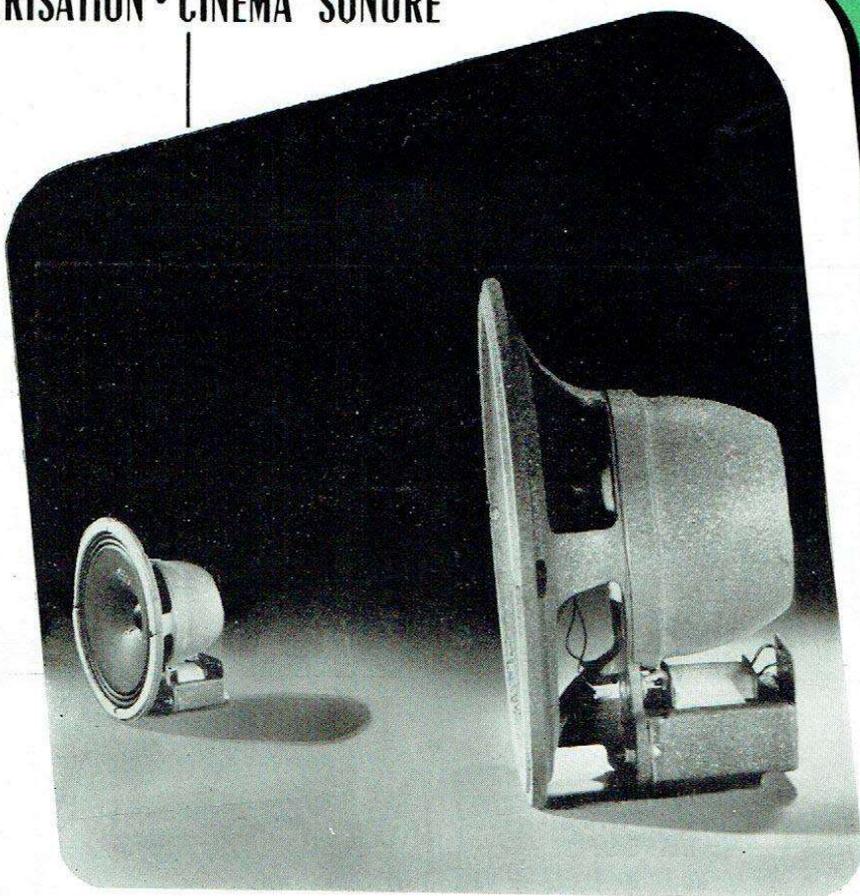


revue
du

SON

ENREGISTREMENT • REPRODUCTION
SONORISATION • CINÉMA SONORE

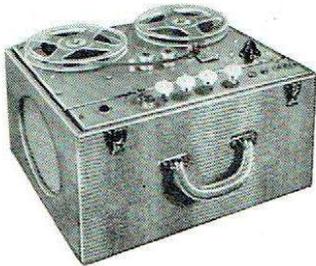


Le nouveau haut-parleur XF 53
exponentiel des Établissements SEM

N° 3 — Juin 1953
MENSUEL - 180 F
ÉDITIONS CHIRON PARIS

la première revue française
d'électro-acoustique

POUR 9 000 francs... VOUS SYNCHRONISEREZ VOTRE MAGNÉTOPHONE



" OLIVER " **AVEC VOTRE PROJECTEUR**

Modèle "BABY", Prix 60 000 F | Modèle "SENIOR", Prix ... 85 000 F
avec dispositif de **synchro** 69 000 » | avec dispositif de **synchro** 94 000 »

BOITE DE MIXAGE "OLIVER" - 1 MICRO - 2 P.U.: 10 000 F

CES APPAREILS PEUVENT ÊTRE FOURNIS EN PIÈCES DÉTACHÉES

Documentation et liste de prix de pièces détachées, schémas d'amplificateurs contre 3 timbres à 15 F

OLIVERES 5, Avenue de la République - PARIS (XI^e) - Tél. : OBE. 44-35 et 19-97
Établissements ouverts le samedi toute la journée

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

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

ÉLECTROPHONES D'UNE TRÈS GRANDE FIDÉLITÉ * PLATINES TOURNE-DISQUES AVEC PICK-UP A RÉLUCTANCE VARIABLE * PIÈCES DÉTACHÉES POUR ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE MICROPHONES * TRANSFOS DE SORTIE 10 A 50.000 Hz POUR PUSH-PULL 6 V6, ETC.

notices sur demande

J - A. NUNÈS

revue du SON

PREMIÈRE REVUE FRANÇAISE D'ELECTRO-ACOUSTIQUE

N° 3

JUIN 1953

SOMMAIRE

<i>Editorial :</i>	
Haute fidélité	(M.-J. DE CADENET) 95
<i>Reproduction :</i>	
Deux amplificateurs « son » pour la télévision.....	(L. CHRÉTIEN) 97
<i>Enregistrement :</i>	
Le mouvement des amateurs de l'enregistrement sonore.....	(J. THÉVENOT) 101
Un centre d'enregistrement à la portée de tous :	
3 ^e partie : amplificateur d'enregistrement semi-professionnel.	(M.-J. DE CADENET) 103
<i>Cinéma sonore :</i>	
Le problème du bruit de fond dans la sonorisation magnétique des films de format réduit	(M.-J. DE CADENET) 109
<i>Sonorisation :</i>	
Le couplage des haut-parleurs	(Ph. FORESTIER) 112
Le spectacle de stéréophonie et d'illumination sur la façade du château et dans les jardins du château de Versailles.....	(José BERNHART) 116
<i>Son en conserve :</i>	
Discotechnique	120
<i>Acoustique :</i>	
Aspects de l'acoustique	(J. MATRAS) 121
Quelques indications sur l'équipement d'un laboratoire de mesures acoustiques	(A. MOLES) 123
Les microphones, propriétés, étalonnage et caractéristiques :	
2 ^e partie : méthode d'étalonnage	(R. LEHMANN) 127
<i>Prise de son :</i>	
La mise en ondes du Grand Orchestre de Jazz Symphonique Wal-Berg.	(José BERNHART) 134
<i>Informations professionnelles :</i>	
Problèmes d'électro-acoustique sur le plan national et international.....	94

Prix du N° : 180 F.

Abonnements :

(Un an, onze numéros)

FRANCE.... 1800 F.

ÉTRANGER.... 2100 F.

Les abonnements peuvent partir de n'importe quel numéro

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

Rédacteur en chef : MAXIME DE CADENET

Directeur technique : LUCIEN CHRÉTIEN

Directeur d'édition : GEORGES GINIAUX

CONSEIL DE RÉDACTION :

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

CORRESPONDANCE :

Abonnements, vente, rédaction

ÉDITIONS CHIRON

40, r. de Seine - PARIS-VI*

Tél. DAN. 47-56

Publicité :

Revue du SON

Dépt. Publicité

40, r. de Seine - PARIS-VI*

Tél. DAN. 47-56

PROBLÈMES D'ÉLECTRO-ACOUSTIQUE SUR LES PLANS NATIONAL ET INTERNATIONAL

Depuis le début de l'année, les industriels de la construction radio-électrique ont pris conscience qu'il existait dans le cadre de la profession un certain nombre de problèmes communs se rattachant à l'électro-acoustique disséminés au sein des divers syndicats intéressés, concernant tant les radiorécepteurs et les pièces détachées que les tubes électroniques et les matériels professionnels.

C'est pourquoi les comités directeurs du Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs et du Syndicat des Industries de Pièces Détachées Radio-électriques et Electroniques ont décidé de fusionner leurs sections respectives d'électro-acoustique, d'enregistrement et de pièces de sonorisation en raison de la similitude des questions qu'elles ont à traiter et de l'intérêt que comporte l'expression d'une communauté de vues en cette matière. Il s'ensuivra une utile concentration des travaux et la suppression des doubles appartenances. Dans cette fusion, on peut voir l'amorce d'un futur Syndicat de l'Electro-acoustique au sein du S.N.I.R., évitant la pluralité des travaux et permettant la discussion des questions relatives à la sonorisation dans un cadre plus vaste, mieux adapté à la structure professionnelle.

La nouvelle Section Intersyndicale d'Electro-acoustique du S.N.I.R. constitue de ce fait un organisme très représentatif des intérêts de la profession et dispose d'une certaine autonomie dans le cadre de la Fédération des Industries Radio-Électriques. Son activité doit s'étendre logiquement à la création et au développement du marché, à l'élaboration de la normalisation des matériels, à la propagande et à tout ce qui concerne ce nouveau domaine. Il n'est pas inutile de rappeler à ce sujet les efforts poursuivis en faveur de l'enregistrement d'amateur, dont le S.N.I.R. a pris l'initiative et qui portent déjà leurs fruits sur le terrain international.

La nouvelle section, qui n'est pas encore définitivement constituée, est présidée provisoirement de M. BOURNER, directeur des Etablissements « Film et Radio ».

Domaine d'activité de la section électro-acoustique

Le domaine d'activité de la nouvelle section englobe, *a priori*, toutes les activités électro-acoustiques. Seuls les haut-parleurs de radiodiffusion intégrés aux postes récepteurs en sont exclus, parce que rattachés traditionnellement à une section spéciale du Syndicat des Industries des Pièces Détachées et Accessoires Radio-électriques et Electroniques.

Le domaine d'activité de la Section paraît donc pouvoir être ainsi circonscrit :

- Matériels électro-acoustiques;
- Enregistrement sonore (musique, parole);
- Sonorisation;
- Microphones;
- Lecteurs de son (bras de pick-up);
- Amplificateurs à basse fréquence;
- Haut-Parleurs de sonorisation (types professionnels, à chambre de compression).

Il paraît également opportun de demander le rattachement à cette Section de la

construction des électrophones et tourne-disque, matériels dont les caractéristiques essentielles sont électroniques. Ulérieurement, on envisage d'incorporer à la section les appareils de surdité et les appareils ultra-sonores, qui prolongent l'utilisation des ondes élastiques dans l'in audible. Pour le moment, les appareils de surdité sont rattachés au Syndicat des Electro-acousticiens Français (S.E.L.A.F.), qui fait déjà partie du S.N.I.R.

Programme de travail

D'ores et déjà, la Section a porté les questions suivantes à l'ordre du jour de son programme de travail pour 1953.

Sonorisation. — Relations avec la Société des Auteurs, Compositeurs et Editeurs de Musique.

Amplificateurs. — Reprise de l'élaboration de la normalisation des amplificateurs.

Enregistrement. — Normalisation des bandes d'enregistrement magnétique. Il semble possible de normaliser d'ores et déjà les caractéristiques suivantes :

- Largeur et épaisseur de bande;
- Vitesses de déroulement (5 vitesses normales en progression géométrique);
- Position de la piste magnétique;
- Limites de la variation de vitesse;
- Dimensions géométriques des bobines et noyaux;
- Détermination d'une bande de référence;
- Elaboration d'un cahier des charges (courbe de réponse, puissance, bruit de fond, consommation, règles de sécurité).

Questions internationales

La création du Comité 29-Electro-acoustique au sein de la Commission Electrotechnique Internationale remonte à l'an dernier (Scheveningen, 1952). Pour la première fois, ce Comité 29 se réunit à La Haye, au siège de l'Administration centrale des P.T.T., les 11, 12 et 13 juin 1953, sous la présidence du professeur Färber, qui propose de définir comme suit son domaine d'activité :

« Le Comité d'Etudes 29 traite des appareils électro-acoustiques pour la transduction, l'enregistrement et la reproduction du son, tels que microphones, haut-parleurs, gramophones, magnétophones et appareils de prothèse auditive. Il traite en outre des propriétés de reproduction électro-acoustique des appareils radiophoniques, de télévision et amplificateurs cinématographiques. Il prépare pour les équipements ci-dessus mentionnés des recommandations concernant la qualité de la reproduction électro-acoustique et l'aptitude à l'emploi désiré. Il élabore aussi les définitions et les méthodes de mesure dans le domaine de l'électro-acoustique dans le but de faciliter les relations entre constructeur et acheteur, notamment sur le plan international. »

Il semble que ce domaine puisse être étendu à certains points précis tels que : écouteurs, appareils de mesure des sons, audiomètres, sonomètres, etc., appareils de mesure des bruits, tous équipements de sonorisation. Et même être extrapolé aux infra-sons, d'une part, aux ultra-sons, d'autre part.

La Section d'Electro-acoustique du S.N.I.R. a donc dû s'atteler d'urgence à l'étude des documents internationaux qui doivent être discutés à la réunion du Comité 29 à La Haye et qui sont les suivants :

Définitions et caractéristiques

Le document 29 (Secrétariat)-1 traite des définitions et caractéristiques de l'Electro-acoustique. Parmi les termes généraux figurent les systèmes d'unité et le décibel, l'amplification de puissance et de tension, les niveaux de puissance, tension, pression sonore, intensité, l'indice d'intensité subjective, les courbes isophones, l'impédance, la distorsion de non-linéarité et son spectre, les échelles pour caractéristiques de fréquence et caractéristiques directionnelles.

Pour les *amplificateurs à fréquence musicale*, il s'agit de définir l'impédance nominale du générateur et de la charge, les impédances d'entrée et de sortie, la puissance nominale en fréquence musicale et continue, la tension nominale d'entrée en fréquence musicale et continue, l'amplification de tension, les rapports de ronflements et de bruit, la distorsion de non-linéarité.

Pour les *microphones de radiodiffusion*, on doit définir la direction nominale d'incidence du son, la caractéristique de fréquence, la sensibilité, l'impédance interne et la caractéristique directionnelle.

Pour les *haut-parleurs*, on doit connaître la caractéristique de fréquence, la sensibilité, l'impédance, la distorsion de non-linéarité, la puissance nominale, la caractéristique directionnelle et l'excitation.

Mesures acoustiques sur les récepteurs

Le Comité 29 va également avoir à se prononcer sur une étude présentée par le Comité Electrotechnique Français et intitulée : *Projet de normalisation des méthodes de mesures acoustiques des caractéristiques des récepteurs radiophoniques pour les émissions de radiodiffusion à modulation d'amplitude*. Ce document 29 (France) 1 concerne essentiellement la pression de référence, des généralités sur les mesures et l'appareillage pour les faire, la caractéristique de fidélité en basse fréquence, la caractéristique de fidélité globale, les mesures de distorsion harmonique et d'intermodulation, la caractéristique de linéarité globale (pression sonore - taux de modulation), le rayonnement acoustique et les mesures de ronflements.

Telles sont, dans leurs grandes lignes, les activités sur lesquelles va avoir à se pencher la Commission technique de la nouvelle Section d'Electro-acoustique du S.N.I.R. Ce n'est certainement pas un hasard si sa création coïncide précisément avec celle du Comité d'Electro-acoustique de la Commission Electrotechnique Internationale et celle de la section correspondante du Comité Electrotechnique Français et de l'Union technique de l'Electricité. Il y a des conjonctions qui sont des signes des temps.

Appuyée sur l'Electronique, l'électro-acoustique vient d'entrer dans l'ère industrielle.

RADIONYME.

HAUTE FIDÉLITÉ

DES que l'on ouvre une publication technique consacrée peu ou prou à ce qu'il est conventionnel d'appeler la basse fréquence, deux mots magiques nous sautent aux yeux : HAUTE FIDÉLITÉ. Cette appellation, qui n'est malheureusement pas contrôlée, n'est d'ailleurs pas particulière à la France : elle se retrouve en traduction littérale dans les revues de radio-électricité de tous les pays, sous la plume de la plupart des auteurs. Il est d'ailleurs curieux de constater que ce vocable, que l'on imagine synonyme de qualité, n'est jamais employé dans le cas des images du Cinéma ou de la Télévision, domaines dans lesquels la haute fidélité serait pourtant un argument bien alléchant. Est-ce à dire que la haute fidélité n'est possible que dans le domaine auditif ? Nous serions particulièrement gâtés à la revue du Son !

On nous a souvent posé cette question : « Qu'est-ce au juste que la haute fidélité ? » Avant d'avouer notre ignorance, nous aimerions interroger à notre tour : Qu'est-ce donc que la fidélité tout court ? Si l'on en croit le dictionnaire de feu M. Larousse, fidélité, dans le sens qui nous intéresse, serait synonyme d'exactitude. Par suite, pour un technicien normalement incliné vers la rigueur mathématique, la fidélité ne pourrait être que totale ou nulle, un problème ne pouvant pas comporter de solution plus ou moins exacte. Mais il y a les usages et l'on a fini par admettre des degrés dans la fidélité acoustique, qui est ainsi devenue une aptitude à reproduire sans modifications un son original. La haute fidélité devait être la suite logique de ce morcellement de l'exactitude.

Nous vivons en effet à une époque où l'abus des superlatifs conditionne la vie de chaque jour : si, il y a quelques siècles, il n'y avait guère que les seigneurs qui fussent qualifiés de hauts (et puissants), de nos jours, nos enfants, qui ont une haute conception de leur valeur, font de hautes études ; nous avons de hautes ambitions qui nous amèneront, nous l'espérons, à faire partie de la haute société ; nous faisons part de notre haute considération aux personnes qui nous assurent de leur haute bienveillance ; nous sommes dirigés par de hauts fonctionnaires, qui sont parfois de hauts commissaires dépendant d'une haute autorité ; nos hommes politiques possèdent les plus hautes vertus et nos produits manufacturés obtiennent les plus hautes récompenses dans les expositions. Que pouvait faire l'Electro-acoustique, sinon suivre la Loi du Siècle, en nous donnant la Haute Fidélité !

La haute fidélité serait donc la qualité possédée par une chaîne électro-acoustique qui donnerait à l'auditeur la même impression sonore que si ses oreilles remplaçaient le microphone de prise de son. L'impression ressentie « au naturel » étant essentiellement binauriculaire, il s'ensuit obligatoirement que la haute fidélité entraîne, avant tout, la transmission stéréophonique, faute de quoi nous nous trouvons dans la situation d'un borgne qui se plaindrait de ne pas voir le relief d'un film à trois dimensions. Ceci dit, dans la grande majorité des cas, les oreilles de l'auditeur remplaçant le microphone recevraient une impression très différente de celle à laquelle on pourrait s'attendre. En effet, les caractéristiques acoustiques des lieux dans lesquels s'effectuent les prises de son sont souvent très différentes de celles dans lesquelles l'action correspondant au son est supposée prendre place et, par suite, la transmission à haute fidélité du son tel qu'on peut l'entendre dans un studio pourrait laisser à l'auditeur une impression peu agréable, par exemple trop « plate ». C'est pourquoi les spécialistes de la prise de son créent une ambiance sonore grâce à des astuces de métier ; le résultat, quand leur travail est bien fait, est agréable à entendre et peut donner l'illusion de la réalité telle que nous l'imaginons subjectivement. Il n'est plus alors possible de parler de haute fidélité puisque l'on a volontairement « climatisé » le son d'origine, la reproduction objective, qui seule pourrait prétendre au qualificatif de fidèle, n'étant pas souhaitable, comme on vient de le voir.

Nous en arrivons là à un problème crucial : la restitution d'un son semblable à l'original est-elle désirable ? On ne cherche pas à comparer une photographie en couleurs à un Watteau ou à un Rembrandt pas plus qu'à établir des liens communs, autres que des considérations purement techniques, entre la photographie anthropométrique et un portrait d'art. Nous estimons pour notre part, peut-être parce que l'exercice du métier de cinéaste nous a déformé professionnellement, que, tout comme la reproduction pure et simple de la réalité visuelle n'est pas souhaitable au Cinéma pas plus qu'en Télévision (sauf peut-être dans le cas de certains documentaires à caractère scientifique), la reproduction de la réalité n'est absolument pas désirable sur le plan auditif sauf, bien entendu, dans le cas de laboratoires de mesures.

De multiples expériences tentées avec des musiciens, il ressort que cette tentative d'approche de la réalité sonore, que l'on baptise haute fidélité, donne, le plus souvent, des résultats décevants si l'on ne fait intervenir que des considérations techniques. La fidélité physique d'une chaîne de transmission ne satisfait pas, en général, le musicien qui préférera souvent, pour des raisons esthétiques, la reproduction fournie par un équipement électro-acoustique dont les caractéristiques nous entraînent loin de la haute fidélité telle que nous la concevons en techniciens. Est-ce à dire que nos équipements peuvent supporter la médiocrité, électroniquement parlant ? il n'en n'est rien : la qualité est indispensable, mais il s'agit d'un genre de qualité qui n'est plus nécessairement synonyme de fidélité.

La technique moderne permet la réalisation d'équipements électro-acoustiques qui fournissent des sons qui ne sont pas identiques à l'original, mais qui peuvent n'en être pas moins agréables à entendre. Ces sons « recréés » supporteront d'ailleurs souvent la comparaison avec l'original sur le plan esthétique ou, plus encore, ils nous feront pénétrer dans un domaine musical nouveau dont les sons naturels ne nous laissaient pas soupçonner l'existence.

Nous avons trop tendance, en tant que techniciens manipulateurs de ce matériau façonnable artistiquement qu'est le son, à considérer la qualité d'une installation électro-acoustique sur le plan purement technique. Le technicien chargé de la direction d'une prise de son doit être un artiste et c'est, avant tout, le travail d'un artiste que nous avons à juger, le résultat de ce travail devant, la plupart du temps, nous emmener loin de la haute fidélité physique qui fera encore tant parler d'elle avant qu'une nouvelle appellation (on parle déjà d'ultra-linéarité !) n'en fasse une expression du passé.

M.-J. de CADENET.

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.

DEUX AMPLIFICATEURS "SON" POUR LA TÉLÉVISION

par L. CHRÉTIEN *

Dans un précédent article, nous avons exposé le problème général du canal « son » dans un récepteur de télévision. Nous avons regretté que, trop souvent, tout soit sacrifié à l'image. Le « son » est considéré comme un parent pauvre... C'est une erreur d'autant plus grave que le son transmis en télévision « pourrait » être excellent. Il ne l'est peut-être pas toujours, mais il faut espérer qu'il le deviendra. L'émetteur « son » actuel, utilisé dans le canal 185 mégahertz le permet. Les résultats pourraient être comparables à ceux que donnent les émissions en modulation de fréquence. On pourrait, d'ailleurs, très facilement construire des récepteurs mixtes: télévision et modulation de fréquence. Il suffirait pratiquement de remplacer la détection « son » par un discriminateur. En utilisant des diodes au germanium, rien n'est plus facile. Il faudrait naturellement mettre hors circuit les circuits utilisés pour l'image.

Mais il est évident que cela suppose un amplificateur « son » ayant fait l'objet d'une étude sérieuse et une construction et une mise au point correctement faites.

Nous allons décrire successivement deux amplificateurs. Le premier a été conçu pour être incorporé dans un téléviseur existant: il s'agit donc d'augmenter la qualité acoustique sans imposer une charge supplémentaire à l'alimentation générale.

Le second est destiné à remplacer tous les circuits « son » du téléviseur: il est prévu avec une alimentation séparée — ce qui permet évidemment plus de souplesse.

La puissance nécessaire

Dans un cas comme dans l'autre, il est inutile de prévoir une très grande puissance: les usagers d'un téléviseur se groupent devant l'écran, à une distance qui excède rarement 2,50 mètres.

Notre but est d'alimenter deux haut-parleurs disposés contre les parois latérales du téléviseur. On obtient ainsi un son bien « symétrique » — donnant parfaitement l'illusion que c'est l'écran qui parle. Les caractéristiques des haut-parleurs, sans être exactement superposables, sont cependant peu différentes. Dans un cas comme celui-là, il serait évidemment absurde de prévoir un des haut-parleurs pour la reproduction des fréquences basses et l'autre pour la reproduction des fréquences éle-

vées. Il faut que les haut-parleurs aient très sensiblement la même « voix » (1).

Des essais précis nous ont montré qu'une puissance utile de 1 watt était largement suffisante. Il s'agit — cela va de soi — de la puissance réellement transmise aux bobines mobiles des haut-parleurs. Pour qu'un amplificateur puisse fournir cette puissance sans distorsion appréciable, il faut qu'il soit prévu normalement pour une puissance plusieurs fois plus grande.

Ne forçons point notre talent

Nous ne ferions rien avec grâce...

Ces vers du fabuliste sont parfaitement valables en électro-acoustique.

Nous pouvons donc partir de cette base: étudier un étage de puissance capable de donner normalement une puissance modulée de 3 watts avec une distorsion inférieure à 5%.

La tension d'entrée

Il est naturellement très difficile de savoir quelle est la tension fournie par le détecteur « son ». Cela dépend de l'emplacement du téléviseur, de l'antenne, du feeder et de l'appareil récepteur. Ici encore, il est préférable de voir largement les choses. Il est plus facile de réduire la tension d'entrée que d'augmenter le gain de l'amplificateur.

Il est à noter que l'onde porteuse « son » est décalée vers l'extrémité de la gamme. Le collecteur d'onde est déterminé pour fournir un maximum d'efficacité au centre de la bande. Avec certains modèles d'antenne, l'atténuation de la composante « son » peut être assez importante. Il en est sensiblement de même pour le ou les étages d'amplification directe. Enfin, la puissance utile de l'émetteur « son » est plus réduite que celle de l'émetteur « vision ». Tout cela explique pourquoi, dans certains cas difficiles, il y ait des difficultés à obtenir un « son » correct.

Le détecteur « son » d'un téléviseur peut normalement fournir une tension de l'ordre du volt. Dans les conditions extrêmement difficiles où se trouve l'auteur, c'est-à-dire, à plus de 80 kilomètres de la tour Eiffel, une installation commerciale, (Radio-Industrie) sans pré-amplificateur d'antenne, fournit une tension téléphoni-

(1) NDA. — Nous rendrons compte prochainement ici même des essais concluants faits sur un haut-parleur « SEM » à membrane exponentielle XF 53 qui nous semble bien résoudre le problème.

* Ingénieur E.S.E.

que dépassant 0,5 volt. Il faut d'ailleurs atteindre nécessairement ce niveau pour que la détection soit linéaire. Ce chiffre étant précisé, il nous faut maintenant choisir la composition de l'étage final, pour que l'amplificateur se trouve déterminé.

Deux conceptions

Mais avant d'aller plus loin, il faut remarquer que le problème que nous nous sommes posé peut se concevoir de deux manières différentes.

1. On peut vouloir incorporer purement et simplement l'amplificateur « son » aux circuits du téléviseur, en utilisant l'alimentation anodique générale de l'appareil.

Dans ce cas, il faut évidemment que les consommations de courant de chauffage et de courant anodique soient très faibles. Les circuits d'alimentation d'un téléviseur sont déjà surchargés et travaillent généralement dans des conditions limites.

2. On peut aussi vouloir construire un amplificateur « son » complètement indépendant du téléviseur. On prévoit, dans ce cas, une alimentation séparée. Il est alors possible de voir plus grand.

Nous décrirons donc deux amplificateurs répondant aux deux solutions précédentes.

LE PREMIER AMPLIFICATEUR

Principe de l'étage final

Mais, dans un cas comme dans l'autre, on peut utiliser le même étage final. Le but que nous nous proposons d'atteindre n'est pas d'avoir beaucoup de puissance. Ce serait ici parfaitement inutile et nous en avons exposé plus haut les raisons. Ce but, c'est d'atteindre le maximum de fidélité. Nous cherchons aussi à réduire la consommation anodique. Dès lors, l'emploi d'un étage final symétrique semble s'imposer.

Comment, diront certains lecteurs, comment deux lampes peuvent-elles être plus économiques qu'une seule?

Cela peut cependant être vrai. En utilisant un montage classe AB, on peut choisir un point de repos dans la courbe inférieure de la caractéristique, si bien que l'intensité moyenne du courant est très faible.

La caractéristique composée peut cependant être presque rigoureusement droite, ce qui veut dire que la distorsion peut être négligeable.

Emploi de tubes triodes

Mais quel modèle de tubes faut-il utiliser? Le montage symétrique a la précieuse propriété de permettre une annulation complète de tous les harmoniques de rang pair. Il est donc logique de choisir des tubes fournissant normalement une prédominance d'harmoniques pairs, c'est-à-dire, par exemple, des tubes triodes. Toutefois, les catalogues des constructeurs sont fort pauvres en tubes triodes. Qu'à cela ne tienne! Il est toujours facile de transformer une penthode en triode en connectant directement la grille écran à l'anode.

L'objection principale à l'emploi d'un tube triode est sa faible sensibilité. Mais c'était vrai pour les tubes triodes de l'ancien temps. Cela l'est beaucoup moins pour les tubes modernes à forte pente.

Examinons, par exemple, le comportement d'un tube EL41 monté en triode. Si le tube était utilisé dans les conditions normales, c'est-à-dire avec le branchement « penthode » la consommation serait de 0,036 A pour l'anode et de 0,004 pour l'écran, soit au total 0,040 ampère.

Avec une polarisation de 8 à 10 volts, la consommation anodique dans le montage triode est de 18 mil-

liampères environ. En conséquence, deux tubes montés en triode classe AB ont une consommation anodique égale à celle d'un seul tube monté en penthode classe A. On peut donc adopter cet étage final sans crainte de surcharger les circuits d'alimentation anodique.

La puissance modulée qu'on veut en tirer sans distorsion appréciable est de l'ordre de 3 watts; c'est donc bien largement ce que nous avons jugé nécessaire.

Avantages du montage symétrique

Le montage symétrique nous donne ici d'autres avantages. Les ronflements dus à un défaut de filtrage sont pratiquement éliminés. Le découplage est facile: les composantes variables étant en opposition de phase, s'éliminent naturellement. C'est particulièrement important pour le découplage de la résistance cathodique déterminant la polarisation.

Nous adopterons ici une résistance de 250 ohms. La polarisation obtenue sera de 9 à 10 volts sous une tension anodique de 250 volts.

Mais il est un avantage encore plus intéressant quand il s'agit de la télévision. Il faut naturellement éviter toute influence du son sur l'image. Cette action se transmet communément dans les circuits de haute fréquence. On dispose de dispositifs dits « rejecteurs » pour l'éliminer.

Parfois l'efficacité de ces circuits semble insuffisante et l'on observe que l'interréaction ne s'exerce pas en haute fréquence, mais en basse fréquence. En effet, on constate que le brouillage est fonction de l'intensité sonore que l'on veut tirer des haut-parleurs. Il s'agit simplement d'un couplage par l'alimentation. Les variations de consommation de courant moyen de l'étage réagissent sur les différents circuits du téléviseur auquel ils sont couplés par l'alimentation anodique.

Rien de semblable n'est à craindre avec un montage symétrique quelle que soit la puissance sonore fournie, tout simplement parce que les variations de courant moyen sont nulles.

Pour obtenir la puissance dont nous avons besoin avec l'étage final de la figure 1; une tension d'entrée de 5 à 6 volts est largement suffisante.

Déphasage

Le déphasage nécessaire pour attaquer les deux tubes en opposition peut être bien commodément obtenu au moyen d'un montage cathodyne.

Ce montage a fait couler beaucoup d'encre. C'est une inépuisable mine d'articles pour les rédacteurs de revues techniques. Notre intention n'est pas de reprendre en détail ce sujet éternel.

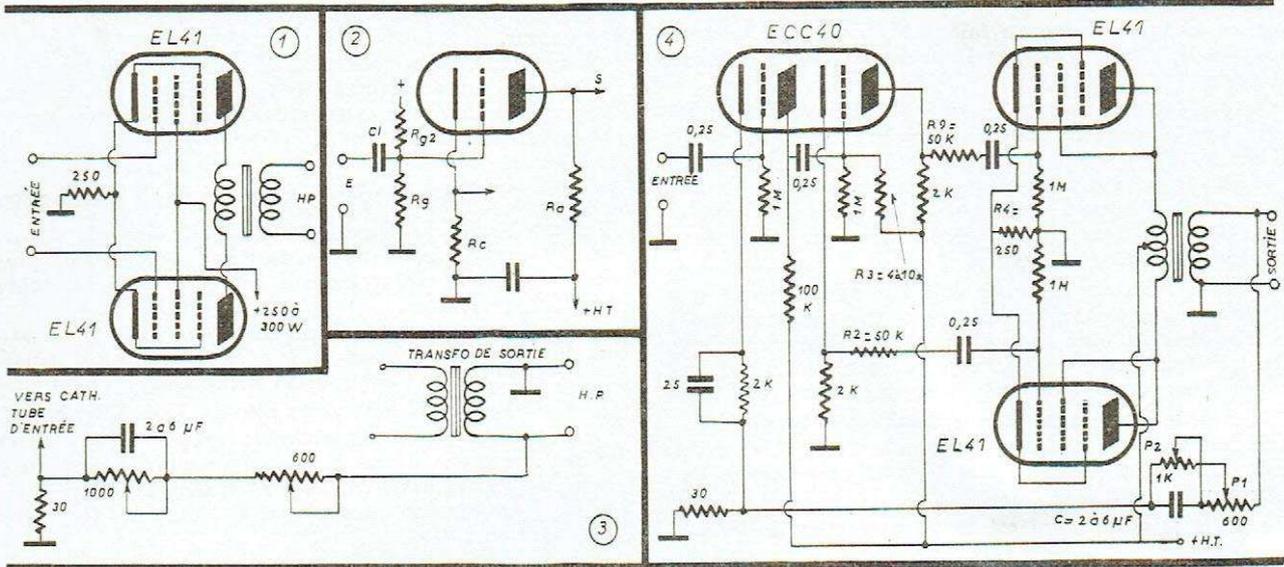
Il nous semble toutefois intéressant de présenter quelques observations.

Le « gain » maximum est de 2 puisque le taux de contre-réaction est égal à $\frac{R_c}{R_a + R_c}$ et que $R_a = R_c$.

Cela veut dire qu'on trouve entre les extrémités des résistances une tension qui est tout en plus égale à celle qui était introduite entre les bornes E.

Pour que ce résultat soit à peu près obtenu, il faut évidemment que la résistance de charge totale $2R_c$ soit grande par rapport à la résistance interne du tube utilisé.

Toutefois, l'emploi d'une résistance de charge élevée peut amener d'importantes dissymétries. Il y a nécessairement une capacité importante entre cathode et masse. Il en résulte alors que le taux de contre-réaction est fonction de la fréquence. Il faut donc faire en sorte que l'impédance de cette capacité parasite demeure grande par rapport à la résistance R_c , c'est-à-dire également à R_a .



Ces conditions sont quelque peu contradictoires. Il est préférable de sacrifier le gain à la fidélité. Nous utiliserons un des éléments d'un tube ECC40, dont la résistance interne est de l'ordre de 10 000 ohms.

On peut adopter 2 000 ohms (soit au total 4 000 ohms). Le gain en tension sans contre-réaction serait alors de l'ordre de 15. Avec contre-réaction, il devient de 0,75. Pour obtenir une tension d'attaque de 6 volts, il faut

donc finalement disposer de $\frac{6}{0,75} = 8$ volts à l'entrée du tube déphaseur.

Étage d'entrée

L'étage d'entrée pourra être tout simplement l'autre élément du tube ECC40.

Avec une résistance de charge de 100 000 ohms on obtient un gain de 24. En conséquence, il suffit d'une

tension d'entrée de $\frac{8}{24} = 0,3$ volt environ.

Or, nous avons reconnu au début de cette étude que la tension fournie par le détecteur était au minimum de 0,5 volt. Nous pouvons donc disposer d'un supplément de gain.

D'ailleurs, en pratique, les 3 watts seront inutiles et la réserve d'amplification sera encore plus grande que ne l'indiquent les chiffres précédents. On pourra donc se donner le luxe d'introduire une correction de l'amplificateur par contre-réaction.

Contre-réaction

Il y a un intérêt évident à inclure le maximum d'éléments dans la boucle de contre-réaction. L'élément le plus « douteux » de notre montage sera évidemment le transformateur de sortie. Il faut donc nécessairement le faire entrer dans le circuit. En conséquence, nous prélèverons la tension de contre-réaction au moyen d'un potentiomètre disposé entre les extrémités de l'enroulement secondaire du transformateur de sortie. Cette tension sera ramenée dans le circuit de cathode du tube d'entrée, entre les extrémités d'une résistance assez faible pour que la contre-réaction d'intensité ainsi introduite soit négligeable.

A quelle valeur fixer le taux de contre-réaction? Il doit être le plus grand possible. Mais il faut aussi que le niveau du son soit suffisant. Le plus simple est donc de le rendre variable et de le régler sur place, une fois pour toutes.

Courbe de transmission

La présence d'une contre-réaction donne un moyen très simple de modifier la courbe de transmission de l'amplificateur. Ce procédé de correction est, à beaucoup près, le plus économique. Il est beaucoup plus facile à mettre en œuvre.

Les théoriciens prétendent qu'il est préférable d'installer un filtre savant à l'entrée de l'amplificateur. Oui, sans doute, mais qui dit « filtre » dit « atténuation » et, dans ce cas il faut nécessairement prévoir un étage supplémentaire.

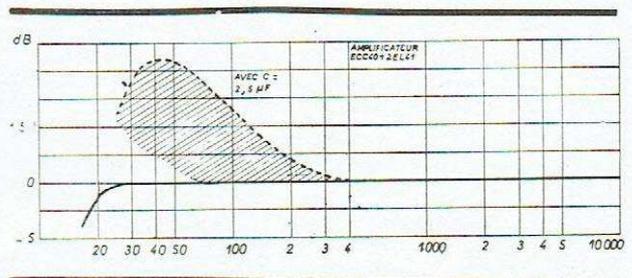
Au système que nous préconisons, on peut reprocher de supprimer l'effet de la contre-réaction pour obtenir une augmentation de gain.

C'est bien évident, mais c'est sans importance si la distorsion est déjà très faible, en l'absence de contre-réaction. C'est précisément le cas du petit amplificateur que nous décrivons.

En télévision, où la largeur de bande du canal son est considérable, il est tout à fait inutile de prévoir le relevé des fréquences élevées. Il suffit de relever les fréquences basses pour compenser les insuffisances certaines du haut-parleur. Le circuit de contre-réaction sera conforme à la figure 3.

Schéma complet

Le schéma complet est indiqué figure 4. Le potentiomètre P_2 permet de faire varier le taux de relevé des notes basses.



Les résistances R_1 et R_2 ont pour fonction de supprimer la dissymétrie due au fait que l'impédance interne du tube déphaseur n'est pas la même du côté anode ou du côté cathode.

On doit attirer tout spécialement l'attention des lecteurs sur la nécessité d'utiliser un bon transformateur de sortie. L'impédance doit être de 7 000 ohms d'anode à anode. Il est à noter que cette valeur n'est pas critique quand le taux de contre-réaction est assez important. Une impédance plus élevée diminue la distorsion au détriment de la puissance.

Le transformateur de sortie doit être parfaitement symétrique : inductance des enroulements, résistance, capacités diverses, etc. Le coefficient de dispersion doit être très faible. On peut obtenir ce dernier résultat au moyen d'une disposition judicieuse des bobinages.

La courbe de transmission est indiquée figure 5. La zone hachurée du côté des fréquences basses est celle dans laquelle on peut déplacer la courbe au moyen du potentiomètre P2.

La seule mise au point est la détermination de la ré-

sistance R_3 qui permet de fixer la polarisation du tube déphaseur.

On veillera naturellement à la symétrie des divers éléments de l'amplificateur. Il sera intéressant de pouvoir choisir les deux lampes finales pour qu'elles soient bien identiques.

Montage de l'étage final en pentodes

Pour obtenir une sensibilité totale plus grande et permettre ainsi l'application d'un taux de réaction plus élevé, on peut naturellement monter les deux tubes EL41 en pentodes.

La consommation anodique totale qui était de 45 milliampères dans le montage triode, devient plus importante. Elle est de l'ordre de 80 milliampères.

La résistance R_4 doit alors être de 75 à 100 ohms.

L'impédance la plus favorable est de 10 000 ohms d'anode à anode. Il est à remarquer que le fonctionnement est encore excellent avec 7 000 ohms.

Dans un numéro prochain nous décrirons le second amplificateur.

ASSOCIATION DES AMATEURS D'ENREGISTREMENT SONORE

1. Après leur première séance de « travail », quelques membres de l'A.D.A.E.S. visitent la salle « Rétrospective de la machine parlante » à la Phonothèque Nationale, sous la conduite alerte et sympathique de M. Roger DEVIGNE, son directeur (jeudi 15-12-49). — 2. Devant la camera de la T.V., remise de l'un des premiers prix du 1^{er} Cimes (à Jan MEES et Guy TAVERNIER) à l'issue de l'Assemblée générale de l'A.D.A.E.S. du 14-6-52. — 3. La célèbre série « C'était pour rire » (Programme Parisien, 1950) a été réalisée grâce aux amateurs de l'enregistrement sonore. Cette expérience de « paroles volées » a permis de fixer la surprise de multiples personnes placées devant des situations insolites et enregistrées à leur insu. Volés et voleurs se sont finalement mis d'accord pour livrer au public ces documents extraordinaires. Ici, O'BRADY dans le rôle du mystificateur. Sur la table, un petit poste de radio apparemment normal, mais qui n'en contient pas moins un micro. — 4 et 5. De nombreux amateurs ont installé chez eux de véritables studios, avec cabine technique et auditorium séparés par une vitre comme à la Radio. (À droite, Jacques BUREAU, président de l'A.D.A.E.S.) — 6. Jean THEVENOT et Jacques BUREAU. — 7. Francis GUERIG, « chasseur de sons » genevois, enregistre dans sa cuisine, devenue studio pour la circonstance, le général GUISAN.



LE MOUVEMENT DES AMATEURS DE L'ENREGISTREMENT SONORE

par Jean THÉVENOT

L'idée de mettre soi-même des sons en conserve dans un but de satisfaction personnelle est aussi vieille que l'enregistrement sonore lui-même. Le principal argument de vente d'Edison lorsqu'il créa son phonographe, n'était-il pas que son appareil devait permettre de conserver les voix des êtres chers?

Les premiers utilisateurs du phonographe à cylindre furent, de toute évidence, des amateurs, dans le plein sens du mot. L'avènement du disque et surtout sa multiplication industrielle par le « pressage » devait, peu à peu, amener nos grands-pères à remiser dans leur grenier leurs cylindres et il fallut attendre l'avènement de l'enregistrement électrique commercial et du disque dit souple, pour que la simplification des méthodes et l'amélioration de la qualité résultant de ces techniques nouvelles, fasse réapparaître le virus de l'enregistrement d'amateur. Chose étonnante, les chevaliers du graveur, puis, plus tard, ceux de la tête magnétique, gardèrent jalousement leur isolement, sans chercher à se grouper comme leurs frères, les cinéastes amateurs. En 1948, un producteur d'émissions radiophoniques à la recherche de formules nouvelles eut l'idée de transmettre sur les ondes des enregistrements d'amateur. L'appel qu'il lança à cet effet allait avoir des conséquences imprévisibles : jouant à l'apprenti sorcier, comme il le dit lui-même, notre producteur avait sonné, sans le savoir encore, le rassemblement des amateurs de l'enregistrement sonore.

Ce producteur, c'est Jean THÉVENOT, bien connu des auditeurs de la Radio et des spectateurs de la Télévision. L'Association des Amateurs de l'Enregistrement Sonore, l'A.D.A.E.S., qu'il a créée, c'est lui-même qui vous la présente et la revue du SON est heureuse de profiter de l'occasion pour souhaiter longue vie et prospérité à ce sympathique groupement auquel bon nombre de ses lecteurs appartiennent d'ailleurs.

M. DE CADENET.

Le Concours international du meilleur enregistrement sonore, dont la revue du SON s'est largement fait l'écho dans son premier numéro, a pris une extension significative de l'intérêt croissant porté à l'enregistrement dans tous les milieux et dans tous les pays.

Six ans déjà...

Un vaste et actif mouvement existe désormais, dont je ne me doutais certes pas qu'il pût un jour avoir une telle ampleur, ni même qu'il dût se former, quand, en février 1948, je fis entendre pour la première fois sur les ondes des enregistrements d'amateurs.

C'était à l'époque où des journées entières de notre Programme Parisien étaient centrées sur un thème ou sur un objet unique.

Ayant à réaliser une « Journée du Disque », Pierre BRIVE me demanda, comme à d'autres, de lui apporter, si possible, « du nouveau » (la hantise de tous les producteurs soucieux de ne pas s'endormir dans les sentiers battus).

Je connaissais trois personnes procédant chez elles à des enregistrements sonores pour leur plaisir. Il me parut que le transfert de l'usage interne, auquel ces enregistrements étaient habituellement destinés, à la consommation publique pourrait être intéressant et pittoresque. Mais je ne connaissais donc que trois « gra-

veurs à domicile ». Pour multiplier mes chances d'établir un programme varié et étoffé, je fis passer sur les trois chaînes un communiqué invitant ceux qui s'adonnaient à l'enregistrement d'amateur à se faire connaître et à me faire connaître leurs réalisations. Les offres furent aussitôt si nombreuses qu'au bout de quarante-huit heures il fallut stopper la diffusion du communiqué, cependant que je me trouvais à la tête d'une masse de disques, souvent de grande qualité, qu'il ne pouvait être question de programmer dans la seule émission prévue pour la « Journée » de Pierre BRIVE.

Cette émission s'appelait « Place aux particuliers ». Dans ma pensée, elle ne devait pas avoir de lendemain.

J'avais sous-estimé la place à accorder aux « particuliers ». L'essai de 1948 fit boule de neige. L'émission hebdomadaire des amateurs de l'enregistrement, d'abord expérimentale et, comme telle, accueillie par le Club d'Essai (« On grave à domicile »), puis revenue au bercail, c'est-à-dire au Programme Parisien (« Aux Quatre Vents »), est entrée en février dernier dans sa sixième année. Autant dire qu'elle est devenue une véritable institution!

Entre temps, les amateurs français, qui s'ignoraient mutuellement et que l'émission révéla les uns aux autres, voulurent établir entre eux des liens permanents, et ce fut l'A.D.A.E.S. ou Association des Amateurs de l'Enregistrement Sonore (fondée en juin 1949, présidée

par un ingénieur, Jacques BUREAU, et agréée comme organisation d'éducation populaire en 1951), qui se manifeste notamment par une revue mensuelle *Arts et Techniques sonores*, et par un Cercle d'études techniques (réunions bi-mensuelles à la Phonothèque Nationale, siège de l'Association), où des moniteurs bénévoles enseignent la théorie et la pratique de l'enregistrement aux néophytes.

A l'exemple des Français, divers amateurs étrangers se sont groupés et ont pris place sur les ondes de leur pays. L'A.D.A.E.S. entretient des relations plus ou moins étroites et procède à des échanges plus ou moins fréquents selon les cas avec les mouvements analogues de Belgique, d'Allemagne, de Grande-Bretagne, de Hollande, et surtout de Suisse, et aussi avec quelques isolés, dont certains d'Amérique.

Enfin, dans le prolongement des émissions régulières s'est institué ce Concours annuel du meilleur enregistrement sonore, qui, en 1952, est devenu international.

En vérité, je suis pour ma part quelque peu effaré du développement atteint par ce mouvement, qui implique naturellement des charges et des soucis hors de proportion avec les incidences habituelles d'une production radiophonique, et maintenant j'ai nettement l'impression d'avoir, en 1948, joué, fort à la légère, les apprentis sorciers!

Mais, ce jeu astreignant valait, je crois, d'être joué.

Le spectacle d'une passion est toujours passionnant, et celle des amateurs de l'enregistrement n'échappe pas à la règle.

Combien, par exemple, dont les ressources sont modestes, mais étendues les connaissances techniques, ont économisé franc après franc, se privant de tout, pour acheter les pièces nécessaires à la construction de leur matériel! J'en connais même qui ont installé dans leur appartement, de vrais studios, n'ayant presque rien à envier à ceux de la Radio. Et ceci n'est pas particulier aux Français. Les Allemands, dont on sait le sens qu'ils ont de l'organisation, ont déjà doté leur association, de création pourtant récente, d'un véritable car de reportage.

Quelques cas significatifs

La passion de l'enregistrement, comme toutes les vraies passions, est absorbante, exclusive, lancinante.

Voyez le cas de Léon ROPQUER, opérateur à la R.T.F. Toute la journée, il enregistre; par obligation professionnelle. Le soir, rentré chez lui, il enregistre encore; pour se délasser! Il ne s'est pas interrompu pendant l'occupation et, pour avoir méthodiquement fixé dans la cire les émissions des radios alors interdites (ayant toujours à portée de la main un disque de musique militaire allemande destiné à masquer son travail en cas de perquisition), il possède maintenant une collection de documents sonores historiques, qui, par certains de ses éléments, est plus riche que celles des archives officielles.

A Nancy, c'est le jeune Jacques CHENARD, aujourd'hui élève de math-élem., qui a commencé la construction de son premier appareil d'enregistrement à douze ans, en partant de son meccano.

A Lausanne, Stefan KUDELSKI, élève de l'Ecole Polytechnique, a passé bien des nuits à mettre au point un matériel qui, tout en ayant des dimensions et un poids réduits, pût échapper à la servitude du « fil à la patte », au raccord sur le courant du secteur, et le voici constructeur du plus petit enregistreur autonome sur bande du monde, dont la perfection fait l'étonnement général.

L'apport des amateurs

Initialement, les amateurs enregistraient pour le plaisir et sans autre programme que « l'art pour l'art ». En les accueillant sur ses antennes, la Radio a donné

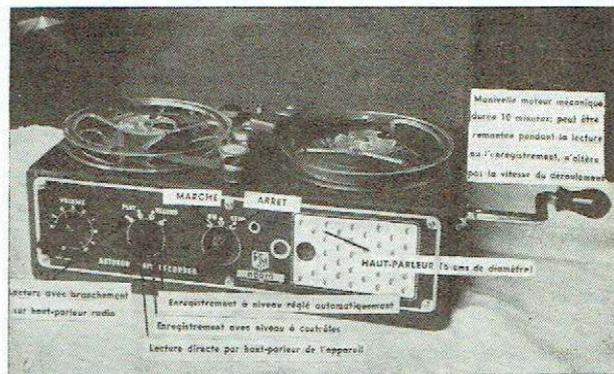
à leurs travaux une valeur pratique. Et elle sera, elle a déjà été, largement récompensée de son geste, car les amateurs peuvent lui fournir des apports très précieux, irremplaçables même.

Les lois et contingences du travail professionnel, en effet, interdisent pratiquement à la Radio opérant par elle-même un certain nombre de prises de son, fort simples au contraire pour les amateurs, et dont ceux-ci la font désormais profiter.

Je pense notamment à l'émouvant enregistrement d'un accouchement diffusé dans le cadre de l'émission collective « Une journée en France ». Je pense aussi à « C'était pour rire », cette expérience de « paroles volées » que je n'ai pu mener à bien qu'avec des amateurs; et tout simplement à ces multiples et modestes instantanés sonores par lesquels l'amateurisme peut fixer la réalité éphémère.

C'est d'ailleurs dans cette voie de l'instantané et du document authentique, qu'avec Jacques LANDRIEUX j'essaie d'orienter les amateurs, car là est leur vrai domaine, celui où ils ont le plus de chances de contribuer à l'enrichissement et au renouvellement des programmes de la Radio.

La passion de l'enregistrement ayant gagné le monde des artistes, il en résulte aussi des enregistrements que la Radio en tant que telle n'eût jamais obtenus: l'élaboration d'une interprétation de BOURVIL, ou les im-



Une réalisation d'amateur: l'un des plus petits enregistreurs autonomes sur bande du monde, le Nagra, construit par M. Stefan KUDELSKI, élève à l'Ecole Polytechnique de Lausanne.

promptus de l'orchestre Jacques HÉLIAN entre deux répétitions, ou les improvisations au piano du philosophe et auteur dramatique Gabriel MARCEL, enregistré par son fils, ou encore les exécutions, au piano également, et les essais de bruitages du jeune chef d'orchestre virtuose, Roberto BENZI...

Parfois même, l'enregistrement d'amateur donne l'occasion de découvertes et de révélations: Félix LECLERC, par exemple, dont j'ai été amené à faire entendre un disque dès 1949, alors qu'il nous était tout à fait inconnu, et qui, depuis...

Apporter quelque chose de neuf à la Radio est déjà un résultat. Et ce n'est pas le seul qu'il soit en l'occurrence permis d'escompter. Maintenant que le mouvement des amateurs de l'enregistrement organise des échanges internationaux, il peut contribuer à une meilleure connaissance mutuelle entre des cercles chaque jour plus larges de divers pays, et ceci d'autant plus efficacement que les documents échangés reflètent la vraie vérité de la vie de tous et de chacun.

Si modeste que soit cette contribution, elle n'est pas négligeable et peut en tout cas reconforter les apprentis sorciers.

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

Troisième partie

AMPLIFICATEUR D'ENREGISTREMENT SEMI-PROFESSIONNEL

par M.-J. de CADENET *

Retour sur l'amplificateur professionnel

Pour ne pas surcharger les schémas des trois blocs constituant notre amplificateur professionnel, ni ceux de nos unités d'adaptation, nous n'avons fait figurer sur ceux-ci ni l'indication des types de condensateurs à employer, ni les types de résistance à prévoir.

Tous les condensateurs de liaison seront du type au papier essayés sous 1500 volts, les condensateurs équipant les divers correcteurs de réponse étant choisis du type au mica prévu pour une tension de service de 500 volts. Les condensateurs de découplage des cathodes seront du type électrochimique prévus pour une tension de service de 25 volts, sauf ceux utilisés pour l'étage de puissance qui devront supporter une tension de service de 50 volts. Les condensateurs de découplage étaient sur notre version originale des 8 microfarads au papier essayés sous 1500 volts. En raison de leur encombrement nous avons prévu leur remplacement par des électrochimiques de 8 ou 16 microfarads prévus pour une tension de service de 500 volts. Les condensateurs de filtrage équipant la boîte d'alimentation seront obligatoirement du type au papier ou à huile, de préférence essayés sous 3 000 volts. Les condensateurs équipant le redresseur à basse tension destiné à l'alimentation des filaments seront des électro-chimiques prévus pour une tension de service de 12 volts.

Plusieurs lecteurs nous ont demandé quel était le rôle des condensateurs de 0,1 microfarad placés en parallèle sur les condensateurs de découplage. Il s'agit d'une astuce de métier qui a pour but d'éviter des accrochages à fréquence élevée, très difficiles à déceler, qui se produisent parfois, au bout d'un certain temps de fonctionnement quand les condensateurs électrolytiques commencent à se détériorer, l'augmentation de la résistance interne résultante pouvant s'opposer à un retour à la masse convenable des hautes fréquences. Nous rappellerons à ce propos qu'il est bon de remplacer sur un amplificateur professionnel tous les condensateurs électrochimiques après deux ans de fonctionnement au maximum, même si ceux-ci paraissent encore en bon état, cette façon de faire permettant de réduire au minimum les causes de fonctionnement defectueux dues à des dé-

tériorations éventuelles des condensateurs électrochimiques dont la vie est limitée.

Les résistances placées dans les circuits anodiques des tubes d'entrée du bloc préamplificateur-mélangeur seront de préférence du type bobiné non inductif pour éviter les crachements qui se produisent souvent quand on emploie les résistances en aggloméré, lorsque le gain est important; la puissance dissipée à prévoir sera de 1 watt. Toutes les autres résistances pourront être du type au carbone prévues pour une dissipation de 2 watts, à l'exception des résistances servant à la polarisation de l'étage final pour lesquelles les puissances dissipées à prévoir seront les suivantes :

Résistance ajustable de 250 ohms : 30 watts;

Résistances de 100 ohms : 5 watts.

De même la résistance de découplage de 20 000 ohms placée entre le pont de régulatrices 0A2 et l'alimentation de l'étage mélangeur sera prévue du type bobiné pouvant dissiper 10 watts. Les résistances ajustables servant au réglage de la réaction et de la contre-réaction seront du type bobiné pouvant dissiper 2 watts. Les potentiomètres seront du type au graphite à variation logarithmique, à l'exception du potentiomètre de 100 000 ohms servant au réglage des aigus qui sera du type au graphite à variation linéaire. Le potentiomètre ajustable de 100 ohms servant à l'équilibrage de l'étage de sortie sera du type bobiné pouvant dissiper 5 watts. Le potentiomètre de 50 ohms antirouffleur sera du type bobiné pouvant dissiper 2 watts.

Contrôle des modulations

On nous a demandé des précisions sur le rôle du tube 6J5 qui figure sur le schéma du bloc préamplificateur-mélangeur et qui est destiné au contrôle des modulations. Ce tube, dont la sortie se fait par la cathode, est prévu pour l'attaque d'un amplificateur d'écoute dont la figure 1 donne le schéma. Cet amplificateur est simplement constitué par deux 6SN7GT dont l'une est utilisée en tube de sortie symétrique, l'autre servant d'amplificateur d'entrée et de déphaseur. Aucune contre-réaction n'a été prévue, la distorsion n'étant que de 1 % pour une puissance modulée de 0,5 watt, puissance largement suffisante pour alimenter un nombre quelconque de casques d'écoute et même un haut-parleur de contrôle. Il n'est en effet nullement besoin de faire hurler le haut-

(*) Ingénieur E.S.M.E.

(1) Voir le début de cette étude dans la revue du SON, numéros d'avril et mai 1953.

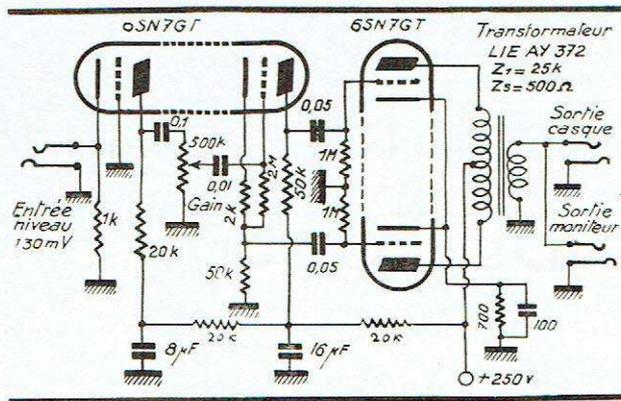


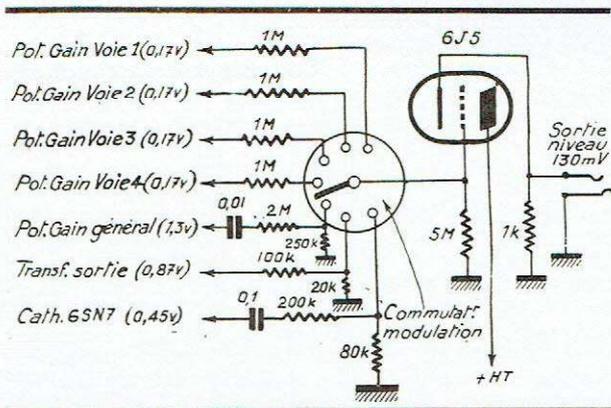
Fig. 1. — Amplificateur d'écoute.

parleur au cours d'un enregistrement, comme certains techniciens ont parfois tendance à le faire, cette façon d'opérer risquant fort d'amener des effets de Larsen intempestifs dans le cas, malheureusement fréquent, où certains tubes sont microphoniques. Le montage de l'amplificateur se passe de commentaires; le transformateur de sortie utilisé est un AY372 LIE. Ce transformateur, qui est le seul d'une qualité suffisante que nous avons pu trouver tout fait sur le marché, l'impédance primaire nécessaire devant être de 30 000 ohms, ne comporte malheureusement pas de sortie à basse impédance et, par suite, il sera nécessaire, pour adapter le haut-parleur de contrôle, de prévoir sur celui-ci un transformateur prévu pour une impédance d'entrée de 500 ohms.

Il nous a paru nécessaire de redonner en détail sur la figure 2, le schéma complet du commutateur de contrôle qui figurerait sur le schéma du préamplificateur-mélangeur. Les valeurs des résistances indiquées ont été choisies pour que le passage d'une position de contrôle à une autre n'amène pas de variations sensibles du niveau. Le commutateur utilisé ne devra pas amener de court-circuits entre deux éléments voisins quand on passe d'un contact à l'autre pour éviter le mélange intempestif des diverses modulations. Aucun accrochage n'est à craindre, par ailleurs, si l'on prend soin de choisir le côté secondaire du transformateur de sortie pour lequel la tension est en phase avec le signal appliqué à la grille de 6SN7GT de sortie. La sortie de ce commutateur attaque la grille de la 6J5 dont la sortie cathodique alimente l'amplificateur d'écoute décrit ci-dessus.

Le rôle de ce dispositif est le suivant : il permet tout d'abord de vérifier individuellement la modulation entrant sur chacune des voies du bloc préamplificateur-

Fig. 2. — Branchement du commutateur de contrôle des modulations.



mélangeur avant mélange. Il permet également de vérifier le signal mélangé et la modulation envoyée sur chacune des voies de sortie. Il permet d'autre part, le contrôle de gain général étant à zéro, de contrôler la modulation avant l'ouverture de ce contrôle de niveau, permettant ainsi de réaliser, spécialement dans le cas d'un enregistrement de disque où aucune retouche n'est possible, des débuts d'enregistrement exempts de tout bruit insolite ou d'annonces intempestives. Il permet de même, avant le mélange d'une voie, de contrôler la modulation et de s'assurer que celle-ci est bien celle qui convient.

Enfin et ce n'est pas là un de ses moindres avantages, il permet de réaliser l'effet suivant : enregistrer la voix d'un chanteur accompagné par un orchestre déjà enregistré ou faire chanter un artiste en duo avec lui-même (ou même en trio ou en quatuor). Pour ce faire, il suffit simplement de connecter l'ampli d'écoute sur la voie correspondant à l'entrée de la modulation déjà enregistrée, provenant d'un disque ou d'une bande magnétique, par exemple. Un casque connecté à la sortie de l'amplificateur d'écoute permet à l'artiste d'entendre la modulation lui servant d'accompagnement sans s'entendre lui-même. Il ne lui reste plus alors qu'à chanter en mesure, le travail de mélange s'effectuant de la façon habituelle sans que le circuit permettant à l'artiste de rester en mesure interfère en quoi que ce soit avec le fonctionnement de l'ensemble d'enregistrement. Bien entendu, dans ce cas le contrôle final s'effectuera en branchant un casque de contrôle ou le moniteur directement sur la sortie de l'amplificateur de puissance, un contacteur étant prévu à cet effet sur le schéma des commutations que nous avons fait figurer dans le n° 1 de la revue du SON.

Ce contrôle de modulation permet aussi dans le cas où l'on utilise notre ensemble pour la reproduction d'émissions radiophoniques de couper les annonces publicitaires en fermant la voie correspondant à l'entrée radio et de les remplacer, en parlant devant le microphone d'ordre, le casque de contrôle aux oreilles raccordé par l'intermédiaire de l'ampli d'écoute à la voie radio, par tout texte de remplacement de même durée. Il va de soi que des quantités d'autres utilisations se révéleront à l'usage et c'est pourquoi il nous a semblé intéressant de prévoir ce contrôle des modulations.

Conception de la version semi-professionnelle de l'amplificateur d'enregistrement

L'amplificateur d'enregistrement à usages multiples que nous avons décrit dans les n° 1 et 2 de la revue du SON a été conçu en vue de son utilisation professionnelle. Sans prétendre rivaliser avec les consoles de prise de son de la Radiodiffusion, il convient admirablement aux besoins d'un studio d'enregistrement de disques ou de films, sa grande souplesse due à l'emploi de nos unités d'adaptation en faisant vraiment un « outil » universel.

Comportant des pièces détachées de première qualité, muni d'une alimentation très largement calculée comportant des condensateurs de filtrage au papier, équipé de condensateurs et de résistances pour lesquels des coefficients de sécurité importants ont été prévus, équipé d'excellents transformateurs, cet amplificateur est réellement « increvable »; nous l'utilisons personnellement depuis près de cinq ans sans qu'il ait manifesté aucune défaillance; la maintenance s'est réduite au remplacement périodique des tubes de puissance, à celui moins fréquent des 6SN7GT et à celui très rare des 6SJ7, ainsi qu'au remplacement systématique, tous les deux ans, de l'ensemble des condensateurs électrochimiques.

Conçu avant tout pour durer, cet amplificateur, que nous utilisons personnellement, en dehors des séances d'enregistrement, pour l'écoute des émissions radiophoniques, présente l'inconvénient d'être relativement coûteux.

teurs à réaliser en raison principalement du prix élevé des transformateurs employés. C'est pourquoi nous en avons mis au point une version semi-professionnelle dans laquelle nous avons supprimé tous les transformateurs à l'exception des deux transformateurs d'entrée des voies microphone et naturellement du transformateur de sortie. Bien entendu nous avons conservé la disposition en trois blocs qui s'est avéré particulièrement pratique surtout dans le cas, fréquent en utilisation semi-professionnelle, où il est intéressant d'utiliser un unique amplificateur aussi bien pour le travail de studio que pour le reportage.

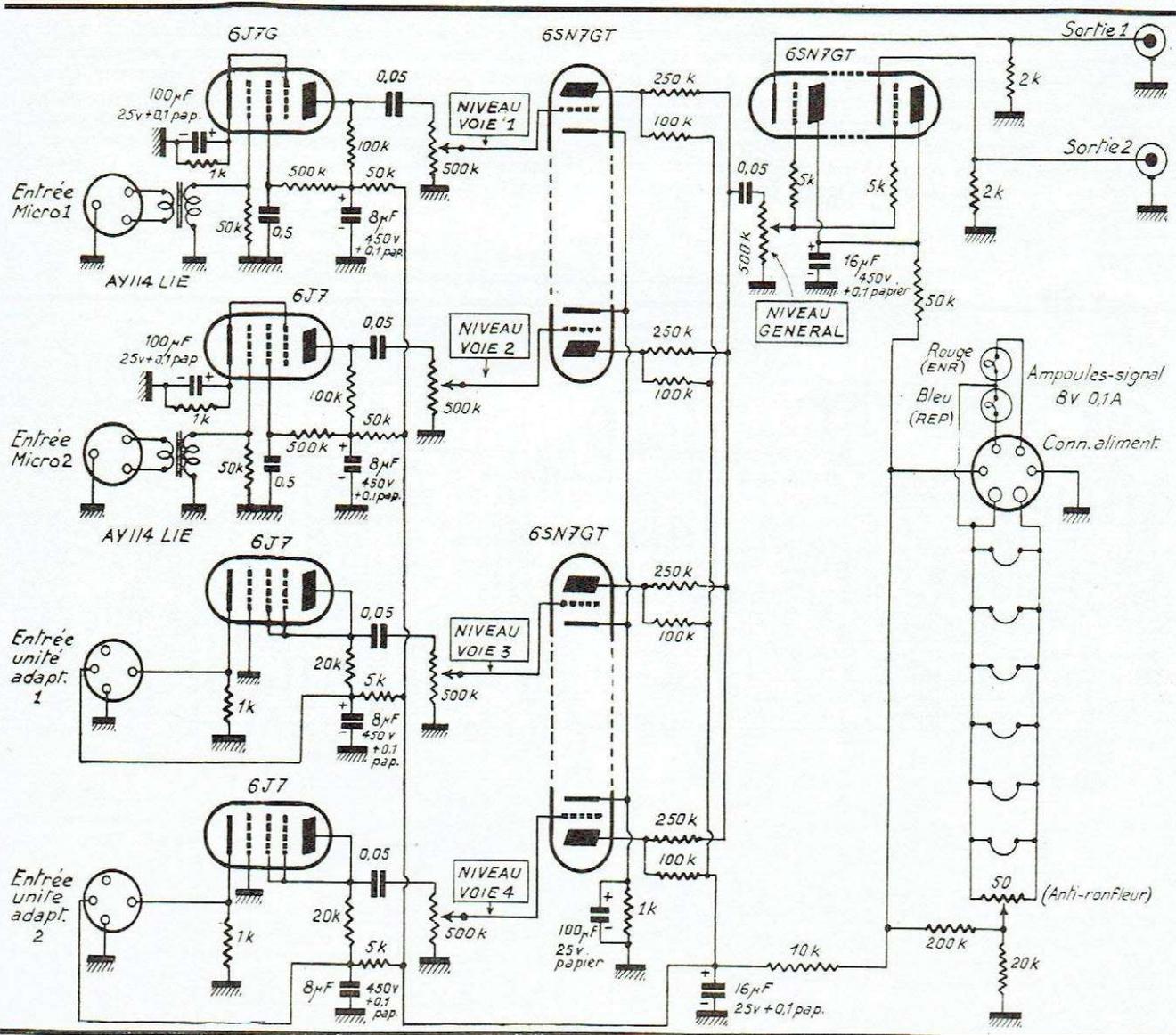
Bloc préamplificateur-mélangeur

Le premier bloc dit préamplificateur-mélangeur dont le schéma est donné par la figure 3 ne présente aucune différence de base par rapport à la version professionnelle; nous avons conservé les tubes à culot octal 6SN7GT, les 6SJ7 ayant été remplacés par des 6J7 dans le but d'éviter des ronflements, les filaments étant alimentés en alternatif; ces tubes, bien que déjà anciens, conviennent parfaitement pour le but poursuivi. Nous ne voyons pas, en effet, quel intérêt il peut y avoir à uti-

liser des tubes miniatures sur un amplificateur d'enregistrement pour lequel les problèmes d'encombrement ne se posent en général pas, sauf, bien entendu, quand il s'agit d'amplificateurs spécialement conçus en vue du reportage. Entre autres inconvénients, les tubes miniatures présentent, en effet, le défaut important, à notre avis, d'utiliser, pour des tubes de caractéristiques équivalentes, des cathodes de surface très inférieure à celle des tubes de dimension normale ce qui, pour diverses raisons dépassant le cadre de cette rubrique, oblige à prévoir le remplacement plus fréquent de ces tubes.

Comme nous l'avons déjà dit, nous avons conservé les transformateurs d'entrée des deux voies microphone, aucun travail sérieux ne pouvant être entrepris avec des microphones à haute impédance dans le domaine de l'enregistrement et la solution, fréquemment employée, qui consiste à utiliser des entrées d'amplificateur à haute impédance, les microphones à basse impédance étant raccordés à celles-ci par l'intermédiaire de transformateurs « volants » n'étant, à notre avis, qu'un expédient à déconseiller pour tout usage autre que l'utilisation par l'amateur dans le cas où celui-ci n'utilise qu'occasionnellement un microphone sur l'une des entrées de son amplificateur.

Fig. 3. — Bloc préamplificateur-mélangeur, version semi-professionnelle.



Les entrées pour unités d'adaptation sont restées identiques à celles de la version professionnelle, de même que l'étage mélangeur et l'étage de sortie prévu pour l'attaque d'une unité d'adaptation pour l'enregistrement magnétique. Le transformateur de sortie de ligne a été remplacé par un étage à sortie cathodique, la perte de niveau résultante étant compensée par un gain plus élevé de l'amplificateur de puissance. Dans un but de simplification, le tube 6J5 de contrôle des modulations, qui figurait sur la version professionnelle, n'a pas été maintenu non plus que l'amplificateur d'écoute. Ceux de nos lecteurs qui désireraient conserver ce dispositif de contrôle trouveront ci-dessus tous les éléments leur permettant de l'adjoindre à la version semi-professionnelle, tout ce que nous avons dit au sujet de la version professionnelle étant valable dans les autres cas.

Les appareils de mesure ont également été supprimés, ainsi que les régulatrices à gaz OA2 que nous avons remplacées par une cellule de filtrage supplémentaire à résistance-capacité.

Bloc amplificateur de puissance

Le bloc amplificateur de puissance présente, comme on le voit sur la figure 4, de notables différences avec le type professionnel. Le transformateur d'entrée est remplacé par une injection cathodique du signal.

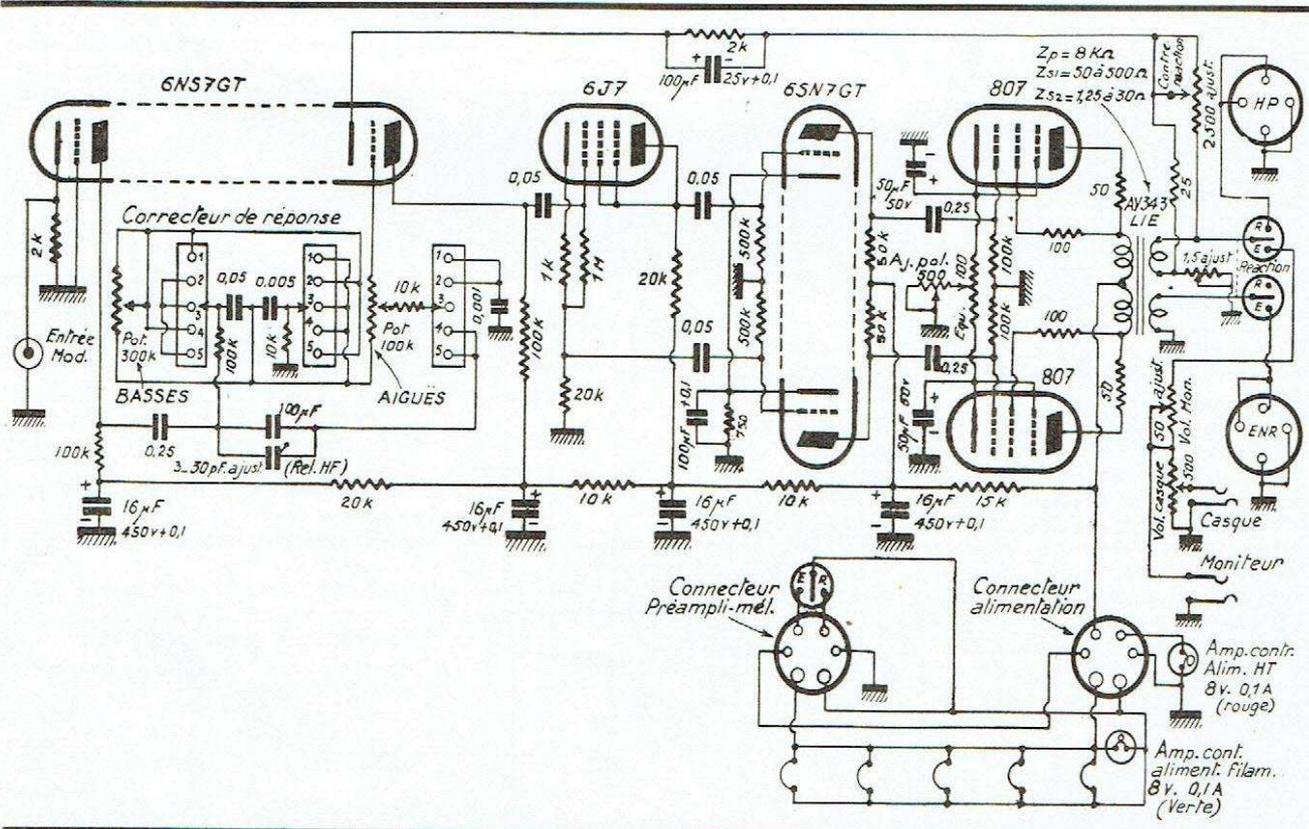
L'étage d'entrée est suivi du correcteur de réponse utilisé dans la version professionnelle à la sortie duquel nous trouvons un étage intermédiaire attaquant l'étage déphaseur, qui remplace le transformateur d'attaque de l'étage de sortie prévu dans la version professionnelle. Cet étage déphaseur est constitué par un tube 6J7 monté en triode à charge répartie dans l'anode et dans la cathode. En raison des opinions contradictoires qu'il est possible de lire dans la presse technique au sujet de

ce type de déphaseur, il nous a paru utile de dire quelques mots sur les raisons qui nous ont amené à choisir ce montage d'ailleurs de plus classiques.

La vogue semble être, depuis la publication par WILLIAMSON, dans *Wireless World*, de son schéma d'amplificateur de haute qualité, d'utiliser une liaison directe entre la plaque du tube d'attaque et la grille du tube déphaseur. Si cette façon d'opérer ne présente que des avantages, surtout sur le plan des déphasages, quand les tubes sont neufs et quand le réglage des tensions est correctement fait, l'usure des tubes, qui amène une augmentation de leur résistance interne, risque fort de porter la grille du tube déphaseur à un potentiel qui peut devenir positif par rapport à la tension de cathode et il s'ensuivra alors une distorsion inacceptable qu'aucune contre-réaction ne pourra compenser. C'est pourquoi nous nous en sommes tenu à une classique couplage par condensateur, le faible déphasage résultant n'offrant à notre avis qu'une importance très relative, l'emploi de triodes en sortie permettant d'éviter l'emploi d'un taux de contre-réaction prohibitif pour lequel le déphasage en question pourrait présenter une certaine importance.

La principale objection faite par les adversaires du montage à charge répartie est que les sorties n'en sont jamais équilibrées quelle que soit la fréquence du signal. Si l'on se reporte au schéma de la figure 5 qui représente notre déphaseur, dans lequel les valeurs choisies pour R_a et R_c sont les mêmes, r étant en général de l'ordre de grandeur de $R_c/10$, on voit, en effet, que l'équilibrage serait parfait aux fréquences moyennes (nous verrons tout à l'heure le cas des fréquences élevées), si le fait d'appliquer un signal à la grille n'amenait pas l'apparition d'un courant parasite dans R_c qui peut être considérée comme en série avec R_g . Dans notre cas, le niveau de signal appliqué étant de 2 volts, R_g étant de 1 mégohm et le courant de cathode de 1,5 mA, le désé-

Fig. 4. — Bloc amplificateur de puissance version semi-professionnelle.



quilibre n'est que de 0,13 %, ce qui, même pour un puriste, est négligeable, on en conviendra.

La deuxième objection est que l'application d'un signal sur la grille fait que par suite des capacités parasites existant entre la grille et la cathode, d'une part, et la grille et l'anode, d'autre part, une partie du signal se trouve dérivée capacitivement vers les sorties, amenant l'apparition aux fréquences élevées d'un déphasage qui n'est plus exactement de 180° en même temps qu'un déséquilibre, le courant dû à la fuite par capacité étant en phase sur la cathode et en opposition de phase sur l'anode. Quand on considère la faible valeur des capacités mises en jeu, spécialement dans le sens grille plaque, on constate que, en pratique, cette objection est

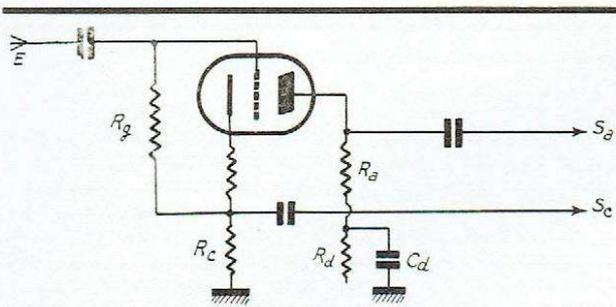


Fig. 5. — Déphaseur à charge répartie.
(La résistance de polarisation est désignée par r.)

sans importance réelle.

Il y a une troisième objection : les capacités, anode-masse et cathode-masse étant différentes, il s'ensuit un déséquilibre des tensions de sortie pour les fréquences élevées. W. T. COCKING a donné dans *Wireless World* des éléments permettant de calculer ce déséquilibre qui, dans le cas de notre montage, représente moins de 0,1 % à 15 kc/s, ce qui ne vaut vraiment pas la peine d'en parler. Il reste un argument massue brandi par les adversaires de ce montage : les impédances de sortie sont très différentes suivant qu'il s'agit de l'anode ou de la cathode. Cet argument est parfaitement exact sur le plan théo-

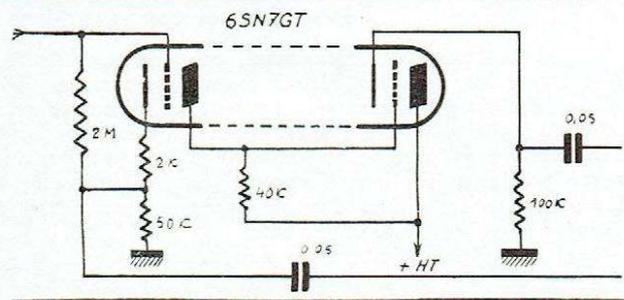


Fig. 6. — Déphaseur à impédances de sortie égales.

rique; en effet, l'impédance de la sortie de cathode de notre tube est inférieure à 2 000 ohms, l'impédance de la sortie anodique dépassant 500 000 ohms. En pratique, toutefois, on constate que cette énorme différence d'impédance n'amène pas de déséquilibre comparable à celui produit dans le reste de l'amplificateur par les dissymétries existant entre les tubes d'attaque de l'étage final en premier lieu et les tubes de sortie en second lieu. En fait, bien que ce montage soit essentiellement déséquilibré à toutes les fréquences, théoriquement parlant, et bien que, toujours théoriquement parlant, il amène une variation de niveau de sortie avec la fréquence, en pratique ce déséquilibre et ces variations sont absolument négligeables et c'est pourquoi nous avons adopté

ce type de déphaseur. Une seule précaution sera à prendre : les résistances de cathodes et d'anodes seront de valeur aussi proche que possible; par ailleurs, le condensateur de découplage de l'étage (Cd sur le schéma de la figure 5) devra avoir une valeur importante (16 microfarads, par exemple), pour qu'il n'y ait pas de variations de la charge d'anode avec la fréquence et Rg sera aussi important que possible, compte tenu des limitations imposées par le constructeur du tube utilisé. Nous donnons à l'intention de nos lecteurs qui désireraient, malgré tout, s'affranchir de l'objection concernant la disproportion entre les impédances de sortie d'anode et de cathode, le schéma de la figure 6 dû à la firme américaine Triad dans lequel les impédances de sortie sont les mêmes pour chaque sortie. La vérité nous oblige à ajouter que l'essai de ce montage, théoriquement supérieur à l'autre, ne nous a pas permis d'apprécier la différence.

Ceci dit, le déphasage étant effectué à un niveau relativement bas, solution qui nous paraît préférable, pour éviter la surcharge du système de déphasage, nous trouvons un étage intermédiaire constitué par un 6SN7GT qui attaque l'étage de sortie. Nous avons maintenu pour celui-ci pour des questions de commodités d'approvisionnement, les 807 qui équipaient la version professionnelle. Ce tube qui s'appelle aussi 4Y25, chez Mazda, et QE 06-50, chez Philips, est, en effet, particulièrement

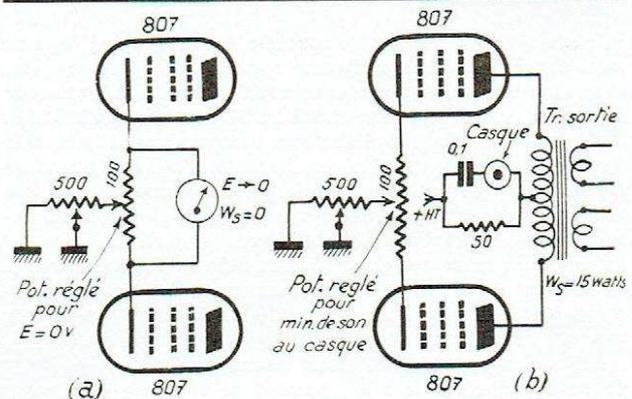


Fig. 7. — Equilibrage de l'étage de sortie.

robuste et convient parfaitement quand il est utilisé en triode à l'équipement d'un amplificateur d'enregistrement de qualité. A 15 watts qui correspondent à la puissance maximum qu'il est possible de tirer de notre amplificateur, la distorsion n'est que de 3 % pour une impédance plaque à plaque de 3 000 ohms. Dans le but de réduire la distorsion, nous utiliserons une impédance de charge de l'ordre de 8 000 ohms, ce qui nous permettra en employant une contre-réaction relativement peu importante, d'obtenir 10 watts modulés avec une distorsion inférieure à 1 %. Nous avons maintenu le dispositif d'équilibrage des tubes de sortie en raison des variations non négligeables qui peuvent se présenter d'un tube à l'autre. Le réglage de ce dispositif s'effectue de la façon suivante : le curseur du potentiomètre de 100 ohms étant placé exactement au milieu de sa course, on réglera la résistance ajustable de 250 ohms, de façon que le courant traversant cette résistance soit exactement de 100 milliampères, la tension mesurée entre l'anode de l'une des 807 et la masse étant alors de 445 volts. Ceci fait, la façon la plus simple de faire l'équilibrage consiste à brancher en l'absence de signal un voltmètre à faible sensibilité et à résistance interne aussi élevée que possible, entre les cathodes des deux 807 et à régler le potentiomètre jusqu'à obtention d'une lecture nulle (voir figure 7a) ou, ce qui est préférable, puisqu'il s'agit alors d'un équilibrage dynamique, à intercaler en

LE PROBLÈME DU BRUIT DE FOND DANS LA SONORISATION MAGNÉTIQUE DES FILMS DE FORMAT RÉDUIT ⁽¹⁾

par M.-J. de CADENET *

Les premiers chercheurs qui ont tenté de réaliser des dispositifs d'enregistrement et de lecture de son magnétique sur des films de format réduit en utilisant des projecteurs d'amateurs ont été fâcheusement surpris de l'ampleur des bruits parasites captés par la tête de lecture et le câble de raccordement de celle-ci, en l'absence de film, dès que l'on met en marche le moteur et la lampe de projection.

La tension disponible aux bornes de la tête de lecture n'est en effet que de l'ordre du millivoit pour une tête d'une largeur utile de 0,8 mm lisant un enregistrement normal. Ce niveau très faible fait que les diverses inductions parasites, dont la tête et son câble de raccordement sont l'objet, prennent une importance considérable.

Parasites dus au moteur du projecteur

La principale source de perturbations est évidemment le moteur d'entraînement du film. Si l'on met à part les vibrations mécaniques produites par le moteur, qui ne sont normalement pas transmises au bloc sur lequel est montée la tête, dans le cas d'une réalisation sérieuse, les têtes de bonne fabrication n'étant d'ailleurs pratiquement pas microphoniques, on constate que la mise en route du moteur entraîne soit des crépitements accompagnés d'un ronflement, soit un ronflement seul, suivant le type du moteur.

On rencontre en pratique trois genres de moteurs :

Le premier, le plus répandu puisqu'il équipe la presque totalité des projecteurs muets, n'est autre qu'un classique moteur série, vulgairement connu sous le nom de moteur universel. Dans ce moteur, l'induit tournant est muni d'un collecteur sur lequel frottent deux balais, l'inducteur et l'induit, eux-mêmes montés en série, étant placés en série avec un rhéostat qui permet un réglage manuel de la vitesse angulaire. Le fait que le courant soit amené à

l'induit par des balais frottant sur le collecteur et constituant de par là-même des contacts imparfaits entraîne la production d'étincelles entre les balais et les lames. De plus, lors du passage d'une lame à l'autre, chaque balai court-circuite la tension existant entre deux lames consécutives, d'où nouvelle cause de production d'étincelles. Ces étincelles créent un champ électrique qui, rencontrant la tête de lecture, induit dans celle-ci une tension qui se traduit par un crépitements rappelant un bruit de friture.

Un antiparasitage à l'aide de condensateurs placés entre les balais et la masse du moteur et réduisant l'importance de ces étincelles est possible (et même obligatoire en raison des lois régissant la protection des émissions radiophoniques contre les parasites). Mais l'expérience montre qu'il est, de plus, nécessaire d'orienter le moteur et même parfois la tête pour obtenir un minimum de trouble; l'orientation de la tête n'est d'ailleurs, en général, pas possible, la position de celle-ci étant fixée par les nécessités d'ordre mécanique obligeant à effectuer la lecture des enregistrements au voisinage immédiat du dispositif de stabilisation du défilement du film. L'adjonction d'inductances d'arrêt en série avec les balais et placées immédiatement sur ceux-ci peut également s'avérer nécessaire, le bruit parasite produit étant des plus gênants, car il couvre une large plage de fréquences. De même, il pourra être utile de munir le rhéostat d'un condensateur d'antiparasitage, dans le cas où l'on désire naturellement conserver la faculté de faire varier la vitesse de défilement, certains rhéostats causant des crachements.

Les crépitements dont il a été question ne sont, hélas, pas la seule manifestation audible du fonctionnement du moteur. Les bobinages de celui-ci créent des champs magnétiques qui induisent dans la tête des tensions de ronflement à la fréquence du secteur plus ou moins accompagnée d'harmoniques, tensions qu'il n'est possible de réduire qu'en orientant le moteur en le faisant tourner sur lui-même, l'orientation optimum n'étant d'ailleurs pas, en général, celle qui réduit au minimum

(1) Voir l'article sur la sonorisation magnétique des films de format réduit paru dans le n° 2 de la revue du SON.

(*) Ingénieur E.S.M.E.

les crépitements dus à la commutation. Notons enfin que sur certaines réalisations, l'enroulement de fil constituant le rhéostat peut, lui aussi, ajouter sa part de ronflement au bourdonnement général.

Si nous passons au deuxième type de moteur qui équipe des projecteurs déjà plus étudiés, nous constatons qu'il est identique au premier à une adjonction près: celle d'un régulateur comportant un contacteur fonctionnant sous l'effet de la force centrifuge et introduisant en série avec le moteur une résistance dont l'effet est de réduire le courant d'alimentation du moteur, ce qui fait ralentir celui-ci, le contacteur court-circuitant alors la résistance amenant ainsi une accélération du moteur qui oblige le contacteur à introduire à nouveau la résistance en série, le processus ci-dessus se répétant identiquement, ce qui amène un effet de régulation qui peut être en fait comparable à celui obtenu avec des moteurs asynchrones quand le dispositif est bien étudié. Toutefois, pour le cas qui nous occupe, ce régulateur présente un grave inconvénient: le contacteur de coupure produit des étincelles auxquelles viennent s'ajouter d'autres étincelles dues au fait que le courant est amené au plateau porte-contacts par l'intermédiaire de balais, ce qui fait que ces moteurs s'avèrent des plus délicats à antiparasiter. Le remède classique consiste en l'adjonction d'inductances montées en série avec les balais et placées au contact de ceux-ci, des condensateurs placés en parallèle entre ces balais et la masse n'amenant, en général, aucune amélioration sensible. Naturellement, ce type de moteur présente en plus tous les problèmes déjà posés par son frère le moteur universel.

Passons maintenant au troisième type de moteur qui ne se rencontre guère dans les projecteurs d'amateur, en raison du fait qu'il ne permet le fonctionnement qu'à une vitesse constante, fonction seulement de la fréquence du secteur d'alimentation, alors que le moteur série à régulateur centrifuge à coupure permet, grâce à deux ou plusieurs jeux de contacts tournants d'inertie plus ou moins grande d'obtenir diverses vitesses pré-réglées (en général deux, correspondant respectivement à des vitesses de défilement de 16 et 24 images par seconde). Ce troisième moteur est celui à champ tournant, en général du type asynchrone synchronisé. Ce type de moteur produit des champs alternatifs intenses comparables, en plus important, aux champs créés par les bobinages du moteur série, champs qui amènent inévitablement l'apparition de ronflements parasites aux bornes de la tête de lecture. Le remède consiste en une orientation convenable du stator du moteur, un blindage complet pouvant quelquefois être utile.

Parasites dus à la lampe de projection

Le réglage de la réduction des parasites dus au moteur étant terminé, on constate, dès qu'on allume la lampe de projection qu'un ronflement se fait à nouveau entendre, ceci, bien entendu, dans le cas général où cette lampe est alimentée en courant alternatif, l'intensité importante qui traverse cette lampe produisant, elle aussi, un champ magnétique qui amène une induction dans la tête de lecture. Cette induction à la fréquence fondamentale du secteur donne à l'oscillographe une courbe révélant la présence de nombreux harmoniques; il n'est évidemment pas question d'orienter la lampe pour réduire l'induction et, comme nous le verrons plus loin, le seul remède consistera à ajouter en série avec la tête de lecture un bobinage antironfleur. Il est bon de noter que l'inversion du sens du courant dans la lampe peut amener une diminution du ronflement, les tensions induites dans la tête par le courant traversant la lampe pouvant s'opposer à celles induites par le moteur. Cet essai d'inversion est à faire dans tous les cas, car il peut permettre de réduire quelquefois le ronflement à une valeur négligeable sans recourir à l'astuce des bobines antironfleurs. Bien entendu l'inversion du sens du cou-

rant dans le moteur, sans toucher à la lampe amène des résultats semblables.

Parasites dus aux transformateurs d'alimentation

Dans le cas fréquent où l'amplificateur fait partie intégrante du projecteur, son transformateur d'alimentation créera lui aussi son champ parasite, ce qui obligera à prévoir pour ce transformateur, une monture en permettant l'orientation pour l'obtention d'un minimum de ronflement. Dans le cas, qui peut se rencontrer sur certains projecteurs semiprofessionnels, où la lampe de projection est alimentée sous une tension de l'ordre de 30 volts, le transformateur abaisseur de tension créera, lui aussi, des difficultés qui obligeront à en prévoir l'orientation.

Problèmes de la réduction générale du bruit de fond

La suppression de toutes les inductions qui se donnent rendez-vous dans une tête de lecture n'est pas un problème facile. En fait, ce sont les difficultés rencontrées dans ce domaine qui ont retardé la sortie commerciale de projecteurs dont la partie électronique était par ailleurs parfaitement au point. On peut envisager des solutions électrotechniques, le niveau des parasites captés étant proportionnel à l'inductance de la tête, ce qui donne un avantage à l'emploi d'une tête à basse impédance. L'emploi d'une telle tête entraîne l'obligation de prévoir sur l'amplificateur, un transformateur d'entrée ce qui, dans le cas où l'amplificateur fait partie du projecteur, ne fait que déplacer le problème, le transformateur devant être particulièrement bien blindé, donc coûteux et encombrant. C'est pourquoi dans les réalisations d'amateur, tout particulièrement en France, il est habituel d'employer des têtes à haute impédance bien que, techniquement parlant, cette solution soit la moins recommandable.

Bien entendu, ces têtes devront être blindées magnétiquement et électrostatiquement de façon efficace, leur raccordement étant assuré à l'aide de fils torsadés placés à l'intérieur d'un blindage mis à la masse du projecteur en un seul point, l'utilisation du retour de modulation par la masse du câble étant totalement à déconseiller. Le blindage sera constitué, de préférence par un tube métallique plutôt que par une gaine tressée, ces gaines étant des sources constantes de ronflement, de par leur constitution même.

On devra s'assurer que le signal parasite capté par les câbles de raccordement présente un niveau négligeable par rapport à la tension fournie par la tête. Pour ce faire, on court-circuitera les fils de connexion de la tête aux bornes mêmes de celle-ci et on observera le bruit de fond résiduel, les fils de connexion captant souvent des parasites d'un niveau très supérieur à celui fourni directement par la tête, particulièrement dans le cas, malheureusement fréquent, où le retour de modulation s'effectue par la gaine tressée servant de blindage. Il est évident qu'il faudra, avant toute autre chose, réduire à une valeur admissible le niveau des parasites captés par le câblage, en observant les précautions élémentaires dont nous avons parlé ci-dessus.

Il ne sera pratiquement jamais possible, malgré toutes les précautions prises, de réduire les parasites à un niveau suffisamment bas sans faire appel à un ou plusieurs enroulements dits antironfleurs qui seront montés en série avec la tête de lecture. Le nombre de tours et l'orientation de ces enroulements devront être étudiés pour que la tension induite dans ces enroulements qui seront placés en des points où le niveau des parasites est suffisant, soit exactement égale et de signe contraire à celle induite dans la tête de lecture et dans le câble

de raccordement de celle-ci. De plus, un léger blindage de ces enroulements sera, en général, nécessaire. Le positionnement en sera fait lampe allumée et moteur en marche pour se trouver dans des conditions de fonctionnement normal. Dans le cas de projecteurs à vitesse variable (solution qui, soit dit en passant, est totalement à déconseiller), la vitesse sera réglée à la valeur à laquelle la projection se fera normalement.

Malgré toutes les précautions prises, le rapport signal/bruit de fond total sera en général trop faible pour permettre l'utilisation totale de la dynamique permise par le procédé d'enregistrement magnétique en l'absence de bruit.

Dynamique possible

La dynamique, c'est-à-dire la marge entre les sons les plus faibles et les sons les plus intenses enregistrables, atteint 40 à 45 dB pour les trois formats en l'absence de bruit parasite, c'est-à-dire dans des conditions qui ne se rencontrent malheureusement pas sur un projecteur d'amateur, pour lequel comme on l'a vu plus haut les sources de bruits parasites sont nombreuses. Des mesures que nous avons faites à l'aide d'un projecteur expérimental sur lequel toutes les précautions possibles avaient été prises pour réduire le bruit de fond parasite, il ressort que la dynamique effective ne dépasse guère 25 dB, ce qui peut d'ailleurs suffire pour le but proposé. Cette dynamique effective n'est d'ailleurs pas même atteinte en pratique, car la projection de la plupart des films d'amateurs s'effectuant dans une pièce d'habitation qui contient à la fois l'écran et le projecteur, le bruit du mécanisme de celui-ci intervient pour réduire encore la dynamique réelle disponible, acoustiquement parlant, ce qui amène à faire fonctionner le haut-parleur à un niveau supérieur à celui qui suffi-

rait dans le cas d'un projecteur parfaitement insonorisé. Nous touchons là à un problème qui n'a plus aucun rapport avec le procédé d'enregistrement utilisé et sur lequel il y aurait beaucoup à écrire.

Enregistrement à dynamique réduite

On peut, dans une certaine mesure, atténuer les conséquences fâcheuses d'un rapport signal/bruit faible en envisageant une réduction volontaire de la dynamique, le signal étant enregistré à une valeur toujours très supérieure à celle du bruit qui est ainsi masqué, en quelque sorte. La façon la plus commode d'obtenir un tel résultat consiste à enregistrer un accompagnement musical ou sonore continu, convenablement compressé, et à ne jamais laisser de silence, l'action du film devant naturellement permettre cette façon d'opérer, ce qui peut imposer dans certains cas de sérieuses limitations aux scénarii réalisables. Ceci devra tout naturellement amener la création d'une technique particulière d'enregistrement à dynamique réduite, rappelant la technique employée pour l'enregistrement des disques d'autrefois, les problèmes posés dans les deux cas étant semblables. Cette utilisation d'une dynamique réduite peut sembler, *a priori*, représenter un pas en arrière sur le plan technique, mais il ne faut pas oublier que l'enregistrement magnétique sur film étroit représente une technique encore bien jeune, qui subira, sans aucun doute, des améliorations sensibles avec le temps.

Il nous reste encore à traiter de la question de la réduction du magnétisme résiduel, de l'emplacement des têtes, ainsi que des quelques problèmes d'ordre mécanique ou électronique que pose la sonorisation magnétique d'un projecteur pour film étroit. Ce sera là l'objet d'un prochain article.

● Le disque 78 t/mn contient environ 40 sillons par centimètre de largeur de la plage.

● Le disque 33,3 t/mn contient environ 100 à 300 sillons par centimètre de largeur de la plage.

● On note sur de nombreux disques microsillons américains de fréquents échos de sillons à sillons dus à une trop grande dynamique enregistrée sur des sillons voisins. C'est un défaut tout particulier des premiers disques microsillons ou de ceux dont on a voulu « serrer » la gravure.

● Comment on « sauve » un enregistrement ancien. — Beaucoup d'enregistrements européens ont une grande valeur artistique; malheureusement ils ont été enregistrés sur une cire 78 t/mn et ne bénéficient pas des qualités modernes des disques. Quand la matrice est bonne, on fait une électro-déposition, celle-ci donne une nouvelle « mère ». On presse alors un unique disque au chlorure de polyvinyle de celle-ci, aussi dépouillé que possible du bruit de surface. On lit et enregistre le disque sur magnétophone et l'on est ramené à la fabrication courante des microsillons à partir de cette nouvelle bande magnétophone. Pratiquement on est conduit à faire des corrections des fréquences aiguës croissant vers le centre de chaque disque original. Ainsi on

« presse le citron » en extrayant de la matrice qui est évidemment la meilleure forme sonore conservée de l'ancienne prise de son tout ce qu'elle contenait de meilleur et en y ajoutant un brillant artificiel à l'aide de filtres. Aussi cette œuvre de restauration est-elle un travail d'art.

Citons à ce sujet l'enregistrement Mercury MG 10000 du *Concerto pour violon* de KHATCHATURIAN.

A. M.

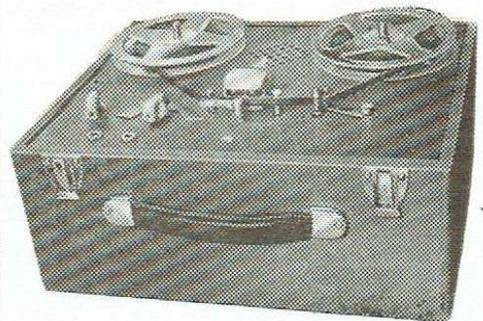
LE MAGNETOGRAPHE A6 LD

Les Etablissements « Le Discographe » (L. Dauphin) viennent de mettre sur le marché le magnétophone A6. Cet enregistreur-lecteur magnétique utilise la partie amplificatrice d'un récepteur radiophonique ou d'un amplificateur et est destiné à remplacer le tourne-disques sur lequel il présente l'avantage de pouvoir servir aussi bien à l'enregistrement qu'à la lecture, l'effacement prévu sur cet appareil en haute fréquence permettant la réutilisation de la bande magnétique autant de fois qu'on le désire.

Les vitesses de défilement prévues sont de 9,5 ou 19 cm/s, la réponse allant de 60 à 5 000 ou de 60 à 8 000 c/s suivant la vitesse, ce qui correspond à une qualité égale à celle fournie par les meilleurs récepteurs radiophoniques du commerce. La durée d'enregistrement peut aller jusqu'à 2 heures à 9,5 cm/s sur grande

bobine, l'enregistrement se faisant sur la moitié de la largeur de la bande.

Le magnétophone A6 possède un reboînage rapide dans les deux sens. Il peut être livré tout monté en valise avec pré-amplificateur incorporé en permettant l'adaptation facile sur tout récepteur de radio ou en pièces détachées permettant à l'amateur de réaliser lui-même avec un minimum de frais un enregistreur-lecteur magnétique de qualité.



Magnétophone type A6

LE COUPLAGE DES HAUT-PARLEURS *

par Philippe FORESTIER

A la recherche de nouvelles impédances de sortie ⁸

Pour multiplier les possibilités du branchement parallèle indirect, il faudrait multiplier le nombre de sorties d'impédances variées. De prime abord, elles paraissent limitées aux prévisions du constructeur et il semble qu'il faille en rester là, de sorte que, si l'impédance calculée par la formule (15) n'est pas au nombre des sorties du transformateur, la méthode soit inapplicable.

Il n'en est rien dans la plupart des cas courants, d'autant plus que de légères divergences peuvent être tolérées avec les amplificateurs modernes à contre-réaction, dont ce n'est pas là un des plus minces avantages en sonorisation.

La plupart des transformateurs de sortie équipant les amplificateurs de sonorisation présentent des enroulements comme l'indique la figure 14, aux valeurs près. Toutes les sorties ont une borne commune, notée 0. Mais il est bien évident que le transformateur est toujours apte à jouer son rôle si une charge est connectée entre les bornes « chaudes » de deux sorties d'impédance différente, par exemple entre les bornes repérées 40 et 12. Il faut alors rechercher quelle impédance, placée entre

ces bornes, permettra une adaptation de charge optimum.

On indique, en appendice, que l'impédance ⁹ de sortie d'un transformateur est donnée par la relation :

$$Z_s = \frac{Z_p}{n^2} = Z_p \left(\frac{N_s}{N_p} \right)^2$$

avec Z_p et Z_s , « impédances » primaire et secondaire, N_p et N_s , nombre de tours primaire et secondaire, n , rapport de transformation N_p/N_s .

Pour divers enroulements secondaires (fig. 15), on a :

$$Z_{s1} = Z_p \left(\frac{N_{s1}}{N_p} \right)^2$$

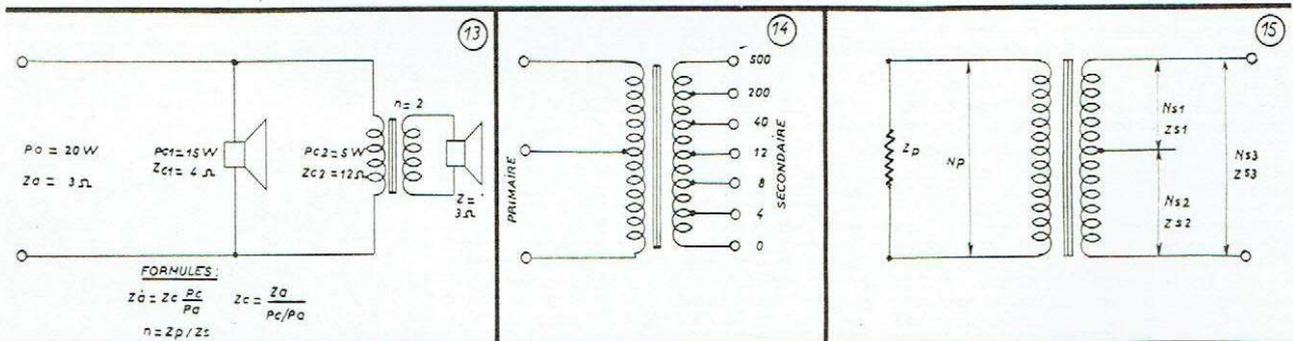
$$Z_{s2} = Z_p \left(\frac{N_{s2}}{N_p} \right)^2$$

$$Z_{s3} = Z_p \left(\frac{N_{s3}}{N_p} \right)^2$$

D'où :

$$\frac{Z_{s1}}{(N_{s1})^2} = \frac{Z_{s2}}{(N_{s2})^2} = \frac{Z_{s3}}{(N_{s3})^2} = \dots = \frac{Z_p}{(N_p)^2}$$

Fig. 13: Exemple de branchement en parallèle de deux haut-parleurs de puissances différentes nécessitant un transformateur d'adaptation. Pratiquement, ce montage n'est pas utilisé. — Fig. 14: Constitution d'un transformateur de sortie d'un modèle très souvent rencontré en pratique. — Fig. 15: Sortie d'impédance Z_{s1} apparaissant entre les bornes « chaudes » des sorties d'impédances Z_{s2} et Z_{s3} .



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

8. Il ne s'agit pas à vrai dire d'impédances mais plutôt de rapports de transformation. Cependant cette façon de parler d'impédances est si courante et si pratique que pour les mêmes

raisons qui nous ont fait employer l'expression puissance au lieu d'énergie, nous l'adopterons pour notre exposé.

9. Voir note 8. Z_s est plus exactement l'impédance « vue » du secondaire quand une impédance Z_p est connectée ou primaire (fig. 15) et réciproquement. « Impédance » dans le sens pris ici, fait maintenant partie du « jargon » radiotechnique.

et

$$\frac{\sqrt{Z_{s1}}}{N_{s1}} = \frac{\sqrt{Z_{s2}}}{N_{s2}} = \frac{\sqrt{Z_{s3}}}{N_{s3}} = \dots = \frac{\sqrt{Z_p}}{N_p} \quad (18)$$

Les « impédances » sont proportionnelles aux carrés des nombres de tours des enroulements correspondants.

Si l'on pose :

$$N_{s3} = N_{s1} + N_{s2}$$

on obtient :

$$\sqrt{Z_{s3}} = \sqrt{Z_{s1}} + \sqrt{Z_{s2}} \quad (19)$$

La relation (19) fournit la solution du problème. Elle montre que l'« impédance » non définie Z_{s1} , correspondant à la sortie constituée par les bornes « chaudes » des sorties correspondant aux impédances Z_{s2} et Z_{s3} , est donnée par la relation :

$$\sqrt{Z_{1s}} = \sqrt{Z_{s3}} - \sqrt{Z_{s2}} \quad (20)$$

En conséquence, deux sorties d'impédances déterminées en créent une troisième, et ainsi de suite, en combinant les sorties deux à deux. Voilà le multiplicateur de sorties improvisé.

Dans le cas où l'amplificateur comporte un transformateur de sortie du genre de la figure 14 et que la sortie d'impédance désirée, pour adapter correctement un groupe de haut-parleurs, n'existe pas, il sera bon de rechercher si de telles combinaisons permettent de la fournir, ou tout au moins de l'approcher suffisamment près 10.

Ainsi, un groupe de haut-parleurs nécessitant une sortie 19Ω pourra être connecté entre les bornes 40 et 4 du transformateur de la figure 14.

Le calcul représenterait une opération fastidieuse sur le « terrain de manœuvre » si l'on n'avait pris, au préalable, la précaution de l'effectuer *une fois pour toutes*, ou si l'on n'a pas, dans sa poche, l'indispensable règle à calcul. Aussi, conseillons-nous de porter ces nouvelles combinaisons sur une forte étiquette, fixée solidement sur l'amplificateur. Ce ne sera pas du temps perdu.

Dans le but de faciliter les opérations nécessaires, nous avons établi l'abaque de la figure 16, correspondant à la relation :

$$\sqrt{Z_3} = \sqrt{Z_1} + \sqrt{Z_2}$$

Connaissant deux grandeurs quelconques, on peut calculer la troisième. Les échelles Z_1 et Z_2 sont graduées jusqu'à 100, l'échelle Z_3 jusqu'à 400. Elles peuvent être utilisées au-delà, comme d'habitude, en utilisant un multiplicateur convenable : 10^n .

Ainsi, le simple déplacement d'une règle sur l'abaque alignant les points 40 sur Z_3 et 4 sur Z_2 donne pour Z_1 la valeur 19Ω de l'exemple précédent. Et l'on aurait tort de ne pas user de cette nouvelle « sortie ».

Les constructeurs de transformateurs basse fréquence tiennent d'ailleurs largement compte de cette particularité et, avant de rechercher de nouvelles combinaisons en partant des impédances indiquées par le fabricant, il faudra vérifier que certaines des impédances fournies ne correspondent pas déjà à des combinaisons. Ainsi, par exemple, les sorties correspondant aux impédances $1,25 \Omega$ et 3Ω peuvent fort bien être obtenues à partir de combinaisons entre les sorties 16, 8 et 5Ω . La disposition des bornes de sortie sur le transformateur est, en général, suffisamment révélatrice pour éviter de faire l'essai.

10. Ce n'est pas l'erreur absolue qui importe, mais l'erreur relative estimée en pourcentage. En pratique, on tolère avec des amplificateurs à contre-réaction jusqu'à 20 % d'erreur.

EXEMPLE D'APPLICATION. — Un amplificateur de 30 W possède des sorties correspondant aux impédances de 3, 5, 8, 16, 40, 200 et 500 ohms. Il alimente deux haut-parleurs de 15 W, de 40Ω d'impédance, absorbant chacun 12,5 W, placés à une certaine distance de l'amplificateur, et près de lui, deux haut-parleurs absorbant chacun 2,5 W de $3,8 \Omega$ d'impédance et 8 W de puissance admissible. Comment effectuer le branchement ?

On vérifie tout d'abord que ni le branchement série, ni le branchement parallèle simple, ne conviennent, et l'on décide d'avoir recours à des bornes de sortie différentes. Les deux haut-parleurs de 15 W étant situés à une certaine distance de l'amplificateur, on les mettra en série, pour réduire les pertes en ligne. L'impédance résultante est de $40 \times 2 = 80 \Omega$. L'ensemble devra être branché sur la sortie de l'amplificateur correspondant à une impédance :

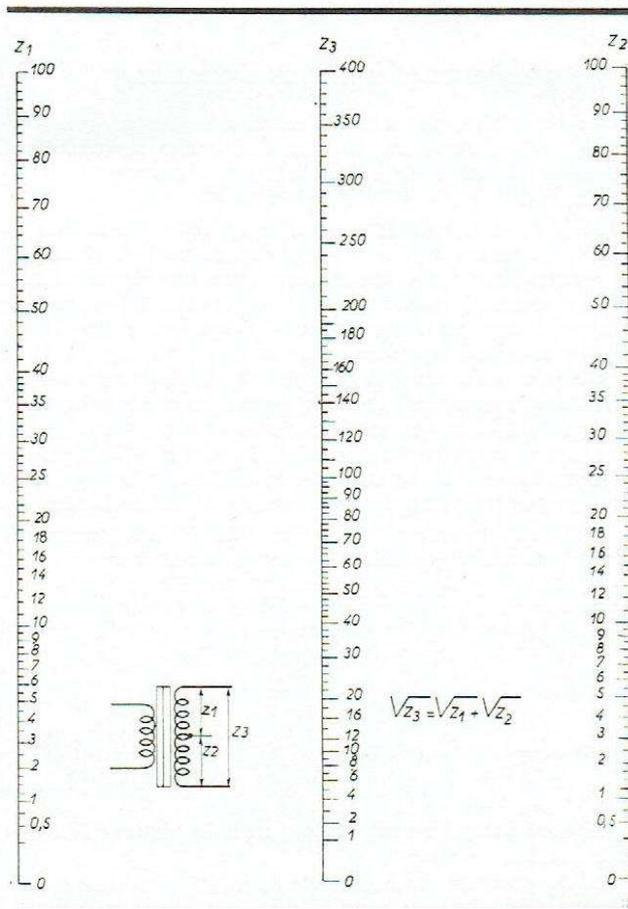
$$Z_{a1} = Z_{c1} \frac{P_{c1}}{P_a} = 80 \cdot \frac{25}{30} = 66 \Omega$$

Les deux autres haut-parleurs, bien que proches de l'amplificateur, seront aussi mis en série en raison de leur faible impédance. Ils seront connectés aux bornes correspondant à une impédance :

$$Z_{a2} = Z_{c2} \frac{P_{c2}}{P_a} = (3,8 + 3,8) \frac{5}{30} = 1,25 \Omega$$

Bien entendu, l'abaque de la figure 5 sert au calcul. Les haut-parleurs étant identiques dans chaque groupe-

Fig. 16. — Abaque pour le calcul de l'impédance entre deux sorties quelconques.



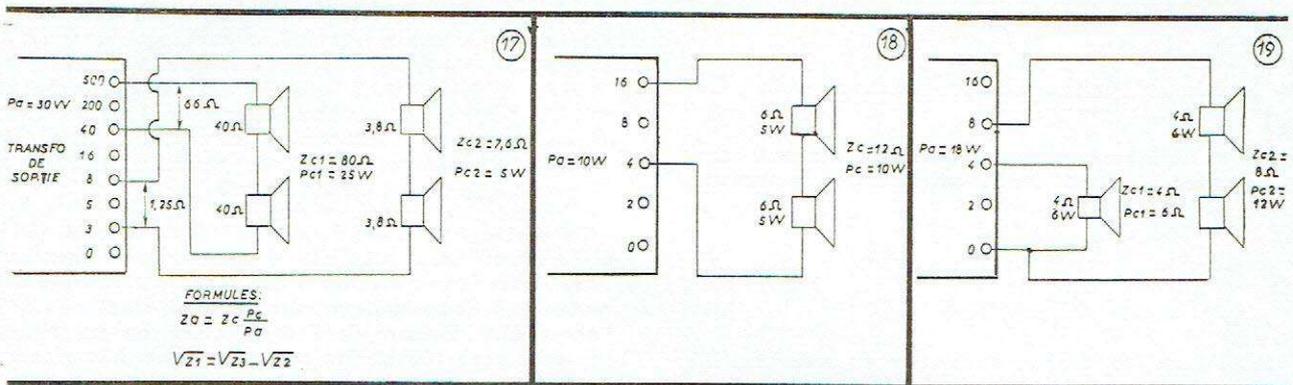


Fig. 17 : Exemple de branchement de haut-parleurs quelconques recevant des puissances quelconques et nécessitant des sorties d'impédances non prévues. — Fig. 18 : Exemple de branchement incorrect et courant. Confusion dans la combinaison des « impédances » de sortie. — Fig. 19 : Branchement d'un haut-parleur dont l'impédance diffère de l'impédance optimum de charge réfléchi au secondaire.

ment série, les puissances se partagent également entre les deux haut-parleurs, cela va de soi.

Or, ni la sortie 66 Ω, ni la sortie 1,25 Ω n'existent sur l'amplificateur.

Une règle déplacée sur l'abaque de la figure 16 montre, après quelques essais, qu'une sortie 66 Ω peut être trouvée entre les bornes 400 et 200 du transformateur et qu'une sortie 1,25 Ω est disponible entre les bornes 8 et 3. Le montage sera celui de la figure 17.

Cet exemple montre la grande souplesse du procédé, qui peut convenir à des cas beaucoup plus compliqués que celui-ci, déjà bien caractéristique. En effet, nous utilisons des haut-parleurs quelconques, ne délivrant pas leur puissance nominale, dont chaque groupe absorbe une puissance différente. En outre, les sorties nécessaires n'étaient pas prévues sur l'amplificateur. C'est bien là accumuler les difficultés!

Erreurs communes à ne pas commettre

Le technicien peu averti pourra être surpris par certains des résultats auxquels nous sommes arrivés. Et il nous paraît utile de relever certaines confusions habituelles :

a) Il est fréquent de considérer qu'entre les bornes de sortie correspondant à des impédances de 16 Ω et de 4 Ω, par exemple, puisse être branchée une impédance de 12 Ω correspondant à la différence 16 — 4 = 12, cette forme de raisonnement provenant d'une confusion entre impédance et résistance pure.

On a vu qu'il n'en était rien et qu'en fait, aux bornes précitées, correspond une sortie convenant à une impédance de 4 Ω, ce qui est loin du compte.

Ainsi, un branchement réalisé comme l'indique la figure 18 est tout à fait incorrect. L'amplificateur serait chargé par une impédance triple de la valeur optimum.

b) Nous avons vu¹¹ calculer l'impédance correspondant à des sorties différentes par la formule :

$$Z = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

et donner pour exemple :

$$2 = \sqrt{\frac{8}{2}}$$

Elle est naturellement fautive; mais le piquant de l'his-

11. Ou plutôt lu. Cette formule a, en effet, été donnée par un confrère.

toire est que l'exemple donné est correct, bien que le résultat soit obtenu à partir d'une formule fautive. Coïncidence? Ou coup de pouce?

c) Il peut aussi paraître « naturel » que des haut-parleurs ou groupes de haut-parleurs d'impédances différentes soient connectés aux bornes d'impédances correspondantes du transformateur de sortie. Le montage de la figure 19 peut alors venir à l'esprit.

On a vu qu'une impédance Z_{c1} ne doit pas être connectée à la prise correspondant à cette impédance et qu'il fallait déterminer l'« impédance » correspondante Z_{a2} .

De même pour les autres impédances, Z_{a2} correspondant à Z_{c2} , etc.

Pour l'exemple de la figure 19, chacun des groupes de haut-parleurs d'impédances Z_{c1} et Z_{c2} , pris individuellement, charge l'amplificateur correctement. L'impédance de charge résultante est donc plus faible que l'impédance optimum. De plus, les puissances ne se répartissent nullement comme il est indiqué sur la figure.

Branchement mixte

Le dernier exemple étudié (fig. 17) a été choisi dans un double dessein :

— d'abord montrer que des sorties correspondant à des impédances non prévues peuvent être trouvées commodément;

— accessoirement, amener la conclusion de cette étude, c'est-à-dire montrer que ni le seul branchement série, ni le seul branchement parallèle, même en utilisant plusieurs sorties, ne peuvent fournir de solution idéale et qu'il peut parfois être indispensable de recourir à une combinaison de plusieurs modes de branchement.

Pour faciliter le travail, il est indispensable de dégager quelques règles relatives à ce mode de branchement, dit *mixte*. En pratique, il faudra, en outre, tenir compte de règles secondaires, qui seront examinées plus loin en discutant des avantages et inconvénients respectifs des branchements série et parallèle.

Tout d'abord, il convient de remarquer que le nombre des combinaisons est illimité. Plusieurs séries de haut-parleurs peuvent être mises en parallèle, connectées sur une même ligne ou sur des sorties correspondant à des impédances différentes; dans chacune des séries, on peut trouver des haut-parleurs en parallèle, etc.

Le calcul et l'établissement des circuits sont grandement facilités par un peu de méthode et l'on ne sera nullement indigne du nom de « sonorisateur averti » si l'on est obligé de recourir à une étude « sur le papier ».

Commencer par tracer le schéma de l'installation en

respectant l'emplacement de l'amplificateur et des haut-parleurs. Noter les puissances estimées nécessaires. Imaginer un schéma de branchement *le plus simple possible*, en tenant compte des disponibilités en matériel et des puissances encaissées.

« Imaginer » peut paraître peu rationnel. C'est pourtant bien ce qu'il s'agit de faire. Il est évident que l'expérience et l'intuition qui, alliées sous un même bonnet, ne sont rien autre que le réputé « pifomètre »¹², « outil » indispensable à l'expérimentateur, sont les meilleurs guides et évitent bien des tâtonnements.

On décomposera l'ensemble en combinaisons simples de branchements série et parallèle, qu'on calculera individuellement. Rechercher en premier les séries, puis les combiner en parallèle pour arriver au but final.

Pour les séries, avoir toujours à l'esprit la règle suivante : *les puissances sont proportionnelles aux impédances.*

Pour les combinaisons de haut-parleurs en parallèle, se rappeler cette autre : *les puissances sont inversement proportionnelles aux impédances.*

En un premier temps, on fixe ainsi les puissances relatives des haut-parleurs d'une série, puis de l'autre, et ainsi de suite.

En un deuxième temps, on répartit la puissance disponible suivant les nécessités en considérant la mise en parallèle des séries.

On conçoit le gros avantage de l'abaque, qui permet de faire « l'essai » d'une combinaison par simple déplacement d'une règle.

En pratique, dès qu'une installation deviendra passablement compliquée, on abandonnera les branchements en basse impédance pour avoir recours à une alimentation en haute impédance avec transformateurs d'adaptation. Aussi croyons-nous inutile de donner de nouveaux exemples d'application, ceux que nous avons vu jusqu'à maintenant illustrant suffisamment les méthodes employées.

Avantages et inconvénients du branchement série

Le montage série paraît, *a priori*, très intéressant, puisqu'il a pour effet d'augmenter l'impédance résultante et, en conséquence, de réduire les pertes en ligne. De plus, le court-circuit éventuel d'un haut-parleur le rend seul silencieux et ne met pas la chaîne hors-circuit. En fait, ce sont là ses seuls avantages.

Ses inconvénients sont assez nombreux. Si l'un des haut-parleurs est réduit au silence par un claquage de bobine mobile ou une rupture de connexion, toute la série est muette. De plus, l'amplificateur cesse d'être chargé et des claquages peuvent apparaître sur les supports de lampes ou entre enroulements du transformateur de sortie¹³.

A la fréquence de résonance, entre 60 et 100 c/s en général, l'impédance de la bobine mobile devient très élevée, de sorte que si des haut-parleurs différents sont

12. Qui représente ainsi une qualité moins arbitraire et artificielle qu'il ne paraît.

13. Une contre-réaction de tension limite automatiquement la tension de sortie d'un amplificateur non chargé.

utilisés en série, leurs fréquences de résonance seront différentes. Quand un haut-parleur sera à la résonance, le volume du son changera pour les autres. Cet effet peut être très gênant dans une transmission musicale. Il est à peu près inexistant pour la parole, d'autant plus qu'on coupe souvent les fréquences basses. Une contre-réaction de taux élevé en tension réduit le phénomène sans le supprimer.

Dans le branchement série, les rapports de puissance entre haut-parleurs sont immuables et liés à leurs impédances.

On pourra pourtant avoir recours au branchement série quand il s'agira de haut-parleurs de qualité sûre et identiques, absorbant, en conséquence, des puissances égales. Les effets nuisibles de la résonance sont alors supprimés, si tous les haut-parleurs sont montés dans des coffrets identiques.

Avantages et inconvénients du branchement parallèle

En basse impédance, le branchement parallèle réduit l'impédance résultante à des valeurs qui peuvent être du même ordre de grandeur que celles des lignes. Le défaut est moindre avec des haut-parleurs anglais ou américains (15 Ω) et souvent négligeables pour des haut-parleurs à impédance moyenne (40 Ω).

La mise au silence de l'installation peut être provoquée par un court-circuit. C'est peu probable. La rupture d'une bobine mobile ou d'une connexion de haut-parleur n'entraîne le silence que de l'unité intéressée. Les résonances des bobines mobiles ne provoquent aucun effet sensible.

En ayant recours au branchement parallèle indirect, il est relativement aisé de jouer sur les puissances alors que les possibilités dans ce domaine du branchement parallèle simple ne sont pas plus grandes que celle du branchement série.

Enfin, le branchement parallèle est le montage type en moyenne impédance, ce qui nécessite l'emploi de transformateurs.

Amplificateur de puissance supérieure à celle des haut-parleurs

Il s'agit ici non pas des puissances « absorbées » par les haut-parleurs, mais des puissances maxima qu'ils sont capables d'encaisser sans dommage.

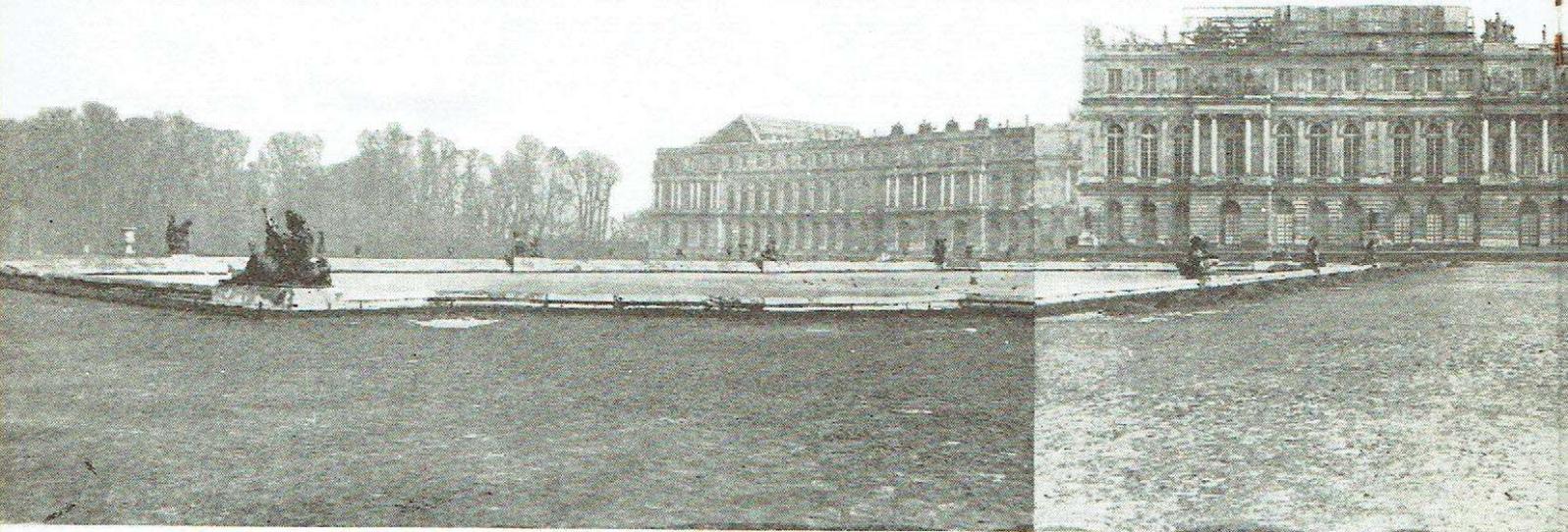
Il a déjà été dit que ce cas devait demeurer très rare, le fonctionnement à pleine puissance de l'amplificateur amenant tout d'abord des distorsions prohibitives et, s'il persiste, la destruction des haut-parleurs. Il peut se présenter, en pratique, en raison des disponibilités de matériel, qui feront utiliser un amplificateur de 40 W pour la sonorisation d'une salle moyenne, alors que 10 W au plus suffiraient.

Si l'on ne dispose pas de haut-parleurs convenables, le calcul de l'adaptation à réaliser devra être fait en prenant pour P_n la puissance normale de l'amplificateur. Les puissances P_c deviennent alors supérieures aux puissances nominales des haut-parleurs.

(A suivre.)

LE SPECTACLE DE STÉRÉOPHONIE SUR LA FAÇADE DU CHATEAU DU CHATEAU DE VERSAILLES

par José BERNHART



Le 5 juin, le spectacle d'illumination et de stéréophonie donné sur la façade du château de Versailles, côté jardin, sera inauguré par M. le Président de la République. Ce spectacle exaltera les gloires et la splendeur de Versailles ainsi que les grandes heures de son histoire.

La partie lyrique a été confiée à M. André MAUROIS, de l'Académie française, et à M. Jean COCTEAU.

La musique sera de M. Jacques IBERT, Directeur de l'Académie de France, à Rome.

La mise en scène lumineuse sera dirigée par Maurice LEHMANN, Administrateur de la réunion des Théâtres Lyriques Nationaux.

Les chœurs et l'orchestre de la Radiodiffusion Française, les plus grands artistes parisiens prêteront leur concours.

La mise en ondes a été confiée à Mme Eléonore CRAMER.

Procédé de stéréophonie dirigée : J. BERNHART et J.-W. GARRET.

Il nous a paru intéressant de donner dès à présent aux lecteurs de cette revue un aperçu sur cette réalisation technique. Dans un prochain article, nous décrirons en détail comment ont été effectuées la mise en ondes et la prise de son stéréophonique de ce montage complexe. Nous décrirons également le matériel électro-acoustique de cette chaîne stéréophonique dont la construction a été confiée à la Société Pathé-Marconi.

(*) Ingénieur E.S.E. et I.C.A.M., Chef du Service « Prise de Son » de la Radiodiffusion-Télévision Française.

La revue du SON est heureuse de présenter à nos lecteurs les problèmes posés par l'association de la Lumière et du Son, et de se dérouler dans le cadre sans pareil du château de Versailles.

M. José BERNHART, qui est chargé de la direction de ce spectacle, a bien voulu accepter de donner à nos lecteurs la primauté de son œuvre. Il a résolu le délicat problème de l'application de la stéréophonie aux façades. L'expérience considérable acquise dans ce domaine de l'emploi de la stéréophonie à des fins artistiques, et la technique nouvelle mise en jeu étant susceptible de susciter l'intérêt de tous, nous ne pouvons que nous féliciter de l'importance de ce spectacle.

Principe du spectacle et des installations sonores

Le public accède au parc en passant par les trois grandes portes-fenêtres placées dans l'axe du château et assiste au spectacle depuis la zone hachurée indiquée sur le plan.

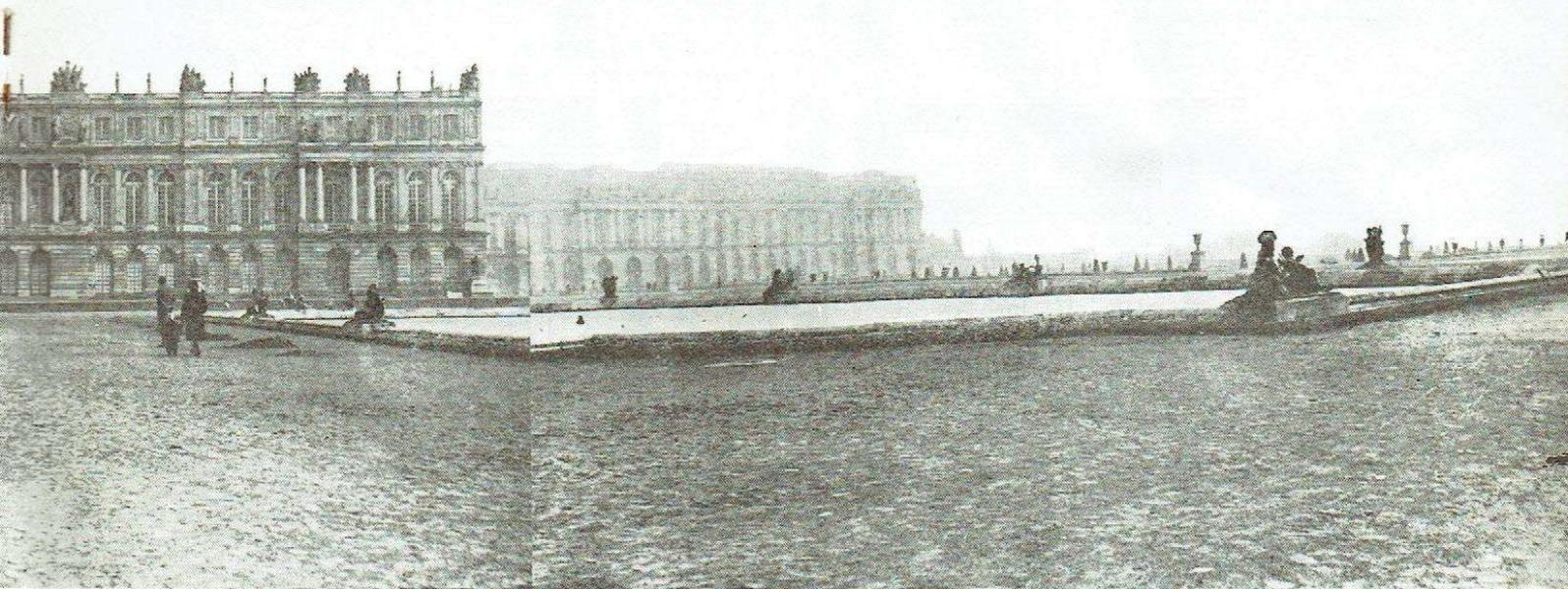
La première partie du spectacle est à la fois sonore et visuelle. Elle fait intervenir comme élément de décors la façade arrière du château et principalement la partie centrale. Des groupes de haut-parleurs (voir plan) diffuseront suivant le principe de stéréophonie dirigée, un spectacle sonore comportant une partie dramatique et musicale. La partie sonore sera en dialogue constant avec des effets de lumière qui feront ressortir le côté expressif et dramatique de l'élément architectural du château. La recherche d'une donnée dynamique supprimant tout effet statique, tant dans le domaine de la lumière que dans le domaine du son, constitue le principe de base de cette production. Son et Lumière forment en somme une sorte de ballet où chacun apporte un élément expressif constamment en mouvement dans l'espace. C'est la raison principale pour laquelle cette dif-

PHONIE ET D'ILLUMINATION

EAU ET DANS LES JARDINS

DE VERSAILLES

BERNHART *



à ses lecteurs une étude des plus intéressantes sur les
du Son lors des manifestations artistiques qui vont
Versailles.

ction de l'ensemble de la partie sonore du spectacle, a
imeur des détails techniques concernant la façon dont
la méthode de stéréophonie dirigée au cadre de Ver-
sailles par M. BERNHART, qui fut l'un des pionniers
donne à son exposé une valeur toute particulière,
Applications esthétiques dont on commence seule-

M. DE CADENET.

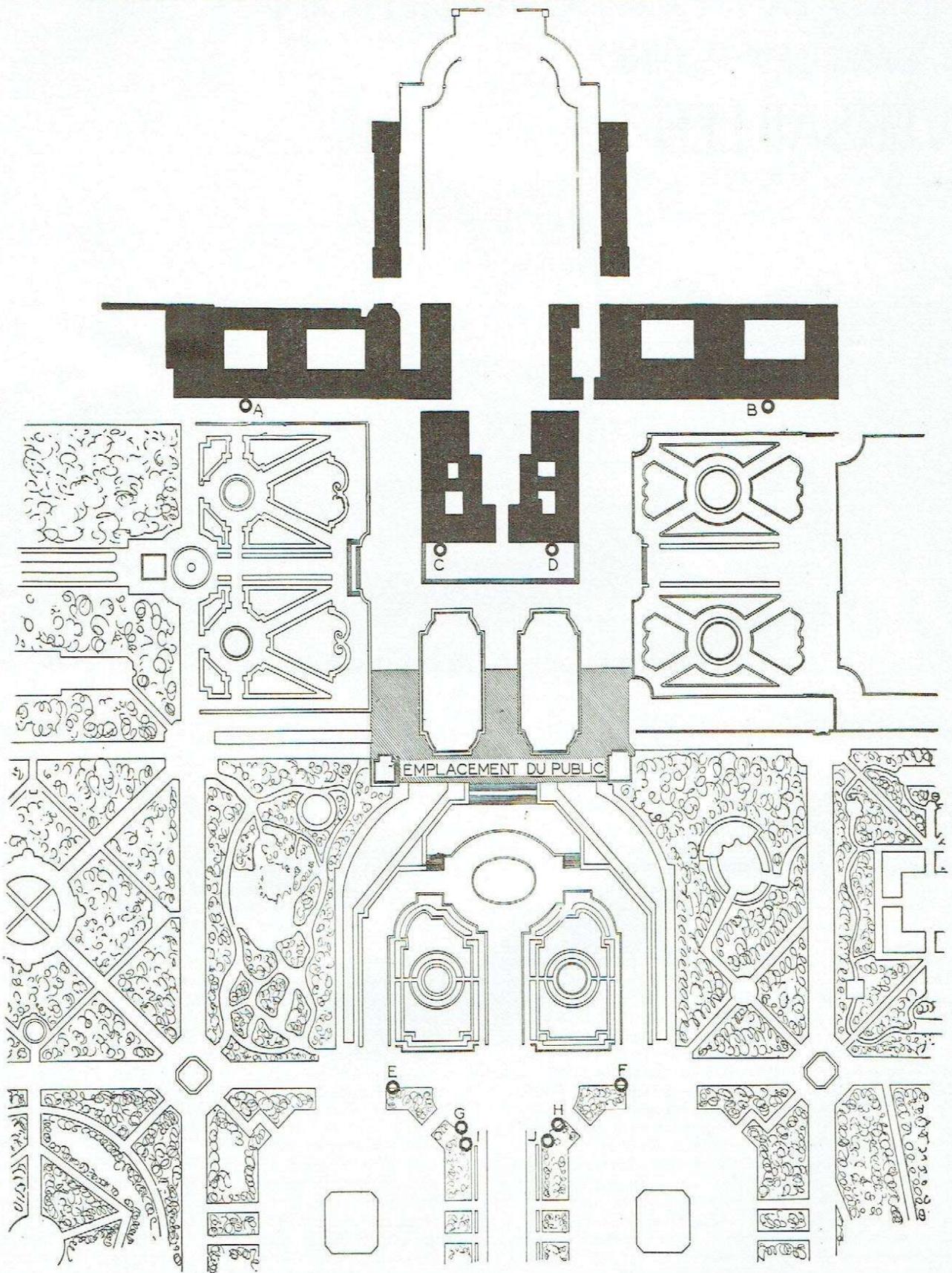
fusion sonore est réalisée suivant le principe de la re-
production stéréophonique, étant, bien entendu, qu'il s'agit
d'une stéréophonie dirigée où tous les éléments (les
instruments de musique au même titre que les voix)
peuvent à volonté se déplacer dans l'espace. Les haut-
parleurs utilisés (conque Elipson) apporteront en outre un
élément de présence et de naturel à la parole.

La deuxième partie du spectacle se déroule côté jar-
din. L'opération délicate qui consiste à « faire faire demi-
tour » à une foule de 5 à 10 000 personnes a posé un
problème d'organisation assez complexe. C'est en jouant
sur l'effet de « surprise spatiale » que l'on compte
obtenir un décrochement psychologique assez marquant.
(Sur la fin du texte du récitant côté château, la musique
sera émise en fond sonore par les groupes de haut-par-
leurs situés côté jardin, donc derrière les spectateurs.)
En même temps, la lumière décrira dans l'espace deux
arcs de cercle géants pour attirer progressivement l'atten-
tion des spectateurs en direction de deux statues éclairées
à l'entrée du tapis vert où sont situées les sources
sonores.

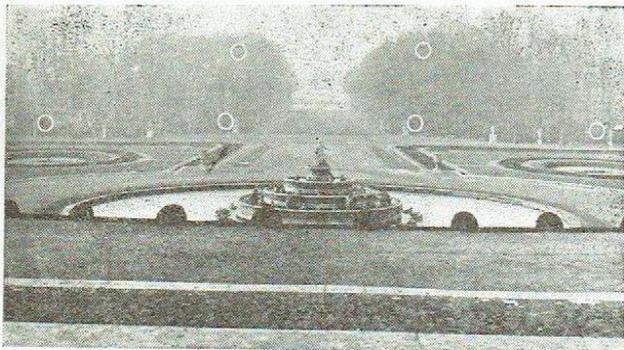
Dès lors se déroulera au milieu des jardins et des

fontaines, une évocation poétique des Fêtes de Versailles.
Son et Lumière seront synchronisés avec la marche des
eaux des bassins. Cette fois l'effet stéréophonique jouera
entre le groupe des arbres à l'entrée du tapis vert et
la base des statues réparties de part et d'autre au
pied de ces arbres.

Il est facile de concevoir l'ampleur de ce problème de
sonorisation sur le plan acoustique, étant donnée l'échelle
gigantesque des différentes bases stéréophoniques. A
priori, ce projet semblait impensable si l'on raisonne
simplement en tenant compte des différences de chemin
parcouru entre les divers groupes de haut-parleurs et
en envisageant toutes les combinaisons possibles de re-
groupement de ces haut-parleurs. En effet, si l'on trace
le réseau des hyperboles délimitant la zone des échos
possibles dans tous les cas, on arrive rapidement à trou-
ver un seul point sur le terrain où ce spectacle pourrait
être entendu correctement et ce point se situerait pré-
cisément à l'intérieur d'un bassin. C'est l'avantage de la
stéréophonie de ne pas définir un champ sonore émis
par une source ponctuelle de haut-parleurs mais plus
exactement par toute une zone acoustique répartie sur
toute la largeur de la base, ce qui définit ainsi toute
une série de son directs décalés les uns par rapport
aux autres par rapport à l'observateur. De même sorte,
dans une salle, il n'est pas logique de raisonner sim-
plement en considérant le son direct et un seul pinceau
de son réfléchis car, alors, l'audition dans toutes les
salles dépassant 20 ou 25 m de longueur serait absolu-
ment impossible. La loi de Gustave Lyon est exacte lors-
qu'il affirme qu'une différence de chemin de l'ordre de
35 à 40 mètres entre le son direct et un son réfléchi pro-
voque un écho audible. Mais cette remarque ne tient pas
compte de l'effet de masque. Il faut, en effet, compléter



Emplacement des différents groupes de haut-parleurs :
 A, B : groupes de haut-parleurs sur les ailes du château. — C, D : groupes de haut-parleurs sur la façade avancée.
 E, F : groupes de haut-parleurs au bas des statues. — G, H : groupes de haut-parleurs au haut des arbres.
 I, J : groupes de haut-parleurs au bas des statues.



Les cercles blancs représentent les différents groupes de haut-parleurs utilisés pour la deuxième partie du spectacle, côté jardins.

cette loi en précisant que ce son réfléchi sous forme « d'écho » parvient à l'observateur en l'absence d'autres sons réfléchis décalés dans le temps et qui risqueraient de masquer cet écho.

Pratiquement les deux haut-parleurs situés à l'angle de la façade avancée du château constituent la première base stéréophonique. A certains moments du spectacle, cette base se trouve élargie, par exemple vers l'aile gauche, lorsqu'il s'agit de situer nettement l'image sonore vers l'extrême aile gauche (la voix de Bossuet dans la chapelle, par exemple). A d'autres moments, au cours de la Révolution, on assistera à un travelling géant du peuple de Paris arrivant de l'extrême aile gauche pour se ruer en progressant vers la façade avant du château au-devant de la reine et du roi. Cette foule emmène ensuite la famille royale à Paris en chantant (l'image sonore se déplace progressivement de la façade avancée vers l'extrême aile droite).

A d'autres moments, pour donner un effet de grandeur, la base stéréophonique est élargie progressivement depuis le centre pour embrasser la totalité du château. Mais on a eu soin de prévoir une écriture musicale très large et des mouvements de foule indistincts, de telle sorte que, à proprement parler, nous n'avons pas d'effets d'échos. Dans ce cas limite, des paroles nettement détachées ou des traits de musique très rapides auraient pu donner lieu à des répétitions successives gênantes pour l'auditeur.

Principe de la stéréophonie dirigée

L'avantage de la stéréophonie (ou relief sonore) réside dans la possibilité de localiser à l'audition l'emplacement des sources sonores et d'opérer une discrimination entre les directions diverses d'où parvient les sons. C'est exactement le cas pratique de toute personne écoutant dans des conditions normales avec ses deux oreilles au même titre que la vision en relief. Au travers du microphone, avec une chaîne classique nous perdons toute possibilité de repérage directionnel dans l'espace. Par contre, nous sommes beaucoup plus sensibles à la notion de distance apparente de la source sonore (plans sonores). En effet, au cours de l'audition naturelle, nous faisons en somme un repérage en coordonnées polaires. Nous évaluons la distance à laquelle se trouve la source et surtout nous pouvons repérer la direction d'où nous parvient le son. La faculté de repérage angulaire est due simultanément :

- aux différences d'intensité perçues par chaque oreille;
- aux différences de phase entre les ondes qui parviennent à chaque oreille;
- et pour les sons brefs, à la différence de temps entre les deux fronts d'onde.

C'est la différence d'intensité (en réalité, elle se traduit par une appréciation de différence de timbre) qui constitue un des éléments prédominants du repérage spatial.

Il est clair que tout système qui redonne au travers des chaînes microphoniques la possibilité de transmettre tous ces paramètres de différence d'intensité et de différence de phase, permettra de redonner à l'auditeur le sens de la direction de la provenance du son. Nous avons déjà, à plusieurs reprises, décrit ces procédés qui ont fait l'objet de nombreuses recherches.

Une discrimination s'impose cependant entre la stéréophonie dirigée et les procédés classiques de stéréophonie réalisés avec une tête en plâtre et deux microphones à la place des oreilles (ces deux micros étant reliés à deux chaînes autonomes d'enregistrement ou de reproduction). La tête en plâtre joue un rôle d'obstacle qui introduit un effet de diffraction, exactement comme c'est le cas chez toute personne écoutant avec ses deux oreilles. C'est précisément cet effet de diffraction qui crée la différence d'intensité entre la perception de l'oreille droite et l'oreille gauche pour un son provenant d'une direction oblique.

Par contre, le procédé de stéréophonie dirigée que nous avons pu mettre au point avec la collaboration de M. GARRET a l'avantage de faciliter les opérations de prise de son et d'enregistrement dans les studios en créant électriquement cette différence d'intensité répartie par la suite sur deux chaînes autonomes, alors qu'au départ on utilise un seul microphone par groupe de source sonore.

On voit immédiatement qu'il est facile de déplacer à volonté dans l'espace autant de sources sonores désirées. Ces sources peuvent aussi bien être des interprètes réels ou tout autre modulation déjà enregistrée préalablement. L'image sonore des instruments se déplace sans difficulté dans l'espace et cela sans gêner l'exécutant (on voit mal une harpiste exécutant, par exemple, un arpegge, tout en transportant son instrument de musique de la gauche vers la droite dans le studio, comme cela devrait être le cas avec les procédés classiques de stéréophonie). De plus, si l'on considère la complexité d'un montage tel que celui du spectacle de Versailles, il serait impensable de réaliser simultanément l'enregistrement de la musique avec le concours du Grand Orchestre Radio-Symphonique, des choristes, une pléiade de comédiens de la Comédie-Française et la participation de plus de 200 figurants pour les mouvements de la foule, tout en donnant à chacun des mouvements de déplacement dans le studio devant une tête en plâtre pour créer les déplacements réels, tels qu'ils sont reproduits sur la façade du château. En réalité, les mouvements de foule ont été enregistrés à part avec le concours de 100 soldats et 50 jeunes filles du lycée de Versailles, des choristes de l'Opéra et quelques comédiens. Déjà, ces bruits de foule et ces cris ont fait l'objet d'un premier pré-montage sur magnétophone classique.

La musique, au contraire, a été enregistrée directement en stéréophonie en provoquant les déplacements des groupes d'instruments au moment de la prise de son.

Les récitants sont enregistrés à part en studio sur magnétophone ordinaire.

L'enregistrement des comédiens pour les scènes dramatiques est également exécuté sur bande mono, mais en prenant comme son témoin (comme s'il s'agissait d'un doublage de f.i.m. par exemple) les bruits de foule et la musique enregistrée préalablement.

C'est ensuite au mixage final que l'on a procédé à une deuxième mise en place stéréophonique. La musique était déjà répartie dans l'espace. Il s'agissait ensuite de créer les mouvements et de distribuer les récitants (placés en général à gauche ou à droite de la façade avancée du château). Chacune des répliques des comédiens est ensuite localisée en des points très distincts pour décrire un mouvement de scène réparti sur toute la largeur de la façade avancée. C'est également au cours du montage final que l'on a procédé au déplacement dans l'espace de toute la foule.

DISCOTECHNIQUE

Dans cette rubrique nous avons l'intention de signaler chaque mois quelques enregistrements commerciaux remarquables, c'est-à-dire qui présentent un intérêt particulier soit pour le technicien de la prise de son, en tant qu'exemples ou modèles, soit pour les amateurs en tant que tour de force technique, soit pour l'électro-acousticien, soit même pour le discophile, ou celui qui veut perfectionner ses connaissances en musique en tant qu'exemples d'usage intéressant d'un instrument ou d'un groupe d'instruments. Ainsi nous chercherons à fournir quelques prototypes des différentes formes de la musique instrumentale et orchestrale fournissant au lecteur l'occasion de compléter ou perfectionner son vocabulaire et ses connaissances musicales.

Dans les numéros qui vont suivre, nous signalerons dans les premières rubriques, quelques disques dont le contenu musical représente un excellent *test électro-acoustique* des appareils reproducteurs, pick-up, amplis, haut-parleurs.

L'amateur, le professionnel ou le revendeur pourra ainsi se constituer une discothèque assez sommaire de *disques test* qu'il connaîtra parfaitement, lui permettant une appréciation rapide des qualités et des défauts d'un canal électro-acoustique et pouvant remplacer avec un peu d'expérience les mesures objectives longues, délicates et qu'il n'est pas toujours question de faire dans un magasin, lors d'un achat. Pour faire les mesures subjectives, il sera naturellement nécessaire d'avoir l'oreille *parfaitement entraînée*, c'est-à-dire d'avoir entendu chacun des disques cités de nombreuses fois auparavant (dix au moins) sur des appareils variés et de bonne qualité et de savoir à peu près par cœur le thème musical.

Dynamique générale.

Un disque convenable pour cet usage doit contenir sur une face, sillons externes et internes compris, une alternance de *ppp* et *fff* permettant l'appréciation de la marge dynamique disponible.

Signalons comme typiques à ce sujet :

En 78 t/mn la dernière face du dernier disque de la IX^e Symphonie de BEETHOVEN, par von Karajan et l'Orchestre Philharmonique de Vienne (Columbia LFX 1105), en particulier, vers

le milieu du disque, la reprise du thème par le chœur avec l'orchestre qu'il est facile de voir sur les sillons éclairés en lumière un peu oblique.

En 33 t/mn la région correspondante du même morceau, par exemple dans l'excellente interprétation de Scherchen, très récente, et qui bénéficie des heureux progrès de la technique de prise de son. La dynamique en 33 t/mn est naturellement très supérieure en 78 t/mn.

Cette dernière partie de la IX^e Symphonie présente un intérêt tout particulier pour le discophile : elle représente l'un des morceaux de musique orchestrale les plus difficiles à enregistrer et à reproduire correctement : c'est l'un des morceaux tests de la prise de son.

A l'écoute le chœur des voix féminines et voix graves doit se détacher nettement, rester parfaitement intelligible, sans distorsion de la voix dans les *fff*, en particulier, on doit noter des variations notables du niveau dans les *fff* d'un sillon à l'autre : si au contraire l'ensemble forme une pâte sonore, compacte, inintelligible, confuse le canal sonore est mauvais.

Aux silences et *ppp* qui précèdent, le bruit de fond et d'aiguille doit être faible, on dispose de plusieurs secondes pour en juger. Enfin après l'accord final *fff* (dernier sillon) on doit percevoir nettement la réverbération considérable du Konzerthaus de Vienne, où l'enregistrement a été fait (on doit à l'oreille suivre l'extinction du son — dans le silence évidemment — durant au moins 2,5 à 3 secondes).

La matière sonore inscrite sur le disque est en effet répartie dans à peu près tout le spectre sonore des notes les plus graves aux plus aiguës, comme nous avons eu l'occasion de le contrôler par analyse et filtrage; elle doit donc reproduire un son très complexe, mais de nature harmonique et elle permettra à une oreille exercée de contrôler l'absence de KF et transmodulation des graves sur les aigus, défaut très fréquent d'appareils reproducteurs à transformateur ou de nombreux hauts-parleurs.

Percussions dans les fortissimi.

(Recherche du KF.)

Un excellent disque pour cet usage est la dernière face de l'Ouverture

1812, de TCHAIKOVSKI, dans l'interprétation de Nicolas Malko (disque « haute fidélité », 78 t/mn, Gramophone SL 120). Vers le milieu du disque se trouve un accompagnement ponctué de « coups de canon », percussions brusques qui, avec un bon canal reproducteur, doivent sortir, émerger, de l'ensemble de la pâte sonore *fff*.

**

Contrôle de la réponse dans les graves.

L'un des meilleurs enregistrements pour le contrôle des graves est la « Marche funèbre » du Crépuscule des Dieux, de R. WAGNER, dans l'interprétation de Bruno Walter (Columbia LFX 246). L'accompagnement de timbales joue le rôle essentiel dans l'interprétation : il est parfaitement enregistré à un niveau très élevé. Or nous avons entendu des pick-up où l'on ignorait la présence des timbales. Ce disque doit normalement être interprété avec une correction des graves (6 dB par octave au-dessous de 100 Hz). A l'écoute on devra entendre des graves parfaitement « rondes » se détachant nettement avec une extinction très lente que l'on doit pouvoir suivre parfaitement dans la suite du signal sonore. La partition des tympani comprend une série de *ppp* aux *fff* : les *ppp* ont une attaque très progressive qui permettra à l'oreille un contrôle très précis.

Contrôle de constance de la réponse en fréquence.

(Absence de « trous » dans la courbe de réponse.)

Au final de la IX^e Symphonie déjà citée et à de nombreux disques de musique d'orchestre symphonique (LISZT, WAGNER, etc.), nous ajouterons une mention particulière pour le disque 33 t/mn du final de l'Oiseau de feu, de Igor STRAVINSKI : *ppp* et *fff* y alternent régulièrement dans des groupes d'instruments très variés formant un orchestre très complet. On écouterait près de la table du tourne-disque les résonances mécaniques du pick-up qui doivent être naturellement les plus faibles possibles.

ASPECTS DE L'ACOUSTIQUE

par J. MATRAS *

Aspect mathématique, « l'Acoustique théorique » (à tout seigneur, tout honneur) : théorie de la propagation des ondes, de la production du son, du rayonnement, de la diffraction, de l'absorption...

Aspect technique, « l'Electro-acoustique » : l'appareillage basse fréquence, cher aux producteurs de son, les microphones, les écouteurs, les haut-parleurs, les divers procédés d'enregistrement, mécanique, optique, magnétique, mécano-optique...

Aspect physiologique, « l'Acoustique physiologique » : l'oreille, sa description, son fonctionnement, l'audition, les unités et les mesures subjectives, les prolongements sur l'étude du fonctionnement des nerfs...

Aspect musical, « l'Acoustique instrumentale » : la gamme, les accords consonants et dissonants, la transposition, les instruments de musique présents, passés et futurs...

Aspect architectural, « l'Acoustique moderne » : la protection contre les perturbations phoniques, la construction des théâtres, des salles de concert, des studios de haute qualité...

Aspect, enfin, peu définissable et qui constitue la synthèse des précédents, le but suprême auquel tend le praticien des studios, « la Prise de son » : étude de la transmission du son, des défauts qu'elle entraîne, de leur origine et de leurs conséquences physiologiques, des moyens d'y remédier dans chaque cas, compte tenu des caractéristiques variables de la production...

Rares sont les disciplines qui poussent leurs ramifications dans des directions aussi divergentes et qui exigent de leurs adeptes des qualités aussi opposées : logique frangée de fantaisie, goût encadré de rigueur.

Rares sont donc les techniques où l'acousticien apparaît seul; souvent en contact avec l'artiste, il doit à la fois lui imposer ses exigences et se soumettre aux siennes.

Deux exemples mettent parfaitement en évidence l'intérêt que présentent ces deux attitudes d'esprit parfaitement opposées :

— La construction d'une salle de concert lui impose une étroite collaboration avec l'architecte; de façon générale, si les règles qu'il veut imposer sont trop impératives, il se heurte à l'homme de l'art et s'aperçoit avec stupeur — s'il a eu l'audace de pousser son intransigeance jusqu'au bout — que les résultats que lui laissait espérer un calcul rigoureux ne sont pas atteints; si par contre, il a composé, il est tout heureux de constater

que la perfection qu'il craignait de voir lui échapper est bien près d'être atteinte;

— La diffusion d'une production lui impose une étroite collaboration avec le metteur en scène ou le metteur en onde; rares dans ce cas sont les techniciens qui arrivent à imposer un point de vue trop rigoureux, mais nombreux sont les producteurs qui, pour n'avoir pas écouté les preneurs de son, se sont mordus les doigts d'avoir tenté une expérience qui devait être hardie et qui ne s'est révélée en fin de compte que farfelue!

Si l'acousticien n'apparaît souvent qu'à la seconde place, il occupe cette seconde place dans de nombreuses techniques et s'il l'occupe mal — soit qu'il surestime ou mésestime son action — soit que son rôle soit négligé — il en résulte de graves dégâts.

Il en fut de tous temps ainsi, comme va nous le montrer un bref historique de l'Acoustique que je me propose maintenant de vous présenter.

Remontons aussi loin qu'il est possible dans le temps. Avant l'histoire, la préhistoire!

Les individus se présentent à nous en groupes déjà formés. Ils n'ont qu'un but : manger. C'est la lutte pour la vie, au sens le plus terre à terre du terme. Il faut combattre la nature, les animaux, les autres groupes humains. Et l'on est pratiquement démuné de moyens, chétif, impuissant, affligé de sens grossiers. Ah! si l'on avait l'odorat de certains adversaires à quatre pattes, ou la vue d'adversaires ailés! Mais il faut s'en passer; heureusement, le cerveau développé permet déjà de substituer la ruse à la force, d'utiliser au mieux des organes sans finesse.

Et parmi ceux-ci, on doit placer l'ouïe au premier rang; c'est l'ouïe qui va surtout servir à ces groupes primitifs, qui leur permettra de durer et, peu à peu, de s'organiser, d'évoluer.

Rythme du tam-tam dans la forêt — premiers messages transmis par l'homme avec une densité et une rapidité insoupçonnées. Peu à peu les troncs d'arbre se façonnent en caisses de résonance, les peaux d'animaux sacrifiés se tendent et vibrent. Tous les sens de l'homme réagissent à ces étranges sonorités qui imitent la nature et — qui sait? — peuvent peut-être aider à conjurer ses colères. N'est-ce pas un peu de cette force mystérieuse qu'on a captée, de cette force supra-humaine sans laquelle on est aussi démuné qu'un oiseau béjaune devant un rapace? Cette force aussi précieuse que le feu, il faut la conserver jalousement; bien plus, il faut l'exploiter, l'attiser, s'en faire une arme redoutable, parce que collective.

(*) Ingénieur Général de la Radiodiffusion Française.

Et peu à peu les instruments primitifs marquent le rythme des cérémonies consacrées à la lutte contre la nature, d'abord; à son apprivoisement, ensuite.

Mais voici que des individualités apparaissent : sorciers ou poètes, plus doués, qui recueillent les traditions, les conservent et les enrichissent. Ils dominent le groupe, ou sont impitoyablement éliminés. Mais ils lui ont appris à tirer un son d'un roseau convenablement taillé ou d'une liane suffisamment tendue.

Quand et comment naquirent exactement la flûte et la lyre, la flûte de Pan et le cheng des Chinois? Nul ne le sait, encore que de multiples légendes entendent nous éclairer là-dessus. Légendes qui nous montrent une humanité déjà bien différente de celle que matérialisent encore à notre époque les peuplades les plus primitives.

Certes, on est très mal informé des conditions dans lesquelles l'homme sauvage s'est transformé en civilisé. Mais l'on sait que, dans son âme affranchie des terreurs ancestrales, s'est estompé peu à peu le besoin d'agrégat si puissamment matérialisé par ces bruyantes cérémonies collectives, où le son jouait un rôle fondamental.

Hors des grottes sombres qu'il habita longtemps, dans les clairières défrichées, inondées de lumière, il apprit à voir et se déshabituait d'entendre. Et son oreille qui lui fut si précieuse pour défendre sa vie, il ne s'en servit plus que pour embellir son existence.

Tel est-il encore aujourd'hui : il serait vain de nier que l'organe des sens le plus utile au civilisé est l'œil. L'oreille ne vient qu'au second rang.

Nous voici donc arrivés aux limites de la zone historique. La science acoustique va naître : quand et comment? De façon générale, quand les hommes ont-ils appris à rationaliser les expériences qu'ils avaient accumulées depuis des millénaires?

Si étrange qu'il en puisse paraître, il est possible de fixer cette date avec une certaine précision.

C'est entre le VII^e et le V^e siècle avant J.-C. que les historiens ont coutume de placer les premiers balbutiements de ce qui devait porter le nom glorieux de Science. Les Grecs semblent avoir eu l'insigne honneur de la porter sur les fonts baptismaux.

Presque simultanément, les Mathématiques, la Physique, l'Acoustique, l'Optique, la Biologie, la Médecine, la Géographie, et j'en oublie, virent le jour.

Il serait trop long d'expliquer ce que fut exactement cette naissance, de préciser à quelles qualités nouvelles, l'esprit humain dut faire appel pour s'élever au-dessus des techniques purement expérimentales : qu'il nous suffise de constater l'extraordinaire fécondité de ces concepts pour nous rendre compte du caractère véritablement révolutionnaire des événements de l'époque, dans le domaine du savoir.

La science acoustique, naquit donc en Grèce vers le VI^e siècle avant J.-C. Cette précision ne suffit pas aux historiens qui lui attribuent même un père... et quel père! Il ne s'agit rien moins que de PYTHAGORE — personnage à vrai dire assez mystérieux, dont on se demande même s'il n'est pas simplement un mythe — qui, si l'on en croit la légende, serait le premier — et sans doute le plus illustre — Savant, au sens moderne du terme.

S'élevant du contingent au général, PYTHAGORE conçut sa célèbre gamme engendrée par quintes successives.

Acoustique était alors synonyme de Musique. C'est, en effet, l'Acoustique musicale qui préoccupa seule les Grecs : elle atteignit son apogée à l'époque de PLATON avec ARISTOXÈNE. Cet illustre physicien opposa, en effet, à la gamme de PYTHAGORE, une gamme de conception nouvelle, plus connue sous le nom de ZARLIN — qui, en fait, la réinventait plusieurs siècles plus tard.

À la même époque, à quelques milliers de lieues de là, une orientation très différente était imprimée à l'Acoustique.

En possession d'une technique au moins aussi évoluée que celle des Grecs, les Chinois, doués d'un tout autre tempérament, essayèrent de rattacher les résultats rencontrés en Acoustique musicale à ceux déjà éprouvés dans d'autres branches de la technique, comme l'optique, le calendrier, l'architecture, etc.

Aux deux extrémités de l'Asie, l'Homme rencontrait le Nombre. Mais il l'interprétait différemment. À l'ouest, se dégageant des concepts religieux et mystiques, il apprenait à lui donner un caractère abstrait et objectif.

En Orient, au contraire, il s'efforçait d'en tirer la cause première par la recherche du Plan fondamental et unique de l'univers. D'où l'importance donnée aux analogies souvent purement formelles, il faut le dire, et la croyance en l'existence du « secret » qui devait rendre maître de la Nature.

Qu'on ne croie pas que cette conception, qui paraît inhabituelle à nos esprits modernes d'Occidentaux, ait été l'apanage de la Chine. Elle s'est profondément répandue dans le monde antique; elle a inspiré les alchimistes et d'ailleurs tous les savants du moyen âge — de nos jours encore, elle est à la base de l'Astrologie et de quelques « sciences ésotériques », qui ont encore pas mal d'adeptes intelligents et sincères.

Mais ni à l'Ouest, ni à l'Est, il ne fut question pendant plus de mille ans, d'autre chose que d'Acoustique instrumentale. Il fallut attendre longtemps pour voir la Science faire un nouveau bond en avant.

On s'accorde à faire remonter au XVII^e siècle et plus particulièrement à DESCARTES — nouveau PYTHAGORE et, comme lui, génie universel — les débuts de la Science contemporaine.

Les découvertes se succèdent alors dans tous les domaines, à un rythme qui subit d'ailleurs une accélération qui donne le vertige.

Si l'Acoustique instrumentale continue à progresser grâce aux travaux de MERSENNE et de tous les facteurs d'instruments — peu à peu prennent naissance et se développent l'Acoustique théorique, fille du grand NEWTON, l'Acoustique physiologique, si magnifiquement étudiée par HELMHOLTZ, l'Electro-acoustique avec BOURSEUL, GRAHAM BELL, EDISON, POULSEN...

La fin du XIX^e siècle marque un nouveau et sensationnel tournant de la Science : elle coïncide par ailleurs, avec les premiers travaux sur l'Acoustique architecturale de SABINE et de GUSTAVE LYON.

On peut être surpris des incidences assez faibles de la Physique moderne sur l'Acoustique. Faibles, encore que non négligeables :

— Les oscillations de relaxation de VAN DER POL permettent d'expliquer le mécanisme de fonctionnement des instruments à vent et des instruments à archet;

— Des phénomènes énergétiques à l'échelle moléculaire sont à l'origine de certaines absorptions jusque-là mystérieuses;

— Un second son se développe dans certains corps à très basse température;

— Les mystères de l'audition s'éclaircissent au même rythme que les mystères du système nerveux...

Mais déjà apparaît une nouvelle façon de considérer le problème acoustique; une façon qui est liée aux études contemporaines sur les communications à grande distance. Le Son — parole, musique, bruit — n'est autre qu'un moyen d'information plus ou moins désiré, au même titre qu'un signal quelconque, électrique, lumineux, mécanique. Quelles lois générales régissent sa constitution? Comment peut-on rendre sa transmission à la fois dense, claire, économique, rentable? Tel est le problème que se posent maintenant les théoriciens et les techniciens; ouvrant à la Science acoustique, un aspect nouveau, certainement très riche de possibilités : « l'Aspect informationnel ».

QUELQUES INDICATIONS SUR L'ÉQUIPEMENT D'UN LABORATOIRE DE MESURES ACOUSTIQUES

par A. MOLES *

SUMMARY 1st PART

In this paper, the author who has been for many years a collaborator of one of the most important French acoustical Laboratories, tries to give a short account of the equipment of a Laboratory of Acoustics or Electroacoustics. He stresses particularly the point of view of efficiency of this equipment avoiding unnecessary expenses and trying to make the best of the least.

Introduction

L'extension très rapide des techniques industrielles liées au Son crée le besoin de réaliser des mesures systématiques de plus en plus fréquentes, souvent routinières comme celles que devra faire une fabrique de haut-parleurs, de microphones ou de pick-up, souvent aussi d'études et de mise au point d'un prototype ou enfin, occasionnellement, pour obtenir telle ou telle donnée numérique.

Aussi la plupart des firmes qui s'occupent de la matière sonore ont-elles à s'occuper de réaliser un « laboratoire d'acoustique » mot qui paraît souvent un peu effrayant à la direction qui imagine tout de suite qu'elle doit faire des installations fixes et coûteuses et concurrencer les laboratoires Bell.

C'est à ceux qui ont à équiper un laboratoire d'acoustique, petit ou grand, que nous adressons cet article visant à définir ce qu'il convient de faire *raisonnablement*.

Qu'est-ce qu'un laboratoire?

Un *laboratoire* c'est tout d'abord une pièce portant la pancarte « laboratoire » où se trouve un homme (ou une femme) assis à une table, équipé d'un tournevis et d'un fer à souder (1). Après tout c'est là une première définition strictement pragmatique dont l'évidence n'a pas toujours été vue clairement par des services quelquefois très importants.

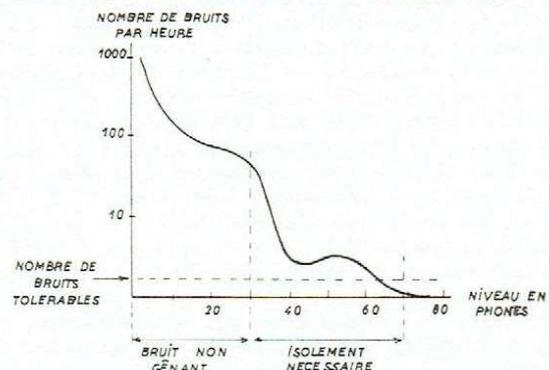
Mais pour en faire un laboratoire d'acoustique il convient, dans la mesure des possibilités, de lui donner quelques caractéristiques supplémentaires, c'est-à-dire de l'équiper. C'est là que le problème des crédits se pose et que des erreurs peuvent être commises fréquemment sur la rentabilité de tel ou tel appareillage.

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

(1) L'adjonction de quelques mètres de fil de câblage et d'un peu de soudure nous paraît un complément utile auquel on pourra avantageusement joindre une pince universelle (N.D.L.R.).

La salle, que l'on va dénommer le laboratoire, devant servir à manipuler de la matière sonore toujours un peu encombrante, il est préférable de la choisir relativement isolée de l'ensemble des services, tant pour éviter de leur transmettre des bruits désagréables, que, ce qui est plus important, pour que le matériau sonore en essai ne se trouve pas souillé par des impuretés venant de l'extérieur : conversations, bruits de machines, bruits de la rue, ascenseurs, etc... C'est là un point très important : le problème est pratiquement déterminé par la fréquence d'occurrence de bruits gênants lors d'une mesure : en effet il est très rare que dans des mesures objectives on ait besoin d'un silence rigoureux indéfini. Quand un bruit extérieur bref vient gêner une mesure délicate on la reprend, ce n'est rien si sa fréquence d'occurrence n'est pas trop grande au point de gêner appréciablement le travail. Ainsi la fréquence des bruits gênants en fonction de leur niveau est représentée, pour une usine, par une courbe du genre (fig. 1).

Fig. 1. — Fréquence des bruits en fonction de leur niveau pour une usine.



Or, on peut considérer comme gênant dans une mesure acoustique tout bruit nettement supérieur au bruit de fond dans la pièce en dehors de la source mesurée soit 35 à 40 dB environ. C'est dire que si l'on veut que la mesure ne soit perturbée que deux ou trois fois par heure, il faut que l'isolement sonore $Z_0 \log_{10} P_1/P_0$ soit de l'ordre de 35 à 45 dB. C'est là un chiffre assez difficile à atteindre si l'on ne s'éloigne pas notablement des régions sources du bruit; une cave ou un grenier seront par exemple assez favorables — un jardin dans une annexe ou une cour seront bien préférables. Les laboratoires acoustiques soignés sont à demi enterrés dans le sol, et nous avons vu en Allemagne des laboratoires excellents disposés en petits édifices en briques dans des bois de pins.

Bref on commencera par isoler la ou les pièces qui serviront de laboratoires en renforçant portes et fenêtres, en se souvenant que l'isolement en dB croît à peu près comme le poids par mètre carré de matériau : ainsi une très bonne façon de renforcer acoustiquement une porte est de la couvrir d'une feuille de plomb.

Ceci fait on posera des prises de courant 10 ampères tous les mètres, le long des murs, et l'on mettra le titulaire à l'intérieur. C'est là, très évidemment, une question d'espèce humaine — mais il est à noter que la majorité des publications sur l'acoustique étant en anglais ou en allemand, il est plus que souhaitable que l'individu qui est placé derrière la pancarte « Acoustique » connaisse au moins l'une de ces deux langues.

L'équipement

Vient alors le difficile problème de l'équipement technique. Par quoi va-t-on commencer? C'est là que doit se déterminer plus ou moins ce qui doit être fait dans le laboratoire.

Deux cas essentiels se présentent : la *mise au point technique*, les *études* et les *recherches techniques* — souvent très sommaires — qui sont caractérisées par une *évolution perpétuelle des problèmes posés* et au contraire le *contrôle de fabrication*, la vérification de lots ou d'échantillons, qui se traduit par des *mesures systématiques*.

Nous commencerons par le premier cas : le plus délicat, car il sera facile d'extraire du matériel examiné à ce propos, le matériel spécialisé dans le contrôle et la vérification qui, en principe, ne différera guère du précédent, mais fera l'objet d'installations fixes sans souplesse mais parfaitement adaptées à telle ou telle mesure précise.

Le rôle du laboratoire de recherches et d'études est de fournir, de la denrée intellectuelle condensée matériellement dans des rapports constitués de papier dactylographié contenant des idées — nouvelles on peut l'espérer — et des prototypes constitués avec du matériel assemblé sous forme d'un montage.

Les idées, dans la mesure où on ne les fabrique pas soi-même, sont puisées dans des « stocks » tels que la bibliographie que nous donnons à la fin de cet article et des revues techniques — la *revue du SON*, évidemment; le *Journal of the Acoustical Society of America*; *Audio Engineering*, *Funk und Ton*, etc., dont nous donnerons dans cette revue des analyses suivies.

C'est donc là le premier *équipement* d'un laboratoire : deux ou trois revues techniques bien choisies.

Quant aux prototypes, ils sont faits avec des pièces détachées et du matériel courant dont le laboratoire sera suffisamment approvisionné. Nous avons connus beaucoup de laboratoires, même importants, surtout en France, où le matériel élémentaire que sont condensateurs, résistances, lampes, châssis et connexions faisait défaut : combien de temps perdu à raccorder des fils avec des pinces crocodiles!

L'équipement en appareils vient enfin : il est bien certain que l'acousticien réduit à ses seules oreilles est bien pauvre et peu susceptible d'un travail sérieux. Le prix du matériel restant toujours très élevé, nous examinerons ici cet équipement *dans l'ordre même des services qu'il peut rendre* dans une extension des activités du laboratoire : de façon à permettre au service qui s'équipe d'estimer aux mieux les dépenses.

Amplificateur basse fréquence. — C'est l'appareil le plus simple : un amplificateur d'une quinzaine de watts modulés avec moins de 2 % de distorsion, possédant quatre courbes de réponses distinctes :

- plate à ± 1 dB près entre 60 et 10 000 Hz;
- relevée de 6 dB par octave au-dessous de 200 Hz;
- relevée de 6 dB par octave au-dessus de 4 000 Hz;
- relevée dans les graves et les aigus,

par combinaison de résistances et de condensateurs, non microphonique, et possédant une entrée de microphone sensible au millivolt sur 50 ohms avec un bruit de fond inférieur à -40 dB nous suffira pour la quasi-totalité des mesures acoustiques courantes. La façon la plus simple de le réaliser consiste généralement à partir d'un modèle sérieux du commerce et à le revoir soigneusement quant au bruit de fond et à la courbe de réponse, en étalonnant approximativement le potentiomètre d'entrée — linéaire — en décibels, et en l'équipant d'un contrôle quelconque de la surcharge. Les courbes de fonctionnement et la tension maximum d'entrée seront affichées sur l'appareil.

Haut-parleurs. — Peu de commentaires sinon qu'il les faut de très bonne qualité : à aimant permanent et munis d'un excellent transformateur fournissant une gamme très variée d'impédances pour 2, 5, 10, 50, 200, 600 et 2 500 ohms.

La courbe de réponse doit être la plus étendue possible : on choisira généralement deux haut-parleurs, l'un de moyen diamètre (28 cm), capable d'encaisser tout le débit de l'amplificateur, l'autre d'une puissance de 3 à 4 watts, de réponse particulièrement bonne.

Les haut-parleurs seront montés sur un baffle en bois transportable de 1 m sur 1 m, au minimum, recouvert de matériaux absorbants, sur les deux faces, et porteront, collée sur la face avant du baffle, leur *courbe de réponse* relevée avec soin et le schéma des connexions du transformateur pour les différentes impédances.

Oscillateur basse fréquence. — C'est la source essentielle de sons musicaux. On le choisira d'assez forte puissance de sortie (2 watts) lui permettant d'attaquer directement un haut-parleur sans amplificateur intermédiaire et comportant en sortie une série d'impédances de sortie 50, 200, 600, 2 400 ohms par exemple.

On ne s'illusionnera guère sur la précision du cadran qui devra de toute façon couvrir au moins 180°, mais on veillera à la stabilité du 0 qui doit représenter une variation de fréquence erratique inférieure à 0,1 % p.s. (1 période à 1 000 Hz et une dérive inférieure à 2 Hz par minute en régime). On veillera à ce que l'axe du cadran soit facilement accessible pour permettre les relevés automatiques et à ce que la tension secteur parasite de la basse fréquence ne représente pas plus de 0,5 % de la tension maximum de sortie. Enfin le cadran devra comporter des graduations *utilisables* à partir de 20 Hz : un oscillateur basse fréquence se juge aux fréquences en dessous de 100 Hz.

Parmi les appareils les plus intéressants actuellement sur le marché, signalons simplement l'oscillateur basse fréquence LIT, assez bon marché, et qui présente la plupart des qualités ci-dessus signalées, l'oscillateur Bruel

et Kjoer fait pour être adapté mécaniquement à un enregistreur logarithmique, etc.

Oscillographe cathodique. — C'est l'un des instruments les plus universels qui soient : il supplée au voltmètre à lampes, permet les mesures de fréquence par la méthode de Lissajous, donne une première idée de la composition spectrale d'un son, analyse les distorsions, etc. Par-dessus le marché, et ce n'est pas la moindre étude, il permet le contrôle de tout le matériel du laboratoire.

Trop connu pour qu'on s'étende longuement à son sujet, rappelons qu'un oscillographe pour les besoins de l'acoustique doit avoir un amplificateur à deux étages linéaires de 10 Hz à 10 000 Hz, lui permettant d'entrer avec un niveau de 1 à 2 mV (tension d'un micro), directement sur un amplificateur X séparé, permettant d'obtenir des figures de Lissajous, avec des tensions très faibles — une base de temps linéaire descendant à 0,2 Hz et permettant les mesures de réverbération des plaques X et Y, directement accessibles et une très forte synchronisation. Depuis la disparition de l'excellent OCP31 de la Cie des Compteurs, le seul appareil sur le marché français répondant à ces desiderata est l'oscillographe basse fréquence, type vibrations de Philips.

Microphones étalons. — Un microphone étalon, c'est un microphone étalonné, c'est-à-dire dont on connaît :

- a) la courbe de réponse en fréquence : $F(\omega)$;
- b) la sensibilité absolue : k ; c'est-à-dire le nombre de microvolts qu'il donne dans un champ sonore libre, de 1 barye en l'absence du microphone.

Les opérations d'étalonnages de microphones sont parmi les plus difficiles de toutes les techniques électro-acoustiques, elles ne sont pas à la portée d'un laboratoire ne disposant pas d'appareils coûteux et compliqués et il est à déconseiller de se lancer dans ce genre d'opération. Pratiquement, on fera étalonner le microphone dans un des quelques laboratoires spécialisés : en France, laboratoire d'acoustique du C.N.E.T., 24, rue Bertrand, à Paris; en Suisse, au P.T.T. Versuchsanstalt, à Berne; en Allemagne, au Physikalische Bundesanstalt, à Braunschweig; en Angleterre, au National Physical Laboratory, à Teddington (Londres); à noter d'ailleurs que chaque laboratoire donnera des valeurs appréciablement différentes.

Quant au microphone à choisir, on peut conseiller deux types :

a) Le microphone à condensateur du type Neuman, avec préamplificateur, du modèle courant utilisé par la radiodiffusion. C'est un microphone à sensibilité angulaire cardioïde, c'est-à-dire présentant un angle mort précieux pour certaines mesures, dont la réponse est très satisfaisante, et qui conviendra au mieux pour les travaux en laboratoire;

b) Le microphone électrodynamique d'un modèle courant, par exemple le microphone Western Electric 630A ou LMT3 630A, très robuste, en forme de boule, requérant un transformateur d'adaptation d'impédances, mais qui convient bien pour des mesures en plein air, ne craint pas le vent, etc.

Enfin, si l'on a l'intention d'effectuer des mesures d'acoustique de salle, on adoptera un microphone à ruban, dont la courbe de directivité en forme de huit présente un grand intérêt pratique. C'est un microphone « de vitesse », c'est-à-dire que sa réponse en pressions sonores décroît régulièrement de 6 dB par octave.

Tourne-disque. — Tous les tourne-disques du commerce étant de qualité sensiblement équivalente, si l'on ne veut pas adopter des modèles professionnels, on adoptera un tourne-disque 33 t/mn-78 t/mn à moteur exempt de parasites (synchrone, de préférence), sans interrupteur automatique, avec plateau de 30 cm assez lourd et pick-

up assez lourd (20 g), débitant une grande tension et susceptible de s'adapter à une prise spéciale sur l'amplificateur. N'importe quel modèle courant conviendra pour des mesures comparatives qui forment 90 % des mesures usuelles : par exemple le pick-up vulgaire piézo-électrique, exécutable par ailleurs, mais qui débite une grande tension et renforce la partie énergétique du spectre sonore.

Enregistreur logarithmique. — C'est là, malgré son prix, un appareil que ses applications, extrêmement variées, ont rendu indispensable depuis quelques années à tout laboratoire d'essais ou d'études, qui veut faire des mesures régulières, des relevés de courbe de réponse, des traductions électro-acoustiques, des appréciations de qualité des disques, des mesures d'acoustique des salles pour lesquelles il est à peu près irremplaçable, de phonétique, d'enregistrement; son principe même lui donne une stabilité de fonctionnement, une fidélité, une robustesse, une commodité dans les mesures qui apparaissent écrites sur le papier paraaffiné, le rendant l'auxiliaire normal d'à peu près toutes les mesures acoustiques, électro-acoustiques, de lignes, de courants, etc.

Diverses firmes, depuis son invention par NEUMAN à Berlin, en fabriquent : la S.E.L.T., Autophon, etc. Le modèle le plus récemment mis sur le marché, le Bathymètre Bruel et Kjoer, s'est imposé rapidement grâce à ses perfectionnements mécaniques et à son système galvanométrique qui lui permettent l'enregistrement de phénomènes extra-rapides (moins de 50 millisecondes).

Avec un microphone, un amplificateur d'oscillographe étalonné en tensions et un enregistreur Bruel et Kjoer, on constitue, par exemple, un système de mesure de niveaux sonores à la fois simple, précis et stable (fig. 2).

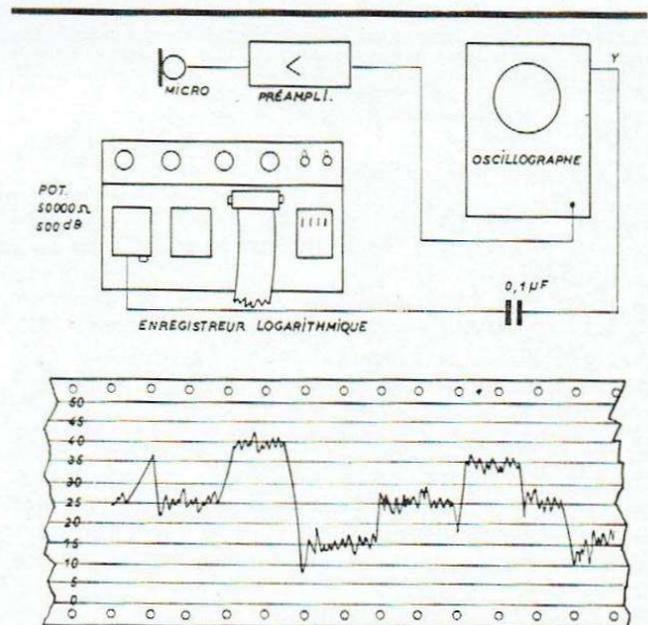


Fig. 2. — Mesure du niveau du bruit avec un enregistreur.

Générateur de bruit blanc. — C'est un appareil peu coûteux que l'on doit pratiquement réaliser soi-même, qui dans son principe est uniquement un excellent étage amplificateur de tension attaqué par une source de tension erratique, constituée généralement par une lampe au néon ou à gaz allumée. Le schéma de la figure 3 en

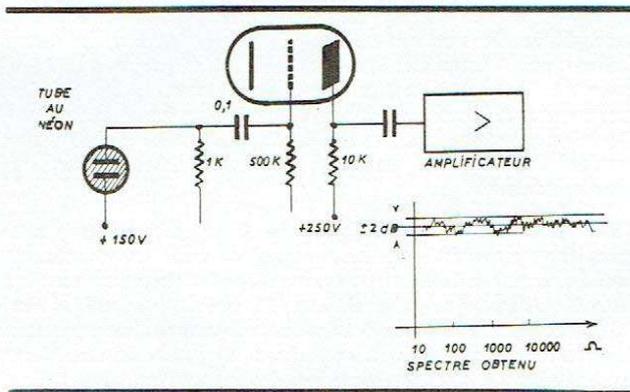


Fig. 3. — Générateur de bruits blancs.

donne le fonctionnement. Elle fournit un bruit analogue à un sifflement de vapeur contenant toutes les fréquences acoustiques avec des amplitudes égales d'où son nom.

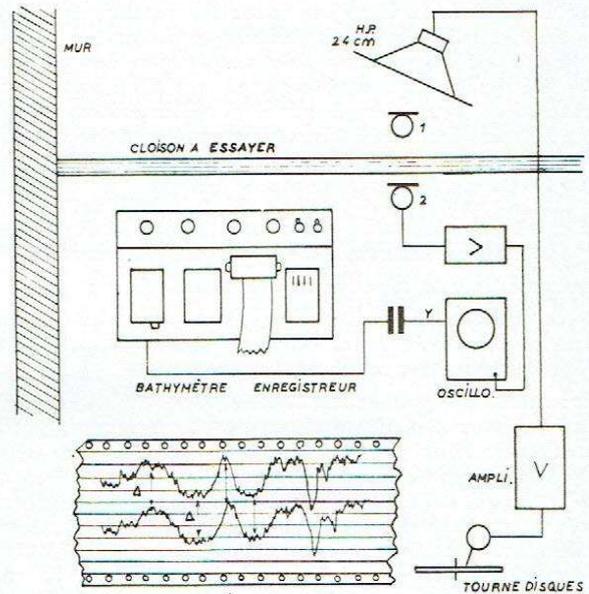
Avec l'équipement de base, jusqu'ici décrit (3), et du menu appareillage (disques de fréquences, écouteurs téléphoniques, atténuateur en T, etc.), et un peu d'expérience, on peut pratiquement effectuer la plupart des mesures acoustiques usuelles, ne requérant pas l'utilisation d'ondes planes en champ libre, telles que mise au point d'appareils de prothèse auditive, relevés de diagrammes de surdité de Wegel, courbes de réponse d'écouteurs et de haut-parleurs à l'air libre, réponses de pick-up et de graveurs, relevés d'affaiblissement de cloisons, mesures de bruit en chantier, courbes de réverbération, etc., etc.

Dans le prochain article, continuant notre examen de l'équipement, nous décrirons des appareils plus coûteux

(3) Ceux de nos lecteurs qui s'étonneraient de ne pas voir figurer de distortionmètre dans cet équipement de base trouveront dans le prochain numéro de la revue du Son, la clef de ce mystère (N.D.L.R.).

et plus spéciaux permettant d'effectuer des recherches ou des études particulières (analyse spectrale) distortionmètres, décibelmètres, etc., et nous examinerons ensuite les questions des salles de mesures, quelques méthodes simples de mesures permettant de s'affranchir d'installations fixes coûteuses.

Fig. 4. — Mesure de transparence d'une cloison avec tourne-disque et enregistreur logarithmique. On enregistre la durée du disque au bathymètre, le micro étant placé en 1, puis on recommence sur le même papier démarrant au même point avec le micro en 2 de l'autre côté de la cloison. La différence moyenne de deux courbes facile à estimer à ± 2 db près donne la transparence de la cloison.



PETITE BIBLIOGRAPHIE

de la littérature scientifique de base pour un laboratoire de métrologie

1. STEVENS DAVIS. — *Hearing*, Wiley and Sons, 1949, 450 p.*
2. LEO BERANEK. — *Acoustics Measurements*. Wiley and Sons, 1950, 950 p.*
3. MOLES. — *Physique et Technique du bruit*. Dunod, 1952, 160 p.
4. KNUDSEN. — *Acoustical Designing in Architecture*. Wiley and Sons, 1952.*
5. BERNHART. — *Traité de prise de son*. Eyrolles, 1950, 500 p.
6. MATRAS. — *Le Son*. Collection « Que sais-je? », n° 293.
7. MATRAS. — *Acoustique appliquée*. Collection « Que sais-je? » n° 385.

Périodiques :

- Annales des télécommunications*. — Editions de la Revue d'optique, 165, rue de Sèvres.
- Journal of the Acoustical Society of America*. — Lancaster (Pennsylvania). American Institute of Physics, Prince and Lemon Street.*
- Audio Engineering*. — Radio-Magazine Inc. Publications, Madison Ave., New-York-17-NY.*
- Funk und Ton*. — Berlin. Borsigwalde, Eichbarndamm, 141.

(*) Ces ouvrages peuvent être fournis par Brentano's, avenue de l'Opéra, Paris.

LES MICROPHONES :

propriétés, étalonnage et caractéristiques (1)

Deuxième partie. — METHODES D'ETALONNAGE

par R. LEHMANN *

Qu'ils soient utilisés dans les laboratoires, dans les studios ou à l'air libre, les microphones sont appelés à être employés dans des conditions très variées. Il est évident qu'un même microphone ne peut être utilisé rationnellement en toutes circonstances et pour un emploi quelconque; cependant, pour connaître sa qualité intrinsèque, il est nécessaire de procéder à son étalonnage et la connaissance de plusieurs caractéristiques est indispensable à cet effet :

- 1° efficacité;
- 2° courbe de réponse en fonction de la fréquence;
- 3° directivité;
- 4° distorsion harmonique;
- 5° intermodulation;
- 6° impédance;
- 7° rendement;
- 8° dynamique;
- 9° courbe de réponse en régime transitoire.

Nous allons passer successivement en revue les méthodes utilisées généralement dans les laboratoires d'acoustique pour effectuer ces diverses mesures. Certaines d'entre elles sont courantes et facilement réalisables; d'autres, au contraire, sont délicates, longues et exigent un appareillage spécial, mais toutes sont indispensables si l'on veut bien connaître la qualité du microphone que l'on utilise. Enfin, toutes exigent l'utilisation d'une chambre sourde et muette, permettant l'obtention d'un champ acoustique libre, correspondant aux conditions de libre propagation. Avant d'entreprendre la description de ces diverses mesures, nous donnerons quelques indications succinctes sur la qualité des appareils nécessaires pour leur exécution, mais nous laisserons volontairement de côté les méthodes d'étalonnage des microphones étalons primaires qui nécessiteraient à elles seules une étude spéciale.

(1) Voir le début de cette étude dans la revue du SON, n° 2, mai 1953, page 53.

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

Appareillage de mesure

La qualité des appareils nécessaires pour l'étude des caractéristiques des microphones dépend naturellement de la précision que l'on recherche dans le résultat. Les indications que nous allons donner se rapportent à du matériel de laboratoire, permettant des mesures exactes avec un pourcentage d'erreur relativement faible, si les opérateurs sont des techniciens expérimentés.

a) *Oscillateur basse fréquence.* — Il doit donner, d'une façon continue, toutes les fréquences comprises entre 20 et 15 000 Hz avec une précision meilleure que 5 % et avec une distorsion harmonique inférieure à 0,5 % pour sa tension de sortie maximum.

b) *Amplificateur de puissance.* — Sa courbe de réponse doit être linéaire à ± 1 dB près entre 20 et 15 000 Hz; il doit donner une puissance de 10 watts pour une distorsion harmonique inférieure à 2 %; son bruit de fond (secteur et souffle) doit être aussi faible que possible; enfin, il doit être à gain variable et réglable au moins de 5 en 5 dB.

c) *Haut-parleur.* — Sa puissance nominale doit être élevée de façon à ce qu'il ait une intermodulation et une distorsion harmonique aussi faibles que possible (par exemple, une distorsion harmonique inférieure à 2 % est souhaitable à la fréquence nominale : 400 Hz, pour sa puissance nominale qui est généralement de l'ordre de 2 à 5 watts). Il doit laisser passer toutes les fréquences comprises entre 20 et 15 000 Hz, ce qui est généralement difficile à obtenir; aussi, a-t-on souvent intérêt à utiliser un haut-parleur double avec dispositif de filtrage (haut-parleur à membrane pour les basses fréquences et à chambre de compression pour les fréquences aiguës).

d) *Système d'enregistrement.* — Il doit permettre l'enregistrement continu ou point par point des tensions microphoniques. Il faut donc que sa courbe de réponse en fonction de la fréquence soit linéaire de 20 à 15 000 Hz à $\pm 0,5$ dB et que sa distorsion harmonique soit négligeable (inférieure à 0,1 %). Il doit être étalonné en valeur absolue avec une précision de l'ordre de 0,5 dB et être, de préférence, à sensibilité logarithmique; il faut, également, qu'il permette l'enregistrement, sans modification de sa sensibilité, de variations de niveau d'au moins 40 dB.

e) *Distorsiomètre et analyseur de fréquences.* — Quoique les mesures d'intermodulation exigent l'utilisation d'un analyseur, on peut utiliser un distorsiomètre pour les mesures de distorsion harmonique; il doit, dans ce cas, permettre les mesures pour des fréquences comprises entre 50 et 5 000 Hz. L'analyseur de fréquences doit permettre la mesure de fréquences comprises entre 50 et 20 000 Hz; il doit permettre, en même temps, la mesure de l'amplitude de ces diverses fréquences, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un voltmètre auxiliaire.

Efficacité

L'efficacité absolue d'un microphone se définit, à chaque fréquence, comme étant la tension électrique qu'il développe pour une pression acoustique déterminée sur sa membrane, lorsqu'il est placé dans un champ libre. Pratiquement, cette efficacité s'exprime en décibels au-dessous de 1 volt par barye; de plus, il faut préciser si le microphone est étalonné à circuit ouvert ou, au contraire, fermé sur son impédance.

Courbe de réponse en fonction de la fréquence

La courbe de réponse en fonction de la fréquence n'est autre que la variation de l'efficacité qui vient d'être définie. Il est, ainsi, possible d'écrire que la « réponse » d'un microphone, à circuit ouvert et à une fréquence déterminée, est définie par la relation ci-après, en décibels :

$$R_{AB} = 20 \log \frac{e}{p}$$

dans laquelle e est la tension électrique donnée par le microphone et p la pression sonore existant à l'emplacement de sa membrane lors de son étalonnage, lorsqu'il a été enlevé du champ acoustique.

Avant de donner quelques indications sur la méthode générale de mesure de la courbe de réponse, disons qu'il est également souvent intéressant de connaître la réponse moyenne d'un microphone dans un champ diffus; cette mesure s'exécute, à l'inverse de la précédente, dans une salle réverbérante, salle dans laquelle la pression sonore produite par une, ou mieux plusieurs sources, peut être considérée comme étant indépendante de la position du microphone. En fait, si on utilise des fréquences pures, il se produit toujours quelques irrégularités dans la distribution de la pression sonore et on observe des variations non négligeables d'un point à un autre (souvent supérieure à 10 dB). Pour éviter cet inconvénient, on utilise souvent, à cet effet, des bruits complexes à

Fig. 11. — Mesure de l'efficacité moyenne d'un microphone par la méthode de la salle réverbérante.

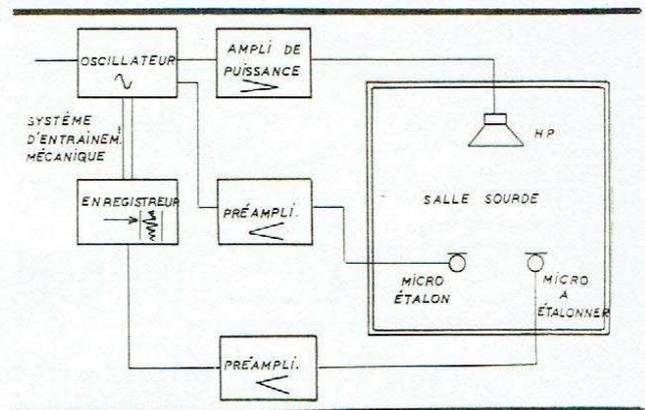
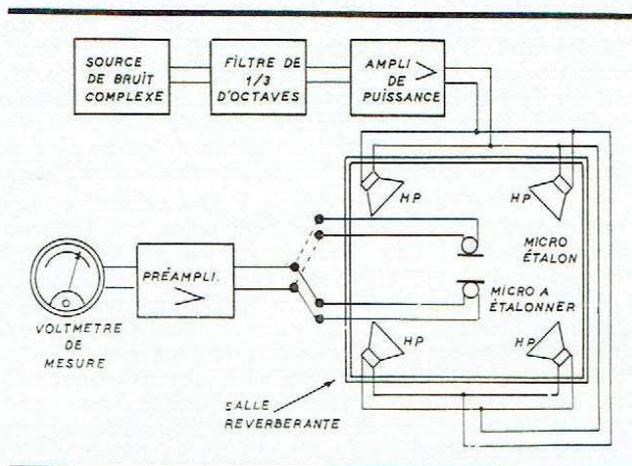


Fig. 12. — Schéma de principe de l'appareillage utilisé pour le relevé de la caractéristique de fréquence d'un microphone.

spectre continu et uniforme en fonction de la fréquence que l'on filtre en bandes ayant, par exemple, un tiers d'octave de largeur, c'est-à-dire contenant, théoriquement, toutes les fréquences comprises dans le tiers d'octave considéré : les variations de pression sonore sont, dans ce cas, au maximum de ± 2 dB d'un point à un autre dans une bonne salle réverbérante. La figure 11 donne un schéma de principe d'une installation pouvant être utilisée à cet effet : le microphone étalon permet la détermination de la pression sonore absolue p et la mesure de la tension électrique fournie par le microphone à étalonner e rend facilement possible, ensuite, le calcul de $20 \log e/p$.

Quand on veut tracer, d'une façon continue, la courbe de réponse d'un microphone en champ acoustique libre, on utilise souvent le montage schématiquement représenté par la figure 12 : un oscillateur à fréquence continuellement variable débite sur un haut-parleur par l'intermédiaire d'un amplificateur de puissance. Le microphone à étalonner est placé dans l'axe de ce haut-parleur, en un endroit où le champ sonore est aussi constant que possible. Après amplification, les courants microphoniques sont envoyés sur un enregistreur rapide à fonctionnement logarithmique qui entraîne, d'un mouvement synchrone, le condensateur variable de l'oscillateur. D'autre part, un microphone étalon de petites dimensions et ayant une caractéristique linéaire, placé aux environs du microphone à étalonner, agit sur la tension de sortie de l'oscillateur de façon à obtenir une pression sonore constante à l'emplacement des microphones. La caractéristique fournie par l'enregistreur représente ainsi directement la courbe de réponse du microphone à étalonner. Il est ensuite facile, après détermination de la pression sonore absolue existant à l'emplacement du microphone étudié, de calculer son efficacité et de tracer sa courbe d'efficacité absolue en fonction de la fréquence.

Directivité

La caractéristique de réponse d'un microphone dépend naturellement, presque toujours, de la direction du son incident. Les écarts entre les diverses caractéristiques relevées comme il a été précisé dans le paragraphe précédent, pour des angles d'incidence différents, dépendent des dimensions, du type et de la construction du microphone. Dans le premier chapitre de ce travail, nous avons déjà nettement mis en évidence l'influence de la forme et des dimensions sur la diffraction.

Pour mesurer les caractéristiques directives d'un microphone, le dispositif représenté par la figure 12 peut encore être utilisé sous deux variantes différentes :

a) Relevé de la courbe de réponse complète du microphone pour des angles d'incidence θ compris entre 0 et 180° (généralement 0, 30, 60, 90, 120, 150 et 180°);

b) Relevé direct, pour plusieurs fréquences choisies de la caractéristique de directivité du microphone en faisant pivoter celui-ci, d'une manière lente, constante et continue, d'un angle de 360°. Lorsque ce mouvement de rotation est solidaire et synchrone du déplacement du papier d'enregistrement, on obtient directement la courbe de directivité. D'autre part, on représente très souvent cette courbe en coordonnées polaires, en portant sur le rayon vecteur les variations d'efficacité par rapport à l'efficacité pour un angle de 0°; certains appareils permettent l'enregistrement direct de telles courbes

Aux Etats-Unis, on utilise très souvent, pour caractériser les propriétés directives d'un microphone, le facteur et l'index de directivité. Le facteur de directivité, $Q(f)$, se définit par le rapport des deux puissances électriques P_2 et P_1 délivrées à une résistance par deux microphones placés dans un champ diffus, la puissance P_1 étant la puissance délivrée par le microphone à étalonner et la puissance P_2 étant celle délivrée à la même résistance par un microphone non directionnel (sphérique), dont la caractéristique de fréquence serait la même que celle du microphone étudié pour son axe principal d'utilisation. Cette définition semble, d'ailleurs, assez théorique; cependant, certains auteurs ont proposé des graphiques permettant la détermination du facteur $Q(f)$ qui est égal, à une fréquence f précisée, à :

$$Q(f) = 2 \left[\int_0^\pi f^2(\theta) \sin \theta \cdot d\theta \right]^{-1}$$

où $f(\theta)$ est égal à :

$$E(\theta)/E(0)$$

$E(\theta)$ étant la tension efficace débitée par le microphone pour un angle d'incidence θ et

$E(0)$ cette même tension pour un angle de 0°.

Quant à l'indice de directivité $D(f)$, ce n'est que le facteur de directivité exprimé en décibels, c'est-à-dire :

$$D(f) = 10 \log Q(f)$$

Distorsion harmonique

Ce défaut apparaît lorsque la tension microphonique n'est plus directement proportionnelle à la pression sonore appliquée sur la membrane, ce qui revient à dire que la forme de l'onde électrique n'est plus semblable à celle de l'onde acoustique. Cette distorsion peut avoir des causes multiples : mécaniques, électriques ou électromécaniques, qui se traduisent toutes par l'apparition, en plus du fondamental, d'un certain nombre d'harmoniques. Le taux de distorsion harmonique est défini par la relation suivante :

$$D \% = \sqrt{\frac{E_2^2 + E_3^2 + \dots + E_n^2}{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}} \times 100$$

dans laquelle E_1, E_2, \dots, E_n sont les tensions microphoniques relatives au son fondamental et à tous ses harmoniques successifs.

Cette mesure doit, de préférence, être effectuée à l'aide d'un analyseur de fréquences, appareil permettant de mesurer avec exactitude les tensions relatives à chacune des fréquences désirées, tandis que les distorsionmètres tiennent obligatoirement compte du bruit de fond, qui est un phénomène totalement différent de la

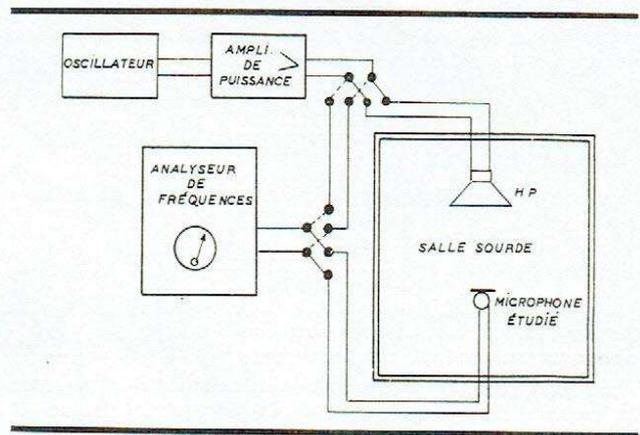


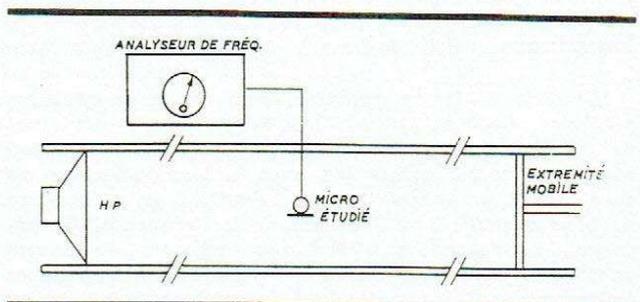
Fig. 13. — Schéma de principe d'un montage utilisé pour la mesure de la distorsion harmonique des microphones.

distorsion harmonique. La figure 13 montre un schéma de principe de montage utilisé pour ces mesures : il faut bien prendre garde d'avoir un haut-parleur de très haute qualité et de mesurer la distorsion existant déjà à ses bornes, de façon à se rendre compte, dans la mesure du possible, de la distorsion propre du microphone, ce qui est, d'ailleurs, très difficile par cette méthode. Pour obvier à cet inconvénient, PHELPS, aux Etats-Unis, a proposé la méthode schématisée sur la figure 14 : on utilise un tube fermé à une extrémité par un très bon haut-parleur et à l'autre par un piston mobile. La longueur du tube est accordée sur la fréquence à laquelle on veut effectuer la mesure et, à la résonance, il y a une onde stationnaire de telle sorte qu'il y a un maximum de vitesse à 1/4 de longueur d'onde et un maximum de pression à 1/2 longueur d'onde. Ainsi, pour un microphone à pression, chaque harmonique peut être éliminé du champ sonore sans éliminer le fondamental, en plaçant le microphone à une longueur correspondant au 1/4 de la longueur d'onde relative à cet harmonique, tandis que pour un microphone à vitesse, on utilise le point correspondant à 1/2 longueur d'onde. Il est ainsi possible, d'après PHELPS, d'obtenir un champ sonore avec un pourcentage d'harmoniques très faible (inférieur à 1 % pour un taux de 3 % aux bornes du haut-parleur).

Intermodulation

C'est un autre type de distorsion due à l'action simultanée de deux ou plusieurs sons de fréquence pure. Si le microphone étudié n'est pas linéaire, il reproduit, par exemple, outre les deux fréquences qu'il reçoit, les fréquences « somme » et « différence » de ces deux fréquences, ainsi que leurs harmoniques. Si on appelle F_1

Fig. 14. — Dispositif à résonance de PHELPS pour l'étude de la distorsion harmonique des microphones.



et F_2 les deux fréquences envoyées simultanément au microphone ($F_2 > F_1$), le produit d'intermodulation du premier ordre est donné, en %, par la formule suivante :

$$I_1 = \frac{E_{F_2-F_1}}{\sqrt{E_{F_1}^2 + E_{F_2}^2}} \times 100$$

tandis que le produit du deuxième ordre est, de même :

$$I_2 = \frac{E_{(2F_2-F_1)} + E_{(2F_1-F_2)}}{\sqrt{E_{F_1}^2 + E_{F_2}^2}} \times 100$$

où E_{F_1} , E_{F_2} , ..., $E_{F_2-F_1}$ sont les tensions microphoniques correspondant aux fréquences F_1 , F_2 , ..., $F_2 - F_1$.

En pratique, on se contente généralement de mesurer la somme de ces deux produits d'intermodulation et d'appeler le résultat obtenu pourcentage d'intermodulation. On utilise, à cet effet, un montage analogue à celui représenté par la figure 13, en remplaçant l'oscillateur par un bigénérateur ou par un ensemble de deux oscillateurs soigneusement couplés, en ayant soin d'éviter toute interaction entre eux.

Cette mesure est très délicate, car elle exige l'émission de deux sons aussi purs que possible; elle est beaucoup plus délicate que la mesure de distorsion harmonique et, jusqu'à maintenant, aucune méthode totalement satisfaisante n'a été proposée. Une autre cause de discussion est le choix des fréquences à prendre pour exécuter cette mesure. Certains auteurs proposent des groupes de fréquences tels que :

40, 60 et 100 Hz pour F_1

et 1 000, 7 000 et 12 000 Hz pour F_2 ,

les sons de fréquences F_1 ayant des amplitudes quatre fois plus élevées que celles des fréquences F_2 . D'autres auteurs, au contraire, proposent de faire un grand nombre de mesures pour plusieurs groupes de deux fréquences dont la différence serait fixe (100 Hz par exemple) et de tracer ainsi une courbe, ayant en ordonnées le pourcentage d'intermodulation et, en abscisses, les fréquences moyennes de mesure prises égales à $\sqrt{F_1 F_2}$. Nous pensons que cette deuxième méthode est préférable, car il est très difficile, sinon impossible, avec un analyseur de fréquences, même de bonne qualité et très sélectif, de rechercher les fréquences « somme » et « différence » correspondant à $F_1 = 40$ et $F_2 = 12 000$ Hz (soit 12 040, 11 960, 12 080 et 11 920 Hz) et de mesurer correctement leurs amplitudes.

Enfin, n'oublions pas que les mesures d'intermodulation, si difficiles ou si délicates qu'elles soient, correspondent beaucoup plus au fonctionnement normal et habituel des microphones, haut-parleurs et amplificateurs que les mesures de distorsion harmonique, car, en pratique, les techniciens n'ont jamais à faire à des sons de fréquence pure, mais à des sons complexes comprenant simultanément un grand nombre de fréquences pures (musique, parole, bruits quelconques).

Impédance

L'impédance des microphones peut varier de quelques dixièmes d'ohms (ruban) jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'ohms (électrostatique); d'autre part, pour avoir une bonne adaptation avec le transformateur ou avec l'étage amplificateur qui le suit, il est nécessaire de bien connaître, en fonction de la fréquence, l'impédance du microphone utilisé. Les méthodes de mesure de cette impédance, qui est naturellement une impédance électrique, sont les méthodes généralement utilisées en

électrotechnique : utilisation d'un pont d'impédances permettant la mesure des deux parties, réelle et imaginaire, ou méthode de comparaison donnant directement la valeur Z de l'impédance. Nous n'insisterons pas sur ces méthodes qui sont très connues, mais il ne faut pas oublier que lorsque l'on mesure l'impédance d'un microphone, il fonctionne alors comme un émetteur : il faut donc utiliser une tension électrique de mesure ayant le même ordre de grandeur que celle fournie par le microphone lors de son utilisation courante. D'autre part, il est nécessaire que la membrane du microphone rayonne librement, c'est-à-dire dans des conditions identiques à celles des mesures décrites dans les paragraphes précédents; pratiquement, il est suffisant d'opérer dans une salle quelconque à condition qu'aucun objet ne soit placé à moins d'un mètre environ du microphone.

Enfin, signalons que lorsque le microphone est étalonné par une méthode d'étalonnage primaire (thermophone ou réciprocity par exemple) utilisant des chambres closes, il est nécessaire que la membrane rayonne sur une impédance acoustique nulle pour obtenir des valeurs d'impédances précises : on arrive, pratiquement, à cette condition d'impédance acoustique nulle en couplant le microphone à un tube, dont la longueur est égale au quart de la longueur d'onde correspondant à la fréquence de mesure.

Rendement

Un microphone étant un instrument transformant une énergie acoustique en énergie électrique, il est normal, *a priori*, de penser au concept du rendement, car ces transformations ne se font jamais sans perte d'énergie.

La difficulté est de définir ce qu'est le rendement d'un microphone : on peut, comme on le fait pour les haut-parleurs, mais suivant le principe de la réversibilité, considérer le rendement comme étant le rapport de la puissance électrique développée par le microphone dans une résistance pure égale à son impédance, à une fréquence déterminée, sur la puissance acoustique que reçoit sa membrane, le microphone étant placé dans une onde plane, l'axe normal à sa membrane étant perpendiculaire au front de l'onde. Il est possible d'exprimer mathématiquement cette définition; en effet, la puissance acoustique P_a reçue par la membrane est donnée par l'expression suivante, en microwatts :

$$P_a = p^2 S / 10 \rho c$$

dans laquelle :

p est la pression sonore en baryes;

S est la surface de la membrane en cm^2 ;

ρ la densité du milieu de propagation en grammes/cm^3 ;

c la vitesse de propagation du son dans le milieu de propagation en cm/s .

La puissance électrique P_e , en microwatts, fournie par le microphone dans une résistance R égale à l'impédance Z du microphone est :

$$P_e = V^2 / R$$

où V est la tension, en millivolts, développée aux bornes de R , en ohms.

Le rendement η , en %, est alors exprimé par :

$$\eta \% = \frac{10 \rho c}{RS} \times \left(\frac{V}{p} \right)^2 \times 100$$

ce qui peut s'écrire, pour une propagation normale dans l'air :

$$\eta \% = \frac{41.500 e^2}{RS}$$

où e est la tension développée par le microphone en millivolts par barye.

Le rendement des microphones, mesuré dans ces conditions, est généralement très faible (de l'ordre de 1 %), comme pour les haut-parleurs d'ailleurs. Cela tient à la non-adaptation des impédances acoustiques de la membrane et du milieu de propagation, d'une part, et au très faible rendement de la transformation de l'énergie mécanique du système en énergie électrique, d'autre part.

BAERWALD, aux Etats-Unis, a proposé une autre définition, plus difficile à comprendre, du rendement absolu d'un microphone basée sur trois points essentiels :

— agitation des molécules dans le milieu de propagation;

— courbe de réponse du microphone;

— tension de bruit produite par l'agitation thermique des électrons dans la résistance microphonique. Nous en dirons, cependant, quelques mots à titre d'information. Si E est la tension de bruit produite par le microphone, à circuit ouvert, pour une bande ayant une largeur de 1 cycle, on peut écrire :

$$E = \sqrt{4KTR(f)}$$

d'après les théories de LEWELLYN et JOHNSON, où :

K est la constante de Boltzmann;

T est la température absolue;

$R(f)$ est la partie active de la résistance du microphone à la fréquence f de mesure.

D'autre part, la réponse du microphone est, à cette même fréquence f :

$$e(f) = 10 \log \frac{e_0^2}{p^2}$$

en décibels par rapport à 1 volt par barye où :

e_0 est la tension fournie par le microphone à circuit ouvert pour la pression sonore p sur sa membrane.

On peut aussi considérer une pression acoustique ambiante produisant la même tension que celle correspondant à l'agitation thermique du microphone; cette pression équivalente, pour une bande ayant un cycle de largeur, s'écrit $B(f)$:

$$B(f) = 10 \log 4KT + 10 \log R(f) - e(f) - 20 \log p_0 \\ = 10 \log R(f) - e(f) - 124$$

en décibels par rapport à $2 \cdot 10^{-4}$ baryes et où p_0 est égal à $2 \cdot 10^{-4}$ baryes (pression de référence), dans l'air, à température ordinaire. Pour un microphone parfait et idéal, cette pression équivalente s'écrit $B_0(f)$ et BAERWALD la déduit de l'équilibre thermodynamique entre les caractéristiques acoustique et électrique du microphone et l'écrit :

$$B_0(f) = 10 \log \left(\frac{4KT}{p_0^2} \times 10^7 \right) + 10 \log SZ_R \\ = -54 + \log SZ_R$$

en décibels par rapport à $2 \cdot 10^{-4}$ baryes et où S est la surface de la membrane et Z_R la partie réelle de l'impédance acoustique de radiation de cette membrane, la

quantité SZ_R dépendant de la façon dont la membrane se déplace. Le rendement η s'écrit alors :

$$\eta(f) = 10 - (B - B_0)/10$$

ou, d'après les expressions données précédemment :

$$\eta(f) = Q \left(\frac{2\pi}{\lambda}, D \right) \cdot \frac{1}{SR(f)} \left(\frac{e_0}{p} \right)^2$$

où $Q \left(\frac{2\pi}{\lambda}, D \right)$ est un facteur de proportionnalité dépendant des dimensions du microphone et de la fréquence de mesure.

Si on compare les deux expressions η du rendement, mesuré par les deux méthodes décrites, on a :

$$\eta_1 = \frac{10 qc}{RS} \times \left(\frac{V}{p} \right)^2$$

et :

$$\eta_2 = Q \left(\frac{2\pi}{\lambda}, D \right) \times \frac{1}{R(f)S} \left(\frac{e_0}{p} \right)^2$$

ce qui signifie que dans la première méthode, la plus courante, la plus facile et la plus concrète, le facteur de proportionnalité $Q \left(\frac{2\pi}{\lambda}, D \right)$ et la résistance $R(f)$ sont remplacés par la caractéristique d'impédance qc du milieu et par la résistance équivalente R du microphone.

Dynamique

La dynamique d'un microphone caractérise les limites des niveaux sonores qu'il peut supporter. La limite inférieure dépend du bruit d'agitation thermique dans la résistance du microphone, tandis que la limite supérieure dépend de la distorsion admissible pour le signal utile, ou souvent, de la résistance du système mécanique.

La limite inférieure est donnée par l'expression suivante, que nous avons déjà indiquée dans le paragraphe relatif au rendement :

$$E = \sqrt{4KTR(f)}$$

mais, maintenant, $R(f)$ est la résistance équivalente à celle du microphone et à celle de la charge sur laquelle il débite, montées en parallèle. Cette tension E correspond, à chaque fréquence, à une pression sonore minimum que le microphone permet de mesurer et que l'on appelle souvent, comme l'a proposé DIETZE, « seuil de pression » du microphone : c'est la tension de bruit du microphone (ou son bruit de fond) : il n'est pas possible, théoriquement, de mesurer des pressions sonores inférieures à celle correspondant à ce seuil de pression car les tensions électriques correspondantes sont inférieures à E et masquées par cette dernière. Empruntons à DIETZE un exemple simple, afin de bien comprendre la méthode de calcul de ce seuil de pression qui nous semble très importante.

Considérons un microphone de résistance R débitant sur une résistance pure de même valeur. La tension de bruit, d'après la formule précédente est, par bande de 1 cycle de large :

$$V_b = \sqrt{\frac{4KTR}{2}}$$

A circuit ouvert, la tension de bruit serait naturellement deux fois plus élevée, soit :

$$V_{b0} = 2 \sqrt{\frac{4KTR}{2}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{4KTR}$$

Or, l'efficacité E du microphone est, rappelons-le :

$$E = 20 \log \frac{e}{p} = 20 \log e - 20 \log p$$

d'où :

$$20 \log p = 20 \log e - E$$

et, en remplaçant e par V_{b0} , nous obtenons, si on désigne, conventionnellement, le seuil de pression par S.P. :

$$\text{S.P.}_{10} = 20 \log \sqrt{2} + 20 \log \sqrt{4KT} + 20 \log \sqrt{R} - E$$

en décibels par rapport à 1 barye. En effectuant et en considérant une température ambiante de 20°C , nous avons :

$$\text{S.P.}_{10} = 10 \log R - 121 - E$$

en décibels par rapport à 2.10^{-4} baryes.

Réponse en régime transitoire

La parole et la musique étant essentiellement composées de transitoires, il est bien évident que la fidélité de reproduction des signaux complexes est une qualité majeure pour un microphone; cette fidélité dépend tant de la caractéristique de fréquence du microphone que de sa caractéristique de phase en fonction de la fréquence. Ces mesures en régime transitoire sont très délicates et difficiles à exécuter. En effet, on peut utiliser soit des ondes rectangulaires, soit des trains d'ondes sinusoïdales, comme le montre la figure 15, mais le problème qui se

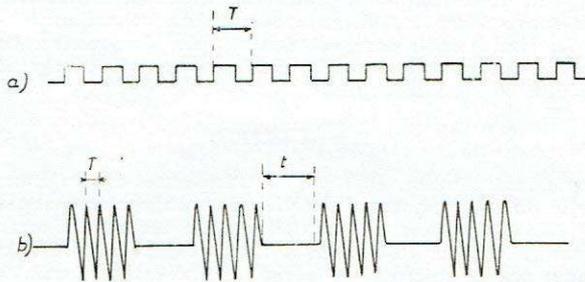


Fig. 15. — Formes d'ondes pouvant être utilisées pour l'étude des régimes transitoires. — a : ondes dont on peut faire varier la fréquence; b : trains d'ondes sinusoïdales dont on peut faire varier la fréquence et le temps de coupure t .

pose est de savoir comment attaquer le microphone avec ces ondes; il est impossible d'utiliser un haut-parleur qui a déjà, très souvent, une très mauvaise réponse en régime transitoire. Il semble, à notre avis, que l'une des meilleures façons d'opérer, quand cela est possible, est d'utiliser une grille auxiliaire que l'on place très près de la membrane du microphone à étudier, comme lors de l'étalonnage absolu d'un microphone électrostatique, dont nous parlerons dans un prochain article. Une tension continue est appliquée à cette grille, en plus de la tension alternative correspondant à la fréquence à laquelle on désire faire la mesure. Un potentiel électrostatique est ainsi créé entre la grille et la membrane, d'où création d'une pression sonore dont la fréquence est celle du courant alternatif de mesure. En mettant en

évidence, sur un oscillographe cathodique, la tension microphonique ainsi développée, il est possible de déterminer le temps τ mis par cette tension pour atteindre une valeur nulle, quand on coupe brusquement le potentiel alternatif sur la grille, comme le montre la figure 16. Des mesures exécutées en ce sens aux Etats-Unis, il y a plusieurs années, ont montré que les limites tolérables

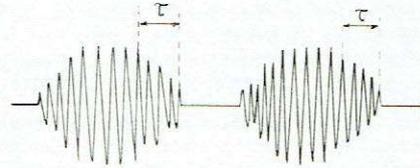


Fig. 16. — Mesure de temps de décroissance τ caractérisant la réponse d'un microphone en régime transitoire. Ce temps τ peut être mesuré pour toutes les fréquences désirées.

de ce temps τ étaient de l'ordre de 8 millisecondes aux fréquences aiguës et de 15 millisecondes aux environs de 100 Hz.

Etalonnages utilisant la voix naturelle ou une voix artificielle

Les téléphonistes utilisent la voix depuis trente ans pour l'étude de l'efficacité et de l'intelligibilité des capsules microphoniques et réceptrices, mais il nous semble intéressant de donner maintenant, pour terminer ce chapitre, quelques indications sur des méthodes récentes employées par certains laboratoires pour mesurer la réponse de certains microphones à la voix, en particulier de microphones à charbon ou magnétiques utilisés uniquement pour la transmission de la parole (dans l'armée, la marine, l'aviation ou en téléphonie). Précisons encore que ces méthodes ont été étudiées et préconisées aux Etats-Unis par les « Bell Telephone Laboratories » et par le laboratoire d'acoustique de l'Université de Harvard.

a) *Utilisation de la voix naturelle* : le relevé de la courbe de réponse d'un microphone dans ces conditions se fait en deux opérations; dans une première expérimentation, un opérateur prononce devant un microphone étalon, autant de fois qu'il est nécessaire, une phrase conventionnelle représentative de la langue. La tension microphonique ainsi produite est analysée par décomposition en un certain nombre de bandes ayant, par exemple, chacune un tiers d'octave de largeur et on mesure ainsi, à l'aide d'un appareil intégrateur, l'énergie sonore moyenne dans chacune de ces bandes. Dans une deuxième expérimentation, le microphone étalon est remplacé par le microphone à étudier et on recommence la même opération. La comparaison de ces deux mesures permet naturellement de déterminer la courbe de réponse moyenne et l'efficacité du microphone à étalonner. La figure 17 schématise cette méthode qui demande un opérateur entraîné parlant à volume constant; si on désire une précision meilleure, il est nécessaire d'exécuter plusieurs mesures successives avec plusieurs opérateurs et de prendre la moyenne des résultats obtenus. Une autre difficulté réside dans le choix des filtres et de la loi d'addition des appareils intégrateurs; cependant, cette méthode a le mérite de tenir compte, dans une certaine mesure, de la distorsion, de l'intermodulation et de la réponse en régime transitoire du microphone étudié.

b) *Utilisation de la voix artificielle* : afin d'éliminer

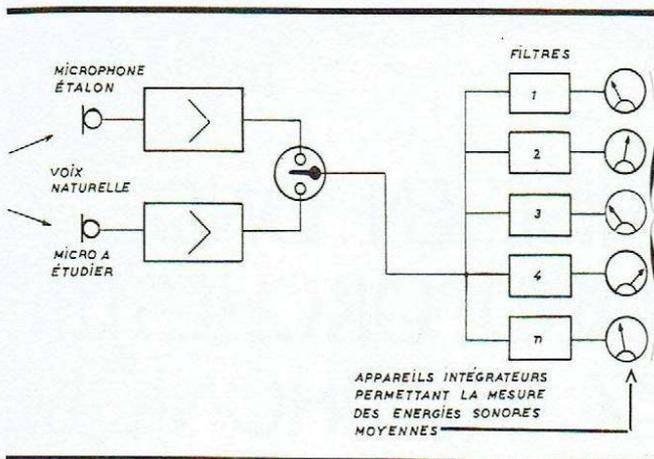
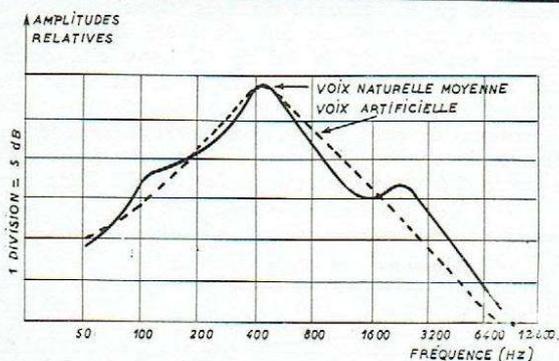


Fig. 17. — Appareillage permettant l'étalonnage d'un microphone par l'utilisation d'une voix naturelle (il est possible de n'utiliser qu'un appareil intégrateur que l'on commut successivement à chaque filtre).

l'influence du facteur individuel de l'opérateur qui, lors de l'énonciation des mots ou phrases qu'il doit prononcer, produit inévitablement des variations (fluctuations) de niveau et de fréquence, on a pensé à utiliser des voix artificielles qui sont des appareils à spectre continu dont la forme est celle de la voix humaine moyenne, qui a été étudiée depuis longtemps par les téléphonistes. Ainsi, à titre d'exemple, la figure 18 donne la répartition spectrale de la voix humaine moyenne et celle d'une voix artificielle qui a été réalisée au département Acoustique-Téléphonométrie du C.N.E.T.

Fig. 18. — Répartition spectrale d'une voix naturelle moyenne et de la voix artificielle du C.N.E.T.



Plusieurs méthodes sont utilisées pour la mesure des courbes de réponse des microphones à l'aide d'une voix artificielle. Notre intention n'est pas de les décrire toutes ici; disons simplement que certaines permettent d'effectuer des étalonnages en présence d'un bruit ambiant, de niveau et de composition identiques à celui dans lequel doit être pratiquement utilisé le microphone. D'autres permettent de maintenir les microphones à charbon dans un état d'agitation constant, afin d'éviter ce que l'on appelle le phénomène de tassement: cet effet d'agitation est produit soit par des chocs, soit par des vibrations. L'un des gros intérêts de ces méthodes est qu'il est possible d'effectuer les étalonnages, non pas dans une salle quelconque, mais dans une salle qui peut ne pas être totalement sourde ni muette; le principe général de la mesure, à quelques variantes près, est le suivant: la tension électrique produite par une voix artificielle est envoyée à une bouche artificielle devant laquelle est placé le microphone à étalonner; après amplification, la tension microphonique ainsi produite est envoyée à un analyseur de fréquences à exploration automatique, qui peut, d'ailleurs, être remplacé par toute une série de

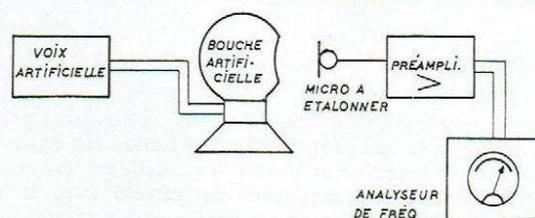


Fig. 19. — Schéma de principe d'une installation pouvant être utilisée pour l'étalonnage d'un microphone à l'aide d'une voix artificielle.

filtres passe-bande ayant une largeur de $1/3$ ou $1/4$ d'octave par exemple. Le schéma de principe d'une telle installation est donné dans la figure 19. Nous avons personnellement expérimenté cette méthode et, à notre avis, si l'on recherche une caractéristique précise, il est préférable d'utiliser la méthode indiquée au début de ce chapitre; si on se contente d'une caractéristique approchée ou si on exécute des mesures rapides de contrôle, il est préférable d'utiliser des filtres plutôt qu'un analyseur qui donne souvent des courbes peu précises et peu claires, étant donné la nature toujours plus ou moins fluctuante de la source sonore.

Pour terminer ce paragraphe, disons que l'on peut remplacer la voix artificielle par un bruit complexe à spectre continu et uniforme, qui permet d'obtenir la réponse du microphone étudié selon la définition qui a été donnée au paragraphe 3 de ce chapitre et non plus ce que l'on appelle la réponse du microphone à la voix artificielle.



LA MISE EN ONDE DU GRAND ORCHESTRE DE JAZZ SYMPHONIQUE WAL-BERG

par José BERNHART *

Sous le couvert de la revue du SON, il nous est permis de nous poser la question : « Parmi toutes les émissions de la Radio Française et parmi les meilleurs enregistrements de formations musicales de variété avec le concours d'un grand orchestre, à quels programmes pourrait-on accorder quelque préférence sous l'angle de la qualité sonore, celle-ci étant considérée dans son sens le plus large? »

A vrai dire, le choix semble assez difficile parce que toutes les formations telles que celles de Armand BERNARD, BONNEAU, DECOUSSER et WAL-BERG, entre autres, nous présentent régulièrement sur les antennes des émissions de qualité.

Mais il est incontestable que WAL-BERG avec son Grand Orchestre de Jazz Symphonique nous a toujours donné un exemple merveilleux de ce que l'on peut attendre d'une collaboration extrêmement étroite entre le compositeur, le chef d'orchestre, une élite d'interprètes et le metteur en ondes (nous faisons allusion à la diffusion de cette formation depuis le grand studio Erard de la R.T.F.). WAL-BERG écrit toute l'orchestration et les arrangements, et il dirige lui-même son grand Jazz Symphonique. Michel PHILIPPOT, à la fois musicien et technicien, assure la prise de son de ces émissions.

Il nous a semblé intéressant de montrer ici à quel point les problèmes d'ordre purement technique interfèrent profondément avec toutes les données musicales fort complexes.

Le problème acoustique : la Salle Erard

La Salle Erard n'est pas, à proprement parler, un studio de radiodiffusion. Certes, en 1943, la R.T.F. avait aménagé partiellement cette salle en studio. Elle fait partie du groupe d'immeubles de la Société des Pianos Erard. Listz avait donné plusieurs concerts dans cette salle, c'est dire qu'à l'origine, elle était réservée uniquement à des concerts de piano et de musique de chambre. Elle est particulièrement remarquable par la qualité de sa couleur sonore, surtout par l'homogénéité de sa décroissance des sons réverbérés.

(*) Ingénieur E.S.E. et I.C.A.M., Chef du Service « Prise de Son » de la Radiodiffusion-Télévision Française.

Cette salle a été construite suivant la technique des salles de concert anciennes et, ayons la franchise de dire : les meilleures réussites dans ce domaine ont rarement été égalées ou surpassées par les acousticiens modernes. Qu'avons-nous appris ou gagné avec la technique acoustique moderne? Nous connaissons mieux le problème scientifique, nous savons mesurer et nous pouvons départager une série de paramètres qui caractérisent la qualité acoustique d'une salle de concert. Mais le grand drame, depuis vingt-cinq ans, pour l'acoustique architecturale, a précisément été de sa polariser et de s'attacher à un nombre limité de paramètres, tout en oubliant ou en ignorant d'autres. Dans bien des cas, les données du problème ont ainsi été faussées. (Voir l'exemple pratique de la loi de G. Lyon cité dans ce même numéro à propos du projet de stéréophonie à Versailles.)

Le volume de cette salle est de 4 000 m³. On trouvera ci-dessous la courbe de temps de réverbération en fonction de la fréquence de cette salle (fig. 1). Cette courbe

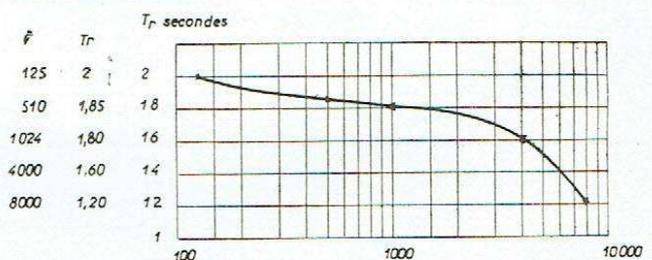


Fig. 1. — Courbe du temps de réverbération de la salle Erard.

décroit d'une façon assez progressive des extrêmes graves jusqu'aux aigus. La remontée sur les graves n'est pas exagérée (sans fréquence de résonance marquée introduisant un effet « tonneau »). On sait qu'il est toujours intéressant d'avoir une légère remontée de la réverbération aux très basses fréquences. Elle apporte à la couleur sonore (il s'agit bien entendu ici de l'acoustique des salles de concert) plus de rondeur. Le volume apparent semble plus étendu. Par ailleurs, cette remontée donne plus de corps à l'énergie apparente des basses dans la

reproduction musicale. Ceci est une donnée nécessaire, puisque les notes graves définissent en somme l'assise fondamentale sur laquelle s'appuie toute la charpente harmonique. Couper les graves ou les amoindrir revient à démolir les piliers mêmes sur lesquels repose tout l'édifice des accords. Certes, la chute du temps de réverbération vers les fréquences élevées est un peu accentuée. De toute façon, dans toutes les salles, on a toujours une diminution progressive vers les fréquences très élevées par suite de la propagation du son dans l'air.

Il est également possible de compenser partiellement cette chute du temps de réverbération aux fréquences élevées par une remontée partielle réalisée sous forme de correction électrique dans la chaîne. Le même problème s'est posé d'ailleurs récemment au Théâtre des Champs-Élysées pour améliorer la qualité des diffusions de l'Orchestre National. Une correction approximative

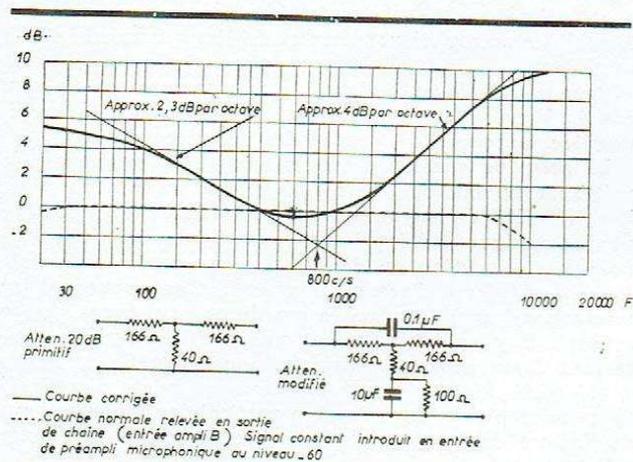


Fig. 2. — Correction expérimentale de la réverbération apparente de la grande salle du Théâtre des Champs-Élysées, schéma de la correction électrique. (Expérience réalisée au cours de la diffusion du concert de l'Orchestre National du 23 avril 1953.)

avait donné une amélioration très sensible sur les antennes (voir fig. 2). (Cette correction était de 4 dB par octave au-dessus de 1 000 hertz jusqu'à 11 000 et une remontée de 2 dB par octave en dessous de 600 hertz, avec un point de regroupement à 800 hertz des deux droites tangentes aux deux courbes de correction.) Il est évident que ce genre de correction doit être entrepris avec beaucoup de précaution. Il faut pour cela avoir la certitude de disposer de toute une chaîne parfaitement bien alignée et susceptible d'admettre des surtensions accidentelles assez marquées, sans augmentation directe du K.F. En 1945, nous avons déjà essayé ce genre de correction électrique pour compenser la courbe de temps de réverbération en fonction de la fréquence, mais à cette époque, l'ensemble de la chaîne BF et HF du réseau français avait subi des perturbations telles, par suite de fait de guerre, que le résultat obtenu était plutôt négatif. On peut affirmer aujourd'hui que lorsque les chaînes futures seront conformes aux performances énoncées par le général LESCHI (1), on pourra facilement augmenter dans des proportions très sensibles la qualité du relief sonore des salles et des studios en apportant une correction électrique complémentaire.

Cette salle ayant été construite pour des concerts de musique de chambre, les dimensions de la scène sont fort réduites, voire même les proportions de l'ensemble, longueur, largeur, hauteur de la salle, sont très différentes des proportions théoriques d'un studio de musique sym-

phonique (rapport : 2-3-5, par exemple). La Salle Erard est très haute de plafond (environ 14 mètres) et construite très en longueur. L'orchestre est ainsi étiré en profondeur. C'est déjà une des raisons purement acoustiques pour lesquelles nous sommes obligés de choisir la solution des prises de son avec des micros fractionnés et non pas avec un seul micro, puisque cuivres et bois se trouvent situés à une distance trop grande du micro d'ambiance. Comme le temps de réverbération est assez élevé, ceci se traduit fatalement par une disproportion des plans sonores de ces derniers groupes, par rapport au quatuor à cordes.

La valeur de 1,8 seconde à 1 000 hertz correspond à la salle vide. Avec les instrumentistes en place, ceci nous ramène à 1,4 secondes, chiffre très favorable pour des formations symphoniques, mais certainement beaucoup trop élevé pour des prises de son parlées. Il est assez amusant de rappeler ici-même que ce studio Erard a été un des premiers studios « sonores » de la R.F. En 1943, la mode était encore axée vers des prises de son dans des studios relativement assez amortis avec une grande définition et une certaine sécheresse. D'aucuns avaient même qualifié, à cette époque, cette salle, dans des rapports officiels, comme la salle de concert la plus mauvaise de toutes les salles disponibles à Paris. Au cours des premiers essais de prise de son, les chefs d'orchestre avaient marqué une certaine réticence. Ceci était fort compréhensible puisqu'ils étaient habitués à jouer, soit dans des studios trop petits, soit dans des salles complètement étouffées, mais toutefois avec cet avantage d'entendre mieux les instruments. Or, dans toutes les grandes salles de concert très sonores, il est souvent plus difficile au chef d'orchestre d'entendre les détails de chacun des instrumentistes, alors que le preneur de son se trouve dans une position bien plus favorisée.

Dans l'ensemble, la couleur sonore de la Salle Erard est plus ample et plus large que celle du Théâtre des Champs-Élysées, considérée comme une de nos meilleures salles de concert à Paris. Elle a cet avantage aussi d'avoir une richesse plus grande dans les basses fréquences et un peu moins de dureté dans les aigus. Par contre, il faut que la prise de son soit faite avec beaucoup de soin, sinon on perd rapidement de la netteté, alors que cette dernière se retrouve plus facilement au Théâtre des Champs-Élysées.

A l'origine, dans la Salle Erard, un défaut assez marquant subsistait, à savoir une sorte de réverbération directionnelle trop accusée provenant de la partie supérieure du fond de la salle. A cette époque, les acousticiens n'admettaient pas ce genre de langage. A présent, avec les procédés de mesures directionnelles de réverbération, cette affirmation est devenue une certitude. Une correction facile a pu être réalisée dès l'origine au moyen du velum qui masque cette zone. De plus, puisque la direction de cette réverbération est connue, il est donc facile d'orienter l'angle mort des microphones à courbe de directivité cardioïde dans cette direction.

Mais ce qui fait surtout la particularité de cette salle, c'est l'homogénéité même de sa courbe de décroissance de la réverbération. Là, nous rejoignons une des caractéristiques actuellement très connues dans le domaine électronique : celle des régimes transitoires. Nous nous proposons dans un prochain article de montrer cette analogie directe. Aux différentes fréquences, le son décroît régulièrement, d'où une certaine rondeur et une chaleur indiscutable de la couleur sonore. Les aigus restent frais et aérés. Enfin l'ensemble de l'image sonore traduit vraiment une impression de profondeur, de volume, de masse, sans toutefois friser rapidement la confusion.

Les microphones

La documentation photographique nous montre les différents types de microphone utilisés pour cette prise de son :

(1) Voir l'interview de M. le général LESCHI, publié dans le n° 1 de la revue du SON.



Vue d'ensemble du Grand Orchestre de Jazz Symphonique de Wal-Berg.

— un microphone d'ensemble et tout particulièrement pour les cordes, c'est un microphone à capacité non directionnel, type Schoeps;

— pour les bois, un microphone à capacité uni-directionnel (cardioïde Neumann);

— pour les cuivres, un microphone à ruban bi-directionnel : type Mélodium;

— pour le groupe rythmique, un micro à ruban Mélodium bi-directionnel;

— pour le piano, un 639 Western Electric cardioïde;

— pour le speaker et les chanteurs solistes, un micro à ruban bi-directionnel Mélodium;

— un microphone de secours à capacité Neumann (cardioïde).

La photographie de la page 139 donne en gros plan un détail du microphone Schoeps non directionnel électrostatique. On remarquera les dimensions extrêmement réduites de la pastille (nous l'avons présenté devant une partition de musique et à côté d'un paquet de cigarettes).

Grâce à ses dimensions (le diamètre du diaphragme est de l'ordre de 14 mm), les effets de diffraction sont extrêmement faibles et la directivité aux fréquences élevées de ce microphone n'est pratiquement pas sensible. Sa courbe de réponse est très élargie, sans pointe de résonance apparente, assurant ainsi une parfaite reproduction des fréquences entre 30 et 15 000 hertz. Le dispositif de compensation acoustique assuré par la forme des rainures de l'armature du condensateur assure en outre une remontée progressive aux très hautes fréquences. Par suite de l'absence de résonances propres (mécaniques ou électriques), de ce microphone, à l'intérieur du spectre des fréquences utiles, on obtient ainsi une qualité du régime transitoire remarquable. Ainsi, sur les notes élevées, le timbre n'est pas vrillé sur les cordes, par exemple, et les harmoniques ne sont pas altérés. De plus, on a vraiment la sensation de mordant. Il est une façon très simple d'ailleurs de se rendre compte lors d'une prise de son avec un orchestre symphonique de la qualité des régimes transitoires : il suffit d'écouter attentivement la nature des pizzicati des cordes. Lorsque ceux-ci gardent toute leur spontanéité, leur fraîcheur et leur mordant, on a déjà une information assez juste sur la qualité des transitoires de la chaîne.

L'utilisation du microphone cardioïde devant les bois s'impose pour couper en partie la réverbération direc-

tionnelle du fond de la salle. On remarquera l'inclinaison à 45° de la pastille. La courbe de réponse de ce microphone statique d'un ancien modèle, quoique ayant une légère résonance vers les 7 000 hertz, est assez favorable pour bien mettre en valeur le timbre des bois.

On sera peut-être surpris de l'utilisation d'un microphone à ruban devant les cuivres. Il ne faut pas oublier qu'il s'agit ici d'un orchestre symphonique. Pour du jazz pur, un microphone à bobine mobile est sans doute préférable, mais WAL-BERG cherche à donner surtout à ses cuivres une sonorité d'orgue, assez large, qui s'étale et qui donne l'impression de puissance par la profondeur et par le volume, alors que la caractéristique première des cuivres de jazz pur se retrouve plutôt dans le côté incisif et mordant. Il est évident qu'un microphone à bobine mobile (la pointe de résonance, de par son principe même se trouve située à l'intérieur du spectre des fréquences à transmettre) favorise plutôt cet effet recherché pour le jazz pur. Comme on le voit, c'est déjà dans le choix du type de microphone que Michel PHILIPPOT tient compte de l'esprit même de la partition.

Pour la partie rythmique, le microphone est un peu caché. Vous le trouverez juste au-dessus du célestat, derrière la rangée de gauche des premiers violons.

La prise de son du piano est classique comme on le voit avec un microphone dirigé suivant la bissectrice de l'angle utile de rayonnement du piano. Le reportage photographique a été pris au cours de la répétition qui précédait l'émission en direct. A ce moment, le pianiste jouait en piano d'accompagnement. C'est pourquoi ce microphone semble placé assez haut. Au cours de ce concert, il y avait également une partie de piano concertant (avec couvercle ouvert), pour laquelle le micro a été réglé. Là, également, on remarquera la directivité de ce microphone, dans le plan vertical tout compte tenu de l'allure de la réverbération directionnelle dans cette salle.

Un mot sur le microphone de secours : toute diffusion en émission directe faite avec le concours de microphones électrostatiques nécessite toujours la mise en place d'un microphone de secours. Si nous avons fait l'éloge tout à l'heure des microphones statiques pour leur mordant, leur définition, il faut bien prendre notre revanche en tant qu'exploitant : tous les microphones à capacité, de quelque modèle qu'ils soient, ont toujours été et restent des enfants capricieux. Il est difficile d'imaginer les risques que prennent les opérateurs au cours d'une transmission en extérieur telle, par exemple, certaines retransmissions de spectacle données sur le parvis de Rouen, avec le concours de 10 à 12 microphones électrostatiques, placés à l'avant de la scène. C'était pourtant là, la seule solution pour résoudre ce problème correctement, avec toutefois une probabilité d'environ 30 % que l'un de ces microphones ou même plusieurs, se mettent à cracher brusquement ou tombent en panne, au cours de la diffusion en direct sur les antennes. Le problème reste le même à l'Opéra : on peut difficilement imaginer qu'un technicien bienveillant fasse irruption sur la scène pour changer, soit la pastille, soit le préamplificateur de la rampe d'orchestre.

Composition d'orchestre

Voici la composition de l'orchestre du Grand Jazz Symphonique WAL-BERG. Trois vues photographiques illustrent cette répartition des instrumentistes :

Quatuor à cordes. — 10 premiers violons; 8 deuxièmes violons; 6 altos; 4 violoncelles; 3 contrebasses; 1 contrebasse rythme placée du côté du piano.

Bois. — 2 clarinettes; 1 clarinette basse; 2 flûtes; 2 hautbois; 2 bassons; 2 cors (c'est à dessein que nous avons mis les cors dans les bois).

(D'ailleurs, dans l'orchestration de WAL-BERG, ce regroupement est fait dans le même esprit.)



Quatuor
à cordes.

Cuivres. — 3 trompettes; 3 trombones.

Percutants. — 1 timbalier; 2 batteurs.

Section rythmique. — 1 batterie jazz (sur la photo en premier plan, il joue des Maracasses); 1 contrebasse; 1 guitare; 1 célestat; 1 piano.

A dessein, nous rangeons la harpe, également, dans ce cadre.

Mise en page microphonique

Le reportage photographique ci-joint montre assez bien comment le preneur de « son » a eu le souci de regrouper les différents instrumentistes suivant leurs fonctions musicales et on retrouve directement les séparations assez nettes entre le quatuor. Ce dernier s'étale vers le côté cour, en arc de cercle autour du microphone général Schoeps, pour avoir des distances à peu près égales par rapport aux microphones suivant les différents pupitres.

Les bois sont regroupés ensemble sur les estrades du côté gauche.

Les cuivres sur les mêmes gradins de l'autre côté avec une séparation très nette.

Enfin la section rythmique est regroupée intégralement à l'angle extrême, côté jardin, et partiellement sous l'avancée du balcon et cela presque involontairement, étant donné l'exiguïté de cette salle dans le sens de la largeur.

On remarquera que le microphone à ruban des cuivres a son angle mort dirigé du côté des bois. De même, on ne sera pas surpris de la distance apparemment grande entre les cuivres et ce microphone. Il s'agit d'un micro-

phone à ruban et il est évident que l'énergie sonore de ce groupe risquerait de saturer rapidement ce microphone placé à proximité. Par contre, pour ce qui concerne le micro des bois, on sera toujours amené dans la Salle Erard à placer les micros relativement près des sources sonores, ce qui est rarement le cas dans une grande salle. La raison en est très simple pour ce cas particulier : le taux de réverbération est assez élevé. Dans deux salles à volume égal, mais de temps de réverbération différent, pour obtenir un plan sonore équivalent, il faut rapprocher le microphone de la source sonore pour la salle réverbérante. C'est également pour cette raison que le microphone à capacité Schoeps, bien qu'il intervienne également comme microphone d'ambiance, se trouve placé relativement assez bas pour une formation symphonique, ceci en considération du taux de réverbération et surtout par suite des proportions particulières de cette salle, à savoir une salle très haute, extrêmement exiguë en largeur et avec une réverbération directionnelle très marquée provenant de l'arrière de la salle.

Cette remarque montre bien qu'il est difficile d'indiquer une valeur absolue pour l'emplacement d'un microphone central par rapport à un grand orchestre symphonique. La place de ce micro dépend des conditions acoustiques et cela non seulement en fonction de la valeur du temps de réverbération exprimé en secondes au sens de Sabine, mais surtout en fonction des données spécifiques de la réverbération directionnelle, de la réverbération apparente et de l'influence des effets de réflexion sur les obstacles placés au voisinage même de ces microphones.



Cuivres
et percutants.





Section
rythmique.

Orchestration pour le microphone

Nous avons passé en revue jusqu'à présent les données acoustiques. Nous avons énuméré les microphones employés et nous avons décrit la disposition des instrumentistes face au microphone. Nous avons déjà remarqué que ces emplacements tiennent compte de l'esprit de la partition. En réalité, le rendement sonore et la qualité microphonique de cette émission dépend non seulement de ces paramètres techniques, mais elle découle directement de l'esprit même de l'orchestration et de l'écriture musicale des arrangements WAL-BERG.

Grâce à l'extrême obligeance de WAL-BERG, nous voudrions aujourd'hui donner quelques exemples simples et schématiques pour montrer à quel point ces techniques d'écriture musicale sont le point de départ même de la mise en page sonore et du rendement sonore final.

Nous pensons que ces quelques considérations d'ordre technique et musical pourront également intéresser les musiciens et les techniciens. De toute façon, ces derniers se trouveront très à l'aise, puisque nous allons parler tout de suite de l'effet de masque mis en valeur par les études de WEGEL et de LANNE. On sait que les fréquences graves masquent plus facilement les fréquences élevées (voir figure 3 donnant l'effet de masque introduit par un son de 800 Hz). Le niveau du son masquant est porté en paramètre sur le réseau de courbes et le niveau de masque résultant en ordonnées. Par exemple, les sons à 400 Hz ne sont pratiquement pas perturbés. Par contre tout le spectre supérieur est fortement influencé. On sait également que l'effet de masque croît plus vite que le niveau de son masquant.

Mais ces considérations purement théoriques retrouvent leur application immédiate dans l'écriture musicale et surtout dans l'orchestration. On a souvent parlé de musique microphonique. En réalité, toutes les partitions écrites avec beaucoup de clarté par des auteurs qui ont vécu avant l'âge microphonique restent parfaitement digeste et n'offrent aucune difficulté à la transmission. MOZART est, par excellence, le maître incontesté. Nous ne pensons pas que MOZART ait, chaque fois, fait un raisonnement scientifique pour savoir si telle ou telle tessiture dans les bois sera plus ou moins masquée par tel groupe de cordes ou de cuivres, quoique l'emploi de ces derniers ait été assez limité à cette époque. Chez les grands musiciens, une expérience similaire a tenu lieu d'expérience scientifique. MOZART avait, à la fois, ce génie de la spontanéité, de la fraîcheur musicales et le sens de la plénitude de la sonorité. D'autres grands musiciens se sont penchés d'une façon plus attentive sur ce problème. Les traités d'orchestration de BERLIOZ et RIMSKY-KORSAKOFF montrent d'une façon directe à quel point ces musiciens ont raisonné et pensé le problème de l'effet de masque, introduit par l'association de tel élément d'instruments avec tel autre. Mais ils n'ont pas fait cette démarche en raisonnant simplement avec des fréquences et des intensités relatives. Ils connaissaient intuitivement la puissance et la « stridence » de tel

type d'instrument par rapport à tel autre. De plus, ils connaissaient parfaitement le mordant apporté par la richesse harmonique d'un hautbois, par exemple, qui, placé dans la même situation qu'une flûte, se trouvera beaucoup moins facilement masqué.

Enfin, le musicien sait parfaitement que l'énergie apparente d'un instrument varie suivant la tessiture dans laquelle il est écrit. Ainsi, une flûte jouant dans le registre bas a un timbre très mou, très doux, mais pratiquement sans énergie apparente.

Il serait également absurde de raisonner simplement en énergie acoustique dégagée par tel ou tel instrument. Certes, ce travail pourrait être repris sur les bases de la répartition spectrale de chacun des types d'instruments, chiffres publiés dans de nombreux ouvrages acoustiques. On voit, immédiatement, la complexité d'une pareille recherche purement scientifique. Mais rendons cet hommage au génie du musicien qui, par son sens acoustique — puisqu'il faut bien le dire — acquiert une longue expérience et peut ainsi déterminer d'avance comment il faut écrire cette partition pour que tel thème, donné à tel instrument ou à tel groupe d'instruments, ne risque pas d'être masqué ou amoindri dans son expression lorsqu'il se trouve doublé ou accompagné par tel autre groupe d'instruments.

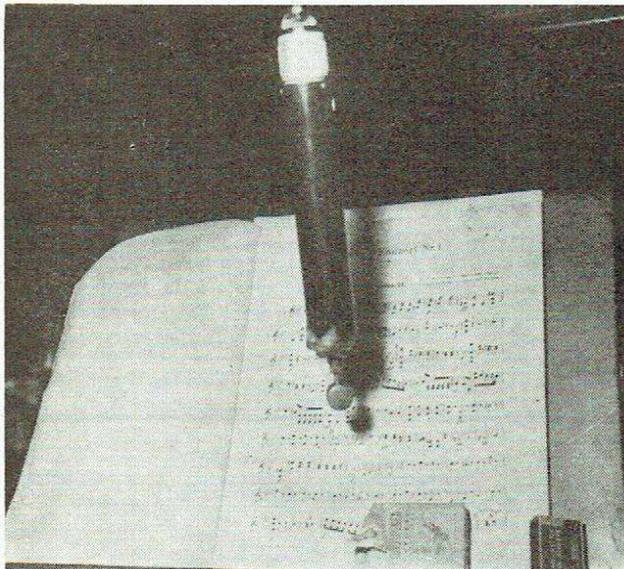
D'ailleurs il s'agit rarement d'écrire une seule mélodie avec un accompagnement. En réalité, le thème est souvent repris sous forme de canon, c'est-à-dire plusieurs instruments se répliquant le même ou deux thèmes différents. Par ailleurs, à l'intérieur du groupe des bois, ce thème est rarement joué à l'unisson, ce qui donnerait une idée de pauvreté. Il faut donc déjà le doubler, le scinder, le colorer. Ainsi le même problème d'effet de masque se repose à l'intérieur de groupes unitaires eux-mêmes. Ajoutons enfin à cela qu'en définitive, le musicien cherche à traduire des impressions, des idées, tantôt la force, la violence, la douceur, tantôt un effet très court typique et il ne dispose au fond que des paramètres de hauteur (fréquence) — d'intensité et de possibilité de regroupement ou de multiplication des différents instruments de l'orchestre, sans oublier l'élément rythmique bien entendu. On voit ainsi, d'une façon extrêmement schématique — et nous nous en excusons auprès des musiciens — combien le problème peut être complexe et à quel point le musicien écrivant une partition d'orchestre doit avoir un sens inné d'acousticien.

Voici quelques exemples concrets que nous présentons ici avec la collaboration de Michel PHILIPPOT.

Prenons un exemple tiré de l'ouverture du *Carnaval romain* de BERLIOZ (fig. 4). La mélodie est écrite en canon, l'accompagnement est particulièrement chargé. D'ailleurs BERLIOZ a marqué la nuance « mezzo forte » à la mélodie et la nuance « pianissimo » à l'accompagnement. La mélodie est confiée (flûte exceptée) aux instruments possédant le plus d'harmoniques impaires, donc les plus perçantes (premiers et seconds violons, hautbois, cors anglais pour la mélodie supérieure (*la, do mi, do*) et inférieure. La mélodie supérieure est centrée autour du aux bassons, aux alti et violoncelles pour la mélodie *la* (800), donc aux environs de sensibilité maximum de l'oreille. Quant à l'accompagnement, il est plutôt centré

Vue
du pupitre
de mélange.





Vue en premier plan du microphone à condensateur non directionnel Schoeps.

vers le bas (440 env.). (On se reportera facilement à la courbe de sensibilité de l'oreille bien connue.)

L'accompagnement est considérablement allégé par son côté rythmique joué d'une façon très détachée et alternée. La mélodie, elle, au contraire, est donnée avec l'alto, ce qui donne déjà une énergie apparente meilleure pour l'oreille. On pourrait dire que la seule note qui pourrait être dangereuse se trouve à la base extrême (le *la*). Mais elle se trouve tellement séparée de la mélodie elle-même qu'elle ne risque pas de se masquer; il y a en effet un intervalle très large entre cette note tenue et la tessiture de la mélodie supérieure. Nous retrouverons un exemple du même genre chez WAL-BERG. Seul, le mordant du triangle s'ajoute à l'accompagnement dans le registre aigu. La caractéristique de sa sonorité n'est pas de nature à masquer la mélodie proprement dite.

Remarquons également comment la flûte, la clarinette et le cor (avec son timbre mou) s'opposent aux trompettes et cornet à piston pour donner le balancement des accords.

A la fin de chaque mesure où l'accompagnement est plus chargé, la phrase mélodique est plus « aiguë » (*mi, fa*) ou bien se termine (dernière mesure).

Imaginons un seul instant que tout cet accompagnement écrit sur les deux autres portées soit joué par les instruments sous forme de notes tenues, même en res-

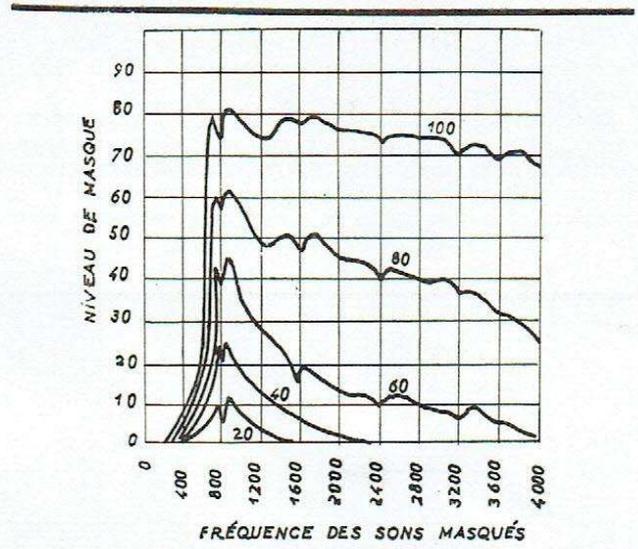


Fig. 3. — Effet de masque : fréquence du son masquant : 800 hertz.

pectant les nuances telles qu'elles sont écrites, on peut affirmer que la mélodie serait complètement escamotée et le preneur de son serait accusé d'une mise en ondes sonores pâteuse et sans définition. Certes, il pourrait à ce moment rechercher avec un micro au premier plan la mélodie pour la faire ressortir. Mais ce serait aller à l'encontre de la perspective d'ensemble de l'image sonore. On voit immédiatement la différence fondamentale entre une musique microphonique et une musique difficile à transmettre au micro.

Voici maintenant quelques exemples tirés d'une des orchestrations de WAL-BERG : les *Bateliers de la Volga*, exécutée par l'Orchestre du Jazz Symphonique, lors de ce reportage photographique. On verra à quel point WAL-BERG a le souci et l'instinct musical merveilleux d'écrire son orchestration pour obtenir chaque fois un rendement sonore optimum. Les chiffres de référence correspondent aux chiffres de la partition.

Dans le premier exemple (fig. 5, chiffre 4), on remarquera un intervalle extrêmement élargi entre les « pizzicati » de la contrebasse qui symbolisent le chevauchement et la sonnerie des trompettes pris dans le registre élevé. Cet intervalle vide sonne et donne une grande impression de profondeur grâce à la réverbération de la salle particulièrement colorée dans les graves, comme nous l'avons montré ci-dessus. Par la suite, les bois

Fig. 4. — Réduction schématique de l'extrait du Carnaval romain d'Hector Berlioz.

BERLIOZ (Carnaval Romain)

Violons I et II
I Fl, Ob, Cor Ang.

Bassons
Alto, Violoncelle

I Fl, Clar.
Tromp.
Cors
Cornet à piston

Timbale
Tambour
Triangle
Contrebasse

viennent combler cet intervalle vide en même temps que les trompettes descendent d'une quinte pour éviter de masquer les bois. Ils prennent pour ainsi dire le caractère d'un écho musical.

Tout de suite après (fig. 6, chiffre 5), rentrent les cordes, sous une forme de chant romantique et mélodique. La disposition est classique, mais on remarquera que le côté rythmique à la base est interrompu et se transforme en une sorte de « légato » en forme d'ar-

Fig. 5, 6, 7. — Réduction schématique des Bateliers de la Volga, arrangement Wal-Berg.

pège au violoncelle et à la harpe, toujours pour éviter de contrecarrer le côté mélodique des cordes.

Fig. 7, chiffre 6. — On remarquera la bonne disposition dans le haut des cordes (mélodie *la, si, do, si, la, ré*) par rapport au paquet de cuivres placé dans le médium) et se trouvant ainsi bien dégagé dans la gamme de fréquence. Comme les violons sont bien écrits dans le haut et très dégagés, l'élément chevauché des « pizzicati » à la contrebasse est repris sans danger.

Fig. 8, chiffre 7. — On retrouve un effet semblable à celui que nous avons décrit chez BERLIOZ. Un malheureux petit hautbois chante à lui tout seul la mélodie alors qu'il est accompagné par tout le « paquet » des cordes. Remarquons l'écriture de ces cordes en « staccato », très détaché, avec des notes très brèves, évitant ainsi d'écraser cette mélodie. Tout le monde a présent en mémoire un effet semblable dans le « Miserere » du *Trouvère* de VERDI où les chœurs « pianissimo » passent aisément par-dessus l'ensemble orchestral.

Fig. 9, chiffre 9. — Il y a une opposition extrêmement marquée entre les cuivres « fortissimo » et les cordes dans le grave. Cette fois WAL-BERG donne à chacun la réplique pour les dégager mutuellement afin que chacun ressorte dans son intégrité et avec sa valeur propre, sans être gêné nullement par l'autre groupe. C'est d'ailleurs là le principe premier de toute cette écriture microphonique et l'on conçoit alors directement le souci de Michel PHILIPPOT de regrouper dans le même esprit les différentes familles de l'orchestre.

Conclusion

C'est seulement maintenant que nous voudrions discuter de la disposition microphonique employée. C'est en considérant non seulement les données purement acoustique de structure mais également en tenant compte de l'écriture microphonique de la partition, que l'on peut faire un plan logique de la mise en place des différents instruments et de leur regroupement, comment choisir le type de microphones et le nombre de microphones à utiliser pour une mise en ondes de ce genre.

Nous pensons également que c'est, à la lumière d'une vue d'ensemble de ce genre, qu'il est permis de soulever cette question toujours brûlante : faut-il être partisan

Fig. 8 et 9.

ou ennemi acharné du microphone unique au cours des transmissions symphoniques? Pour cet exemple choisi, le microphone unique peut difficilement s'imposer; tout d'abord les dimensions géométriques de la salle ne permettent pas de regrouper l'orchestre par rapport au micro avec un équilibre suffisant des différents plans sonores puisque cet orchestre se trouve étiré en longueur.

L'écriture musicale et l'orchestration ont été pensées de telle sorte que l'on mette toujours en valeur une séparation très nette du groupe des cordes par rapport aux cuivres et aux bois. De plus, n'oublions pas qu'il s'agit d'un orchestre de jazz symphonique où l'élément rythmique a tout de même une partie importante. Lui aussi doit être regroupé et l'on doit à chaque instant pouvoir être maître de sa fonction, laquelle varie constamment suivant l'esprit même du morceau interprété.

Le microphone central Schoeps placé au-dessus des cordes joue le rôle de micro d'ambiance et de micro général. Les autres micros apportent simplement un appoint et surtout un complément de définition pour chacun des groupes.

Ainsi l'esprit d'une perspective d'ensemble se trouve respecté. La règle générale est précisément de donner au travers du microphone une certaine unité de perspective en tenant compte avant tout de l'esprit dans lequel la partition a été écrite. Mais il ne s'agit à aucun moment de faire un dosage ou un mélange qui permettent de « courir » après tel ou tel instrument sous prétexte que celui-ci reprend la mélodie, en la faisant ressortir au premier plan. En définitive, c'est dans le domaine de la perspective sonore apparente et de l'équilibre musical des nuances qu'il faut chercher une mise en page sonore homogène. Qu'elle soit obtenue avec un seul micro ou avec le concours de quelques micros d'appoint, peu importe.

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^e

P. HEMARDINQUER
**A. B. C.
 DU CINÉMA D'AMATEUR**

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

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

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

Faites appel à
 nos spécialistes pour résoudre
**tous vos problèmes
 d'électro-acoustique**

PHILIPS

peut vous fournir immédiatement :

- **MICROS** toutes catégories
- **AMPLIFICATEURS**,
- **HAUTS-PARLEURS** pour
 toutes sonorisations dans les
 églises, usines, magasins,
 musées, bateaux, congrès,
 stades, etc...
- **MAGNÉTOPHONES** pro-
 fessionnels et semi-profes-
 sionnels.

Une référence technique
 Equipements de traduction simultanée
 pour conférences internationales

ELECTRO-ACOUSTIQUE

PHILIPS

STÉAFIX

Présente

LE NOUVEAU HAUT-PARLEUR



GOODMANS

**AXIOM
 150**
 marque II
 31,3 cm.
 15 watts



HAUTE FIDÉLITÉ



CARACTÉRISTIQUES

Gamme de fréquence	: 30 à 15.000 c.p.s.
Diamètre hors tout	: 31,3 centimètres
Profondeur hors tout	: 17,6 centimètres
Résonnance fondamentale:	35 c.p.s.
Diamètre de la bobine	: 4,4 centimètres
Impédance de la bobine	: 15 ohms à 400 c.p.s
Puissance maximum	: 15 watts crête
Densité de flux	: 14.000 gauss
Flux total	: 158.000 maxwells
Poids net	: 5,800 kilogs

Consultez-nous!



PUBL. RAPH

STÉAFIX & C^{IE} 17, RUE FRANCOEUR
 PARIS 18^e MON. 0293.6119

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



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



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



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



HAUT-PARLEURS

SEM

MICROPHONES

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