est vraisemblable que des progrès importants seront accomplis dans le domaine de la réponse en fréquence comme dans celui de la réduction du bruit de fond.

Distorsion

Le réglage d'un système d'enregistrement magnétique consiste en un compromis, la valeur de la polarisation supersonique qui donne le minimum de distorsion n'étant pas celle qui fournit le maximum de niveau. Par suite si l'on recherche avant tout la qualité on sacrifiera le niveau de sortie, ceci, naturellement, dans le cas où l'on peut s'affranchir de la servitude créée par le problème du bruit de fond. Dans le cas qui nous occupe ou comme nous l'avons vu, il y a intérêt, en raison de l'importance du bruit de fond dû à l'influence parasite d'éléments faisant partie intégrante du projecteur, à augmenter autant que possible le rapport signal/bruit, nous serons amenés à sacrifier la qualité en faveur de la puissance.

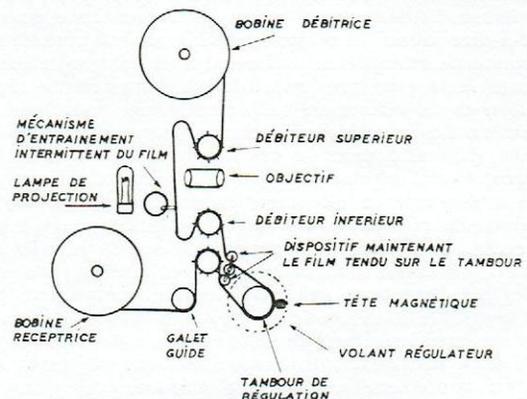


Fig. 1. — Adaptation du son magnétique sur un projecteur à son photographique utilisant le dispositif de régulateur existant sur le projecteur.

Le procédé magnétique employé est capable de fournir dans les meilleures conditions un signal présentant une distorsion harmonique de l'ordre de 2 %. En fait, l'augmentation du rapport signal/bruit nous amènera à enregistrer à un niveau élevé et à ajuster la polarisation supersonique pour un maximum de niveau, ce qui nous

occasionnera une distorsion de l'ordre de 5 % qui restera, malgré tout, acceptable dans la plupart des cas si l'amplificateur n'introduit pas de son côté un taux de distorsion prohibitif.

Emplacement de la tête magnétique

En raison des difficultés soulevées par le montage de plusieurs têtes sur un projecteur pour films étroits, il semble que la solution la plus recommandable pour l'amateur, consiste en l'utilisation d'une tête unique assurant successivement les fonctions d'enregistrement et

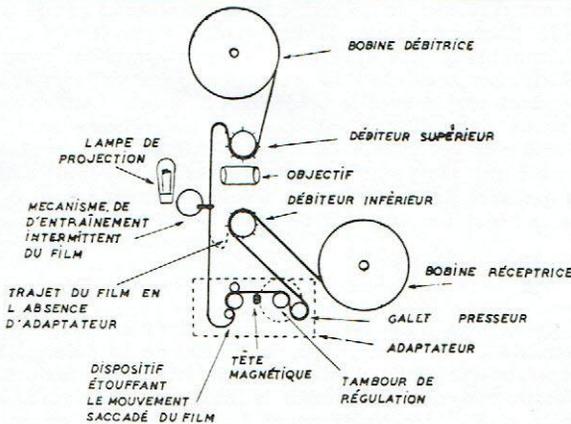


Fig. 2. — Adaptateur pour son magnétique formant un bloc indépendant sur lequel on place le projecteur muet.

de reproduction, l'effacement étant obtenu indépendamment du passage du film dans le projecteur, selon des procédés que nous étudierons plus tard. L'emplacement de cette tête magnétique combinée sur le projecteur est fixée par des considérations d'ordre mécanique. L'enregistrement où la lecture devant se faire au point ou la vitesse de défilement est la plus constante possible, c'est-à-dire aussi loin que possible du dispositif d'entraînement intermittent nécessaire à la projection de l'image et le plus près possible du dispositif de régularisation de la vitesse de défilement. Trois solutions sont possibles. La première qui est en général réalisable sans grande difficulté dans le cas de modification d'un projecteur à son photographique à lecteur tournant consiste à disposer la tête dans le voisinage immédiat du tambour de régulation ou même à l'intérieur de celui-ci (voir fig. 1) : c'est la solution adoptée par BELL & HOWELL, RCA-VICTOR. Elle n'est en général pas utilisable par l'amateur qui dispose d'un projecteur muet sur lequel le montage d'un système de régulation est hors de question étant donné le travail de découpage et d'ajustage nécessaire, la disposition des organes internes du projecteur ne laissant d'ailleurs le plus souvent pas la place nécessaire à une telle adjonction.

Il reste alors deux solutions qui n'entraînent aucune modification mécanique du projecteur proprement dit. L'une, qui vient tout de suite à l'esprit, consiste à placer le projecteur sur un socle formant adaptateur. La nécessité d'entraîner le film à vitesse constante à la sortie du système sonore oblige à placer l'adaptateur entre la sortie du mécanisme intermittent et le débiteur inférieur (voir figure 2) ce qui oblige à prévoir un dispositif étouffant les saccades du film avant passage sur le dispositif d'enregistrement et de reproduction du son.

L'autre solution consiste à placer l'adaptateur entre la

bobine débitrice et le débiteur d'entrée du projecteur (voir figure 3). Cette solution, qui est due à Fred JEANNOT, résoud de façon très élégante le problème, le débiteur d'entrée du projecteur qui entraîne le film à sa sortie de l'adaptateur assurant une traction régulière de celui-ci, le mouvement saccadé du film n'intervenant plus puisque l'enregistrement et la lecture du son se font avant la projection de l'image. L'adaptateur de Fred JEANNOT a de plus le mérite de pouvoir s'adapter sans aucun usinage sur tous les projecteurs existants ou à venir.

Quelle que soit la méthode adoptée, l'ajustage de la position de la tête devra se faire avec une grande précision, la fente devant être rigoureusement perpendiculaire au bord du film et alignée latéralement avec précision, la largeur de la trace étant inférieure au millimètre et la largeur de la partie utile de la tête ayant en général des dimensions équivalentes. La nécessité d'obtenir un niveau de sortie aussi important que possible ne permet pas la moindre tolérance de réglage latéral, les erreurs de positionnement pouvant amener de plus des distorsions non négligeables. Le problème est analogue à celui qui se présente dans le cas de la lecture photoélectrique, le réglage étant toutefois plus délicat en raison des largeurs de trace plus faibles.

Les films d'amateur étant toujours du type réversible sont projetés le côté émulsion dirigé vers l'objectif, c'est-à-dire que, dans la plupart des réalisations commerciales utilisant un dispositif de régulation de la vitesse d'entraînement du film analogue à celui réalisé dans le cas du son photographique (voir fig. 1), la lecture du son magnétique qui provient d'une enduction faite presque toujours sur le côté support du film devra se faire du côté intérieur du tambour de régulation ce qui posera souvent des problèmes délicats de disposition des têtes. Il est également à noter que quel que soit le type d'adaptateur employé, la sonorisation magnétique éventuelle de copies commerciales 16 millimètres ne sera possible qu'à condition d'inverser la position de la tête par rapport au film, la projection de ces films s'effec-

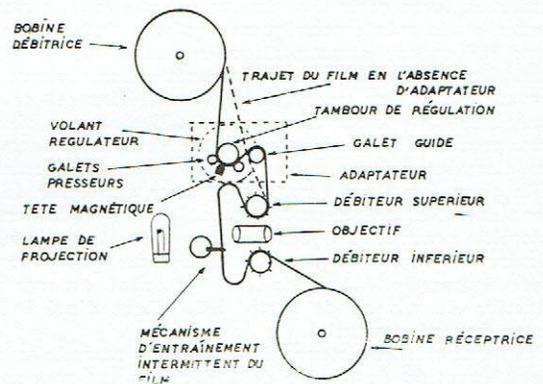


Fig. 3. — Adaptateur pour son magnétique formant un bloc indépendant que l'on intercale entre la partie supérieure du projecteur muet et le bras porte bobine débitrice.

tuant le côté support vers l'objectif. Le même cas se présentera lors de la sonorisation de copies tirées par contact à partir d'un négatif ou d'un original inversible (par exemple le réenregistrement d'un dialogue français par procédé magnétique à la place d'un enregistrement photographique en langue étrangère).

Au prochain numéro :

Problèmes mécaniques et problèmes électroniques.

MONTAGE SYMÉTRIQUE "SÉRIE"

par L. CHRÉTIEN *

Dissymétrie

Quand on relève les caractéristiques de transmission d'un montage symétrique en fonction de la fréquence, on note généralement une augmentation de la distorsion dans la partie supérieure du spectre acoustique. Un examen plus approfondi montre que cette distorsion est liée à une dissymétrie.

Il y a déjà fort longtemps que l'auteur s'est penché sur ce problème.

De prime abord, le montage semble parfaitement symétrique... et pourtant les appareils de mesures ne sont pas de cet avis!

Dans certains cas, la divergence se manifeste vers 1 500 ou 2 000 périodes/seconde.

Elle apparaît plus tard dans les amplificateurs très soignés mais elle est généralement fort notable au-delà de 8 000 cycles/seconde.

Il faut, généralement, rechercher la cause du mal dans les transformateurs de liaison et de sortie. On peut supprimer les premiers, mais il faut se résoudre à garder les seconds.

Ils doivent être construits de manière à être parfaitement symétriques, aussi bien en ce qui concerne les inductances que les capacités. Il faut d'ailleurs s'efforcer de réduire ces dernières à l'extrême au moyen d'enroulements fractionnés. Un défaut très communément rencontré est le manque de couplage entre les deux moitiés de l'enroulement primaire. L'auteur a indiqué un mode de construction qui permet de réduire considérablement le coefficient de dispersion entre les deux moitiés de l'enroulement (1). MAC INTOSH et Gow ont préconisé l'emploi d'un transformateur dont l'enroulement primaire est bobiné en « bifilaire » et un montage éliminant l'influence des capacités parasites.

Une autre solution à ce problème a été donnée par A. G. P. PETERSON et D. B. SINCLAIR, deux techniciens de la Général Radio Company, qui ont décrit leur montage dans le *Général Radio Experimenter* (octobre 1951) ainsi que dans d'autres articles dont on trouvera la liste plus loin.

Principe du montage

Le principe du montage est facile à comprendre en examinant la figure 1.

Il s'agit de deux tubes dont les tensions d'entrée, obtenues au moyen d'un transformateur à deux enroulements secondaires, sont égales et en opposition de phase, comme dans un montage symétrique ordinaire. Pour un des tubes l'impédance de charge est disposée entre la cathode et le pôle négatif de la source anodique, pour

l'autre cas, la disposition est celle que l'on rencontre d'habitude.

Les deux impédances de charge étant identiques, elles ont la même résistance ohmique. La chute de tension continue entre leurs extrémités est donc la même. Il en résulte que si l'on établit les connexions marquées en pointillé AB et CD, les deux intensités s'équilibrent exactement. Ainsi la charge ne sera parcourue par aucune intensité continue.

On arrive ainsi à la disposition figure 2.

Mais cet équilibre n'est valable qu'en courant continu puisque les composantes utiles sont en opposition, de phase : elles s'ajoutent dans la charge.

On peut donc dire, avec les auteurs du montage, que les deux tubes sont en série en ce qui concerne l'alimentation anodique alors qu'ils sont en parallèles en ce qui concerne les composantes utiles.

Avantages et inconvénients

En pratique, la charge est constituée par le transformateur d'adaptation du haut-parleur. Celui-ci peut ne comporter qu'un seul enroulement primaire. Mais, dans ce cas, les deux tubes étant alimentés en série, il est nécessaire de disposer d'une tension anodique double de celle qui serait normalement nécessaire... C'est évidemment un inconvénient. Nous verrons plus loin qu'on peut éliminer cette objection par différents procédés.

Il est à noter que la branche KL n'étant parcourue par aucune intensité continue, on peut sans inconvénient la couper par un condensateur sous réserve naturellement que l'impédance de ce dernier soit négligeable par rapport à la charge, dans les limites de fréquence du fonctionnement.

Suppression du transformateur de sortie

Une intéressante possibilité est la suppression du transformateur de sortie. La charge commune aux deux tubes est alors tout simplement la bobine mobile du haut-parleur. On remarquera (ce qui est fort important) que cette impédance n'est traversée par aucune intensité continue.

Il est évident que cette solution suppose :

- a) L'emploi de tubes triodes de puissance;
- b) l'emploi d'un haut parleur spécial.

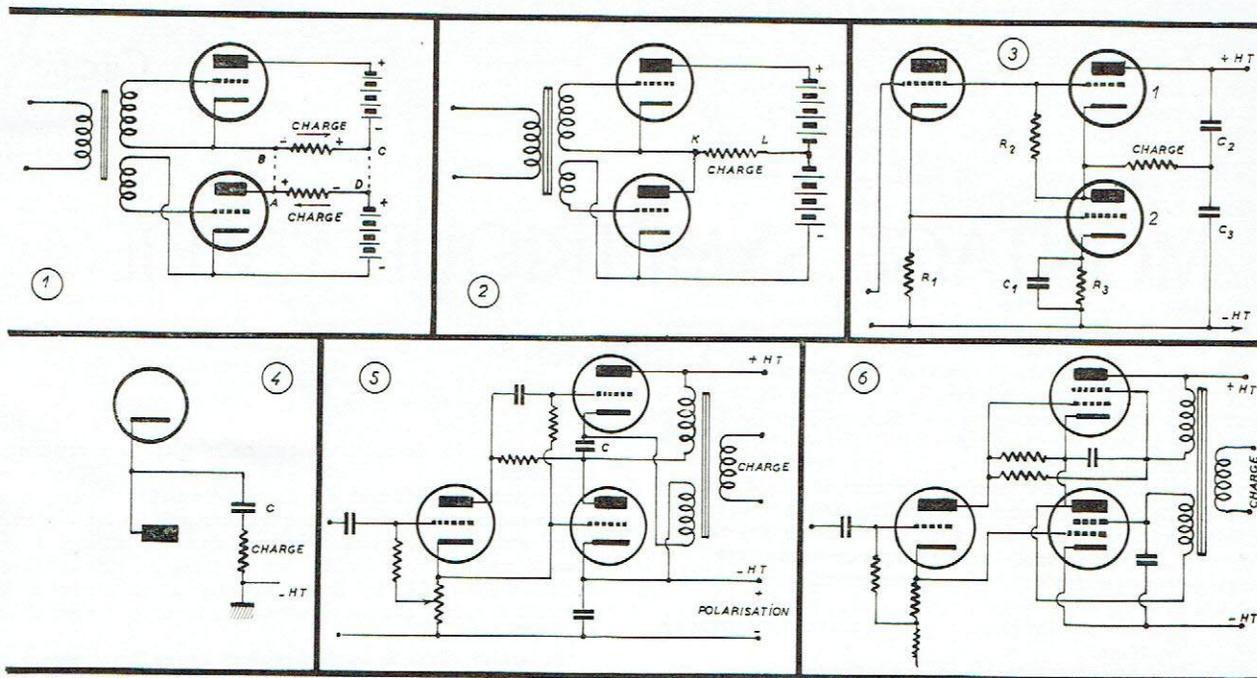
Avec certains tubes triodes de puissance, comme les modèles 6AS7G, l'impédance de charge optimum est de 280 ohms seulement. Or, il ne semble pas impossible de construire des bobines mobiles ayant effectivement des impédances de cet ordre de grandeur.

Combinaison avec l'étage déphaseur

Le circuit peut être ingénieusement combiné avec un étage déphaseur du type « cathodyne » à couplage direct. Le montage est indiqué sur la figure 3. Les deux résis-

(*) Ingénieur E.S.E.

(1) *Un récepteur et deux amplificateurs à très haute fidélité*, par L. CHRÉTIEN. E. Chiron, Editeur, page 272.



tances R_1 et R_2 sont naturellement d'égale valeur. On choisit cette grandeur de manière que la chute de tension entre les extrémités de R_2 fournisse la polarisation correcte pour le tube 1.

Cette chute de tension est dans le mauvais sens pour le tube II. Il faut choisir R_3 de manière à ramener la polarisation effective du tube II à la valeur voulue.

Malgré la présence de ce couplage direct, la caractéristique de transmission est limitée du côté des fréquences basses par suite de la présence des condensateurs C_2 et C_3 .

On peut éventuellement utiliser une autre disposition : l'impédance de charge est mise d'un côté à la masse ($-HT$) et l'autre extrémité est alimentée par l'intermédiaire d'un condensateur (fig. 4).

Le circuit de la figure 3 introduit nécessairement un effet de contre-réaction. En effet, la tension anodique du tube déphaseur est obtenue à travers l'impédance de charge. Il en résulte que la tension de sortie est reportée à l'entrée.

Cette contre-réaction est naturellement un élément correcteur de distorsion. Toutefois il faut prévoir une tension d'attaque notablement plus grande que si elle n'existait pas.

Emploi d'un transformateur de sortie

Il n'existe pas actuellement de haut-parleurs ayant une bobine mobile d'assez grande impédance pour être directement insérée dans le circuit de charge. Il faut donc nécessairement prévoir un transformateur d'adaptation. Le circuit n'en conserve pas moins un certain nombre d'avantages.

Ce transformateur doit être prévu avec deux enroulements primaires électriquement séparés. Mais ceux-ci étant en réalité, connectés en parallèle, il en résulte que leur coefficient de dispersion n'a aucune conséquence nocive sur le fonctionnement. La construction en est d'autant facilitée.

On peut profiter de la présence de ce transformateur pour réaliser un branchement des deux tubes en parallèle, en ce qui concerne la tension disponible et l'objection citée plus haut n'existe plus.

Le montage est indiqué par la figure 5.

Le couplage « série » des deux tubes pour les composantes utiles est effectué à travers le condensateur C . Celui-ci doit être choisi d'une assez grande valeur, de manière que son impédance soit négligeable par rapport à tous les autres éléments du circuit, pour toutes les fréquences utiles.

Emploi de tubes avec grille-écran

L'inconvénient majeur des tubes triodes est leur faible sensibilité. La qualité se paie. Le circuit peut s'adapter à l'emploi de tubes tétrodes ou pentodes de puissance. Il faut naturellement veiller à l'alimentation normale des écrans.

Cela n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire en premier examen car la cathode d'un des deux tubes n'est pas « à la masse ».

Il n'y a cependant aucune difficulté avec le montage de la figure 4 puisque les deux anodes sont alimentées en parallèle.

Avec le montage où les deux alimentations anodiques sont en série on peut avoir recours à la disposition indiquée sur la figure 6.

Conclusion

Les montages dont nous venons de donner le principe présentent un intérêt évident pour la réalisation d'amplificateurs à très faible taux de distorsion. Dans les montages symétriques classiques c'est le transformateur de sortie qui est le point le plus faible de la chaîne.

Cette qualité se paie évidemment, car ces nouveaux amplificateurs sont certainement plus difficiles à mettre au point. Mais ces difficultés sont loin d'être insurmontables.

BIBLIOGRAPHIE

- A G.P. PETERSON et D. B. SINCLAIR. — *General Radio Experimenter*, octobre 1951, « A. Single Ended Push Pull Amplifier ».
- Arnold PETERSON et Donald B. SINCLAIR. — *P.I.R.E.*, janvier 1952, « A Single Ended Push Pull amplifier ».
- F. H. Mc INTOSH et G. J. GOW. — *Audio Engineering*, décembre 1949, « Description and analyses of a new 50 watts amplifier circuit ».

LE COUPLAGE DES HAUT-PARLEURS *

par Philippe FORESTIER

Conséquences d'une désadaptation d'impédances

Jusqu'à maintenant, on a cherché à réaliser une adaptation optimum des impédances de charge pour conserver à l'amplificateur ses qualités de puissance et de fidélité. Malgré toutes les « astuces » imaginables, il peut se faire que la sortie correspondant à l'impédance d'un groupe de haut-parleurs fasse défaut. Dans ces conditions, comment effectuer le branchement ?

A l'esprit, vient immédiatement cette réponse : « Tout simplement sur la sortie correspondant à l'impédance de valeur la plus proche. »

Mais, comme l'âne de Buridan¹⁴, on peut se trouver entre le picotin et l'eau et, si une « impédance » de sortie de 6 Ω est nécessaire, hésiter entre la prise 4 Ω et la prise 8 Ω , seules disponibles.

Voyons les conséquences de l'emploi d'une impédance de charge différente de la valeur optimum sur le fonctionnement de l'étage de puissance d'un amplificateur.

Etage de puissance simple. — Pour les triodes avec ou sans contre-réaction (de tension), la réduction de la charge fait rapidement baisser la puissance et croître la distorsion; l'augmentation fait baisser légèrement la puissance. La charge peut doubler sans grand inconvénient.

Pour les tétrodes et pentodes sans contre-réaction, la puissance varie peu avec les écarts de charge, mais la distorsion augmente plus vite si la charge croît que si elle décroît¹⁵. Avec contre-réaction de taux suffisamment élevé pour que ses effets soient sensibles, c'est l'inverse qui se produit : la distorsion varie peu, mais la puissance baisse avec les écarts de charge. Une réduction de la charge réduit aussi l'efficacité de la contre-réaction.

Etage de puissance symétrique. — Toutes les considérations relatives à la distorsion voient leurs conclusions modifiées, les harmoniques pairs étant éliminés. Seuls interviennent les harmoniques impairs.

Pour les triodes avec ou sans contre-réaction, la ré-

duction de la charge aussi bien que son augmentation font baisser la puissance, mais moins si la charge croît. La distorsion varie peu. La charge peut doubler sans grand inconvénient.

Le fonctionnement en classe AB étant, en général, préféré, pour les tétrodes ou pentodes, les résultats sont assez variables avec le point de fonctionnement des tubes, le type de la polarisation et l'amplitude du signal. Aussi est-il difficile de généraliser.

La plupart du temps, la puissance et la distorsion croissent avec la charge, dans les montages sans contre-réaction¹⁶. L'augmentation de distorsion est assez sensible et peut devenir gênante, les harmoniques impairs la constituant en totalité.

Avec contre-réaction, comme tout à l'heure, les résultats sont inversés. L'augmentation de la charge accroît l'efficacité de la contre-réaction. La distorsion reste négligeable et la tension de sortie tendant à rester constante avec la charge la puissance décroît. Une réduction de la charge réduit l'efficacité de la contre-réaction, la puissance décroît cependant par suite de l'augmentation de la résistance interne.

CONCLUSION. — *Pour des triodes avec ou sans contre-réaction et pour des tétrodes ou pentodes avec contre-réaction il est préférable d'utiliser une charge plus grande que la valeur optimum plutôt que plus faible (fig. 20a).*

Pour des tétrodes ou pentodes sans contre-réaction, il est préférable d'utiliser une charge plus faible (mais sans excès) plutôt que supérieure à la valeur optimum (fig. 20b).

Une erreur commune

C'est en toute bonne foi, que certains croient charger un amplificateur avec une impédance supérieure à la valeur optimum en branchant, par exemple, un haut-parleur de 6 Ω , sur la sortie 8 Ω .

Nous avons déjà souligné que dire « sortie d'impédance 8 Ω » n'a pas de sens, bien que la pratique courante en

14. Ceci dit sans aucune espèce d'insinuation malveillante de la part de l'auteur.

15. Contrairement à une opinion souvent émise, ce n'est pas l'harmonique trois qui croît avec la charge mais l'harmonique deux. L'harmonique trois passe fort malencontreusement par un maximum pour une valeur d'impédance de charge proche de l'optimum.

16. En effet, la charge normale étant plus faible qu'en classe A, on ne se trouve au maximum de distorsion et au maximum de puissance que pour une charge plus grande que la valeur optimum en classe AB.

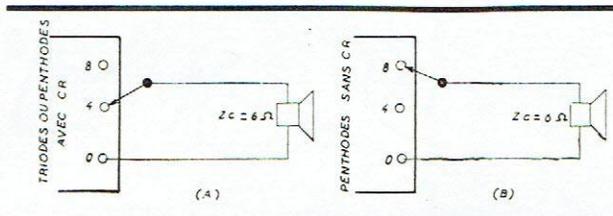


Fig. 20. — Branchement d'un haut-parleur dont l'impédance diffère de l'impédance optimum de charge réfléchi ou secondaire.

donne un bien précis. L'impédance de charge optimum $Z_p = n^2 Z_s$ est obtenu pour des valeurs déterminées de la charge réelle et du rapport de transformation. Z_p est directement proportionnel à l'impédance de charge connectée au secondaire Z_s et l'adaptation sera correcte si à la sortie correspondant à une impédance de charge de 8Ω est connecté un haut-parleur de 8Ω . Si celui-ci a une impédance de 6Ω , Z_p , impédance de charge normale de l'étage final, est les $6/8$ de l'optimum, donc plus faible et non plus élevée.

Pour obtenir une impédance de charge plus élevée, il faut que le haut-parleur de 6Ω soit branché à la sortie 4Ω . C'est ce qu'illustre la figure 20a.

Mise en phase des haut-parleurs

A priori, il pourrait paraître indifférent qu'un haut-parleur soit branché dans un sens ou un autre. Il en est bien ainsi, s'il est seul ou si l'audition de plusieurs haut-parleurs ne peut être faite simultanément d'un même point.

Pratiquement, pour maintenir un niveau moyen d'audition sensiblement constant, on est dans l'obligation de faire se recouvrir les aires de portée de plusieurs haut-parleurs, de sorte que les sons qu'ils émettent sont perçus à égale intensité s'ils sont de même puissance et si l'auditeur est placé à égale distance de l'un et de l'autre. Il faut alors que l'audition se fasse sans trouble.

Si les haut-parleurs travaillent en phase, c'est parfait, quoique l'impossibilité de localiser une source sonore provoque, au début, une gêne passagère et de courte durée 17.

Si les haut-parleurs ne travaillent pas en phase, l'effet est curieux. Non seulement le son n'a pas une direction bien déterminée, mais il paraît venir de direction entièrement différente, surtout dans une salle où s'ajoute la réverbération. Il y a, par surcroît, une absence caractéristique de réponse sur les fréquences basses.

Aussi, lorsque les haut-parleurs sont branchés, est-il utile, surtout s'ils sont près les uns des autres, de vérifier s'ils sont en phase. La mise en phase consiste simplement à faire que les diaphragmes se déplacent tous dans le même sens à un instant donné. S'il n'en est pas ainsi, en un point médian, la pression acoustique de l'un tend à annuler celle de l'autre, surtout pour les fréquences basses.

Les bornes des haut-parleurs devront être marquées d'un signe + et d'un signe - ou repérées par des couleurs différentes, rouge et noir, par exemple, ou de tout autre façon, suivant les goûts du technicien. Il en sera de même pour les câbles. Les branchements en seront très facilités, puisqu'il suffira de connecter les haut-parleurs comme s'il s'agissait de piles ou d'accumulateurs.

17. Chaque source peut pourtant être localisée individuellement. Il suffit à l'auditeur de faire quelques rotations légères de la tête.

Si les haut-parleurs sont en série, un + est relié à un -; s'ils sont en parallèle tous les + sont reliés ensemble. Bien entendu le + d'un câble de liaison est toujours connecté au + d'un haut-parleur, sauf aux points de combinaison série et seulement là. Ainsi un câble, entre deux haut-parleurs en série, sera connecté avec des signes différents en présence, à l'une de ses extrémités.

Pour connaître une fois pour toutes la polarité des haut-parleurs, le moyen est simple; il suffit de connecter une pile de lampe de poche de 1,5 V du type torche, sur les bobines mobiles et de noter la polarité pour laquelle le diaphragme se déplace vers l'avant. Marquer sur chaque haut-parleur, de façon indélébile, les + et les - en concordance avec ceux de la pile. En groupant les haut-parleurs, on peut faire une vérification d'ensemble et s'assurer qu'aucune erreur n'a été commise.

Dans le cas de haut-parleurs à excitation indépendante, se souvenir que l'inversion du sens de branchement de l'enroulement d'excitation par rapport à la source qui l'alimente, produit le même effet qu'une inversion du sens de branchement de la bobine mobile.

APPENDICE

Notions sur les transformateurs de sortie

L'impédance de la bobine mobile d'un haut-parleur électrodynamique étant, pour des raisons de facilité de construction et de solidité, plus faible que l'impédance de charge optimum de l'étage de sortie d'un amplificateur, il est nécessaire d'interposer un transformateur de sortie.

En principe, l'énergie prise par le primaire se retrouve au secondaire et l'on a (les notations, simples, sont évidentes)

$$E_p I_p = E_s I_s$$

d'où

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Le rapport de transformation, n , est le rapport des tensions primaire et secondaire, proportionnelles aux nombres de tours des enroulements correspondants

$$n = \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

En conséquence

$$\frac{I_s}{I_p} = n$$

$$\frac{E_p}{I_p} = n^2 \frac{E_s}{I_s}$$

et

$$Z_p = n^2 Z_s$$

D'où

$$n = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

Le transformateur devient « adaptateur d'impédances » et une impédance Z_s connectée au secondaire, sera « vue » du primaire comme une impédance réfléchi égale à $Z_p = n^2 Z_s$.

“Princeps”

PREMIER SPECIALISTE DE L'AIMANT PERMANENT

V i n g t A n n é e s
— de —
RÉGULARITÉ
toujours le premier
— en —
QUALITÉ



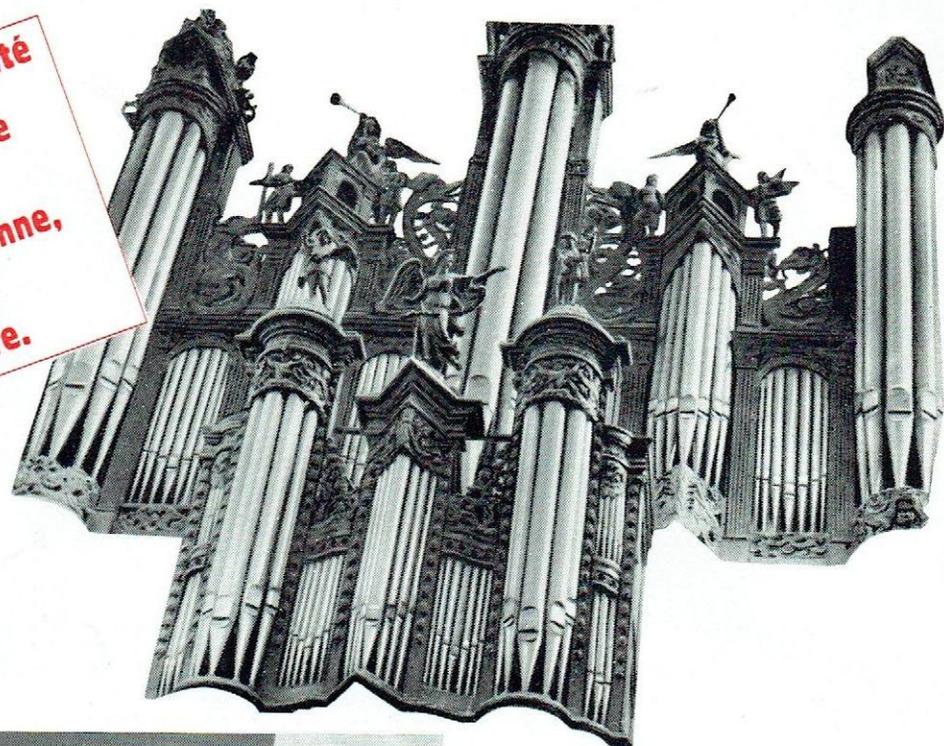
PRINCEPS S. A.
capital 30.600.000 francs
27, RUE DIDEROT
ISSY-les-MOULINEAUX
— MIChelet 09-30 —



tellement supérieur

et si différent...

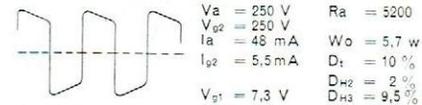
De l'imposante sonorité
de l'orgue
à la faible puissance
de l'harmonium
en passant,
à puissance moyenne,
par la flatteuse
fidélité de toute
la palette sonore.



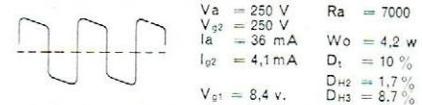
POSSIBILITÉS D'EMPLOI

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

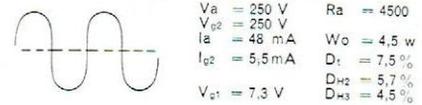
1^{re} utilisation - Montage normal -



2^e utilisation - Montage économique -



3^e utilisation - Montage à haute qualité musicale



EL 84

c'est un
NOUVEAU TUBE

Miniwatt
DARIO

DE LA SÉRIE

NOVAL-RIMLOCK

LA SÉRIE QUI ÉQUIPE LES POSTES MODERNES

Geo

S. A. LA RADIOTECHNIQUE - Division TUBES ELECTRONIQUES - Usines et Laboratoires : 51, Rue Carnot, SURESNES (Seine)
SERVICES COMMERCIAUX - Constructeurs : 130, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-XI^e - Commerce et Stations Service : 9, Avenue Matignon, PARIS-8^e