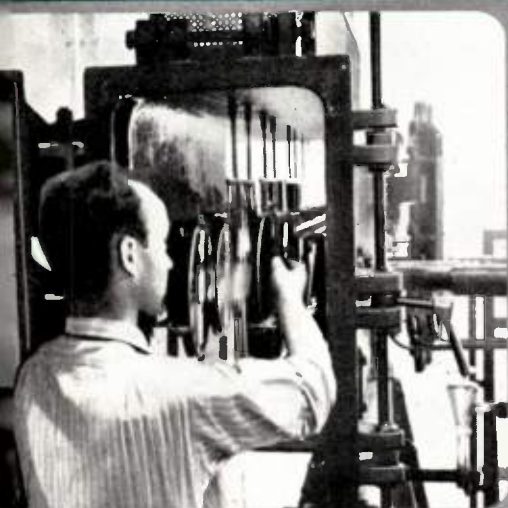


PRIX : 160 FRANCS

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
ÉDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6^e



Bombardement cathodique



Polissage et Pressage



NOTRE COUVERTURE

Quelques uns des nombreuses
et complexes opérations qui
assurent la création d'un diète moderne

Photo: Eugene Kautsky

LIRE DANS CE NUMÉRO

Les influences harmoniques en radiations d'entreferement
su. d'après E. G. Göttaur

Sur la théorie de l'effet HALL pour le cas de conducteurs
résistifs dans un champ électrique inhomogène. H. Weile

Trois exemples de dépassement des restrictions utilisées dans
la diffusion. Q. V. Vlasov

Télécommande de la réaction de la pile
Potter et Batovski

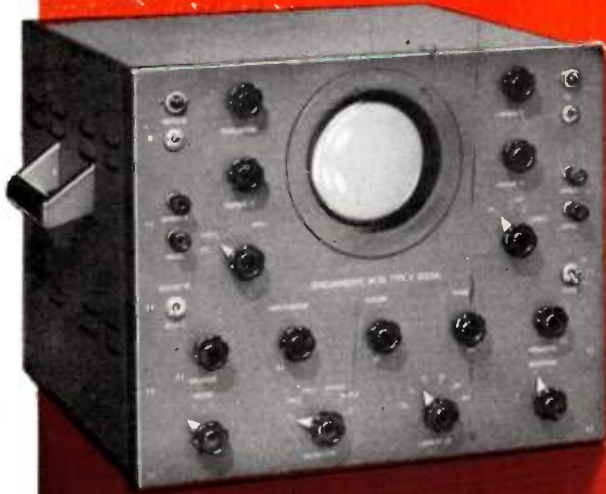
Les appareils de mesures destinés à la protection de
personnel contre les rayonnements ionisants
J. W. Hill

Les distorsions continues signales à la
puissance inductrice spotlightique (fin)

A. Danne

Les travaux de la commission su
Pian Monney

MESURES électroniques...



SYNCHROSCOPE

Balayage déclenché. Durée de balayage : 2 5 10 20 50 et 100 micro-secondes. Fréquence de répétition : 30 pps à 30.000 pps. Balayage relaxé 20 pps à 150 Kc s.



MESUREUR de CHAMPS

Gammes de 70 à 200 Mc s. Niveau : 5 microvolts à 100.000 microvolts par mètre en lecture directe sur 5 échelles. Calibration intérieure. Identification des stations.



OSCILLATEUR SUR 10 cm. A IMPULSIONS



FICHES COAXIALES POUR TOUS LES CABLES DE 72 OHMS
AUTRES IMPÉDANCES SUR DEMANDE



SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EQUIPEMENTS POUR LA NAVIGATION AÉRIENNE

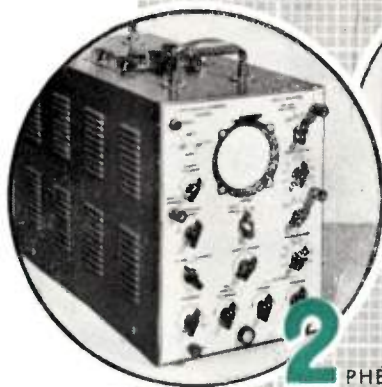
25 à 29, RUE DU PONT - NEUILLY-SUR-SEINE - + MAI. 49-35

AUTRES FABRICATIONS : Alimentation stabilisée - Télémètres par Radio de 1 à 6 voies - Télécommandes - Téléasservissements - V.H.F. de trafic - Récepteur panoramique à 400 Kc s de bande passante - Interrogateur répondeur - Hyperfréquences - Toutes études d'équipement aéronautique en pilotage automatique et en Radio.

AGENCE PUBLIDITEC-DOMENACH

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publéditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs, PARIS-2^e, Tél. CENTral 97-63

EXAMEN SIMULTANÉ de 2 à 5 PHÉNOMÈNES



2

PHÉNOMÈNES
Oscillographe
Bicourbe



3

PHÉNOMÈNES
Commutateur 2 et 3 courbes
pour oscillographe



5

PHÉNOMÈNES
Oscillographe
3, 4 et 5 courbes



RIBET & DESJARDINS

13. RUE PÉRIER, MONTROUGE (SEINE) ALE. 24-40

ACTA

RADIOFOTOS

FABRICATION
GRAMMONT

TUBES

"MINIATURE" Type International

LICENCE R.C.A.

une technique éprouvée



SÉRIE COURANT
ALTERNATIF

6 BE 6
6 BA 6
6 AT 6
6 AQ 5
6 X 4

SÉRIE TOUS
COURANTS

12 BE 6
12 BA 6
12 AT 6
50 B 5
35 W 4

SÉRIE PROFESSIONNELLE

0 A 2
2 D 21
6 AG 5
6 AK 5
6 AK 6
6 AL 5

6 AU 6
6 J 4
6 J 6
12 AU 6
9001
9003

PUBL. RAPHY

STÉ DES LAMPES FOTOS

11, Rue Raspail - MALAKOFF (Seine)
Tél: ALE 50-00 • Usines à LYON

Enfin!
DE **40**
A
16.000
PÉRIODES...



**LE
NOUVEAU H. P.
A AIMANT PERMANENT**

DE 21 cm. A MEMBRANE DE PROFIL

"EXPONENTIEL"

Reproduit les fréquences de 40 à 16.000 périodes, performance seulement atteinte jusqu'ici par certains appareils américains, mais possédant une double membrane, une pour les basses, l'autre pour les aigües

Sa courbe de réponse est d'une uniformité tout à fait remarquable, puisque l'échelle des ordonnées indique que les variations de la courbe tiennent toutes dans une place de ± 8 db.

Cette très haute fidélité permet des réceptions d'un relief et d'une vérité jamais atteints, à l'heure où nos émetteurs transmettent en direct des concerts dont la modulation dépasse 12.000 cycles secondes

Courbe de réponse du H. P. 21 cm SEM « EXPONENTIEL » enregistrée par les Laboratoires de la Radiodiffusion Française, Chambre sourde - Distance micro-H.P. 70 cm. Baffle rectangulaire retourné de 2 cm. de laine de verre. Ampli d'attaque push-pull triode R. 120

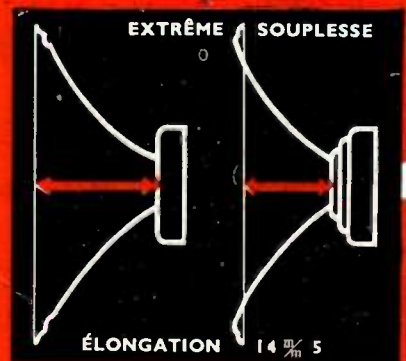
SEM

RENSEIGNEZ-VOUS.

ET
PENSEZ A NOS MODÈLES

12-12-19-21-24 et 28 cm. dont la qualité rigoureuse est confirmée

par la
FIDÉLITÉ DE NOS CLIENTS



HAUT-PARLEURS ET MICROPHONES - 26 RUE DE LAGNY PARIS XX^e - TÉL. DOR. 43-81

ALTER

E. L. Dupuy

Département

radio et télévision

- CONDENSATEURS
Mica et Céramique
- POTENTIOMÈTRES
graphités et bobinés
- RÉSISTANCES
bobinées nues et émaillées
- TRANSFORMATEURS
Alimentation et B. F.
- AUTO-TRANSFOS & SELFS

Catalogue et tarif
sur demande à

M. C. B. ET VÉRITABLE ALTER

S.A.R.L. au capital de 35.000.000 de frs

11, R. Pierre l'homme, COURBEVOIE (Seine) - Tél. DEF. 20-90

Autres fabrications

Condensateurs Mica de puissance ou spéciale
Potentiomètres de précision
Résistances et Transformateurs industriels
Régulateurs automatiques de tension "Régulval"

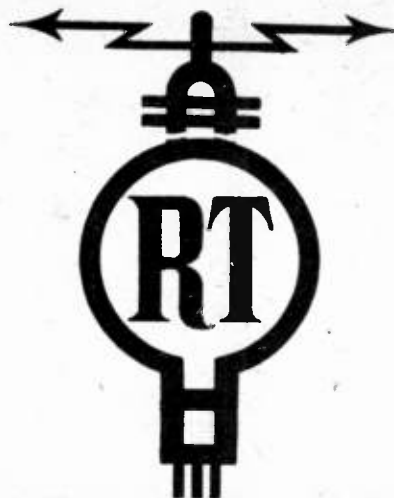
ÉMETTEURS et RÉCEPTEURS
TÉLÉVISION
A HAUTE DÉFINITION
819
LIGNES



*déjà adoptés par les
stations émettrices*
PARIS
LE VATICAN
LILLE...

LA RADIO-INDUSTRIE S.A.
55 à 59, R. DES ORTEAUX, PARIS XX^e
TÉLÉPHONE : ROquette 26-71 et 91-00

PUBLICIS



TUBES POUR APPLICATIONS SPÉCIALES

Ondes courtes - Amplificateurs de lignes
Préamplis - Mesures - Télécommande



S. A. LA RADIOTECHNIQUE
Fournisseur des Administrations et des Services Publics
LABORATOIRES ET USINES :
51, RUE CARNOT — SURESNES

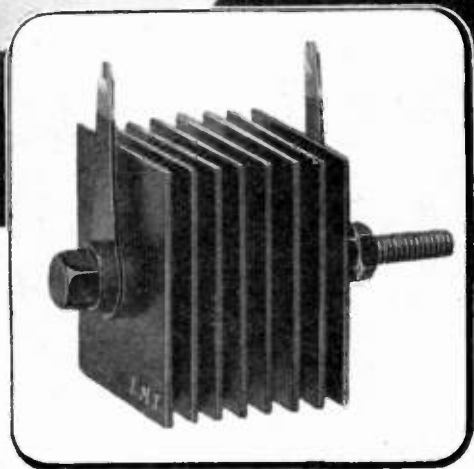


TOUS LES TUBES DE RÉCEPTION

9, AVENUE MATIGNON, PARIS-8^e



REEMPLACER LES LAMPES-VALVES FRAGILES...



CONSULTEZ-NOUS sur nos autres fabrications.

Téléphonie automatique • Redresseurs • Dispatching • Émetteurs radio • Radiogoniomètres • Récepteurs de Radiodiffusion • Liaisons radio multivoies • Public Address • Equipements de Studio • Microphones, etc...

...de votre poste radio, par un organe robuste, durable et meilleur, c'est le but atteint par L.M.T. - L.M.T. a construit pour vous ces VALVES SELEX qui offrent tous les avantages et les garanties de la fabrication des Redresseurs L.M.T. au Sélénium, employés dans toutes les applications du courant continu.

Le courant électrique se transporte sous forme alternative, un redresseur L.M.T. résout le problème lorsqu'il doit être employé sous forme continue.

L.M.T.



Le Matériel Téléphonique

BOULOGNE-BILLANCOURT (SEINE).

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publéditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs, PARIS-2^e, Tél. CENTral 97-63

L'ONDE ÉLECTRIQUE

Revue Mensuelle publiée par la Société des Radioélectriciens
avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

ABONNEMENT D'UN AN
FRANCE 1650 »
ÉTRANGER 1950 »

ÉDITIONS CHIRON
40, Rue de Seine — PARIS (6°)
C. C. P. PARIS 53-35

Prix du Numéro :
160 francs

Vol. XXX

JUILLET 1950

Numéro 280

SOMMAIRE

		Page
Les tendances nouvelles en matière d'enregistrement sur disques	P. GILOTAUX	301
Sur la théorie de l'effet HALL pour le cas de conducteurs mixtes dans un champ électrique alternatif	H. WELKER	309
Trois exemples d'appareils électroniques utilisés dans la détection	G. VALLADAS	317
Télécommande de la réactivité de la pile	POTTIER et RAJEVSKI	323
Les appareils de mesures destinés à la protection du personnel contre les rayonnements radioactifs	J. WEILL	328
Les diélectriques céramiques titanates à haut pouvoir inducteur spécifique (fin)	A. DANZIN	335
Les travaux de la commission de modernisation des télécommunications du plan Monnet		341
Analyses		13 à 16 A

Sur la couverture :

Bombardement cathodique, polissage de la cire et pressage ... quelques unes des nombreuses et complexes opérations qui assurent la création d'un disque moderne. — Photo PATHÉ-MARCONI.

Les opinions émises dans les articles ou comptes-rendus publiés dans L'Onde Électrique n'engagent que leurs auteurs.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS FONDATEURS

† Général FERRIÉ, Membre de l'Institut.

† H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
† A. BLONDEL, Membre de l'Institut.
P. BRENOT, Directeur à la Cie Générale de T. S. F.
J. CORNU, Chef de bataillon du Génie e. r.

† A. PÉROT, Professeur à l'Ecole Polytechnique.
† J. PARAF, Directeur de la Sté des Forces Motrices de la Vienne.
La Société des Ingénieurs Coloniaux.

BUTS ET AVANTAGES OFFERTS

La Société des Radioélectriciens, fondée en 1921 sous le titre « Société des Amis de la T.S.F. », a pour buts (art. 1 des statuts) :

1° De contribuer à l'avancement de la Radiotélégraphie théorique et appliquée, ainsi qu'à celui des Sciences et Industries qui s'y rattachent ;

2° D'établir et d'entretenir entre ses membres des relations amicales et des liens de solidarité.

Les avantages qu'elle offre à ses membres sont les suivants :

1° Service gratuit de la revue mensuelle *L'Onde Électrique* ;

2° Réunions mensuelles, avec conférences, discussions et expériences sur tous les sujets d'actualité technique ;

3° Visites de diverses installations radio-électriques : stations d'émission et de réception, postes de navires et d'avions, laboratoires, radiophares, expositions, studios, etc. ;

4° Renseignements de tous ordres (joindre un timbre pour la réponse).

Adresser la correspondance administrative et technique, et effectuer le versement des cotisations à l'adresse suivante :

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS
10, Avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine)

Tél. : ALÉSIA 04-16 — Compte de chèques postaux Paris 697-38

Les correspondants sont priés de rappeler chaque fois le numéro d'inscription porté sur leur carte.

CHANGEMENTS D'ADRESSE : Joindre 20 francs à toute demande.

COTISATIONS

Elles sont ainsi fixées :

- 1° Membres titulaires, particuliers 1.200 fr.
— sociétés ou collectivités 6.000 fr. } au gré
12.000 fr. } de la Société
ou 25.000 fr. } ou Collectivité
- 2° Membres titulaires, âgés de moins de vingt-cinq ans, en cours d'études 600 fr.
Les membres de ces deux catégories, résidant à l'étranger, doivent verser en plus un supplément pour frais postaux de 300 fr.
- 3° Membres à vie :
Les particuliers, membres titulaires, peuvent racheter leur cotisation annuelle par un versement unique égal à dix fois le montant de cette cotisation soit 12.000 fr.
- 4° Membres donateurs :
Seront inscrits en qualité de donateurs, les membres qui auront fait don à la Société, en plus de leur cotisation, d'une somme égale au moins à 5.000 fr.
- 5° Membres bienfaiteurs :
Auront droit au titre de « Bienfaiteurs », les membres qui auront pris l'engagement de verser pendant cinq années consécutives, pour favoriser les études ou publications techniques ou scientifiques de la Société, une subvention d'au moins 15.000 fr.

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

PRÉSIDENTS D'HONNEUR

† R. MESNY (1947) — † H. ABRAHAM (1947).

ANCIENS PRÉSIDENTS DE LA SOCIÉTÉ
MM.

- 1922 M. de BROGLIE, Membre de l'Institut.
- 1923 H. BOUSQUET, Prés. du Cons. d'Adm. de la Cie Gle de T.S.F.
- 1924 R. DE VALBREUZE, Ingénieur.
- 1925 † J.-B. POMEY, Inspecteur Général des P. T. T.
- 1926 E. BRYLINSKI, Ingénieur.
- 1927 † Ch. LALLEMAND, Membre de l'Institut.
- 1928 Ch. MAURAIN, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris.
- 1929 † L. LUMIÈRE, Membre de l'Institut.
- 1930 Ed. BEIN, Ingénieur.
- 1931 C. GUTTON, Membre de l'Institut.
- 1932 P. CAILLAUX, Conseiller d'Etat.
- 1933 L. BRÉGUET, Ingénieur.
- 1934 Ed. PICAULT, Directeur du Service de la T. S. F.
- 1935 † R. MESNY, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Electricité.
- 1936 † R. JOUAUST, Directeur du Laboratoire Central d'Electricité.
- 1937 F. BEDEAU, Agrégé de l'Université, Docteur ès-Sciences
- 1938 P. FRANCK, Ingénieur général de l'Air.
- 1939 † J. BETHENOD, Membre de l'Institut.
- 1940 † H. ABRAHAM, Professeur à la Sorbonne.
- 1945 L. BOUTHILLON, Ingénieur en Chef des Télégraphes.
- 1946 R.P. P. LEJAY, Membre de l'Institut.
- 1947 R. BUREAU, Directeur du Laboratoire National de Radio-électricité.
- 1948 Le Prince Louis de BROGLIE, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.
- 1949 M. PONTE, Directeur Général Adjoint de la Cie Gle de T.S.F.

BUREAU DE LA SOCIÉTÉ

Président :

M. P. BESSON, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Vice-Présidents :

MM. G. LEHMANN, Ingénieur-Conseil.

de MARE, Ingénieur.

B. DECAUX, Ingénieur en Chef au L. N. R.

Secrétaire Général :

M. R. RIGAL, Inspecteur Général Adjoint des P. T. T.

Trésorier :

M. R. CABESSA, Ingénieur au L. C. T.

Secrétaires :

MM. M. PIRON, Ingénieur du Génie Maritime.

J. DOCKES, Ingénieur des P. T. T.

J. BOULIN, Ingénieur à la Direction des Services Radioélectriques.

SECTIONS D'ÉTUDES

No	Dénomination	Présidents	Secrétaires
1	Etudes générales.	M. de MARE.	M. FROMY.
2	Matériel radioélectr.	M. AUBERT.	M. ADAM.
3	Electro-acoustique.	M. BEDEAU.	M. POINCELOT.
4	Télévision.	M. MALLEIN.	M. ANGEL.
5	Hyperfréquences.	M. COUDET.	M. GUÉNARD
6	Electronique.	M. LÉAUTÉ.	M. BRACHET.
7	Documentation.	M. VILLENEUVE.	M. CHARLET.

Les adhésions pour participation aux travaux des sections doivent être adressées au Secrétariat de la Société des Radioélectriciens, 10, Avenue Pierre-Larousse, à Malakoff (Seine).

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

MM.	présentés par MM.
PIMONOW Leonid, constructeur-électricien	CHAVASSE et POINCELOT.
PINEAU Jean, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et LORACH.
PHILBEE Claude, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F.	QUINET et CHRÉTIEN
POURTAL Jacques, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et LORACH.
QUENEL Lucien, agent contractuel au C. N. E. T.	POTIER et POINCELOT.
QUIRIN Jean, inspecteur adjoint des P. T. T. ...	LIBOIS et DOCKES.
RANNOU Jean-Baptiste, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et LORACH.
RAUX Michel, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et ASCHENBRENNER.
RECAUD, élève à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications	RIGAL et RENAULT.
RIVET René, Lieutenant des Transmissions	RIGAL et RENAULT.
RIVRIE Raoul, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F.	J. BOUCHARD et ASCHENBRENNER.
ROY Jean, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F. ...	QUINET et CHRÉTIEN
SALAGNAC Jean, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et ASCHENBRENNER.
SALVIA Gilbert, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F.	QUINET et CHRÉTIEN

MM.	présentés par MM.
SCHNEIDER Charles, Ingénieur diplômé des Télécommunications	RIGAL et RENAULT.
SCIAMA Antoine, Ingénieur du Génie Maritime ..	DAVID et GIBOIN.
SÈNEQUE Pierre, élève à l'Ecole Supérieure d'Electricité	DEJEAN et DAUPHIN.
SIMION Jean, Officier armée de l'Air	DUCHENE et BERTHOULE.
SIMON Jean, Ingénieur	H. GUTTON et ORTUSI.
SLUCKI Yves, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et LORACH.
TAHON Robert, Ingénieur au L. C. T.	RABUTEAU et G. LEHMANN.
TEYSSIER Lucien, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et ASCHENBRENNER.
THAI Ngo, élève à l'Ecole Française de Radio-électricité	J. BOUCHARD et LORACH.
THURIN Jacques, ingénieur des P. T. T.	RIGAL et RENAULT.
TRILLAUD Michel, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F.	QUINET et CHRÉTIEN
VASSEUR Jean, Ingénieur	Y. ROCARDET et STEINBERG.
VERNE Marc, élève à l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications	RIGAL et RENAULT.
VOLMERANGE Hubert, agent technique d'essais	Le Prince L. de BROGLIE et CHOUTEAU

TENDANCES NOUVELLES

EN MATIÈRE D'ENREGISTREMENT SUR DISQUES ⁽¹⁾

PAR

P. GILOTAUX

Chef des Services Techniques de la Société Pathé Marconi

Rappel sur les procédés actuels de fabrication.

Nous rappellerons brièvement pour commencer les procédés employés actuellement pour produire les disques. Ces procédés sont dans leur ensemble les mêmes depuis très longtemps et nous nous y reporterons au cours de notre exposé pour indiquer les modifications et les améliorations qui leur ont été apportées.

Nous laisserons délibérément de côté toutes les questions purement acoustiques et de prise de son qui pourront à elles seules faire l'objet d'un exposé spécial. Nous partirons donc du microphone pour aboutir au haut parleur qui reproduit le disque.

Nous trouvons donc : le microphone, les amplificateurs et le graveur qui reproduit sur la cire ou la laque les vibrations acoustiques sous la forme d'un sillon modulé. A partir de ce moment les opérations vont se scinder en deux, selon qu'il s'agit de cire ou de laque. La cire est une matière très fragile et molle qui devra être rendue conductrice pour pouvoir subir les opérations de galvanoplastie. Cette opération peut se faire de diverses manières dont les principales sont le bronzage qui se fait avec un pinceau et requiert de la part de l'opérateur un savoir-faire extraordinaire, ou la dorure qui se fait hors de toute opération manuelle dans une cuve dans laquelle la pression est descendue jusqu'à 0,005 mm de mercure. Deux rangées de tubes dans lesquels circule de l'eau pour assurer le refroidissement sont recouverts de feuilles d'or. Entre les deux rangées on applique une tension de 1500 volts 50 périodes, il se produit une décharge entraînant des particules d'or qui viennent se déposer sur la cire. La couche d'or déposée est extrêmement faible, un verre mis à la place d'une cire et ayant reçu le même dépôt d'or (épaisseur 1 micron) reste transparent, on a seulement l'impression d'un verre fumé.

Lorsqu'il s'agit d'un enregistrement sur laque, nous voulons désigner par là le vernis nitrocellulosique déposé sur un flan d'aluminium, le procédé de dorure n'est pas possible car le vide risque de décoller la laque de support et de faire des bulles. On enduit donc la surface, beaucoup moins fragile

que celle de la cire, parce que plus dure, pour qu'elle puisse se « mouiller », puis on trempe le disque dans un bain de cyanure d'argent de sorte que toute sa surface se recouvre d'argent par la réduction qu'on provoque avec du glucose.

Nous sommes donc maintenant en présence de deux surfaces conductrices sur cire ou laque, les opérations de galvanoplastie sont possibles.

Après décollage de la première galvanoplastie en cuivre et de la cire ou laque on obtient ce qu'on appelle l'original dont la gravure est en relief.

Cet original qui est doré pour la cire et argenté pour la laque est de nouveau traité par galvanoplastie après un nettoyage de sa surface avec du bichromate de potasse pour l'or ou un très léger nickelage pour l'argent ceci pour favoriser le décollement des deux parties de la galvanoplastie.

Le bain de galvanoplastie est d'abord un bain de nickel puis un bain de cuivre pour porter l'épaisseur à un mm. environ. Le disque ainsi produit est dénommé mère.

On tire enfin de ce disque et toujours par galvanoplastie la matrice de pressage en relief. L'opération est la même que précédemment c'est-à-dire qu'on passe d'abord une solution de bichromate avant de nickeler puis de cuivrer.

Cette matrice est soudée sur un flan de cuivre arsenical pour augmenter sa résistance mécanique.

La matrice est montée dans une presse d'où on tirera le disque bien connu du commerce. Ce disque peut être soit en matière homogène soit composé d'une matière centrale sur l'extérieur de laquelle est placé un papier recouvert d'une matière externe de qualité spécialement étudiée pour produire un bruit de fond minimum. Que le disque soit homogène ou non, la matière sur laquelle est moulé l'enregistrement est composée de gomme laque chargée avec du kaolin et du sulfate de baryte.

La haute fidélité.

Jusqu'à la fin de la guerre les enregistrements commerciaux étaient faits avec du matériel qui permettait d'enregistrer les sons jusque vers 6.000 périodes au maximum. Tous les équipements étaient donc prévus en conséquence.

Cependant les magnétophones développés pendant la guerre atteignaient 10.000 périodes, en

(1) Communication présentée aux membres de la Société des Radio-électriciens le 28 janvier 1950.

radiodiffusion la vogue était également à l'extension des bandes passantes avec la modulation de fréquence. Le disque se haussa donc aussi à 10.000-13.000 périodes pour gagner un octave. Quels étaient les avantages de cette extension ? Il n'y a pas de sons fondamentaux émis par des instruments dans cette gamme, il s'agissait donc d'améliorer le timbre en reproduisant les harmoniques, de donner plus de relief en améliorant les transitoires. Une des choses qui a surpris dès les premiers essais a été que, même sur les appareils de reproduction non prévus pour la haute fidélité, les disques ainsi enregistrés étaient meilleurs, on constatait un effet de présence alors inconnu. Ce fait provient probablement de ce que les attaques donc les transitoires étaient mieux enregistrées.

En admettant une bande de 30 à 10.000 périodes comme base nous allons voir quels sont les facteurs qui limitent la haute fidélité.

1°) DIMENSIONS DES LONGUEURS D'ONDE.

On peut tracer un graphique des dimensions des longueurs d'ondes en fonction de la fréquence et de la vitesse linéaire du sillon, vitesse continuellement variable entre la périphérie et le centre du disque. (Figure 1)

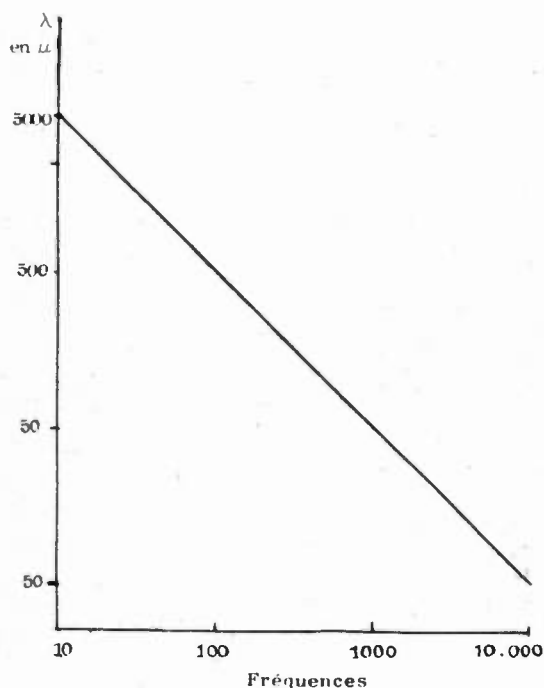


Fig. 1

On voit par exemple qu'à 10.000 périodes pour une vitesse de 50 cm/sec soit sur un rayon de 63 mm environ, la longueur d'onde est de 5/100 de mm, pour un disque tournant à 78 tours/m. Le rayon minimum d'enregistrement est de 50 mm.

2°) AMPLITUDE — VITESSE et ACCÉLÉRATION.

Rappelons que, d'une manière générale, les disques actuels à 78 tours sont enregistrés à amplitude constante pour les fréquences inférieures à 250

ou 300 périodes ceci pour éviter le chevauchement des sillons aux fréquences basses et, pour les fréquences supérieures, à vitesse de vibration constante, c'est-à-dire que la tangente à la sinusoïde en un même point de la période a une inclinaison constante, quelque soit la fréquence (Figure 2). Les graveurs d'enregistrement sont en général du type électromagnétique ou dynamique et un courant constant traversant un graveur de ce type donne automatiquement une amplitude inversement proportionnelle à la fréquence. Un pick-up de ce type fournira inversement une tension cons-

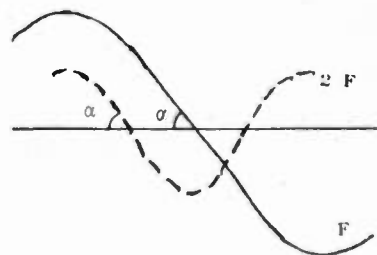


Fig. 2

tante à ses bornes pour les fréquences supérieures à 250 périodes mais par contre fournira une tension décroissante avec une pente de 6 db par octave pour les fréquences inférieures. Les pick-up à cristal qui fournissent au contraire une tension propor-

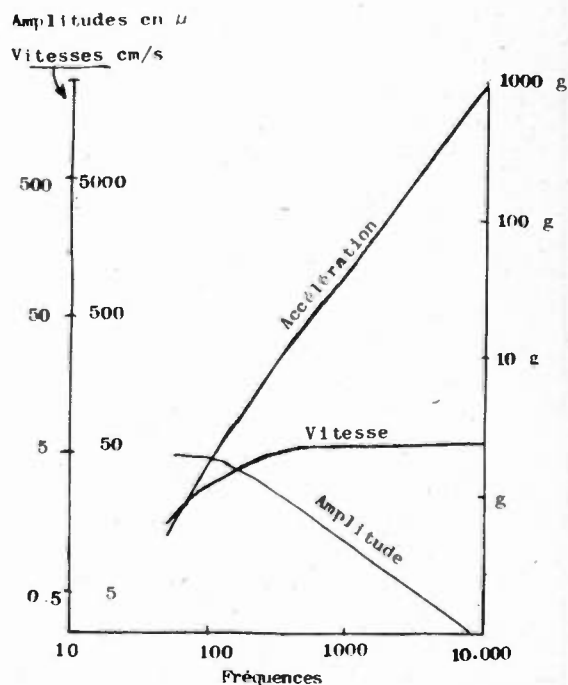


Fig. 3

tionnelle à l'amplitude donneront une tension décroissante pour les fréquences supérieures à 250 périodes mais par contre restaureront les fréquences inférieures. Ceci n'est d'ailleurs que théorique.

Ainsi pour une amplitude A à la fréquence f , l'amplitude de vitesse est $2\pi f A$ et l'accélération $4\pi^2 f^2 A$. On voit donc que l'accélération peut prendre de grandes valeurs et que la force ap-

pliée à l'aiguille de reproduction par les parois du sillon croît rapidement et risque d'endommager le sillon.

L'accélération étant proportionnelle à la courbure des parois du sillon elle doit être limitée pour permettre l'adaptation du burin graveur et de l'aiguille de reproduction. Le graphique donnant les valeurs de l'accélération, de la vitesse et de l'amplitude à différentes fréquences montre en particulier les valeurs très considérables que peut prendre l'accélération. Ce graphique correspond à un niveau très moyen d'enregistrement, des pointes du double dépassent normalement ce niveau en cours d'enregistrement. On comprend de suite l'importance prise par l'impédance mécanique aux déplacements latéraux de l'aiguille du pick-up dès qu'on atteint des fréquences élevées (Figure 3).

3°) BRUIT de SURFACE.

Le bruit de surface est le souffle qu'on entend à la lecture du disque. Ce souffle contrairement à une opinion assez répandue est très uniformément réparti dans le spectre de fréquence. En effet si on prend un disque dont le sillon est resté vierge de toute modulation et qu'on lit ce disque avec un pick-up fidèle et un analyseur on trouve sur l'analyseur une réponse continue et de niveau constant dans toute la bande qui nous intéresse. Au centre des disques on constate un niveau plus faible dans son ensemble et affaibli dans les fréquences élevées ce qui est normal puisque la vitesse linéaire est plus faible et que la petitesse des longueurs d'onde vers le centre du disque rend plus difficile leur lecture par une aiguille de dimensions finies. Quelle est la provenance du bruit de surface ? Elle est multiple : elle peut venir de la gravure, des opérations de développement, de la matière du disque et de la lecture.

À la gravure interviennent : le burin qui doit avoir des dimensions bien déterminées, la coupe par son angle, la matière cire ou laque qui pour un burin, une coupe et une vitesse déterminées doit être de composition précise et travaillée à une température précise. Le bruit de surface produit à la gravure provient toujours d'un mauvais état de surface du sillon qui vient d'être creusé.

Au moment du développement on peut aussi introduire du bruit de surface. Si par exemple au moment du décollage de l'original de la cire, l'or déposé sur celle-ci ne reste pas adhérent à la couche de cuivre qu'on a disposée sur lui et reste partiellement collé à la cire, il y aura une solution de continuité dans le sillon d'où création d'un bruit au passage de l'aiguille. De plus la composition chimique des bains et leur méthode d'application peut créer des piqures de la surface se traduisant par un bruit. Au pressage la température du moule intervient sur la matière. Une presse pas assez chaude peut faire des disques légèrement marbrés. Le passage de l'aiguille sur les marbrures provoque une irrégularité du bruit de surface.

La matière du disque intervient par son grain. On se souvient de la petitesse des longueurs d'onde

si l'on veut lire cette onde avec un rapport signal-bruit convenable on conçoit que le grain de la surface devra être plus petit que la longueur d'onde. La matière ne doit donner aucun refus au tamis de 220 qui correspond à 220 fils par 2,77 cm. La dimension du grain est de 63 microns. On peut s'étonner de voir un grain si fort alors qu'à 10.000 périodes on peut avoir une longueur de 50 microns. En fait les grains sont enrobés de gomme laque sans grain et pressés de sorte que le grain de la surface est loin d'être égal au grain de la matière.

Le bruit de surface présent à l'état potentiel sur le disque qu'on va lire aura une répercussion plus ou moins grande sur l'installation de reproduction. En effet ce bruit étant uniformément réparti dans le spectre sera d'autant plus volumineux que le spectre reproduit sera étendu. Le bruit peut être évalué par la surface bande passante étant inversement proportionnelle à la fréquence et les accidents dans le polissage du sillon dus aux causes énumérées ci-dessus étant au contraire constants leur importance sera plus grande dans les fréquences élevées que dans le médium. Si on écoute un disque de fréquence le bruit paraît beaucoup plus fort à 10.000 périodes qu'à 1.000 périodes où se produit un effet de masque. Enfin le pick-up et l'aiguille contribuent aussi au bruit de surface. Par exemple un pick-up dont l'équipage n'est pas amorti convenablement présente une résonance très marquée, les moindres chocs sur la pointe de l'aiguille produits par les accidents de sillon excitent l'équipage qui vibre sur sa fréquence propre en amplifiant ainsi le bruit de surface. Nous reviendrons plus tard sur cette question à propos des pick-up.

On peut illustrer ce qui vient d'être dit par une démonstration. Nous utiliserons un amplificateur soigné, c'est-à-dire transmettant les signaux rectangulaires entre 5.000 et 60 périodes très convenablement et un haut parleur elliptique dont le sommet du cône est en aluminium ce qui permet d'atteindre fidèlement 8.000 périodes.

Nous passerons un disque dont le bruit de surface n'est pas particulièrement bon, puis nous insérerons un filtre passe-bas qui crée dans l'amplificateur une coupure à 9.000 périodes de 15 db et 2 db à 7.000 périodes pour 0 db à 4.000 périodes on pourra ainsi constater l'influence sur le bruit de surface de l'extension du spectre requise par la haute fidélité.

Nous passerons ensuite le même disque pressé avec la même matrice mais sur du vinyle au lieu de la matière habituelle à base de gomme laque. La résine vinylique est une matière sans grain et élastique comparée à la gomme laque, on entendra la différence de bruit de surface qui représente à peu près le bruit introduit par la matière du disque si on admet que le vinyle ne donne pas de bruit de surface. On remarquera aussi que la tonalité est un peu moins claire. Il s'agit là d'un facteur dont on ne trouve pas de trace dans la littérature technique mais qui montre l'importance de la raideur de la matière du disque dans la tonalité de la reproduction.

4°) DISTORSIONS.

Nous arrivons enfin aux distorsions, nous mettrons de côté toutes les distorsions connues qui peuvent être à peu près éliminées pour ne considérer que les distorsions inhérentes à la lecture du disque. Celles-ci viennent de ce que le sillon est gravé avec un burin analogue à un outil de tour et lu avec une aiguille ayant une forme sphérique n'ayant aucun rapport avec les arêtes tranchantes du burin.

Ces distorsions sont de deux types : le pincement et le contact.

Considérons un sillon modulé par une sinusoïde (Figure 4). Ce sillon a, au point d'amplitude maximum, une largeur A égale à celle du burin. Au contraire au point d'amplitude 0 la largeur devient $A \cos \alpha$, α représentant la vitesse de vibration dont nous avons parlé tout à l'heure. On voit donc que pour des vitesses de vibration importantes le sillon se rétrécit nettement il en résulte que l'aiguille qui s'appuie sur les flancs du sillon subit un pincement et doit, en outre du mouvement latéral,

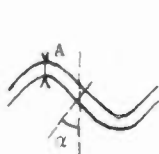


Fig. 4.

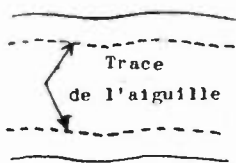


Fig. 5.

subir un mouvement vertical pour se dégager. Elle doit présenter une impédance mécanique aussi faible que possible dans le sens vertical. Ce mouvement est néanmoins de faible amplitude comme nous allons le voir en faisant une figure à l'échelle mais il se produit à une fréquence double de la fréquence de la sinusoïde et l'accélération entrera en ligne de compte. Si on prend une fréquence de 5.000 périodes sur un rayon d'enregistrement de 70 mm et une amplitude de 3 microns environ ce qui correspond à un niveau moyen, on constate que le rétrécissement est certainement très faible comparé à la largeur de la piste suivie par l'aiguille figurée par le tracé ou pointillé (Figure 5). On voit que la largeur du sillon entre les points de contact de l'aiguille est beaucoup supérieure à l'amplitude et est comparable à la longueur d'onde. La deuxième distorsion vient du contact de l'aiguille avec le sillon. Quand une surface hémisphérique comme celle de l'aiguille vient en contact avec une surface de courbure sinusoïdale elle ne gardera pas fidèlement le contact avec elle. Si on veut éviter la distorsion il faut réduire la courbure, il existe donc une limite à la vitesse de vibration autrement dit à l'angle α dont il a été question plus haut pour une fréquence, une dimension d'aiguille et une vitesse linéaire données.

Cette distorsion a donné lieu à des études mathématiques nombreuses en particulier par Hunt et Lewis en Amérique. En pratique une méthode d'évaluation de cette distorsion est délicate et on se base plutôt sur des résultats expérimentaux.

En effet on n'opère jamais en régime établi mais constamment en transitoires avec des ondes complexes dont l'énergie dépend de la composition du programme. Il semble que dans ce cas une méthode à deux signaux doive donner des indications intéressantes et c'est ce que R.C.A. a proposé récemment en faisant une mesure d'intermodulation qui semble donner des résultats concordants avec les résultats auditifs. La méthode est classique : on mélange du 400 périodes et du 4.000 périodes dont le niveau est de 12 db inférieur à celui du 400. On enregistre puis on lit l'enregistrement, à la sortie du pick-up un filtre passe-haut à 1.600 périodes laisse passer le 4.000 périodes et ses bandes latérales ; on mesure le niveau de cette « porteuse » on détecte puis on lit le niveau du 400 périodes après passage dans un filtre passe bas à 1.200 périodes. Le rapport des deux lectures donne la valeur de l'intermodulation. Les résultats sont très intéressants et traduits dans le graphique. Ils correspondent à une vitesse de vibration de 50 mm/seconde qui est très moyenne. On voit l'importance de la vitesse linéaire d'enregistrement et du rayon de pointe de l'aiguille.

Un autre facteur dont nous avons parlé plus haut au sujet du bruit de surface et de la nature de la matière du disque intervient de nouveau. On imagine en effet physiquement que si la matière est souple le sillon présentera une surface moins rigide au contact de l'aiguille et se prêtera mieux à son passage. R.C.A. constate en effet que sur les disques en vinyle l'harmonique 3 provenant de la distorsion de contact est nettement inférieure, compte tenu de la perte de niveau aux fréquences élevées.

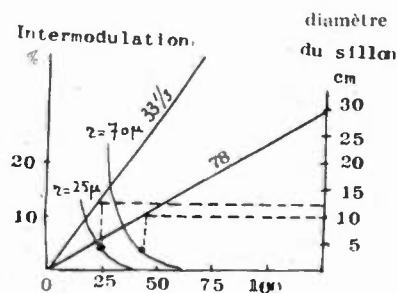


Fig. 6. — Vitesse linéaire du sillon cm/sec
 r = rayon de la pointe de l'aiguille

Maintenant que nous connaissons les facteurs inhérents au disque susceptibles de nous limiter dans la voie de la haute fidélité nous savons dans quelle voie nous allons devoir porter nos efforts. Quels sont les remèdes à utiliser ?

Examinons d'abord rapidement une installation type de studio.

Les microphones sont bien entendu de la plus haute qualité possible, néanmoins leurs courbes sont connues et les légères inégalités sont compensées dans un égalisateur de microphone incorporé au préamplificateur, la chaîne d'amplification qui suit est très simple, elle ne comporte que des triodes, l'étage de sortie est un push pull et est capable de fournir au moins 15 watts avec un taux de distorsion très faible. Le graveur ne requiert qu'environ 0,5 watt

en régime moyen mais des percussions peuvent atteindre des pointes instantanées de puissance considérables et c'est pourquoi l'amplificateur doit être capable de ne pas les écrêter. Entre l'amplificateur et le graveur on dispose d'un égaliseur destiné à corriger les inégalités dans la réponse du graveur qui sont à peu près inévitables.

La machine d'enregistrement, outre que sa vitesse doit être rigoureusement constante, ne doit introduire absolument aucune vibration mécanique qui se surimposerait à la gravure. Les machines les plus sûres sont celles d'un aspect un peu archaïque et fonctionnant avec des poids comme les anciennes pendules. Bien que les cires soient parfaitement planes et rabotées avec des saphirs qui leur donnent un aspect de miroir optique, le mouvement vertical du graveur est amorti par un dash-pot à huile.

La cire elle-même a une composition extrêmement précise, la température à laquelle elle doit être gravée est également très précise et varie avec la composition. Le burin graveur qui est en saphir a, à peu près les dimensions suivantes (Figure 7). Le chanfrein dit de polissage sert à polir la paroi des sillons, il est bien évident que s'il est trop grand il diminue les fréquences élevées par suite de l'imprécision qu'il introduit dans le tranchant. Les

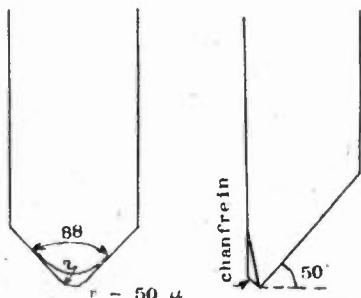


Fig. 7

dimensions peuvent être obtenues en contrôlant par projection le saphir sous ses différentes faces et en vérifiant que les dimensions sont en dedans des tolérances fixées. Toutefois des burins reconnus bons au contrôle ne donnent pas toujours de bons résultats sans que l'on puisse savoir pourquoi. L'enregistreur doit faire des essais de coupe, rechercher l'inclinaison du burin qui est peu différente de 90° et lorsqu'il a trouvé un bon saphir il souhaite que celui-ci lui fasse un long usage. Sur la cire cet usage est très long en raison de la mollesse de la matière.

La gravure sur disque en laque est moins précise, la surface est très loin d'être aussi plane que celle des cires, la matière est moins homogène et l'aspect des disques pressés s'en ressent. On arrive néanmoins à obtenir des enregistrements très bons.

Les burins pour laque ont des dimensions légèrement différentes de ceux de la cire, mais la matière étant beaucoup plus résistante et plus irrégulière l'usure et la casse sont beaucoup plus grandes et lorsqu'un burin a gravé 500 disques on peut dire que c'est un succès. Comme nous l'avons déjà dit, le poli du sillon et partant une des origines du bruit

de surface, dépend dans une bonne mesure de la matière et du burin et de leur emploi correct.

Quant aux origines de bruit provenant du développement ou du pressage ce que nous en avons dit tout à l'heure montre que l'on n'a d'autre remède que d'apporter le plus grand soin et la plus grande constance dans les divers traitements et manipulations.

En ce qui concerne la matière nous avons entendu tout à l'heure la qualité donnée par le vinyle. Un disque de cette nature qui semble assez mou est cependant assez résistant à condition de ne pas utiliser un pick-up trop lourd. Avec un pick-up de 38 grammes on peut jouer le disque 700 fois pour obtenir le même bruit de surface dû à l'usure qu'avec un pick-up de 125 grammes après 100 passages seulement. Le vinyle a plusieurs désavantages. Il est cher, un disque en vinyle coûte environ 4 fois plus cher que le disque à base de gomme laque. Son pressage use plus rapidement les matrices dans le rapport d'environ 6 fois ce qui contribue à augmenter le prix. Il est trop fragile pour être joué sur les phonographes dont le diaphragme est toujours très lourd enfin il s'électrise et attire sur lui toutes les poussières lesquelles produisent des claquements et détériorent le sillon. Cependant lorsqu'il est correctement utilisé il donne un nombre d'auditions supérieur à celui du disque ordinaire.

En dehors des précautions de gravure, de développement et de matière il existe un autre remède contre le bruit de surface. Ce remède consiste à accentuer les fréquences élevées à l'enregistrement. Le bruit provenant d'irrégularités de dimensions finies, comme nous l'avons déjà dit, et les amplitudes diminuant inversement proportionnellement à la fréquence, une augmentation de cette amplitude améliorera le rapport signal sur bruit. Ce remède a ses défenseurs et ses détracteurs acharnés ce qui prouve que les arguments sont à peu près d'égale valeur. Contre, on peut dire que les distorsions de contact et de pincement qui sont d'autant plus graves que la fréquence est plus élevée, vont prendre des valeurs exagérées et que d'autre part l'audition de ces disques sur les millions de phonographes acoustiques en service dans le monde et évidemment non corrigés deviendra très mauvaise. On se trouve devant le problème inextricable de la modification d'un standard. Pour, on peut dire que la répartition de l'énergie dans le spectre acoustique décroît rapidement au dessus de 4.000 périodes et qu'on n'y trouve pratiquement que des harmoniques de rang élevé et de très faibles amplitudes, il n'y aura donc pas à craindre la distorsion annoncée. Ce point de vue semble d'ailleurs exact, sauf pour certaines voix qui donnent des harmoniques très puissants vers 5 — 6.000 périodes.

De plus les appareils prévus pour reproduire ce standard donneront plus de satisfaction à leur usager. Une solution consiste évidemment à faire un standard nouveau par d'autres caractéristiques comme par exemple la vitesse de rotation de façon à empêcher l'emploi sur des anciens appa-

reils, c'est ce qu'a fait le microsillon dont nous parlerons tout à l'heure.

Il ne reste plus qu'un point sur lequel nous puissions agir pour reculer les limites de la haute fidélité : c'est la lecture du disque, tout ce qui la suit, amplificateur et haut parleur, étant hors de la question.

Il y a d'abord l'aiguille, on a vu que si on voulait que l'aiguille suive exactement le sillon, il fallait lui donner la même forme qu'au burin qui avait gravé ce sillon. Dans ce cas les distorsions sont éliminées mais en même temps le disque est détruit par le tranchant du burin. Les dimensions du sillon sont données dans la figure 8. Les aiguilles peuvent être en saphir ou en acier, leur technique est différente. Le saphir est une aiguille de précision dont les cotes sont exactes et le poli parfait il ne s'use que très lentement. Il a été choisi pour sa dureté qui vient tout de suite après celle du diamant. Ce dernier est cependant beaucoup plus dur que le saphir et sa durée serait de beaucoup

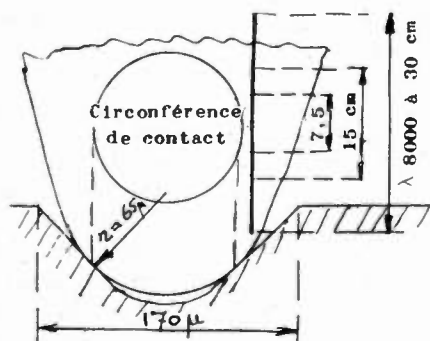


Fig. 8

supérieure mais son prix ne permet pas une production abordable. Pour donner un exemple, un saphir qui n'a été utilisé que sur des disques neufs, c'est à dire sur des disques dont la forme du sillon n'a pas été modifiée par une usure avec des aiguilles d'acier, peut passer entre 500 et 1.000 faces avant d'avoir une usure préjudiciable au disque. Ce saphir doit reposer sur les parois du sillon et non sur le fond car sur le fond il se déplacerait sur une ligne imprécise et de plus ne serait pas conduit par les parois du sillon auxquels il n'est pas assujéti rigidement. Il en résulterait de la distorsion et du bruit de surface. Le rayon de la sphère terminale du saphir sera donc de 65 microns. Si on représente le diamètre de la circonférence sur laquelle se trouvent les points de contact du saphir et du sillon et qu'on les compare aux longueurs d'onde d'une fréquence de 8.000 périodes sur différents diamètres on constate qu'au centre du disque le comportement de l'aiguille ne sera pas excellent mais c'est le mieux qu'on puisse faire avec les dimensions imposées du sillon. Les courbes du graphique d'intermodulation montrent bien qu'une aiguille plus petite donnerait de meilleurs résultats mais à condition d'avoir un sillon de dimension appropriée.

Avec l'aiguille d'acier on s'appuie au contraire sur le fait que l'aiguille nettement plus pointue que le saphir au départ du disque, s'use très rapidement dès les

premiers sillons et de ce fait s'adapte par ce rodage étroitement au sillon. Le malheur est que cette usure ne fait que s'amplifier tout au long du disque et qu'à la fin l'aiguille prend la forme de la fig. 9.

La circonférence approximative de contact prend des dimensions qui interdisent la lecture aussi élevée que 8.000 périodes même à l'extérieur du disque. De plus la distorsion de contact est très augmentée. C'est ce qu'on constate très souvent à l'audition au centre d'un disque où l'on rencontre à la fois une aiguille usée, une distorsion plus forte du fait de la faible vitesse linéaire et un fort niveau de la musique, presque tous les morceaux se terminant par un forte. L'aiguille d'acier, n'est donc pas à recommander pour la haute fidélité.

Après l'aiguille vient le pick-up. On n'a pas l'habitude communément de considérer le pick-up comme un appareil de précision. Il suffit de tordre un cristal ou de faire osciller une armature dans un entrefer pour recueillir une tension. On attire parfois l'attention sur des considérations de circuit magnétique qui sont d'ailleurs presque toujours satisfaites mais on oublie de parler de résonance, de raideur, d'impédance mécanique, de poids dont l'importance est considérable et dont la manœuvre est d'autant plus difficile qu'on travaille avec des pièces très petites sur lesquelles la moindre modification a des effets importants.

Ces facteurs dont l'importance était limitée avant la haute fidélité deviennent maintenant très importants.

Toute résonance est à éliminer aussi bien la résonance à basse fréquence du bras de pick-up quelque fois utilisée comme artifice pour remonter le niveau des basses coupées à l'enregistrement, que la résonance de l'équipage mobile qui peut être située entre 3.000 et 15.000 périodes suivant le pick-up. En effet toute onde complexe dont

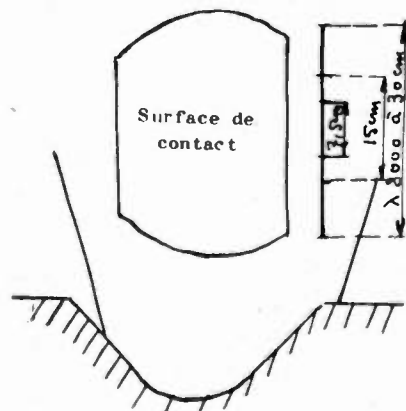


Fig. 9

les harmoniques tombent au voisinage de ces fréquences de résonance verra ses harmoniques exagérément amplifiés, elle sera donc distordue. Nous rappelons que le bruit de surface sera par la même occasion exagéré.

C'est d'ailleurs ce qui fait croire généralement que le bruit de surface a une fréquence bien déterminée et qu'il suffit de faire un filtre accordé sur cette fréquence pour le supprimer.

D'autre part la réaction mécanique de l'aiguille sur le sillon est également augmentée au moment de la résonance d'où usure du sillon. Ainsi le remède électrique qui consisterait à faire dans la courbe de réponse de l'amplicateur un trou à la place où le pick-up présente une bosse n'est pas entièrement valable.

Le remède véritable consiste donc à trouver un amortissement convenable, durable dans le temps et reproductible en fabrication de série.

Nous avons montré au début de cet exposé les accélérations très grandes qu'on pouvait avoir à la lecture d'un disque. Cela implique immédiatement que :

a) les masses en mouvement devront être extrêmement faibles.

b) la raideur ou les forces de rappel devront également être très faibles.

Cette dernière condition est d'ailleurs contradictoire avec une fréquence de résonance aussi élevée que possible qu'on cherche toujours à atteindre. Lorsqu'on a obtenu ce résultat on constate en général que le niveau de sortie du pick-up est très faible.

Microsillon.

Le microsillon a été développé industriellement par Columbia et par R.C.A. en Amérique. Bien que la gravure en sillons plus fins et à pas serré ne soit pas une chose nouvelle, l'exploitation du microsillon a posé des problèmes sérieux.

Voyons d'abord quel est le but proposé. Il s'agit d'augmenter la densité d'enregistrement par cm² de surface de disque.

Cela peut donner la formule Columbia où le disque de 30 cm fournit une audition de 25 minutes par face ou la formule R.C.A. où le disque a un format réduit à 17 cm de diamètre fournissant une audition de 5 1/3 minutes alors que le disque standard de 30 cm à 78 tours ne donne que 4 1/2 minutes.

Voici les caractéristiques comparées des divers standards d'enregistrement.

	78 tours Standard	46 tours R. C. A.	33 1/3 tours Columbia
Largeur du sillon ...	170 microns	58 microns	70 microns
Sillons par cm	36	108 max	100
Diamètre mini. d'enregistrement	10 cm	12,8 cm	12 cm
Angle du sillon	88° — 90°	88° — 90°	88° — 90°
Rayon du fond du sillon	50 microns	5 microns	5 microns
Trou central	7,3 mm	38,5 mm	7,3 mm

Les courbes d'enregistrement du microsillon sont les suivantes :

Pour le 45 tours :

0 db à 1.000 périodes
+ 12 db à 10.000 »
— 25 db à 50 »

Pour le 33 1/3 tours :

0 db à 1.000 périodes
+ 16 db à 10.000 »
— 12 db à 50 »

La préaccentuation des aiguës se conçoit en se rappelant ce qui a été dit au sujet du 78 t concernant le bruit de surface et la dimension d'une longueur d'onde. A 10.000 périodes sur le diamètre minimum d'enregistrement d'un disque à 33 1/3 tours, la vitesse linéaire est de 21 cm/sec la longueur d'onde est de 21 microns seulement. De plus les disques sont en vinylite dont l'élasticité produit une perte dans les fréquences élevées.

Le niveau est inférieur de 4 à 6 db à celui des enregistrements à 78 tours en raison du faible intersillon disponible. On voit en effet dans le tableau que pour le 78 t l'intersillon est égal au sillon, pour le 45 t il est de 45 %, pour le 33 1/3 tours de 30 % seulement.

En partant des caractéristiques ci-dessus on peut voir immédiatement comment se place le microsillon au point de vue des limitations que nous avons examinées au sujet du 78 tours. Sur le graphique de l'intermodulation on voit, en prenant un rayon de pointe de 25 microns pour l'aiguille, que pour le 33 1/3 tours et le diamètre minimum d'enregistrement de 12 cm, la distorsion a la même valeur que pour le 78 tours dans des conditions équivalentes et une aiguille de 65 microns. Ceci constitue un bon résultat.

En ce qui concerne les pick-up nous allons nous trouver devant les difficultés du pick-up standard mais accrues. Le poids admis pour ne pas détériorer le sillon d'un disque en vinylite et inférieur pour le microsillon à celui du sillon standard car la pression de l'aiguille est plus forte sur les parois du fait de la réduction de la surface de contact entre le sillon et le saphir. Le poids doit être compris entre 5 et 7 grammes. On voit de suite les conséquences sur le poids, les dimensions des équipages mobiles et les raideurs horizontale et verticale. De plus le niveau étant plus faible de 4 à 6 db par rapport au disque standard et la courbe étant presque celle qu'on obtiendrait en gravant à amplitude constante au lieu de vitesse constante on voit que, pour l'usage des amateurs, le pick-up à cristal est a priori plus intéressant que l'électromagnétique auquel il faudra appliquer des corrections à la fois sur les basses et les aiguës.

Enfin du fait d'une part de la faible vitesse et d'autre part de l'importance relativement beaucoup plus grande des vibrations mécaniques par rapport à la gravure du sillon, le système d'entraînement du plateau du tourne disque devra être beaucoup plus soigné.

Pour nous résumer essayons de dresser un tableau des avantages et des inconvénients du nouveau standard.

Pour les avantages on a en premier lieu la longue durée qui entraîne avec elle la suppression des coupures dans l'audition d'une grande œuvre, un classement peu encombrant et un poids très faible. Le disque est incassable. Le prix de la minute musique est inférieur à celui du disque ordinaire. R.C.A. a considéré que les disques de 25 minutes avaient un emploi limité et a préféré le disque de 5 minutes de dimensions réduites avec un grand trou central spécialement adapté à un changeur simple, celui-ci

pouvant faire le changement en 1 tour soit en $\frac{60}{45}$ de seconde.

Les inconvénients sont nombreux. D'abord les difficultés de fabrication. Un enregistrement de 25 minutes ne peut être fait d'une seule traite en donnant satisfaction à la fois aux artistes et aux techniciens, il faut donc enregistrer d'abord sur bande magnétique par exemple, faire un montage et réenregistrer ensuite sur cire ou sur laque. Lorsque l'on veut la haute fidélité on sait quelles précautions cette opération requiert.

Il suffit d'ailleurs d'écouter certains disques réenregistrés à partir de disques 78 tours pour constater le résultat déplorable de cette opération.

Rappelons également l'usure rapide des matrices de pressage sur vinyle. Ensuite la finesse du sillon le rend fragile, l'électrisation du vinyle n'arrange pas les choses avec la poussière qui vient se coller sur la surface du disque. Les pick-up et tourne-disques sont plus délicats. En soufflant sur un pick-up on peut faire dérailler l'aiguille du sillon.

Enfin la dualité des deux systèmes nouveaux Columbia et R.C.A., qui est partiellement basée

sur des considérations techniques valables, crée une multiplicité des standards anti industrielle.

S'il nous est permis de donner notre point de vue nous souhaiterions voir réserver le microsillon aux grandes œuvres de longue durée ou à des disques spéciaux de musique fonctionnelle.

Le microsillon a dans ces usages des avantages incontestables et la fragilité des appareils reproducteurs manœuvrés alors par des mains averties ne paraît plus dangereuse.

Pour terminer nous ajouterons que le microsillon évolue comme toutes les techniques nouvelles. Après un démarrage d'exploitation on se rend compte que beaucoup de choses doivent être améliorées dans le sens de la précision à tous les stades de la production.

BIBLIOGRAPHIE

R.C.A. Review Juin 1949.

Jour. Acous. Soc. Amer., Janvier 1941.

Electronics, Septembre 1948.

Sound reproduction Briggs.

SUR LA THÉORIE DE L'EFFET HALL POUR LE CAS DE CONDUCTEURS MIXTES DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE ALTERNATIF ⁽¹⁾

PAR

H. WELKER

Laboratoire Cie des Freins et Signaux Westinghouse

L'objet du présent exposé est relatif à la théorie de l'effet Hall dans le cas de conductibilité mixte, c'est-à-dire lorsqu'on est en présence de deux sortes de porteurs de charge mobiles. Le chapitre I traite du cas habituel, dans lequel une préparation est parcourue par un courant électrique continu soumis à l'action perpendiculaire d'un champ magnétique statique. Lorsqu'on est en présence d'une conductibilité mixte, d'importants déplacements de charges apparaissent perpendiculairement au courant électrique primaire. L'on peut donc s'attendre à ce que ces déplacements de charges aient comme corollaire, des temps de relaxation de durée notable.

Ceci constitue l'objet du chapitre II où l'on examine, en conservant un champ magnétique statique, l'effet d'un courant électrique alternatif parcourant la préparation. Il apparaît que la grandeur de la tension de Hall dépend de manière caractéristique de la fréquence du courant alternatif.

Au chapitre III on indique les résultats observés sur les diverses sortes de conducteurs mixtes, en l'espèce les électrolytes, les semi-conducteurs intrinsèques et les métaux polyvalents. Des formules, susceptibles de permettre la détermination des deux sortes de concentrations de particules et les mobilités correspondantes sont également proposées — on expose, de plus, les possibilités de vérification expérimentale.

Généralités

Dans beaucoup de problèmes de conductibilité électrique, les connaissances, distinctes, de la concentration des électrons et de la mobilité électronique, sont de caractère déterminant.

En présence d'une conductibilité *simple* — par exemple une conductibilité par manque ou défaut d'électrons, pure — ces valeurs peuvent être obtenues, conformément à la théorie des métaux /1, à l'aide de mesures de conductibilité et d'effet Hall.

Dans le cas de conductibilité *mixte* — par exemple une conductibilité électrique procédant simultanément de conductibilités électronique et par défaut d'électron, ou conductibilité ionique — cette méthode est défailante. D'une part, une théorie certaine de l'effet Hall n'existe pas pour le cas habituel du courant continu et d'autre part, deux mesures précisant la densité d'au moins deux sortes de porteurs de charge ou leurs mobilités ne sauraient être suffisantes.

Pour les électrolytes où le cas de la conductibilité ionique mixte est essentiellement toujours présent, on tourne la difficulté en mesurant les valeurs de transfert d'après Hittorf. Ce procédé peut également, avec de sensibles difficultés, être appliqué à la mesure des mobilités ioniques dans un corps solide. Etant donné qu'il s'agit d'une méthode surtout chimique — reposant sur la détermination par pesée des modifications de concentration à l'anode et à la cathode — elle est défailante lorsqu'on désire connaître les particularités de comportement électronique.

Le désir ayant été exprimé de disposer d'une méthode purement électrique, permettant de mesurer la concentration et la mobilité des électrons des conducteurs mixtes, nous avons reconsidéré, de façon plus serrée, la théorie de l'effet Hall appliquée à ce genre de conductibilité.

I. — Cas du courant continu avec champs magnétiques d'intensité quelconque.

Admettons que l'on se trouve en présence d'un conducteur mixte, de forme parallélépipédique.

L'orientation du champ électrique primaire, E_x , coïncide avec celle de l'axe des X, perpendiculairement à cette dernière est appliqué le champ magnétique, B_z , coïncidant avec l'orientation de l'axe des Z et, normalement aux deux précédentes, le champ de Hall, E_y , coïncide avec l'axe des Y. La charge des particules conditionnant la conductibilité est désignée par e_1 ainsi que par e_2 et leur mobilité, respec-

(1) Le manuscrit de ce travail, terminé au début de 1945, a fait l'objet de commentaires concernant diverses parties de son exposé dans le colloque sur la Physique de l'Université de Munich, au mois de juin de la même année.

La constante de temps élevée de l'effet Hall dans le cas de conductibilité mixte est également caractéristique dans tous les problèmes pour lesquels des particules de signe différent s'accumulent sous l'influence de champs extérieurs. La méthode mathématique présentée ci-après, visant à en permettre le calcul, doit également être valable pour le phénomène de transistance mis en lumière par BARDEEN et BRATTAIN. L'étrange comportement des constantes de Hall en fonction de la fréquence devrait également être retrouvé dans le phénomène de transistance.

tive, par B_1 et B_2 lesquelles doivent respectivement être précédées du même signe que e_1 et e_2 .

On supposera d'abord, pour les deux sortes de particules, qu'elles sont entièrement indépendantes l'une de l'autre. Des corrélations, comme celles données, par exemple, par la loi d'action des masses restent hors considération. Pour les électrolytes, ceci signifierait la totale dissociation des corps en solution. Sous cette réserve, la loi de conservation est valable pour chaque sorte de particule.

Dans le cas statique, il résulte de l'égalité pour le flux de champ et de diffusion, avec

k = constante de Boltzmann ;

T = température absolue ;

n_1, n_2 = concentrations des porteurs de charges.

$$kT B_1 \frac{dn_1}{dy} = e_1 n_1 B_1 (E_y - B_1 E_x B_z) \quad (1)$$

$$kT B_2 \frac{dn_2}{dy} = e_2 n_2 B_2 (E_y - B_2 E_x B_z) \quad (1a)$$

Dans ce groupe d'expressions on a négligé l'influence, plus subtile, du déplacement dû à la température — c'est pourquoi on ne va pas retrouver, pour le cas de la statistique classique, le facteur $3\pi/8$, dans la formule pour la tension de Hall. Par l'emploi des abréviations :

$$V_1 = kT/e_1 \quad \text{et} \quad V_2 = kT/e_2$$

il résulte, après addition convenable des deux expressions, l'intensité du champ de Hall, E_y , et la tension de Hall, V_y , soit :

$$2E_y = (B_1 + B_2) E_x B_z + \frac{d}{dy} (V_1 \log_e n_1 + V_2 \log_e n_2) \quad (2)$$

$$2V_y = (B_1 + B_2) E_x B_z b + (V_1 \log_e n_1 \quad (2a)$$

$$+ V_2 \log_e n_2) \quad \left| \begin{array}{l} y = b/2 \\ y = -b/2 \end{array} \right.$$

b est l'épaisseur du semiconducteur, perpendiculaire au courant primaire et au champ magnétique. Éliminant E_y de (1) et (1a), pour atteindre à la connaissance ici nécessaire, de n_1 et de n_2 , on obtient :

$$\frac{d}{dy} (V_1 \log_e n_1 - V_2 \log_e n_2) = (B_2 - B_1) E_x B_z \quad (3)$$

Une deuxième expression pour n_1 et n_2 pourrait être obtenue en partant de l'équation différentielle de Poisson. On n'en fera toutefois pas usage, en utilisant une simplification qui, pour la plupart des cas de la pratique, est remarquablement satisfaite. On admettra à cet effet, que l'intérieur du conducteur est électriquement, pratiquement neutre, alors que les charges d'espace, génératrices de champs, sont sensiblement situées dans la surface externe. Mathématiquement, ceci signifie que :

$$|\rho| = e_1 n_1 + e_2 n_2 + e_0 n_0 \ll |e_1 n_1| \text{ ev. } |e_2 n_2| \text{ ev. } |e_0 n_0| \quad (4)$$

ou que $\rho \approx 0$.

Dans cette expression ρ est la densité de charge électrique et, $e_0 n_0$, la densité de charge — spatiale-

ment constante de quelque porteur de charge immobilisé comme, par exemple pour les métaux, la charge des ions constituant le réseau cristallin. La justification de cette hypothèse découle de la constatation devenue de plus en plus apparente au cours des récentes années, que les densités élevées de charges d'espace ne pouvaient intervenir que dans les couches limites très minces comme, par exemple, dans les couches dites « d'arrêt » des conducteurs asymétriques. Pour le problème ici traité, cette justification sera d'ailleurs démontrée, plus loin, sur une base mathématique.

Considérons maintenant deux cas particuliers, en l'espèce :

$$e_1 = e_2 = e \quad \text{et} \quad e_1 = -e_2 = e$$

Cas $e_1 = e_2 = e$: Il se présente, par exemple, lorsque deux ions isotopes, de mobilités différentes, déterminent l'apparition de conductibilité — on pense ici aux isotopes Cu^+ dans CuJ . Il en découle :

$$n_1/n_2 = C e^{\alpha y} \quad (5)$$

avec $\alpha = (B_2 - B_1) E_x B_z / V_0$ pour $V_0 = kT/e$

A l'aide de la condition de neutralité exprimée à l'équation (4) qui, dans ce cas, correspond à $n_1 + n_2 = n_0$, il est possible de calculer isolement n_1 et n_2 , soit :

$$n_1 = n_0 \frac{C e^{\alpha y}}{1 + C e^{\alpha y}} \quad \text{et} \quad n_2 = n_0 \frac{e^{-\alpha y}}{C + e^{-\alpha y}} \quad (6)$$

La constante C est en relations simples avec le rapport de mélange des deux sortes d'ions en l'absence d'un champ. Le comportement de n_1 et de n_2

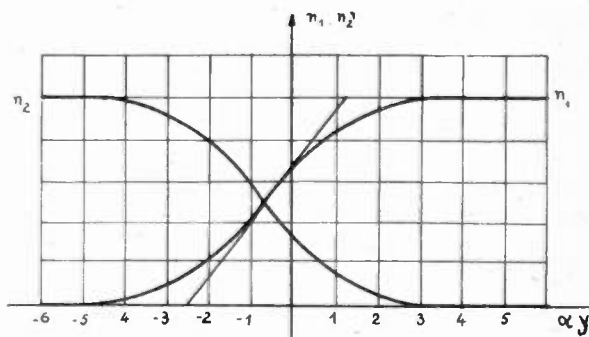


FIG. 1. — Répartition des densités de porteurs de charge perpendiculairement aux directions du courant primaire et du champ magnétique lorsque les porteurs de charge sont précédés du même signe.

en fonction de y , pour $C = 2$ est représenté à la fig. 1. On remarque qu'une séparation quantitative de deux sortes d'ions est fondamentalement possible. En raison du mouvement thermique, la frontière entre les deux ions séparés n'est pas franchement délimitée. La grandeur du parcours total de diffusion, définie par la longueur de la portion de tangente figurée en 1, devient :

$$y_{\text{diff}} = 2/\alpha = 2V_0 / (B_2 - B_1) E_x B_z \quad (7)$$

De la petitesse des différences de mobilités des ions, résulte un ordre de grandeur de plusieurs mètres et l'obtention aisée d'intensités de champs électriques et magnétiques, permettant la séparation des isotopes, à partir de cette base est impraticable.

On renonce à présenter ici les formules correspondant à E_y et V_y pour ce cas particulier. Par contre, on va vérifier la validité des approximations adoptées. En effectuant l'opération de divergence sur l'équation (2), on obtient :

$$\rho = \frac{\varepsilon}{2} \frac{V_0 d^2 \log_e n_1 n_2}{dy^2} \quad (8)$$

ou, d'après (6) :

$$n_1 n_2 = n_0^2 / (2 + Ce^{\alpha y} + e^{-\alpha y}/C)$$

Est apparemment valable :

$$\frac{d^2}{dy^2} \log_e n_1 n_2 \approx \alpha^2 \quad (9)$$

de sorte que l'inégalité exigée par (4), s'écrit :

$$\varepsilon V_0 \alpha^2 / 2 \ll e n_0 \quad (10)$$

Mais ceci correspond à un fait, en ce que $\sqrt{\varepsilon V_0 / e n_0}$, exprime une longueur caractéristique normale, déjà introduite par Schottky pour les semi-conducteurs. Même pour n_0 très petit — par exemple 10^{12}

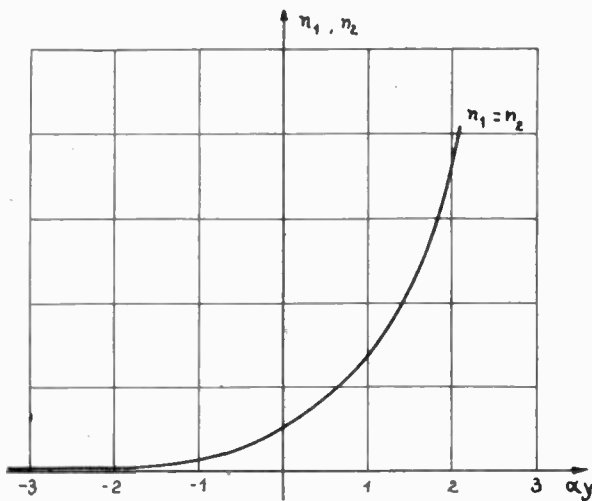


FIG. 2. — Répartition des densités de porteurs de charge pour des porteurs affectés de signe différent.

cm^{-3} — elle ne peut atteindre que des fractions de millimètre alors que la longueur $1/\alpha$, d'après nos estimations, est de l'ordre de plusieurs mètres.

Cas $e_1 = e_2 = e$: Dans le mode de désignation adopté B_1 et B_2 sont également affectés de signes différents. Ce cas est présent pour des électrolytes tels que Na Cl. Par simplification posons $n_0 = 0$, qui est également valable pour un électrolyte.

Ceci mène à :

$$n_1 = n_2 = Ce^{\alpha y/2} \quad (11)$$

Ces relations sont représentées à la fig. 2. La neutralité de l'intérieur au conducteur est même exacte.

II. — Cas du courant alternatif avec des champs magnétiques, statistiques, faibles

Les indications des paragraphes précédents montrent que, dans l'effet Hall pour la conductibilité mixte, d'importants déplacements de concentration

peuvent intervenir sans qu'une charge d'espace notable en résulte. La grandeur des déplacements de concentration est limitée, en définitive, par les faibles forces de diffusion. Il en est tout autrement dans un condensateur ordinaire. Pour ce dernier, la charge des armatures est limitée par le champ antagoniste développé par la charge. Cette comparaison permet d'observer que les constantes de temps pour l'effet Hall, en conductibilité mixte, sont bien plus longues que ce qui est constaté pour un condensateur. Il est donc intéressant d'étudier l'effet Hall lorsqu'au lieu d'appliquer une tension continue on fait usage d'une tension alternative, le champ magnétique restant statique, comme précédemment. Ce faisant, les répartitions de charges, représentées aux fig. 1 et 2, sont alternativement projetées vers la gauche et la droite. Ce comportement s'effectuant sous l'influence majeure du frottement — l'inertie des masses des particules peut, ainsi qu'il apparaîtra plus loin, être négligée — il n'est pas nécessaire d'avoir recours, pour le développement mathématique, à la théorie électronique de Lorentz et il est possible de décrire les variations dans le temps par le courant de déplacement de la théorie de Maxwell. Il est toutefois nécessaire d'introduire un courant de déplacement propre à chaque sorte de particule. Commençons par scinder, en deux parties, l'intensité du champ de Hall, soit :

$$E_y = E_1 + E_2 \quad (12)$$

où E_1 correspond à la densité de charge $e_1 n_1$ et E_2 à $e_2 n_2$.

Il en découle la forme élargie des équations de base (1) et 1a) :

$$e_1 V_1 B_1 dn_1/dy = e_1 n_1 B_1 (E_y - B_1 B_x B_z) + i\omega \varepsilon E_1 \quad (13)$$

$$e_2 V_2 B_2 dn_2/dy = e_2 n_2 B_2 (E_y - B_2 B_x B_z) + i\omega \varepsilon E_2 \quad (13a)$$

ω correspond ici à la fréquence de la tension alternative. Les grandeurs $n_1, n_2, E_x, E_y, E_1, E_2$ sont encore dépendantes du temps et les équations différentielles ne sont pas linéaires. Posons :

$$n_1 = n_1^0 + n_1^* \quad \text{et} \quad n_2 = n_2^0 + n_2^* \quad (14)$$

pour lesquelles n_1^0, n_2^0 signifient les densités de porteurs spatialement constantes en l'absence de champ magnétique et n_1^*, n_2^* les modifications de concentrations engendrées par le champ magnétique. La condition de neutralité (4) est alors exprimée par :

$$e_1 n_1^* + e_2 n_2^* \approx 0 \quad (15)$$

Par simplification, limitons nous maintenant à l'approximation :

$$1/\alpha \gg b \quad (16)$$

ou, ce qui revient au même :

$$n_1^* \ll n_1^0 \quad \text{et} \quad n_2^* \ll n_2^0 \quad (16 a)$$

On s'est ainsi fixé à des champs magnétiques faibles ainsi qu'il apparaît en (5). Sur la base de cette approximation, il est possible de poser, pour le ter-

me exprimant en (13) et (13a) le courant résultant du champ, $n_{1,2}^0$ au lieu de $n_{1,2}$.

De l'opération de divergence il résulte :

$$e_1 V_1 B_1 d_2 n_1^* / dy^2 = e_1 n_1^0 B_1 dE_y / dy + i \omega e_1 n_1^* \quad (17)$$

$$e_2 V_2 B_2 d_2 n_2^* / dy^2 = e_2 n_2^0 B_2 dE_y / dy + i \omega e_2 n_2^* \quad (17a)$$

L'élimination de E_y donne :

$$\frac{d^2}{dy^2} (V_1 n_1^* / n_1^0 - V_2 n_2^* / n_2^0) = i \omega (n_1^* / B_1 n_1^0 - n_2^* / B_2 n_2^0) \quad (18)$$

devenant, en raison de la condition de neutralité :

$$e_1 n_1^* = -e_2 n_2^* ;$$

$$(V_1 e_2 / n_1^0 + V_2 e_1 / n_2^0) d^2 n_1^* / dy^2 = i \omega (e_2 / B_1 n_1^0 + e_1 / B_2 n_2^0) n_1^* \quad (19)$$

ou

$$d^2 n_1^* / dy^2 = \mathfrak{K}^2 n_1^* \quad (19a)$$

avec :

$$(19b)$$

$$\mathfrak{K}^2 = i \omega (e_2 / B_1 n_1^0 + e_1 / B_2 n_2^0) / (V_1 e_2 / n_1^0 + V_2 e_1 / n_2^0)$$

L'intégration de (19 a) donne :

$$n_1^* = A e^{\mathfrak{K} y} + B e^{-\mathfrak{K} y}$$

Comme n_1^* doit être égale à 0 dans le milieu spatial, il faut poser $A = -B = C$ de sorte que

$$n_1^* = C (e^{\mathfrak{K} y} - e^{-\mathfrak{K} y}) = 2 C \sinh \mathfrak{K} y \quad (20)$$

et

$$dn_1^* / dy = 2 C \mathfrak{K} \cosh \mathfrak{K} y \quad (21)$$

Afin de calculer E_1 et E_2 , décomposons :

$$E_1 = E_1'' + E_1' \text{ et } E_2 = E_2' + E_2'' \quad (22)$$

E_1' et E_2' proviennent de la densité de charge spatiale $e_1 n_1$ et $e_2 n_2$ et E_1'' et E_2'' des charges superficielles qui déterminent, à la manière connue la tension de Hall.

Pour des fréquences assez basses, on a :

$$E_1'' \ll E_1' \text{ et } E_2'' \ll E_2' \quad (23)$$

par suite du fait que la quantité des porteurs de charge se trouvant dans les zones superficielles est beaucoup plus petite que celle située à l'intérieur du conducteur.

En raison de : $\text{div } \epsilon E_1 = e_1 n_1^*$ on peut, partant de (20), calculer :

$$E_1 = \frac{2 e_1 C}{\epsilon \mathfrak{K}} (\cos \mathfrak{K} y - \cos \mathfrak{K} b/2) \quad (24)$$

$$= \frac{e_1}{\epsilon \mathfrak{K}^2} (d n_1^* / dy - d n_1^* / dy \mid y = b/2)$$

La constante d'intégration est ainsi choisie pour correspondre à la constatation que $E_1' = 0$, à la limite.

De (13) et (13a) on calcule maintenant :

$$E_y = B_1 E_x B_z + V_1 \text{grad } n_1^* / n_1^0 - i \omega \epsilon (E + E_1'') / e_1 n_1^0 B_1 \quad (25)$$

(25 a)

$$E_y = B_2 E_y B_z + V_2 \text{grad } n_2^* / n_2^0 - i \omega \epsilon (E_2 + E_2'') / e_2 n_2^0 B_2$$

On peut négliger E_1'' et E_2'' dans ces deux équations — la prise en considération de ces termes ne devenant indiquée que pour les fréquences très élevées, dans le cadre des formules de Hagen Rubens. Des deux précédentes expressions ; avec la valeur de E_1' — et de E_2' , par échange des indices — on arrive, en partant de (24) en utilisant (19 b), à :

$$E_y = B_1 E_x B_z + \frac{(V_1 / B_2 - V_2 / B_1) e_1 d n_1^* / dy}{(e_2 / B_1 n_1^0 + e_1 / B_2 n_2^0) n_1^0 n_2^0} \quad (26)$$

$$y = b/2$$

$$+ \frac{(V_1 e_2 / n_1^0 + V_2 e_1 / n_2^0) d n_1^* / dy}{(e_2 / B_1 n_1^0 + e_1 / B_2 n_2^0) n_1^0 B_1}$$

$$E_y = B_2 E_x B_z + \frac{(V_2 / B_1 - V_1 / B_2) e_2 d n_2^* / dy}{(e_2 / B_1 n_1^0 + e_1 / B_2 n_2^0) n_1^0 n_2^0} \quad (26a)$$

$$y = b/2$$

$$+ \frac{(V_1 e_2 / n_1^0 + V_2 e_1 / n_2^0) d n_2^* / dy}{(e_2 / B_1 n_1^0 + e_1 / B_2 n_2^0) n_2^0 B_2}$$

De l'égalité des deux expressions, il résulte :

$$e_1 d n_1^* / dy \mid y = b/2 = (B_2 - B_1) E B_z (V_1 / e_1 n_1^0 + V_2 / e_2 n_2^0) \quad (27)$$

$$y = b/2$$

La constante d'intégration C est ainsi déterminée. Il en résulte :

$$e_1 d n_1^* / dy = [(B_2 - B_1) E_x B_z \cosh (\mathfrak{K} y)] / [(\cosh (\mathfrak{K} b/2) (V_1 / e_1 n_1^0 + V_2 / e_2 n_2^0))] \quad (27a)$$

D'où l'on tire l'intensité du champ et de la tension de Hall, soit :

$$E_y = \left\{ \frac{e_1 n_1^0 B_1^2 + e_2 n_2^0 B_2^2}{e_1 n_1^0 B_1 + e_2 n_2^0 B_2} \right. \quad (28)$$

$$- \frac{(B_1 - B_2)(V_1 B_1 - V_2 B_2) e_1 e_2 n_1^0 n_2^0}{(e_1 n_2^0 B_2 + e_2 n_1^0 B_1)(V_1 e_2 n_2^0 + V_2 e_1 n_1^0)} \frac{\cosh \mathfrak{K} y}{\cosh (\mathfrak{K} b/2)} \left. \right\} E_x B_z$$

$$V_y = \left\{ \frac{e_1 n_1^0 B_1^2 + e_2 n_2^0 B_2^2}{e_1 n_1^0 B_1 + e_2 n_2^0 B_2} \right.$$

$$- \frac{(B_1 - B_2)(V_1 B_1 - V_2 B_2) e_1 e_2 n_1^0 n_2^0}{(e_1 n_2^0 B_2 + e_2 n_1^0 B_1)(V_1 e_2 n_2^0 + V_2 e_1 n_1^0)} \frac{T g_h (\mathfrak{K} b/2)}{\mathfrak{K} b/2} \left. \right\}$$

$$E_x B_z b$$

Pour l'utilisation expérimentale il est nécessaire de décomposer l'expression complexe $T g_h (\mathfrak{K} b/2)$ en parties réelle et imaginaire, en l'espèce, valeur et phase :

$$T g_h (\mathfrak{K} b/2) / (\mathfrak{K} b/2) = X + i Y = \text{Re}^{i \Phi} \quad (30)$$

où :

$$X = (\sin_h \varphi + \sin \varphi) / [\varphi (\cos_h \varphi + \cos \varphi)] \quad (31)$$

$$Y = (\sin_h \varphi + \sin \varphi) / [\varphi (\cos_h \varphi + \cos \varphi)] \quad (31a)$$

$$R = \sqrt{2 (\sin_h^2 \varphi + \sin^2 \varphi)} / (\varphi |\cos_h \varphi + \cos \varphi|) \quad (31b)$$

$$Tg_h \Phi = -(\sin_h \varphi - \sin \varphi) / (\sin_h \varphi + \sin \varphi) \quad (31c)$$

pour lesquelles :

$$\varphi = \sqrt{\omega b^2 / 2 B V_0} \quad (32)$$

avec

$$(32a)$$

$$\overline{BV_0} = (V_1 / e_1 n_1^0 + V_2 e_2 n_1^0) / (1 / e_1 B_1 n_1^0 + 1 / e_2 B_2 n_2)$$

$\overline{BV_0}$ est en quelque sorte une valeur moyenne de B_1 et B_2 , V_1 et V_2 . X , Y , R et $\operatorname{tg} \Phi$ sont représentées aux figures 3 à 6 en fonction de φ . Une dépendance marquée de la tension de Hall en fonction de la fréquence intervient à partir d'une fréquence critique :

$$\omega_s = 8 \overline{B V_0} b^2 \quad (32b)$$

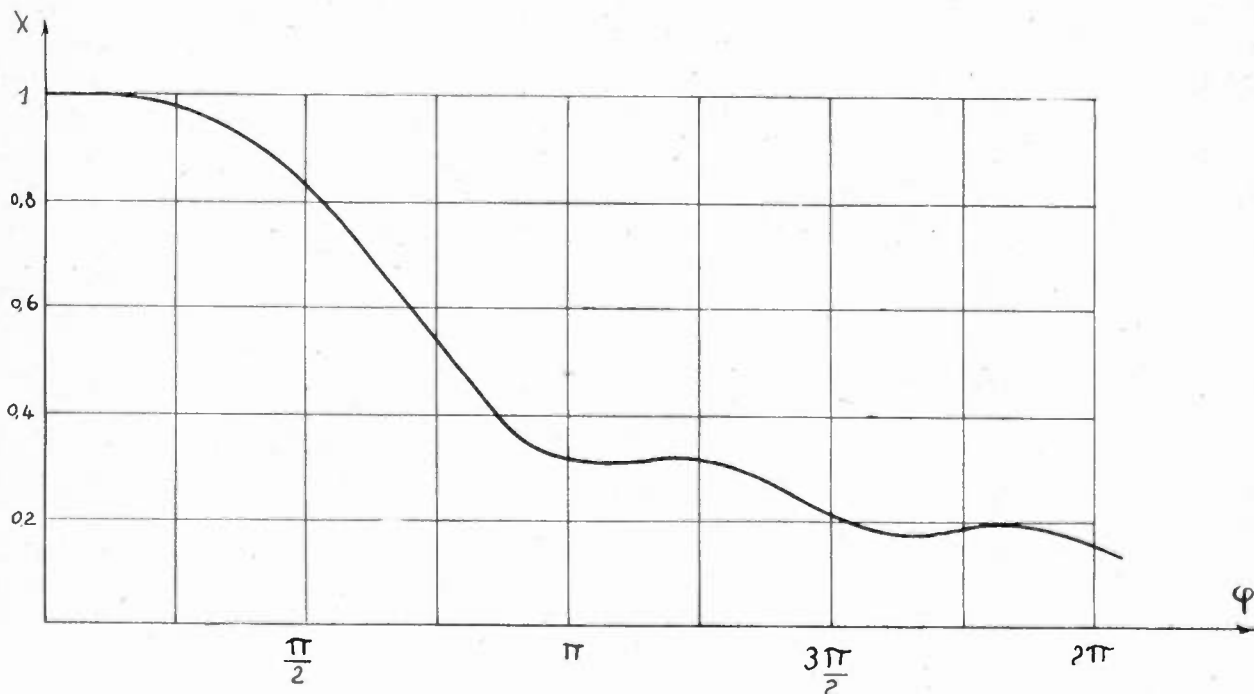


FIG. 3. — Partie réelle de $Tg_h (\partial \mathcal{C} b / 2) / (\partial \mathcal{C} b / 2)$ en fonction de $\varphi = |\partial \mathcal{C}| b / \sqrt{2}$.

Cette fréquence critique n'est pas seulement une propriété du matériau considéré mais dépend aussi de la dimension, géométrique, b du conducteur, perpendiculairement au courant primaire et au champ magnétique.

Étant donné que dans le mode de notation adopté, V_1 ou V_2 et B_1 ou B_2 sont précédés du même signe, respectivement, que les charges e_1 ou e_2 , la grandeur de la fréquence critique en est indépendante. Caractéristique de la nature de l'effet est le comportement de la tension de Hall lors du franchissement de la fréquence critique et qui marque alors plusieurs paliers pour tendre vers sa valeur définitive. Il est, de plus, très significatif que la relaxation de l'effet Hall est liée avec l'apparition d'une très forte composante inductive dans le déplacement des porteurs de charge. De la mesure de la dépendance de la fréquence des constantes de Hall, trois grandeurs, indépendantes, peuvent être obtenues, en l'espèce V_H pour $\omega \rightarrow 0$, V_H pour $\omega \rightarrow \infty$ et ω_s .

Par une mesure de conductibilité, on peut obtenir

quatre éléments de détermination, indépendants, pour les quatre inconnues n_1 , n_2 , B_1 et B_2 . En fin de cet exposé de caractères généraux, il est, à nouveau rappelé que le bien fondé de la présente théorie présuppose valable, pour chaque sorte de particule, la loi de conservation.

III. — Possibilités d'applications pratiques

1° Statistique classique :

Nous considérerons seulement le cas de porteur de charge, de signes opposés, également chargés $e_1 = -e_2 = e$.

Il en découle $V_1 = -V_2 = kT/e$ et $B_1 = -B_2$. Les formules qui vont suivre seront toutefois posées

pour, qu'aussi bien pour B_1 que pour B_2 , des valeurs positives peuvent être introduites. De l'équation (29) résulte :

$$V_H = \frac{3\pi}{8} \left(\frac{B_1^2 n_1 - B_2^2 n_2}{B_1 n_1 + B_2 n_2} - \frac{(B_1^2 - B_2^2)}{B_1 n_1 + B_2 n_2} \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} \right) \frac{Tg_h (\partial \mathcal{C} b / 2)}{\partial \mathcal{C} b / 2} E_x B_z b \quad (33)$$

où $Tg_h (\partial \mathcal{C} b / 2) / (\partial \mathcal{C} b / 2)$ est représentée par les équations (30) à (32b). On a introduit ici, pour la tension de Hall, le facteur $3\pi/8$ et adapté ainsi le facteur de proportionnalité au calcul classique. Une nouvelle simplification est obtenue en posant $n_1 = n_2$, de sorte que

$$(34)$$

$$V_H = \frac{3\pi}{8} (B_1 - B_2) e_x B_z b \left[1 - \frac{1}{2} \frac{Tg_h (\partial \mathcal{C} b / 2)}{\partial \mathcal{C} b / 2} \right]$$

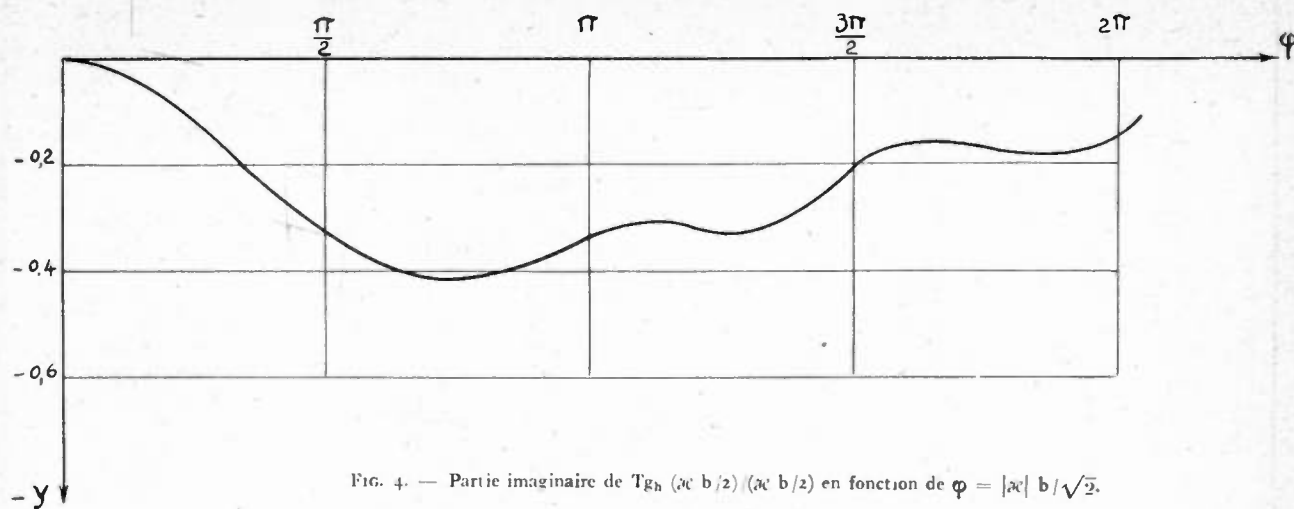


FIG. 4. — Partie imaginaire de $T_{gh}(\alpha c b/2) / (\alpha c b/2)$ en fonction de $\varphi = |\alpha c| b / \sqrt{2}$.

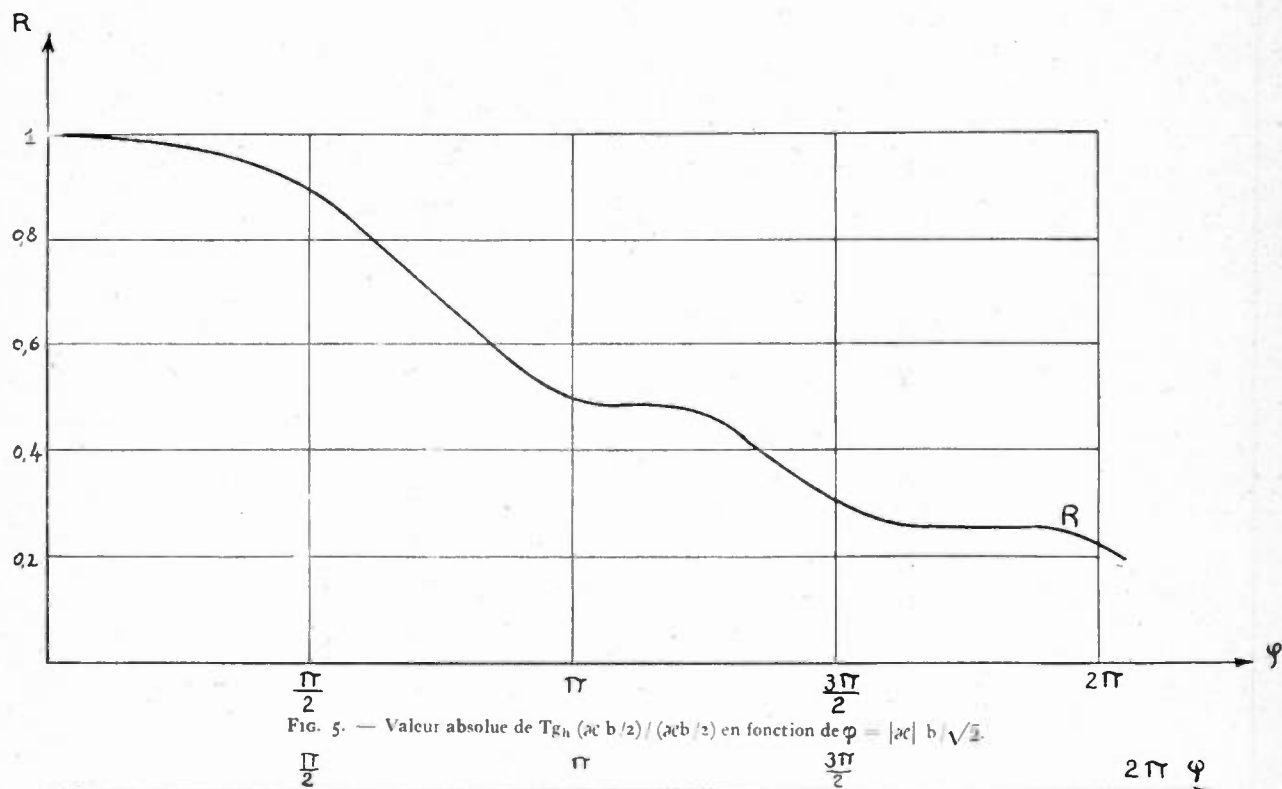


FIG. 5. — Valeur absolue de $T_{gh}(\alpha c b/2) / (\alpha c b/2)$ en fonction de $\varphi = |\alpha c| b / \sqrt{2}$.

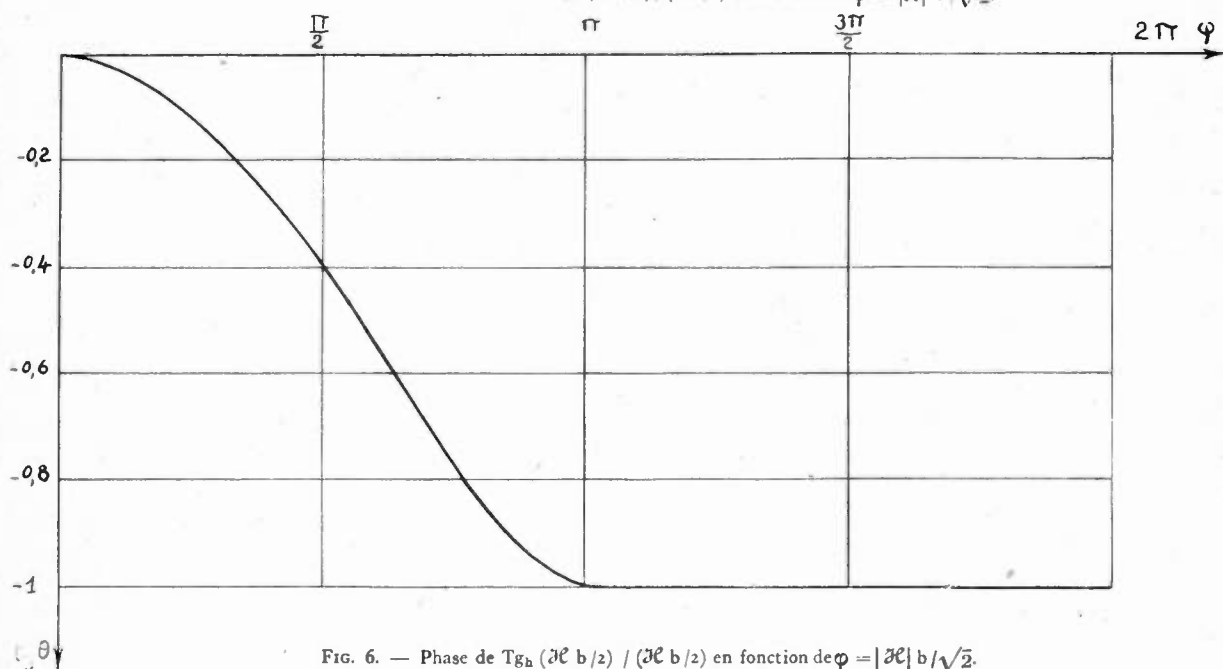


FIG. 6. — Phase de $T_{gh}(\alpha c b/2) / (\alpha c b/2)$ en fonction de $\varphi = |\alpha c| b / \sqrt{2}$.

par laquelle (32 b) se simplifie en :

$$\omega_s = 16 \frac{B_1 B_2}{B_1 + B_2} \frac{kT}{e} \frac{1}{b^2} \quad (32 c)$$

Cette formule est applicable, par exemple, dans le cas d'une solution, étendue, d'un sel totalement dissocié. Si l'on effectue, avec une mobilité moyenne : $B = 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Volt sec.}$ et $b = 1 \text{ cm.}$, on obtient :

$$\omega \approx 2.10^{-1} \text{ sec}^{-1}$$

ce qui signifie que l'effet Hall se manifeste avec une inertie énorme. Pour l'établissement d'une tension de Hall, stable, il faut compter plusieurs heures. Etant donné que, généralement, la composition chimique se modifie entre-temps, on ne peut être surpris que toutes les tentatives, visant à obtenir une tension de Hall, pour des électrolytes et pour des cristaux d'halogénures alcalins, ont jusqu'à présent échoué. 2/

La formule (34) est néanmoins utilisable pour un cristal isolant ou semi-conducteur dans lequel se trouvent simultanément des électrons et des défauts d'électrons de conductibilité par excitation thermique ou photo-électrique. Etant donné que l'on trouve fréquemment des mobilités électroniques plus élevées dans les semi-conducteurs que dans les métaux — pour le germanium, par exemple $2000 \text{ cm}^2/\text{Volt sec.}$ — on en déduit, en première approximation, pour une épaisseur de 1 cm. une valeur $\omega_s \approx 400 \text{ sec}^{-1}$.

Pour vérifier réellement, par l'expérience, une telle fréquence critique, il faut encore être indépendant de phénomènes parasites susceptibles de rétablir plus rapidement un équilibre tel, par exemple, qu'un passage de bande à bande — par transfert de quanta soniques, pour des cristaux excités thermiquement ou, par processus de recombinaison, pour des cristaux excités photo-électriquement.

Justement pour ces derniers, il est même connu que la longévité des électrons, en état d'excitation, est fréquemment de durée appréciable — par ex. 10 sec^{-3} .

Il est donc possible, en réduisant b , d'augmenter facilement la longévité des électrons, libérés photo-électriquement, par rapport à la valeur du temps de relaxation de l'effet Hall $\tau_s = 1/\omega_s$, réalisant ainsi les conditions expérimentales de vérification de la présente théorie et d'obtenir également les constantes déterminantes des cristaux considérés.

Une comparaison de la formule (34) avec une de celles données par H. Fröhlich 3/ montre que l'on trouve, chez ce dernier, notre cas limite $\omega \rightarrow \infty$.

La discordance provient du fait que Fröhlich, pour le développement de sa formule, admet que les valeurs n_1 et n_2 sont spatialement constantes. Cette condition n'est réalisée que pour des fréquences $\omega \gg \omega_s$, pour lesquelles les charges mobiles ne sont plus en mesure d'obéir au champ, ou pour des fréquences $\omega \ll \omega_s$, si les phénomènes parasites précités rétablissent l'équilibre.

2/ Statistique de Fermi.

Pour transférer les résultats exposés dans la statistique de Fermi il est nécessaire de traduire le courant de diffusion en conformité de cette dernière statistique.

D'après le modèle d'atome de Thomas Fermi, il existe entre la densité électronique n et le potentiel X la relation 4/ :

$$n = \frac{8 \pi}{3h^3} (2 m e (X - X_a))^{3/2} \quad (35)$$

pour laquelle h est le quantum d'action de Planck et X_a l'énergie limite des électrons. Cette équation remplace la formule du niveau barométrique de la statistique classique :

$n = n_0 e^{-eX/kT}$. Elle permet, similairement à ce qui est possible avec la formule classique, par constitution du gradient de courant de diffusion, d'amener :

$$(\text{grad } n)/n = \frac{3}{2} [\text{grad } (X - X_a)] / (X - X_a) \quad (36)$$

ou, après ordonnancement approprié et multiplication par eB :

$$\frac{2}{3} (X - X_a) eB \text{ grad } n = e n B \text{ grad } X \quad (37)$$

La partie de droite représentant visiblement le courant de champ, celle de gauche doit donc être identique au courant de diffusion. Expriment encore $(X - X_a)$ selon (35) par n , on obtient pour le courant de diffusion de la statistique de Fermi :

$$j \text{ diff. Fermi} = \frac{h^2}{3 m} \left(\frac{3}{8 \pi} n \right)^{2/3} 2/3 B \text{ grad } n$$

Afin de pouvoir employer les formules des chapitres précédents en statistique de Fermi, il faut aussi poser :

$$e_1 V_1 = \frac{h^2}{3m} \left(\frac{3}{8 \pi} n_1 \right)^{2/3} \text{ et } e_2 V_2 = \frac{h^2}{3m} \left(\frac{3}{8 \pi} n_2 \right)^{2/3} \quad (39)$$

On obtient alors, de l'équation (29), en cas de validité de la statistique de Fermi :

$$V_y = \left\{ \frac{n_1 B_1^2 - n_2 B_2^2}{n_1 B_1 + n_2 B_2} \right. \quad (40)$$

$$- \frac{(B_1 + B_2) (n_1^{2/3} B_1 - n_2^{2/3} B_2) n_1 n_2}{(n_1 B_1 + n_2 B_2) (n_1^{5/3} + n_2^{5/3})}$$

$$\left. \frac{T g_h \mathfrak{K}(b/2)}{\mathfrak{K}h/2} \right\} E_x B_z b \quad (41)$$

$$\omega_s = \frac{3 h^2}{3 m e} \left(\frac{3}{8 \pi} \right)^{2/3} (n_1^{-1/3} + n_2^{-1/3}) / (1/n_1 B_1 + 1/n_2 B_2) b^2$$

pour lesquelles les équations (31) à (31c) subsistent inchangées. Dans le cas répondant à la statistique de Fermi, le procédé de calcul simplifié de l'effet

Hall fournit aussi, immédiatement, le facteur numérique exact pour la tension de Hall. Comparant la formule présentée ici avec celle indiquée dans l'ouvrage de Mott et Jones 5 / on constate, que l'équation correspond à notre cas limite $\omega \gg \omega_s$. Calculant avec une densité électronique d'ordre de grandeur $n \approx 10^{23} \text{ cm}^{-3}$ et une mobilité $B \approx 50 \text{ cm}^2/\text{Volt sec.}$, on obtient pour $b = 0,1 \text{ mm}$, $\omega_s \approx 10^7 \text{ sec}^{-1}$.

On est tenté d'appliquer les équations (40) et (41) aux éléments du groupe de transition qui présente apparemment deux bandes à recouvrement, l'une la bande sp , remplie d'électrons et l'autre, la bande d , remplie de manques d'électrons. Il est toutefois parfaitement possible, qu'à la fréquence $\omega_s \sim 10^7 \text{ sec}^{-1}$, l'équilibre se trouve rétabli par des passages $d \leftarrow sp$ sous l'influence des oscillations du réseau. On peut néanmoins, fondamentalement, choisir b suffisamment petit pour que les formules proposées traduisent toujours le comportement effectif de la

tension de Hall. Par la mesure de dépendance de la tension de Hall de la fréquence, on pourrait déterminer la répartition des électrons dans les bandes d et sp — et les mobilités correspondantes — contrôlant ainsi les intéressants calculs de Slater et Krutter sur le spectre d'énergie.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) H. FRÖHLICH. — Elektronentheorie der Metalle, page 220 J. Springer 1938.
- (2) O. STASIV. Ueber die Wanderungs geschwindigkeit der Kationen in Alkalihalogenidkristallen. Vol. I N° 12 - page 147 Göttinger Nachrichten.
- (3) H. FRÖHLICH, déjà cité, ci-dessus, p. 239 et Henry C. TORREY et Charles A. WHITMER. Crystal Rectifiers — page 55, équations (27 et 28) Mc Graw Hill — N. Y. et Londres.
- (4) A. SOMMERFELD. Atombau u. Spektrallinien. Vol. II, p. 692 équation (8).
- (7) MOTT et JONES. The Theorie of the Properties of Metals and Alloys — page 283, équation (79).

TROIS EXEMPLES D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS DANS LA DÉTECTION ⁽¹⁾

PAR

G. VALLADAS

Ingénieur au C. E. A.

I. — Introduction.

A. — Dans le temps très court qui m'est alloué, je vais m'efforcer de vous donner un aperçu sur certains des appareils électroniques les plus couramment utilisés en physique nucléaire. Ces appareils sont les compléments nécessaires des détecteurs de particules que vous a décrits M. Labeyrie.

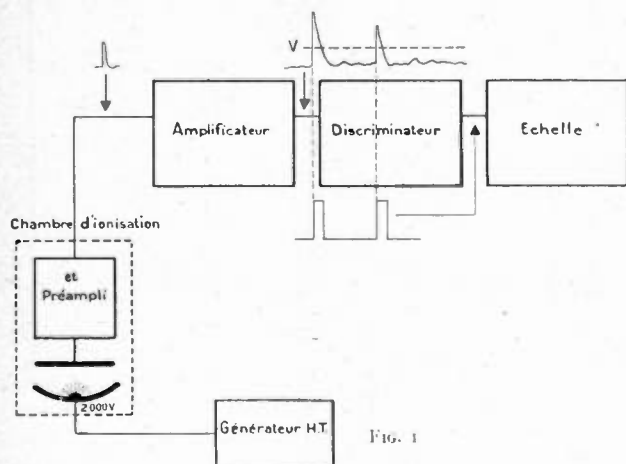


FIG. 1

Ils sont les intermédiaires entre les détecteurs de particules et le physicien et ils varient suivant le type de détecteur utilisé et suivant la nature des informations désirées. Comme vous le savez, ces informations portent en général sur le nombre de particules ayant pénétré dans le détecteur ; l'énergie de ces particules ; leur trajectoire ; instant de leur émission.

D'une façon générale, un dispositif de mesure comprendra :

1° — Le détecteur de particules proprement dit et le générateur de tension stabilisée qui l'alimente.

2° — Un amplificateur, souvent nécessité par la petitesse de l'amplitude des signaux délivrés par le détecteur, qui peuvent aller, par exemple, de quelques dizaines de microvolts à quelques millivolts dans le cas d'une chambre d'ionisation,.

3° — Un appareil opérant une sélection, un triage, parmi les signaux sortant de l'amplificateur. Ce sera, par exemple, un sélecteur d'amplitude. A cet appareil, est dévolu un rôle qui est déjà un rôle d'interprétation des données expérimentales.

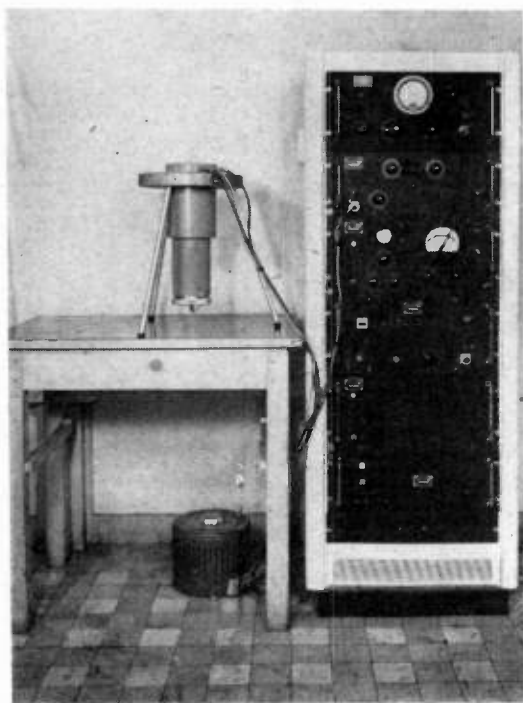


FIG. 2. — Groupe de comptage d'impulsions de faible amplitude

Destiné au comptage des impulsions données par des compteurs à ionisation, des compteurs proportionnels, des photomultiplicateurs, etc... etc... ; ce groupe est ici monté avec un compteur à ionisation pour particules alpha.

Le compteur à ionisation et son préamplificateur constituent cette sorte de tabouret qui est posé sur la table.

Le meuble situé à droite de la table, contient de haut en bas :

Une haute tension stabilisée 700 — 2.500 volts à une sortie.

Un amplificateur à grand gain, proportionnel, de 200 Kc. de B. P.

Un discriminateur d'amplitude 0 — 100 volts.

Une échelle de 100.

L'alimentation de l'échelle et de l'amplificateur.

4° — Un appareil d'enregistrement qui peut être une caméra mais qui sera le plus souvent un numérateur électronique que nous nommons « Echelle ».

(1) Communication présentée à la Société des Radioélectriciens le 10 décembre 1949.

B. — Pour fixer les idées, je vais vous décrire deux dispositifs expérimentaux souvent utilisés.

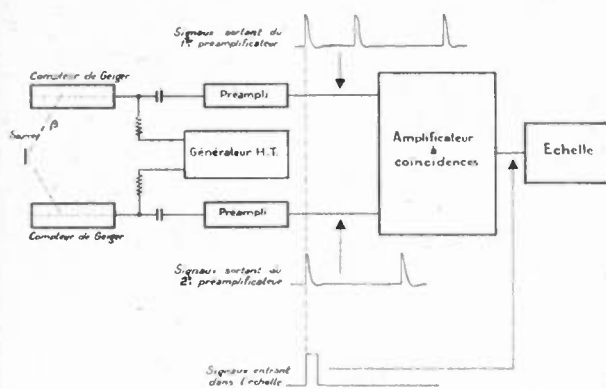


FIG. 3

1^{er} exemple.

Le schéma 1 nous montre un compteur d'ionisation (1). Sur l'électrode inférieure de ce compteur, portée à un potentiel de l'ordre de 2.000 volts, est

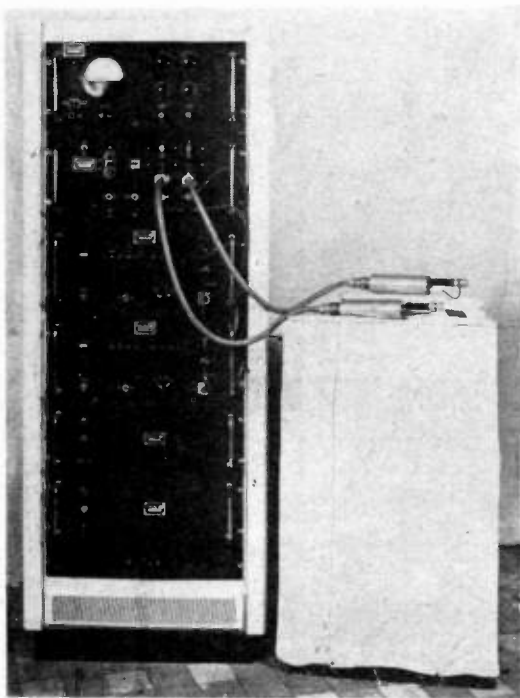


FIG. 4. — Montage à coïncidence avec 2 compteurs G. M.

Sur la droite, on aperçoit les deux compteurs (petits cylindres noirs) directement fixés sur leurs préamplificateurs.

Sur le meuble, sont fixés, de haut en bas :

Une haute tension 0 — 1500 volts, stabilisée à deux sorties.

Un amplificateur à coïncidence ou anticoincidence, à deux voies.

Deux échelles de 100.

Les alimentations des échelles de 100.

déposée une petite quantité de matière radioactive α , quantité que l'on désire connaître. Le nombre

(1) Nous adoptons le terme « compteur d'ionisation » lorsque nous avons affaire à une chambre d'ionisation destinée à compter une par une les particules qui la traversent.

moyen de particules α émises par unité de temps est proportionnel à la quantité de matière radioactive. Chaque α émis provoque une impulsion de tension sur l'électrode collectrice. Les impulsions, préalablement amplifiées, sont reçues par un appareil, nommé discriminateur, qui les laisse passer mais arrête les signaux parasites plus petits, ceux constitués notamment par le bruit de fond. Les impulsions sont appliquées à une échelle qui les totalise une par une pendant un intervalle de temps déter-

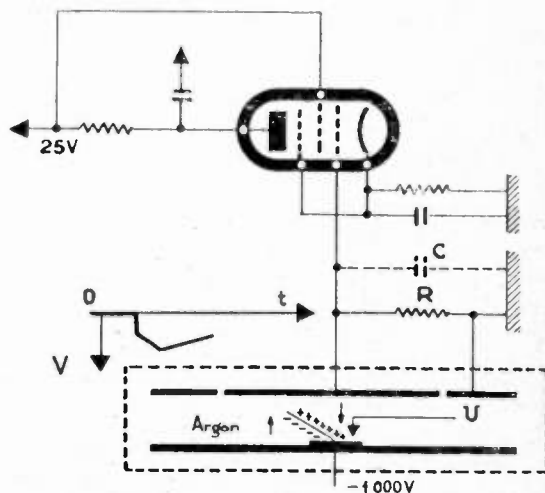


FIG. 5

miné par l'expérimentateur. La connaissance, ainsi acquise, du nombre moyen de particules α émises par unité de temps permet de trouver la quantité de matière radioactive déposée dans la chambre. La figure n° 2 reproduit la photographie du dispositif de mesure. Le compteur d'ionisation fait corps avec le préamplificateur qui a la forme d'un cylindre vertical. L'électrode inférieure qui est l'électrode H. T. se présente sous forme d'une cuvette destinée à recevoir l'échantillon. Le préamplificateur est suspendu par des ressorts qui amortissent les vibrations qui seraient transmises par le support.

2^e exemple.

Le schéma n° 3 nous montre deux compteurs de Geiger-Müller alimentés séparément par un générateur H. T.

Ces compteurs sont connectés à travers un préamplificateur à un amplificateur dit « à coïncidences ». A chaque fois, et à chaque fois seulement, que l'amplificateur reçoit simultanément deux impulsions de chacun des deux compteurs, il délivre une impulsion à l'échelle. Quand deux impulsions parvenant à l'amplificateur à coïncidences sont décalées d'un temps supérieur à un temps déterminé de l'ordre de la microseconde, aucune impulsion n'est transmise. On met ainsi en évidence un phénomène nucléaire caractérisé par l'émission simultanée de deux particules : une particule γ et une particule β par exemple. La figure n° 4 reproduit la photographie du dispositif expérimental.

II. — Amplificateurs proportionnels.

Je vais vous parler succinctement de la technique des amplificateurs dans le cas particulier où le détecteur est un compteur d'ionisation. L'amplificateur doit être conçu en fonction de la chambre d'ionisation utilisée et de l'expérience projetée. C'est pourquoi il est nécessaire que nous nous attardions un peu sur le compteur d'ionisation. Je supposerai que nous ayons affaire à un compteur d'ionisation à plateaux parallèles et à anneau de garde schématisé par la figure 5. L'électrode collectrice est reliée à la grille d'un tube préamplificateur. Comme c'est toujours le cas dans la mesure des très faibles charges, la valeur de la résistance de fuite R de la grille du tube doit être très grande, de 100 M Ω à 100.000 M Ω . Sur l'électrode inférieure est déposée une couche très mince de substance émettrice de rayons α , d'uranium par exemple. Les dimensions de la chambre sont telles que les parcours des rayons α sont entièrement compris dans la partie utile de la chambre. Je supposerai, de plus, que le gaz utilisé est de l'argon.

Chaque particule α libère un grand nombre d'ions positifs et d'électrons qui se mettent aussitôt en mouvement sous l'action du champ électrique. Les électrons se dirigent vers l'électrode collectrice et les ions positifs vers l'électrode inférieure. Ces charges en mouvement induisent une charge variable sur l'électrode collectrice dont le potentiel baisse progressivement jusqu'au moment où toutes les charges ont atteint les deux électrodes. À partir de ce moment, la capacité C de l'électrode collectrice se décharge lentement à travers la résistance de fuite R avec une constante de temps $C \cdot R$. La forme de l'impulsion de tension sur l'électrode collectrice

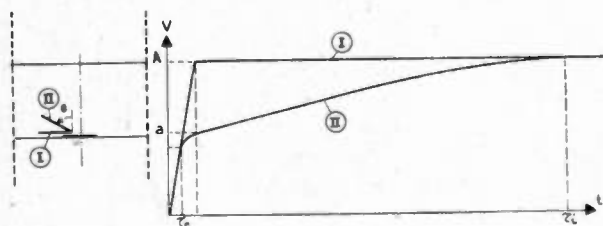


FIG. 6

dépend de l'orientation de la trajectoire de la particule α qui lui a donné naissance mais son amplitude ne dépend que du nombre de paires d'ions libérées, nombre qui est lui-même proportionnel à l'énergie de la particule α .

Le schéma 6 montre deux impulsions. La première provient d'une particule α dont le parcours est parallèle à l'électrode inférieure. Tous les ions positifs sont collectés dès leur création. Les électrons traversent la chambre dans toute son épaisseur en un temps qui est de l'ordre de la microseconde et la montée du potentiel de l'électrode collectrice est linéaire en fonction du temps.

La seconde impulsion est relative au cas où la trajectoire de la particule α fait un angle θ avec l'axe de la chambre d'ionisation. L'impulsion présente tout d'abord une montée linéaire dont la pente est la même que précédemment. Elle s'in-

curve quand les premiers électrons atteignent l'électrode collectrice.

Nous observons une seconde discontinuité dans la courbure à la fin de la collection des électrons, puis une montée beaucoup plus lente provenant du mouvement des ions positifs qui sont environ mille fois plus lents. Tous les ions positifs sont collectés au bout d'un temps τ_i qui est de l'ordre de la milliseconde.

Nous ne retiendrons de tout cela que ces trois remarques importantes :

— La pente initiale des impulsions est très sensiblement proportionnelle au nombre d'électrons libérés dans la chambre, donc à l'énergie des particules α .

— Les impulsions présentent toutes une forte discontinuité dans leur courbure et le potentiel correspondant à de l'électrode collectrice ne dépend que de l'énergie de la particule α et de l'angle de sa trajectoire avec l'axe de la chambre.

— L'amplitude maximum A des impulsions est proportionnelle à la charge totale libérée, donc à l'énergie des particules.

Les caractéristiques à donner à l'amplificateur doivent être adaptées aux renseignements que l'on désire retirer de l'impulsion. Ces renseignements peuvent concerner, comme nous l'avons vu, l'énergie, l'instant d'émission, la direction des particules émises dans la chambre. Nous allons passer en revue ces différents cas :

A) Détermination de l'énergie.

1°) La pente initiale de l'impulsion est proportionnelle à l'énergie de la particule. Il suffit donc de « dériver » l'impulsion, soit à l'aide d'une ligne à retard court-circuitée à son extrémité, soit à l'aide

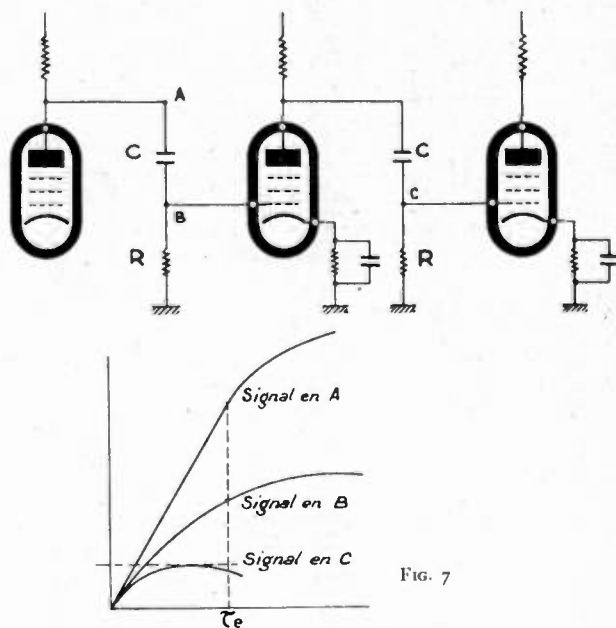


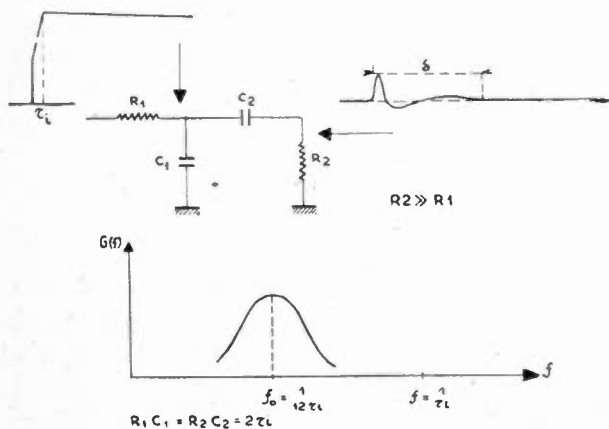
FIG. 7

de circuits $C \cdot R$ pour obtenir une impulsion transformée dont l'amplitude soit proportionnelle à cette énergie. Nous avons choisi la seconde solution qui réside dans l'emploi successif de deux circuits $C \cdot R$ identiques qui peuvent être deux des circuits de liaison de plaque à grille de l'amplificateur. Le schéma n° 7

montre la forme de l'impulsion avant et après son passage à travers le 1^{er} et le second circuit. Remarquons que $C \cdot R$ doit être plus petit ou égal à la durée τ_e de la montée linéaire la plus petite, cas correspondant à une trajectoire perpendiculaire aux deux électrodes.

L'avantage de ce procédé est de conduire à des signaux de courte durée : quelques microsecondes. Le nombre moyen d'impulsions par seconde peut donc être très grand : quelques milliers, avec une probabilité de superposition relativement faible.

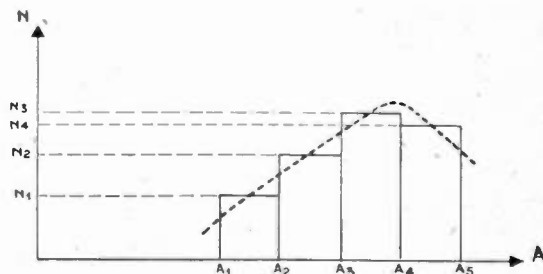
L'inconvénient principal réside dans l'emploi d'un amplificateur à bande relativement large, d'où un bruit de fond notable. La plus petite charge décelable est de l'ordre de 5.000 électrons.



2^o) Dans le cas d'une détermination d'énergie précise il vaut mieux avoir recours à un amplificateur qui laisse passer les impulsions telles qu'elles se présentent à l'entrée du préamplificateur. Nous

savons en effet que leur amplitude est proportionnelle à l'énergie de la particule correspondante. L'amplitude des impulsions à la sortie de l'amplificateur doit être proportionnelle à leur amplitude à l'entrée malgré leurs différences de forme.

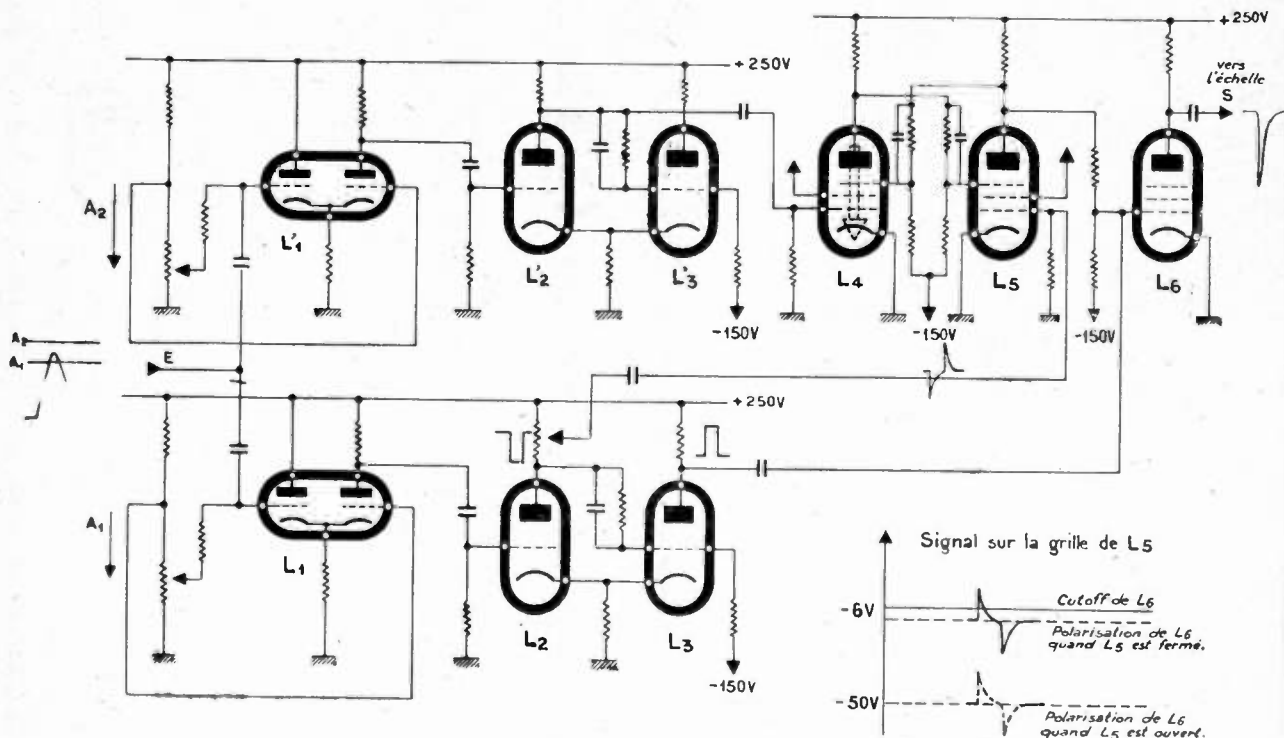
Nous avons constaté que ce résultat est atteint dans les meilleures conditions si l'on intercale dans l'amplificateur un filtre composé de résistances et de capacités ayant la forme donnée par le schéma n° 8. La résistance R_1 et la capacité C_1 limitent la



courbe de réponse en fréquence du côté des hautes fréquences. La capacité C_2 et la résistance R_2 limitent la courbe de réponse en fréquence du côté des basses fréquences.

En faisant $R_1 C_1 = R_2 C_2 = 2$ fois le temps de collection des ions $= 2 \tau_i$ c'est-à-dire quelques millisecondes, on obtient un rapport signal sur bruit de fond satisfaisant. La plus petite charge décelable peut être de l'ordre de quelques milliers d'électrons.

La durée δ du signal est de l'ordre de quelques dixièmes de seconde et l'on doit limiter à quelques α par minute l'intensité de la source pour maintenir à quelques pour cent la probabilité de superposition de deux impulsions.



ANALYSES

1. — La pagination adoptée permet de détacher facilement les analyses du reste de la revue.
2. — Le nombre qui précède chaque analyse est celui de la classification décimale adoptée par le Laboratoire National de Radioélectricité (voir O. E., 228, mars 1946, pages 1A-7A).

3. — Les références bibliographiques comportent, après le titre de l'article et le nom de l'auteur, le titre abrégé de la revue, le tome (en caractères gras), éventuellement le numéro du fascicule, le mois et l'année, et enfin l'indication des pages.
4. — Pour les abréviations utilisées pour les titres des principales revues citées, se reporter à : O. E. 228, mars 1946, page 1A.

T.O. — GÉNÉRALITÉS PRÉLIMINAIRES.

T. O. 021. — L'utilisation pratique des Mathématiques.
(Calculs numériques et graphiques)

par A. SAINTE LAGUE et H. MASSON, 1 volume de 340 pages. Editions Eyrolles, 61, Boulevard Saint-Germain, Paris.

Dans la première partie de cet ouvrage les auteurs passent en revue les calculs numériques depuis les opérations simples jusqu'aux calculs à l'aide de tables spéciales, les machines à calculer, la règle à calcul. Ensuite, ils abordent les erreurs, la théorie des différences, les fonctions empiriques et la similitude.

Dans la seconde partie les graphiques sont étudiés systématiquement depuis les constructions de longueurs jusqu'à la nomographie.

Des nombreux exemples tirés de différentes techniques sont traités dans cet ouvrage dont le but est l'application des mathématiques d'une façon générale et universelle et dont la lecture est très attrayante.

M. M.

T. 04. « Hydraulique et Electricité Françaises »

350 pages (23 cm × 30 cm), ouvrage édité par « La Houille Blanche » Boite postale 41 à Grenoble. Prix de l'ouvrage : 900 frs.

Cet ouvrage important tiré sur papier couché avec photographies et dessins est édité soit en anglais, soit en français avec résumé en espagnol. Cette publication est particulièrement destinée à faire connaître à l'étranger, notamment aux pays d'Extrême-Orient la technique et les réalisations françaises.

Voici un extrait de la table des matières :

- Exposé Général
- Hydraulique :
 - L'Isère et ses affluents.
 - L'Aménagement du Rhône.
 - L'Aménagement du bassin de la Dordogne.
 - Aménagements hydro-électriques des Pyrénées Françaises.
 - Equipement de l'Algérie et du Maroc.
 - Laboratoires.
 - Irrigation.
- Les Usines Thermiques :
 - Les centrales d'Electricité de France.
 - Les centrales électriques minières.
 - Les caractéristiques des nouvelles centrales thermiques françaises.
- Transport et Interconnection.
- Le Matériel :
 - Matériel hydraulique.
 - Matériel électromécanique.
- Les Etudes :
 - Bureaux d'études et Ingénieurs-conseils.
 - Les problèmes du Génie Civil et la prospection électrique.
 - Cartographie, photogrammétrie.
- Les Réalisations :
 - L'entreprise française.

L. L.

T. 043. — Les hyperfréquences. — Circuits et propagation des ondes

R. RIGAL, 1 volume de 224 pages et 172 figures, Collection technique du C. N. E. T., Eyrolles, Paris, éditeur.

Le nombre des ouvrages traitant des hyperfréquences et publiés depuis la dernière guerre, principalement en langue an-

glaise, est relativement très élevé. Cela s'explique par l'importance prise par ces fréquences dans la technique radio-électrique actuelle. Malheureusement, la lecture de tels ouvrages est quelquefois pénible ; en particulier les notions introduites peuvent ne pas être familières aux radioélectriciens formés à la technique des ondes « longues » et l'exposé mathématique masque parfois le sens physique des phénomènes.

Aussi, l'ouvrage de M. RIGAL sera bien accueilli par ceux qui, soit par nécessité technique, soit par curiosité scientifique, veulent pénétrer dans le domaine si intéressant et relativement neuf des hyperfréquences. Sa rédaction a été longuement mûrie à l'occasion de leçons professées aux Ingénieurs-Elèves de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications. Les brillantes qualités d'exposition de l'auteur rendent facilement accessible son exposé, logique et rigoureux, qui constitue une introduction poussée dans l'étude des hyperfréquences.

L'auteur rappelle d'abord quelques formules fondamentales : équations de Maxwell et propagation sur lignes. Il faut noter en passant l'utilisation du système d'unités rationalisé qui tend à être adopté universellement, au moins par les radioélectriciens. Le chapitre suivant traite de la notion d'impédance d'onde, et de la réflexion d'une onde plane arrivant normalement sur la surface plane de séparation de deux milieux diélectriques purs ou sur la surface plane d'un conducteur parfait. Avant de traiter le cas de l'incidence oblique, la notion de longueur d'onde de phase est précisée.

On arrive ainsi à l'étude des ondes guidées en l'absence de pertes (diélectriques purs et conducteurs parfaits) entre deux plans parallèles, dans les guides à section rectangulaire et à section circulaire et dans un tube coaxial. Pour donner une interprétation aussi physique que possible du fonctionnement des guides d'ondes cylindriques de section droite quelconque, l'auteur utilise un théorème disant que tout régime de vibration existant dans un guide peut être considéré comme le résultat de la superposition d'ondes planes également inclinées sur la direction des génératrices. On passe ensuite aux cas réels où existent des pertes, avec le calcul des affaiblissements et l'établissement de formules pratiques.

L'auteur examine ensuite les discontinuités dans les systèmes de transmission (lignes et guides) et considère quelques réalisations techniques particulières (joints rotatifs, filtres, atténuateurs, circuits différentiels, etc.). Il donne aussi quelques précisions sur la réalisation pratique des lignes et des guides. Après avoir montré l'évolution des résonateurs depuis les fréquences radioélectriques basses jusqu'aux hyperfréquences, il traite des volumes résonnants en insistant particulièrement sur les formes parallélépipédiques, cylindriques, sphériques et coniques.

L'examen des systèmes rayonnants débute par le rappel de la formule de Kottler, des notions fondamentales de gain, surface équivalente d'un aérien de réception, etc. et des équations fondamentales des télécommunications et du radar. On trouve ensuite des renseignements sur les cornets, les lentilles électromagnétiques, les miroirs réflecteurs métalliques, les lentilles à diffraction, les antennes diélectriques, les fentes rayonnantes.

Enfin un dernier chapitre s'occupe de la propagation des hyperfréquences dans l'espace terrestre : propagations en visibilité directe, anormale au-delà de l'horizon (ondes guidées) avec quelques renseignements sur l'absorption et les échos dus aux nuages et aux pluies et l'absorption par les gaz de l'air.

Tout au long des divers chapitres, l'auteur n'a pas hésité à donner des valeurs numériques. Ceci est particulièrement précieux pour le technicien qui, heureux de trouver la formule qu'il cherche sera non moins heureux de pouvoir l'exploiter immédiatement. Il est enfin agréable de souligner l'impression soignée de l'ouvrage.

P. A.

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

(Suite de la page 300)

MM.	Présentés par MM.	
ARNAUD Pierre, élève à l'I.R.G.	BENOIT et MUNIER.	LABORDE Pierre, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux CAU et COMBE d'ALMA.
Mlle BARET, ingénieur contractuel	DAVID et POINCLOT.	L'ANNEVÈRE Jean-Pierre, élève à l'Ecole de Radio-électricité de Bordeaux CAU et COMBE d'ALMA.
BAUDIN Pierre, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU et COMBE d'ALMA.	LE GALL Joseph, élève à l'I.R.G. BENOIT et MUNIER.
BERGER Francis, Ingénieur E.P.F.	DECAUX et YANOUCHEVSKY.	LEGOUX René, élève à l'Ecole d'Electricité et de Mécanique Industrielle VEAUX et PHELIZON
CHOQUER Jean, étudiant	HUTTEAU et BENOIT.	LONGUET François, élève à l'Ecole d'Electricité et de Mécanique Industrielle — id.
COURTY Albert, élève à l'E.S.E. (Section Radio) ..	HUTTEAU et BENOIT.	LOUVEL Guy, dessinateur QUINET et CHRÉTIEN
DAVID Michel, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU et COMBE d'ALMA.	MARADEIX Jean, élève à l'E.S.E. (Section Radio) DEJEAN et DAUPHIN.
DAVID Robert, étudiant	BENOIT et MUNIER.	MAYER, ingénieur BENOIT et MUNIER.
DEBAECKER Claude, élève à l'I.R.G.	BENOIT et MUNIER.	MIANES Pierre, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux CAU et COMBE d'ALMA.
DOMENGE Julien, agent technique de la Marine...	BENOIT et MUNIER.	PAYANT Pierre, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux CAU et COMBE d'ALMA.
DORMONT Henri, Ingénieur	LABIN et MORILLEAU	PONTHOREAU Gilbert, élève à l'Institut Polytechnique de Grenoble (Section H.F.) BENOIT et MUNIER.
DUMONTEIL Guy, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux	CAU et COMBE d'ALMA.	RENOUF Louis, élève à l'Institut Polytechnique de Grenoble — id.
Mlle EGRETEAU Ginette, élève à l'Ecole Centrale de T.S.F.	QUINET et CHRÉTIEN.	ROBIN Henri, élève à l'Institut Polytechnique de Grenoble (Section H.F.) — id.
MM. EHRET Emile, officier	DEJEAN et DAUPHIN.	DE ROUGEMONT Yves, étudiant — id.
FÉDER Jacques, élève à l'Ecole Centrale de T.S.F.	QUINET et CHRÉTIEN.	ROUVEL Jean, élève à l'Institut Polytechnique de Grenoble (Section H.F.) — id.
GASNIER Jean, étudiant	BENOIT et MUNIER.	SAINT-JOANIS André, ingénieur — id.
GAUSSOT Bernard, élève à l'E.S.E. (Section Radio) ..	DEJEAN et DAUPHIN.	TCATCHENKO Boris, élève à l'Ecole de Radioélectricité de Bordeaux CAU et COMBE d'ALMA.
GOURMELON Yves, élève à l'Ecole d'Electricité et de Mécanique Industrielle	VEAUX et PHELIZON.	TROGNEUX Jean, élève à l'Ecole d'Electricité et de Mécanique Industrielle VEAUX et PHELIZON.
GUILHE Pierre, étudiant	BENOIT et MUNIER.	VILLARS Claude, ingénieur électricien (spécialisé haute-fréquence)..... SCHURCH et LIBOIS
HERVIOT Jean, élève à l'Ecole d'Electricité et de Mécanique Industrielle	VEAUX et PHELIZON.	
KOCH Georges, élève à l'Institut Polytechnique de Grenoble (Section Haute-Fréquence)	BENOIT et MUNIER.	
KY Michel, élève à l'Ecole Centrale de T.S.F.	QUINET et CHRÉTIEN.	
LABAT François, élève à l'I.R.G.	BENOIT et MUNIER.	

MM.	Présentés par MM.	
ANTOINE Maurice, Ingénieur I. E. G. et E. S. M. E.	BENOIT et GRANDSARD.	KOECHLIN Renaud, Ingénieur et étudiant à la Sorbonne BEDOURA et TAHON.
Centre Industriel PHILIPS de Bobigny ...	DEROUET et RAUX.	LACROIX Jean, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F. QUINET et CHRÉTIEN.
DUMOLARD Jean, Ingénieur	BENOIT et MUNIER.	LAPLUME Jacques, Ingénieur SAFA et SCHIRMANN.
DUMONT Bertrand, élève à l'Ecole Centrale de T. S. F.	QUINET et CHRÉTIEN.	LEPEUVE André, Ingénieur..... BENOIT et MUNIER.
FERRAGU Raymond	— id.	MARFAING Jean-Pierre, Officier de Marine PUTZ et JULIEN-BINARD.
FORTRAT René, Professeur	BENOIT et GRANDSARD.	MERLIN Paul, Industriel BENOIT et GRANDSARD.
GIRARDEAU Jean, Directeur Général de la S. T. E. L.	PONTE et VIOLET.	ODIN Paul, Ingénieur I. E. G. BENOIT et MUNIER.
GOBELI René, Ingénieur chargé de Recherches à l'O. N. E. R. A.	COCHE et RABIER.	POTET Pierre, Conseil Fiscal..... de VALBREUZE et BESSON.
GOYON, Radioélectricien	QUINET et CHRÉTIEN.	Services des Etudes Techniques du Port Autonome du Havre RIGAL et BESSON.
GUICHET Lucien, Agent Technique Radio	LOEFFLER et FEDERSPIEL.	Service de la Navigation Aérienne..... BESSON et BOIS.
HEROIN, élève à l'E. S. E. (Section normale)	BEDOURA et BESSON.	TARARE Jacques, Dépanneur Radio-Electricien QUINET et CHRÉTIEN.
HUBERT Guy, élève à l'E. S. E. (Section Radio)	DAUPHIN et DEJEAN.	TETREL Pierre, élève à l'Ecole Française de Radioélectricité BOUCHARD et LORACH.

T. 05. Premier rapport de la Commission de Modernisation des Télécommunications (Plan Monnet).

Ce rapport a été rédigé par l'Inspecteur Général des P. T. T. M. BRUNIAUX, rapporteur de la Commission de Modernisation des Télécommunications et adopté par la Commission en avril 1948.

Il s'applique principalement aux télécommunications par fil, un rapport spécial ayant été établi pour la Radio.

Après avoir établi la place des télécommunications dans la vie moderne et examiné la situation actuelle des télécommunications en France, le rapport précise les objectifs à atteindre ; il résume les travaux des deux sous-commissions « Transmissions par fil » et « Commutation » sur les voies et moyens pour atteindre ces objectifs. En terminant il démontre de façon éloquente l'opportunité et la rentabilité du programme.

E. G.

Ce rapport a été diffusé et distribué aux Administrations par le Commissariat Général au Plan de Modernisation et d'Équipement, 16, rue de Martignac, Paris (7^e), qui en a mis également en vente un certain nombre d'exemplaires.

T. 05. Deuxième rapport de la Commission de Modernisation des Télécommunications (Plan Monnet).

Ce rapport qui est complémentaire de celui adopté en avril 1948 et dont il est rendu compte ci-dessus vise essentiellement les problèmes spéciaux au domaine électronique. Établi par une sous-commission spéciale, il a été adopté par la Commission en juillet 1948, mais des retards dans son impression ont fait qu'il vient seulement d'être diffusé (janvier 1950). La Commission a d'abord établi un programme détaillé des besoins d'équipement du pays en matériel électronique pour une durée de 5 ans. Ce programme, comprend, pour le domaine des radiocommunications, le réseau de gouvernement, les besoins de la Défense Nationale, ceux des Services Radioélectriques des P. T. T., des Compagnies privées de radiocommunications, de l'Union française, des transports aériens et maritimes, (à ce sujet il n'est pas besoin de souligner l'importance de l'établissement d'une infrastructure de sécurité), de l'aviation civile et commerciale, de la Marine marchande ; de la S. N. C. F.

Pour le domaine de la radiodiffusion et de la télévision, le programme établi est tout à fait rationnel et en rapport avec l'instrument de culture et de délassement qui est constitué par cette branche. Enfin, il s'étend aux applications industrielles de la haute-fréquence (chauffage H. F.) et de l'électronique (servomécanismes, télécommandes, etc.).

En même temps sont étudiées les possibilités d'exportation pour le matériel en cause.

La Commission a ensuite déterminé la capacité de production de l'industrie radioélectrique telle qu'elle existe actuellement. Enfin elle a étudié les problèmes que pose à cette industrie la réalisation du programme d'équipement et d'exportation, en quantité comme en qualité, traitant successivement le problème des études et des recherches, celui de la main-d'œuvre spécialisée, entrant dans le détail pour la modernisation des diverses branches constituant cette industrie : tubes électroniques, pièces détachées, appareils de mesures spéciaux des télécommunications, abordant enfin l'épineux problème du financement de l'industrie radio professionnelle et des sociétés de recherches.

Ce rapport met bien en lumière l'importance fondamentale de l'électronique dans la vie moderne, et les obstacles rencontrés actuellement par son développement, dont le principal est l'absence d'une politique cohérente et suivie de la part de l'État.

E. G.

Ce rapport, provisoirement hors commerce, est distribué aux industriels par le Syndicat National des Industries Radioélectriques, 25, rue de la Pépinière (8^e) et a été diffusé aux Administrations par le Commissariat Général au Plan, 16, r. de Martignac (7^e).

T. I. — MESURES.

T. 124. — Nouveaux schémas multiplicateurs, et leur application aux wattmètres électroniques.

EL-SAID, *Proc. Inst. Rad. Ing.*, sept. 1949, 47,9, 1003/1015.

On sait que, dans une diode, l'apparition du courant se fait suivant une loi exponentielle en fonction du potentiel plaque.

Cette propriété s'étend à une pentode où la tension de grille-écran est faible, et celle de la grille de commande négative, de sorte que le courant-plaque peut s'écrire, en fonction des tensions de plaque v_p et de grille v_g : $i_p = (m.v_p + n)e^b v_g$.

Des variations finies de v_p et infiniment petites de v_g font donc apparaître un terme en $(m_0 \cdot b \cdot \Delta v_p / \Delta v_g)$ proportionnel au produit ; il est vrai qu'il y a aussi d'autres termes qu'il faut compenser, et que les tensions d'alimentation doivent être stabilisées ; mais enfin on peut ainsi établir un système multiplicateur correct jusqu'aux fréquences de 20 Mc/s (avec un tube 954 neutrodyné). L'application la plus immédiate est un « wattmètre élect. onique », dont le schéma est donné et les performances sont discutées.

P. D.

T. 134,3. — Perfectionnement des méthodes de mesure d'impédances à l'aide du Q. mètre.

A. J. BIGGS et J. E. HOULDIN, *Proc. of the Inst. of Elec. Eng.*, 96, Part. III, n° 42, juillet 1949, 295-306.

Après avoir souligné la généralité et la commodité d'emploi du Q — mètre pour la mesure des impédances, les auteurs précisent les définitions du facteur de qualité Q d'un circuit résonnant (à partir de relations énergétiques) et montrent que ce facteur ne peut se confondre toujours avec le facteur de surtension Q_m qui est donné par le Q — mètre.

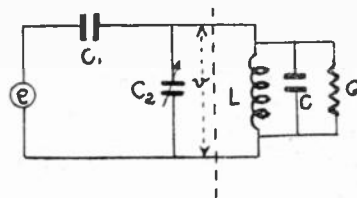
Ceci posé, ils rappellent le schéma des Q — mètres ordinaires dans lesquels l'injection de la f. e. m. dans le circuit oscillant de base se fait par l'intermédiaire d'une impédance faible (en général production de cette tension par le passage d'un courant d'intensité I dans une petite résistance r). Ils analysent les différentes causes d'erreur dues : à la résistance d'injection, à sa self-induction, aux harmoniques de l'oscillateur, aux caractéristiques en fonction de la fréquence de l'ampèremètre mesurant I et du voltmètre gradué directement en valeurs de Q_m , à la conductance de ce dernier, à la résistance et à l'inductance du condensateur variable d'accord. Ils en concluent que l'utilisation d'un tel appareil ne peut, sans erreur grave, être envisagée aux fréquences dépassant 20 Mc/s environ.

Aussi, ils proposent un nouvel appareil avec injection à haute impédance dont le schéma est représenté fig. 1. L, C, G, représentent la bobine extérieure au Q-mètre proprement dit, C₂ est le condensateur variable d'accord. A la résonance, on a, en posant :

$$Q_m = \frac{\omega C_2}{G}$$

$$V = Q_m E C_1 / C_1 + C_2 \text{ d'où } Q_m = \frac{V}{E} \frac{C_1 + C_2}{C_1}$$

Donc si on maintient constant $\frac{C_1 + C_2}{C_1}$ lorsque C_2 varie, on pourra graduer directement le voltmètre, donnant V, en valeurs de Q_m , si e est maintenu fixe quand la fréquence varie. D'autre part, en prenant $\frac{C_1 + C_2}{C_1}$ grand, de l'ordre de la centaine, E et V seront du même ordre de grandeur, d'où l'avantage d'utiliser deux voltmètres de caractéristiques semblables. (Il nous semble plus correct de mettre dans les formules précédentes C_2/C_1 à la place de $\frac{C_1 + C_2}{C_1}$ mais avec les grandeurs



relatives envisagées pour C_1 et C_2 , cette modification est pratiquement insensible).

Les auteurs donnent le schéma détaillé d'un tel appareil avec les différentes corrections dues à l'impédance de la connexion entre C_1 et C_2 , l'impédance du voltmètre mesurant V, etc... Ils ont réalisé un appareil pour la gamme 15-150 Mc/s, C_2 variant de 15 à 85 μF , avec un rapport $C_2/C_1 = 500$. Ils rappellent les méthodes opératoires et les formules à utiliser pour les mesures sur des bobines, sur des résistances ou conducteurs, sur des diélectriques, sur des impédances d'entrée de tubes électroniques.

**CABLES
SPECIAUX
POUR H.F.
ET U.H.F.**

LES CABLES DE LYON
170 AVENUE JEAN-JAURES
LYON

Bob Heuer

TRANSFORMATEURS

TRANSFOS D'ALIMENTATION
Entièrement conformes aux règles de l'U.T.E.

SELF INDUCTANCE
Modèles spéciaux tropicalisés
SURVOLTEURS DÉVOLTEURS

— Branche Professionnelle —
TOUS LES TRANSFOS, SELFS ET B.F.
Pour : Émission, Réception
Télévision Sonorisation

TRANSFOS H.T. ET B.T. TENSION
Toutes applications industrielles
LES PLUS HAUTES RÉFÉRENCES

INDUSTRIE RADIO ET

ETS VEDOVELLI, ROUSSEAU & C^{ie}
Rue JEAN MACÉ - Suresnes (SEINE) Tél: LON 14-47, 48 & 50

Département EXPORTATION : S.I.E.M.A.R., 62, Rue de Rome, PARIS

Condensateurs au Mica
SPÉCIALEMENT TRAITÉS POUR HF
Procédés « Micargent »

Condensateur "MINIATURE"
au mica
(jusqu'à 1.000 pf.
1.500 v.)

Grandeur nature

SSM RADIO

André SERF
127, Faubourg du Temple
PARIS (10^e) Nor 10-17

PUBL RAPPY

**Transformateurs
spéciaux JUSQU'À 30 KVA**

S. A. F. A. R. E.
"FERRIX"

98, Av. Saint-Lambert
Téléphone : 849-29 NICE
Agence de Paris :
172, Rue Legendre - XVII^e
Téléphone : Mar. 99-21

★

AUTRES FABRICATIONS:
Transfos de : sonneries,
sécurité, néon, mazout.
Survolteurs-dévolteurs,
Sonneries,
Autotransfos réversibles,
etc...

R. L. Dupuy

**POUR LES
SERVOMÉCANISMES**

les RELAIS
POLARISÉS SENSIBLES
Notice N° 281 sur demande

**les MOTEURS
TRANSYNS**
POUR TRANSMISSIONS SYNCHRONES
Notice N° 581 sur demande

SADIR CARPENTIER. 101, Bd MURAT - PARIS-XVI^e
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 400.000 000 DE FRANCS

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publieditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs, PARIS-2^e, Tél. CENTral 97-63

Après des appendices où sont données quelques expressions pour un circuit oscillant à fréquence unique de résonance, introduisant des coefficients de dissipation d'énergie, de sélectivité, etc., l'article se termine par la discussion devant les sections de mesures et de radio de l'I. E. E.

P. A.

T. 2. — RAYONNEMENT - PROPAGATION.

T. 212.5. — Goniomètre à cadres croisés à indication visuelle instantanée et unidirectionnelle.

L. GIACOLETTO, S. STIBER, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, sept. 1949, 1082/1088.

Appareil portatif fonctionnant de 1,5 à 18 Mc/s. Deux cadres perpendiculaires et une antenne de levée de doute fournissent quatre diagrammes en « cardioïdes », qui sont électriquement commutés aux fréquences de 253 c/s (pour un cadre), 340 c/s (pour l'autre), puis amplifiés, dans le même récepteur, séparés à nouveau par triage ; une détection et l'application de tensions convenables aux deux paires de plaques d'un oscillographe cathodique, permettent de faire apparaître finalement le signal sous forme d'une petite trace radiale indiquant le gisement d'arrivée.

L'appareil est décrit et les performances en sensibilité, erreurs, etc., très soigneusement indiquées, divers perfectionnements sont possibles, et notamment (pour un appareil non portatif) le remplacement des cadres par des aériens différentiels ADCOCK.

P. D.

T. 221. — T. 231.5 6. — Propagation des ondes très courtes en visibilité optique.

M. W. GOUGH, *Marconi Rev.*, octobre-décembre 1949, 121-139.

Dans les limites de visibilité optique, et sous réserve de la réflexion atmosphérique, le facteur dominant dans la propagation des ondes très courtes est l'interférence entre l'onde « directe » et l'onde réfléchi par le sol (avec changement de phase). Pour un sol plan et parfaitement régulier, cet effet se calcule aisément. Le but de l'article est d'étendre la prévision au cas d'un sol ondulé irrégulier ; cela est possible, en tenant compte que la zone de réflexion, sans être réduite à un « point » géométrique, est, d'après la théorie de FRESNEL, une ellipse de faibles dimensions (quelques centaines de mètres), que l'on peut placer géométriquement sur le terrain, connaissant son profil et la hauteur des stations. On en déduit sa pente moyenne, d'où le coefficient de réflexion, et finalement les variations du champ reçu en fonction de la hauteur des stations.

Les vérifications expérimentales ont été satisfaisantes. La méthode peut être utilisée, soit pour prévoir la hauteur nécessaire des pylônes, soit pour choisir l'emplacement des stations, soit enfin, éventuellement pour préciser le profil du terrain à partir des variations observées du champ.

P. D.

T. 233. — Recherches sur les échos en haute fréquence.

H. A. HESS, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, sept. 1949, 37, 9, 986-98.

Si l'on enregistre sur un oscillographe rapide, les signaux radioélectriques venus de postes lointains, on peut assez souvent y distinguer plusieurs « paliers » d'amplitudes différentes, traduisant l'arrivée non simultanée de signaux successifs par des voies multiples à durées de trajet inégales. Lorsque deux signaux se superposent, on peut aussi parfois y distinguer des « battements » témoignant d'une légère différence de fréquences, c'est-à-dire prouvant que l'un des trajets (au moins) est affecté d'« effet DOPPLER ».

L'auteur présente un certain nombre d'observations dans ce sens, recueillies en Allemagne de 1942 à 1945 sur ondes de 10 à 20 Mc/s, et il en tire quelques conclusions, reliées à des travaux antérieurs, sur les chemins suivis dans l'ionosphère et leurs variations. Les inégalités de trajet s'expliquent aisément par des « bonds » multiples entre Terre et Ionosphère (mieux que par l'hypothèse des ondes « glissant » entre les couches) ; les déplacements de fréquence-ordinairement de 0,1 à 0,5 cycle/sec.,

correspondent à des vitesses ascensionnelles de quelques mètres/seconde pour la couche réfléchissante F, tout à fait en accord avec celles obtenues par d'autres méthodes. Mais en outre, il arrive que les signaux qui ont traversé les zones d'aurores polaires, manifestent des variations beaucoup plus importantes : déplacements de fréquence atteignant 30 c/s, impliquant des vitesses verticales de 500 m/s pour la couche réfléchissante, ce qui ne peut s'expliquer que par des « fissures » de la couche, sièges d'une « turbulence » énorme — observation à rapprocher de celles de BURCKARDT sur la couche F « sporadique ».

D'après cette interprétation, la couche E ne jouerait qu'un faible rôle, surtout aux fréquences élevées voisines de la fréquence critique sur F.

P. D.

T. 282. — Diamètre optimum des coaxiaux

P. H. SMITH, *Electronics*, février 1950, 111-114.

On indique généralement, comme le plus favorable au point de vue amortissement, un rapport de 3,6 entre les diamètres des conducteurs externe et interne d'un câble coaxial.

Mais on peut se proposer un autre dessein que de rendre minimum l'amortissement : alors c'est un autre rapport qui est optimum. L'auteur l'indique dans différents cas : pour le maximum d'impédance d'antirésonance, 9,185 ; pour le maximum de tension de rupture, 2,718 ; pour le minimum d'élévation de température du conducteur interne, 1,835 ; pour le maximum de puissance transportée, 1,648. Enfin pour avoir le minimum de résistance ou d'impédance à la résonance, il faut faire tendre ce rapport vers l'unité.

Quelques graphiques précisent l'allure des variations.

P. D.

T. 5. — AMPLIFICATION ET RÉCEPTION.

T. 41. — T. 542.2. — Antennes intérieures pour télévision

K. SCHLESINGER, *Electronics*, janvier 1950, 72/77.

L'auteur commence par discuter les possibilités des antennes intérieures ; il donne une statistique de la réduction du champ dans les immeubles (12 à 50 db en passant du toit, au rez-de-chaussée dans une maison à trois étages). D'où il résulte que le champ minimum nécessaire (200 microvolts/m), est souvent atteint aux étages supérieurs jusqu'à une dizaine de milles de l'émetteur.

Il indique ensuite plusieurs réalisations d'antennes intérieures pour la gamme de télévision des U.S.A. (57-213 Mc/s) : dipôle court à faible impédance, avec éléments correcteurs et égalisateurs ; montage original de cadre carré, de périmètre égal à la plus petite longueur d'onde à recevoir, avec double résonance et égalisateur ; empilage de deux ou trois cadres horizontaux superposés connectés en parallèle.

Courbes de rendement de ces systèmes.

P. D.

T. 422. — Détermination expérimentale de la résistance de résonance des cavités électromagnétiques. (Zur experimentellen Bestimmung des Resonanzwiderstandes elektromagnetischer Hohlbraume).

F. BORGNIS, *Helvetica Physica Acta*, t. 22, f. 5, pp. 554-578, 8.000 mots, 12 fig.

Description d'une méthode de mesure de la résistance et de l'amortissement des cavités résonnantes. On rappelle d'abord le schéma équivalent de la cavité au voisinage de la résonance (indiqué ci-contre) et on donne quelques formules que donne la théorie, pour des cavités de formes géométriques simples. (cavités cylindriques et coaxiales). On indique 3 et on décrit 3 méthodes de mesure.

A) Méthode du désaccord diélectrique (méthode ΔC).

Dans le schéma équivalent à la résonance :

$$\omega^2 L C = 1 ; \omega = 2 \pi \nu = \frac{2 \pi c}{\lambda}$$

ω pulsation, ν fréquence, λ longueur d'onde, c vitesse de la lumière d amortissement.



MINUTERIE CONTACTEUR
à
REARMEMENT
AUTOMATIQUE
INSTANTANÉ
AVEC MOTEUR SYNCHRONÉ
TYPE 113

CARACTERISTIQUES

TENSION : 110 ou 220 volts,
CONSUMMATION : 13 watts,
TEMPORISATIONS MAXI. :
de 14 à 28 heures,
TEMPORISATIONS MINI. :
1/5 de seconde,
PRÉCISION : le 1/800 de
l'échelle totale,
CAPACITÉ : contacts secs
10 ampères 110 volts
courant alternatif

APPLICATIONS

TOUTES COMMANDES
TEMPORISÉES
RADIOLOGIE
PHOTOGRAPHIE
MATIÈRES PLASTIQUES
VULCANISATION...

CROUZET & C^{IE}
MÉCANIQUE HORLOGÈRE

18, RUE J.-J. ROUSSEAU VALENCE-S-RHÔNE (FRANCE) TÉL. 37-17 37-18

2 MICROPHONES
de grande classe



DEPUIS
25 ANNÉES
*la Radiodiffusion
Française*
LES UTILISE

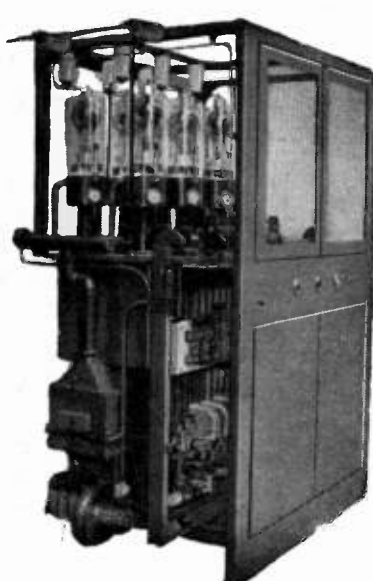
TYPES
42-B A RUBAN
75-A DYNAMIQUE

MELODIUM

296, RUE LECOURBE - PARIS-15^e - LEC. (50-80 3-1.)

S. F. M. E.

Société Française de Matériel Electrique
62, Rue Denis-Papin, PANTIN (Seine) - Téléphone : NORD 47-62



Redresseur — 15.000 volts — 5 ampères

- Redresseurs. Bobines de Self-Inductance pour filtrage de courants redressés.
- Transformateurs spéciaux.
- Réglage de la Tension.
- Tableaux et pupitres de commande.

Nombreuses Références dans les Stations d'Emission

PANTIN

TÉLÉVISION
ÉMISSION — RÉCEPTION

MESURES HF



VOLTMÈTRE ÉLECTRONIQUE
VE 15
Notice 7519

THERMOCOUPLES DANS LE VIDE
Notice 7501

OSCILLOGRAPHE HF
OCP 41
Notice 7515

COMPTEURS
MONTRouGE

On maintient L constant on fait varier C .

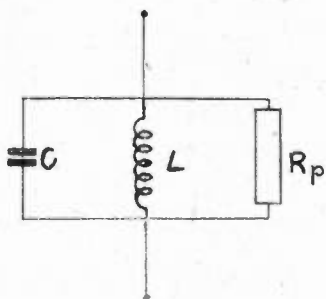
$$2 \omega C \Delta \omega + \omega^2 \Delta C = 0$$

d'où :

$$R_p = \frac{1}{\pi c d} \frac{\Delta \lambda}{\Delta C}$$

on mesure d et $\Delta \lambda$ provenant d'une petite variation ΔC ; on obtient R_p .

Pour faire varier ΔC on réalise certaines déformations de la



surface limitant le volume, ou bien on introduit dans la cavité un diélectrique, de pouvoir inducteur spécifique connu.

B) Méthode du désaccord inductif (méthode ΔL).

C restant constant on fait varier L d'une petite quantité ΔL . Par un calcul analogue au précédent on trouve :

$$R_p = \frac{Z^2}{\pi c d} \frac{\Delta \lambda}{\Delta L} \quad \text{avec } Z^2 = \frac{L}{C}$$

Pour faire varier L de ΔL , on peut faire certaines déformations de la surface qui limite la cavité.

C) Méthode de l'amortissement additionnel (méthode ΔR_p).

On ajoute une résistance R_{v1} en dérivation sur R_p . On utilise deux résistances différentes R_{v1} et R_{v2} ; on mesure les amortissements d_1 et d_2 . Soit $K = \frac{d_2}{d_1}$, $G_v = \frac{1}{R_v}$, $G_{v1} = \frac{1}{R_{v1}}$, $G_{v2} = \frac{1}{R_{v2}}$

On démontre facilement que :

$$R_p = \frac{1}{G_p} = \frac{K-1}{G_{v2}-KG_{v1}}$$

Réalisation expérimentale

La source est un tube (montage Barkhausen), oscillant sur 14 cm de longueur d'onde, relié à la cavité par un conducteur coaxial ; un autre conducteur coaxial relie la cavité à l'appareil de mesure. On emploie l'onde (TM_{001}) ; (dans une cavité cylindrique le vecteur électrique est parallèle à l'axe).

On a employé les 3 méthodes ΔC , ΔL et ΔR_p . On indique les précautions à prendre et la précision des mesures.

Les mesures ont porté sur une des cavités cylindriques, une cavité comprise entre deux cylindres coaxiaux et limitée par deux plans perpendiculaires à l'axe, une cavité coaxiale oscillant sur le second harmonique, une cavité coaxiale avec termineur capacitif.

L'auteur conclut que les erreurs de mesure sont d'environ 10 %.

E. P.

T. 422.1. — Construction de filtres passe-bande avec pertes, donnant une courbe de réponse exacte amplitude de fréquence.

M. DISHAL, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, septembre 1949, 37, 9, 1050/1069.

Par « filtres », l'auteur entend exclusivement des suites de résonateurs en série, séparés par des résonateurs-bouchons en shunt, tous accordés sur la fréquence moyenne de la bande (comme un filtre-type en échelle « à K constant ») — ou des schémas électriquement équivalents. Mais il calcule exactement les performances, en tenant compte des surtensions individuelles $q_1, q_2, \dots, q_n$ qui peuvent être différentes ; et il détermine les valeurs de ces surtensions, ainsi que les rapports selfs/capacités successifs (qui équivalent à des coefficients de couplage), pour obtenir l'un des trois résultats suivants :

a) Courbe pointue (comme une suite de résonateurs faiblement couplés).

b) Courbe à palier aussi plat que possible (couplage critique ou transitionnel).

c) Courbe à ondulation maximum (bosse/creux) donnée dans la bande passante (méthode TSCHEBYSCHOFF).

Il donne toutes les formules, ainsi que les relations de phase correspondantes.

P. D.

T. 430. — T. 441.2. — Neutralisation cathodique des amplificateurs video.

J. M. MILLER, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, sept. 1949, 37, 9, 1070/1073.

Dans les amplificateurs qui doivent passer de très basses fréquences, on est toujours gêné par le déphasage qu'introduisent les condensateurs de découplage cathodique. L'auteur préconise une solution bien simple pour supprimer ce défaut : les dits condensateurs sont remplacés par une résistance entre les cathodes des tubes successifs ; cette résistance doit être ajustée à une valeur assez précise pour éviter l'instabilité ; elle peut, facultativement, être shuntée par un condensateur, ce qui améliore encore les résultats et la fidélité en haute fréquence. — Un schéma est donné avec les valeurs numériques.

P. D.

T. 431.3. — Nouveau facteur de mérite pour le régime transitoire des amplificateurs video.

R. C. PALMER, L. MAULTNER, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 37, 9, septembre 1949, 1073/1077.

Pour améliorer les performances d'un étage video à résistance, R , shuntée par une capacité parasite C , plusieurs schémas correctifs ont été étudiés. Ils réduisent la durée relative de montée $\tau = T/RC$, mais introduisent un « rebondissement » relatif γ dont la valeur acceptable en télévision ne dépasse guère 0,02. Pour les comparer, l'article combine ces deux paramètres en un « facteur de mérite » conventionnel :

$$F = \frac{1\,000}{\tau \times e^{100\gamma^2}}$$

Pour le montage simple non compensé, $F = 450$. L'adjonction en série avec R , d'une self $L = 0,388 \cdot C \cdot R^2$, le porte à $F = 755$. L'adjonction d'un ensemble bonchon L_1, C_1 , avec les valeurs indiquées par DORA, donne $F = 797$.

Si la capacité parasite est partagée en deux, C_1 et C_2 avec $C_1 = 0,5 \cdot C_2$, on peut placer entre elles une seconde self et obtenir $F = 1.128$ (schéma DIETZOLD).

P. MOURMANT

LE
CALCUL GRAPHIQUE
DES CIRCUITS SÉRIE PARALLÈLE

La résolution de tous
les problèmes d'adap-
tation d'impédances,
— filtres, etc... —
par la méthode graphique

Préface de F. BEDEAU
à l'usage des Ingénieurs

Un ouvrage de 404 pages

Relié Prix : 1.500 francs

LOUIS BOË

DIPÔLES
ET **QUADRIPOLES**

Etude des circuits
électriques et radio
électriques sous une
forme simple et
générale s'adressant
tout particulièrement
aux ingénieurs et
élèves ingénieurs

Un ouvrage de 148 pages

Prix broché : 1.050 francs

Prix relié : 1.160 francs

Ajoutez à ces prix 15 % du montant pour couvrir les frais d'envoi avec un minimum de 30 francs.

ÉDITIONS CHIRON, 40, rue de Seine, 40, PARIS (6^e) — C. C. P. Paris 53.35

DICTIONNAIRE DES UNITÉS

DES

GRANDEURS PHYSIQUES

PAR

P. M. GONNARD

Ingénieur E.P.C.I.

Professeur à l'Ecole Bréguet

Ancien directeur du Laboratoire Général d'Essais Industriels

C. GUILLOU

Ingénieur A. et M.

Chef de plateforme d'essais, Professeur à l'Ecole Bréguet

Un ouvrage cartonné de 254 pages. — Format : 14 × 18. — Prix : 440 frs

COMPLÉMENT

Tableau de conversion des unités usuelles en unités P.M.K.S.

Un fascicule 16 × 25 cm. — Prix : 75 frs

ÉDITIONS CHIRON — 40, Rue de Seine — PARIS (6^e) — C. C. P. PARIS 53.35

B) Détermination de l'instant d'émission des particules.

Toute l'attention se portant sur la croissance initiale rapide de l'impulsion, le problème se résume au choix d'un amplificateur rapide c'est-à-dire dont le temps de réponse à une impulsion rectangulaire est assez petit, de l'ordre du dixième de microseconde, par exemple.

C) Détermination de la direction des particules.

Nous laisserons ce cas de côté en remarquant seulement qu'un traitement convenable des impulsions doit pouvoir mettre en évidence les discontinuités de courbure dont la position est liée à l'angle de la trajectoire de la particule avec l'axe de la chambre.

III. — Sélecteurs d'amplitudes.

Je vais dire quelques mots des sélecteurs d'amplitude. Leur ancêtre est le discriminateur. C'est l'appareil qui reçoit des impulsions, d'un amplificateur proportionnel par exemple, et ne les transmet à une échelle que si leur amplitude est supérieure à une valeur choisie. Le rôle du discriminateur consiste en général à éliminer des signaux parasites quand ils sont plus petits que les signaux utiles.

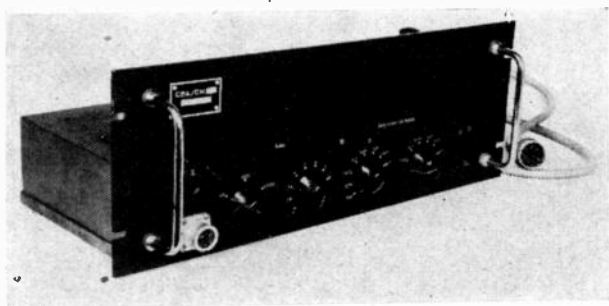


FIG 11

Amplificateur à large bande (2 M. C.) gain : 0 à 10.000

Les sélecteurs d'amplitude ont un rôle différent. Ils ont pour but l'étude de la répartition statistique des amplitudes des impulsions provenant d'un détecteur. Le plus simple sélecteur d'amplitude est le sélecteur à une bande. Il reçoit les impulsions de l'amplificateur et ne transmet à l'échelle que celles dont l'amplitude est comprises entre deux valeurs déterminées A_1 et A_2 . Plus généralement, un sélecteur à n bandes ou « n canaux » distribue entre n échelles les impulsions dont les amplitudes sont comprises respectivement entre $n + 1$ valeurs A_1 et A_2 , A_2 et A_3 , ..., A_n et A_{n+1} . La première échelle compte les impulsions dont l'amplitude est comprise entre A_1 et A_2 ; la seconde compte celles dont l'amplitude est comprise entre A_2 et A_3 , etc... Soit $N_1, N_2, \dots, N_n$, les nombres comptés, pendant un intervalle de temps déterminé, par les différentes échelles. Si l'on reporte sur un graphique les nombres $N_1, N_2, \dots, N_n$ en fonction des valeurs correspondantes $A_1, A_2, \dots, A_n$, on obtient un tracé en escalier qui rend compte de la répartition statistique des amplitudes des impulsions comme le montre

le schéma n° 9. L'étude de cette répartition peut permettre au physicien de déterminer la loi de variations de l'intensité, en fonction de l'énergie, d'un rayonnement nucléaire, un rayonnement β par exemple. (1)

Analysons le fonctionnement d'un sélecteur à une bande. Nous venons de dire que l'impulsion ne doit être comptée par l'échelle que si son amplitude est comprise entre les deux valeurs A_1 et A_2 . Il y a une difficulté à surmonter qui provient de ce que l'élongation d'une impulsion doit passer par toutes les valeurs comprises entre A_1 et A_2 avant de dépasser la valeur A_2 , si elle doit la dépasser. Ce passage demande un certain temps pendant lequel on ne sait pas si l'impulsion doit être ou ne pas être comptée. Le déclenchement de l'échelle doit donc être retardé du temps suffisant à l'élongation de toute impulsion pour dépasser sa valeur maximum, après quoi le doute est levé. Cette solution présente certains inconvénients et nous avons préféré construire nos sélecteurs sur le principe suivant :

Supposons que l'élongation de l'impulsion dépasse A_1 : elle est transmise et l'échelle compte un coup. Si l'élongation dépasse ensuite A_2 , le coup compté a été compté en trop : d'où une erreur d'une unité par excès. Mais l'appareil ne transmet pas la prochaine impulsion dont l'amplitude sera comprise entre A_1 et A_2 .

Quand cette impulsion se présentera elle ne sera pas comptée et le système retombera dans les conditions initiales, l'erreur étant corrigée. On voit que ce procédé peut donner lieu à une erreur de ± 1 unité, négligeable dans tous les cas.

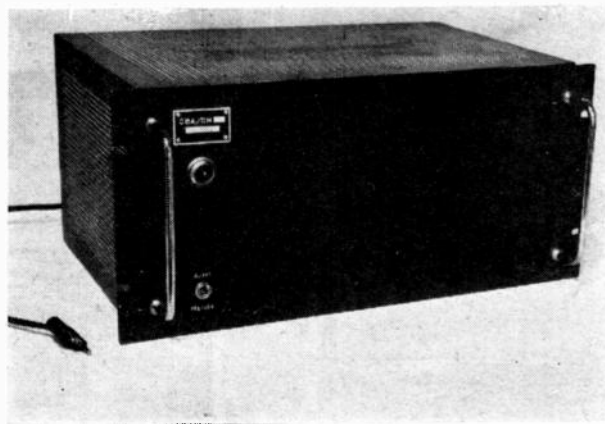


FIG 11 bis

Alimentation d'amplificateur à large bande

Le schéma n° 10 montre le principe de notre réalisation.

L'appareil comprend deux tubes L_1 et L'_1 polarisés en dessous de leur cut-off à des valeurs correspondant aux deux valeurs A_1 et A_2 . Ils sont respectivement suivis par deux circuits à détente, encore nom-

(1) L'appareil de détection est, dans ce cas, un compteur proportionnel.

més « monovibrateurs », qui déclenchent quand l'élongation de l'impulsion dépasse respectivement les valeurs A_1 et A_2 . A chaque déclenchement, le monovibrateur L_2-L_3 délivre une impulsion positive au tube L_6 qui ne peut transmettre cette impulsion à l'échelle que si sa polarisation n'est pas trop négative. La polarisation de L_6 est commandée par la bascule L_4-L_5 . Quand le tube L_4 est fermé, le tube L_5

le monovibrateur déclenche et délivre une impulsion positive à L_6 qui transmet. L'échelle compte un coup. Une impulsion négative est appliquée en même temps à la grille de L_5 qui est déjà bloqué et

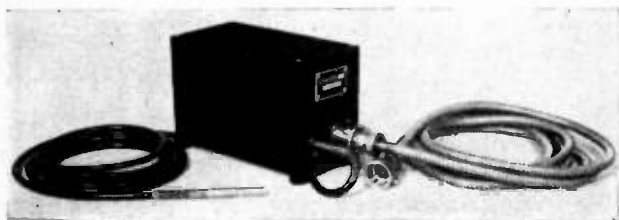


FIG. 11 ter

Préamplificateur à large bande (2 M. C.) gain 25

conduit et sa plaque est effondrée. La polarisation de L_6 est alors très négative et il ne peut transmettre les impulsions positives qui sont appliquées à sa grille. Quand L_4 conduit, L_5 est fermé, sa plaque est au potentiel de la ligne d'alimentation, le tube L_6 est polarisé juste en dessous du cut-off et il peut transmettre les impulsions positives qui lui sont appliquées. De plus les grilles de L_4 et L_5 sont connectées aux monovibrateurs L_2-L_3 et $L'_2-L'_3$ qui commandent, par ce fait, les états d'équilibre de la bascule comme nous allons le voir.

Voyons maintenant le fonctionnement en supposant qu'à l'origine le tube L_4 soit ouvert et L_5 fermé. Si l'élongation d'une impulsion dépasse A_1 ,



FIG. 12

Haute tension 5.000 V. stabilisée

qui reste dans cet état. Si l'élongation dépasse ensuite A_2 , le monovibrateur $L'_2-L'_3$ déclenche, délivre une impulsion négative à L_4 et la bascule change d'état d'équilibre : L_4 est alors bloqué et L_5 conduit. La prochaine impulsion dont l'amplitude sera comprise dans la bande ne sera pas transmise par L_6 mais l'impulsion négative appliquée à la grille de L_5 ramènera le système dans sa position initiale.

TÉLÉCOMMANDE DE LA RÉACTIVITÉ DE LA PILE⁽¹⁾

PAR

J. POTTIER et V. RAJEVSKI

Ingénieurs au C. E. A.

Introduction.

La pile est un milieu reproducteur de neutrons (Fig. 1). Soit n le nombre de neutrons présents à l'instant t dans la pile.

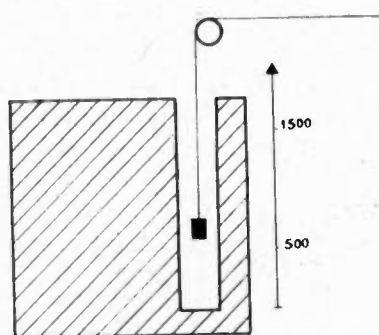


Fig. 1. — Principe de la régulation de la pile.
Le carré noir représente un corps capturant les neutrons (cadmium, par exemple) que l'on peut déplacer dans la pile. Les cotes sont en millimètres.

Un neutron émis sera capturé dans la pile au bout d'un temps moyen τ , la capture pouvant donner lieu à une fission.

Pour un neutron capturé, il y a K neutrons produits.

L'excès de neutrons par intervalle de temps dt est :

$$dn = - n \frac{dt}{\tau} + k n \frac{dt}{\tau}$$

neutrons neutrons
capturés produits

$$\text{d'où : } n = n_0 e^{k \frac{t}{\tau}}$$

$k = K - 1$ est la réactivité de la pile, et mesure l'excès de neutrons.

Suivant que k est positif ou négatif, la densité neutronique augmente ou décroît exponentiellement.

Si l'on place dans la pile un corps capturant les neutrons sans en reproduire, le nombre de neutrons capturés dépend des propriétés absorbantes du corps et il est proportionnel à la densité des neutrons à l'endroit où il se trouve. En déplaçant ce corps dans des régions de densité variable on fait varier la réactivité de la pile.

Il suffit donc de creuser un puits dans le milieu réacteur et d'y faire déplacer une plaque absorbante. Pour la position de la plaque à la cote 500, par exemple, la réactivité est nulle : la densité des neutrons, et, par conséquent, la puissance de la pile reste constante, quelle que soit cette puissance.

Si l'on veut augmenter la puissance, on relève la

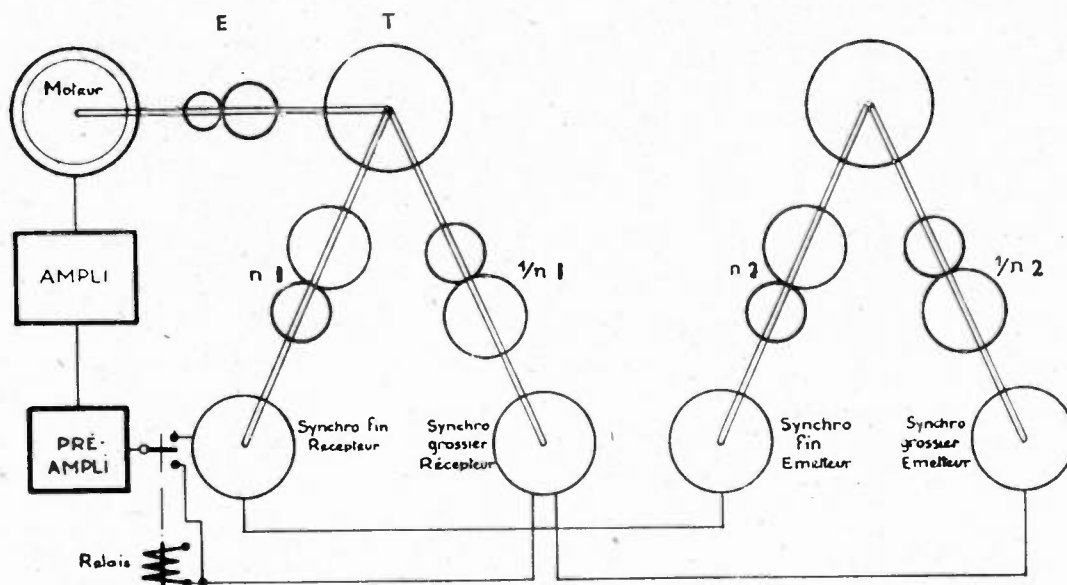


Fig. 2. — Schéma de principe

plaque, la réactivité est positive et la puissance croît d'autant plus vite que la réactivité est élevée, dès que la puissance désirée est atteinte, on ramène les plaques à la cote 500 pour laquelle la réactivité est nulle.

De même, si l'on veut diminuer la puissance, on baisse la plaque pour donner à la réactivité des valeurs négatives.

La plaque et son dispositif de suspension pèsent 45 kg, et pour certaines expériences, il faut atteindre des valeurs élevées de k en un court instant — par exemple passer de la cote 0 à la cote 1.500 mm en 40 sec.

A cause des dimensions de la pile et de la présence à son sommet de rayonnements dangereux, la commande se fait d'un tableau séparé, d'où la nécessité d'un système de servomécanismes.

La faible valeur des rendements des démultiplicateurs et du moteur à forte résistance rotorique pour fournir le couple maximum au démarrage, amène à employer un moteur de 100 watts.

Schéma de principe (Fig. 2.).

La plaque de réglage est suspendue par des filins qui s'enroulent sur un tambour T , le moteur entraîne le tambour par un train d'engrenage E .

La comparaison des angles se fait avec des synchros. Un synchro émetteur alimenté par le secteur à 50 pps est commandé par un volant permettant de régler la position, le volant entraîne dans sa rotation un cadran gradué suivant la cote de la plaque.

Un synchro récepteur est lié au tambour supportant la plaque de réglage et l'erreur angulaire des deux synchros, traduite sous la forme d'une tension d'erreur $v = k \theta$, θ étant l'erreur angulaire, est envoyée dans un amplificateur qui fait tourner le moteur dans le sens convenable pour annuler l'erreur.

Nous verrons que la précision demandée sur la position de la plaque exige que le synchro tourne plus vite que le tambour d'où un train d'engrenages multiplicateur n_1 . Le déplacement total de la plaque correspondant à plusieurs tours des synchros, une erreur d'un tour est possible en cas de coupure de courant, et il est nécessaire d'avoir un deuxième système de synchro ne tournant que d'un demi-tour pour toute la course de la plaque, d'où le train d'engrenages démultiplicateur $1/n_2$.

Dès que l'erreur approche de la valeur π , la tension d'erreur donnée par le deuxième système de synchros est suffisante pour coller un relai, qui connecte alors l'ampli sur le synchro grossier.

Réalisation.

On utilise un moteur asynchrone biphasé qui est un moteur robuste. Les phases I et II sont mises en série avec un amplificateur équivalent à une résistance variable R , et on applique aux bornes de l'ensemble la tension du secteur de 220 v. (fig. 3). Une capacité C en shunt sur la phase II permet d'obtenir le déphasage nécessaire pour avoir un champ tournant. L'impédance R est très grande lorsque l'erreur est nulle, et le moteur reste à

l'arrêt. La tension appliquée au moteur croît proportionnellement avec l'erreur.

Dans les conditions normales de fonctionnement, un moteur a son couple maximum pour un régime

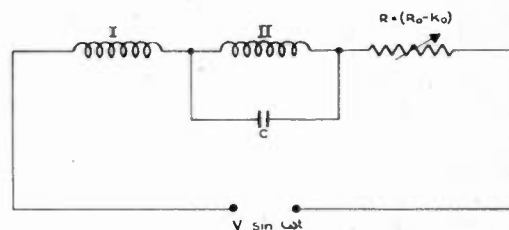


Fig. 3. — Schéma de principe de commande du moteur.

donné. Nous voulons un couple élevé pour une gamme étendue de vitesse, ce qui impose des conditions sévères et rarement réalisées pour les moteurs habituels.

Le Moteur.

1°) Le moteur doit fournir le couple maximum au démarrage. Il faut alors que la résistance du rotor soit égale à la réactance de fuite totale ramenée au secondaire.

2°) Il faut d'autre part que les tensions aux bornes des phases I et II satisfassent la relation

$$\begin{cases} V_1 = j V_2 & \text{(condition d'équilibrage des phases)} \\ I_1 = j I_2 \\ i = \sqrt{-1} \quad I, \end{cases}$$

pour une gamme de vitesse étendue, par exemple, pour un glissement g compris entre 1 et 0,5.

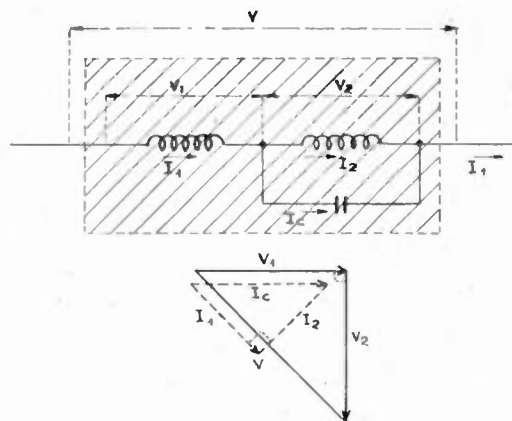


Fig. 4. — Dipôle équivalent au moteur et diagramme des tensions et des courants.

Soit l, l' et L, L' les selfs de fuite et les selfs cycliques du primaire et du secondaire. On montre que pour obtenir 1°) et 2°) la condition est $\frac{l}{L} + \frac{l'}{L'} < 0,17$.

Pour les petits moteurs, les fuites sont importantes et cette condition est difficile à réaliser; pour réduire les fuites, il faut diminuer les têtes de bobines et l'entrefer.

3°) Il faut que le couple soit le même pour les deux sens de rotation, ce qui exige que l'angle électrique des phases soit $\frac{\pi}{2}$.

On peut supposer qu'en première approximation, la condition (2) est réalisée pour toutes les vitesses.

Le diagramme des courants et des tensions (fig. 4), en tenant compte de ce que le courant capacitif est en quadrature avec la tension V_2 , montre que V est en phase avec I_1 .

Le moteur M peut être considéré comme équivalent à une résistance et l'expérience montre que cette résistance dépend peu du glissement. Cette remarque simplifie beaucoup le calcul de l'amplificateur et évite de déphaser la tension des grilles par rapport à celle des plaques. Cette condition étant automatiquement réalisée par un bon préamplificateur déphasant peu le 50 pps.

Pour un moteur particulier on a trouvé que la résistance équivalente était : $R = \frac{V}{I_1} = 56 \Omega$.

Cette résistance mesurée pour diverses valeurs de la tension V , et des glissements différents donne les valeurs extrêmes 55Ω et 64Ω , l'angle de phase le plus élevé est de 17° .

L'Amplificateur.

Une impédance variable est facilement réalisée par le montage suivant (Fig. 5). On monte en série avec le moteur, le primaire d'un transformateur, le secondaire est chargé par une lampe à vide. Si on

applique sur la grille de la lampe une tension proportionnelle à l'erreur, l'impédance au primaire est bien de la forme $R = R_0 - K \theta$. On a intérêt à monter deux lampes en push-pull pour utiliser les deux alternances.

La nécessité de produire un renversement de marche avec le changement de phase du signal appliqué sur les grilles complique un peu le système.

Pour renverser le sens de rotation, il faut inverser

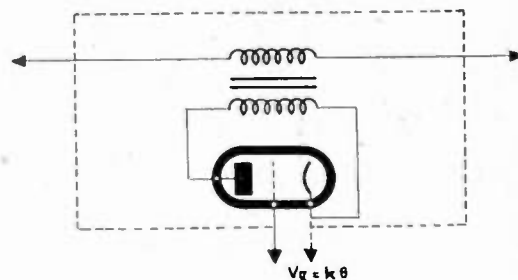


Fig. 5. — Réalisation d'une résistance fonction linéaire de l'erreur angulaire.

le sens du courant dans une des phases, on utilise alors le système suivant : (Fig. 6).

On applique entre A et B la tension du secteur V . v est la tension d'erreur qui est en phase ou déphasée de π par rapport à la tension appliquée entre A et B.

Supposons que pour la première alternance A est positif par rapport à B.

Les plaques des lampes 1 et 4 sont positives par rapport à leur cathode, donc les plaques des lampes

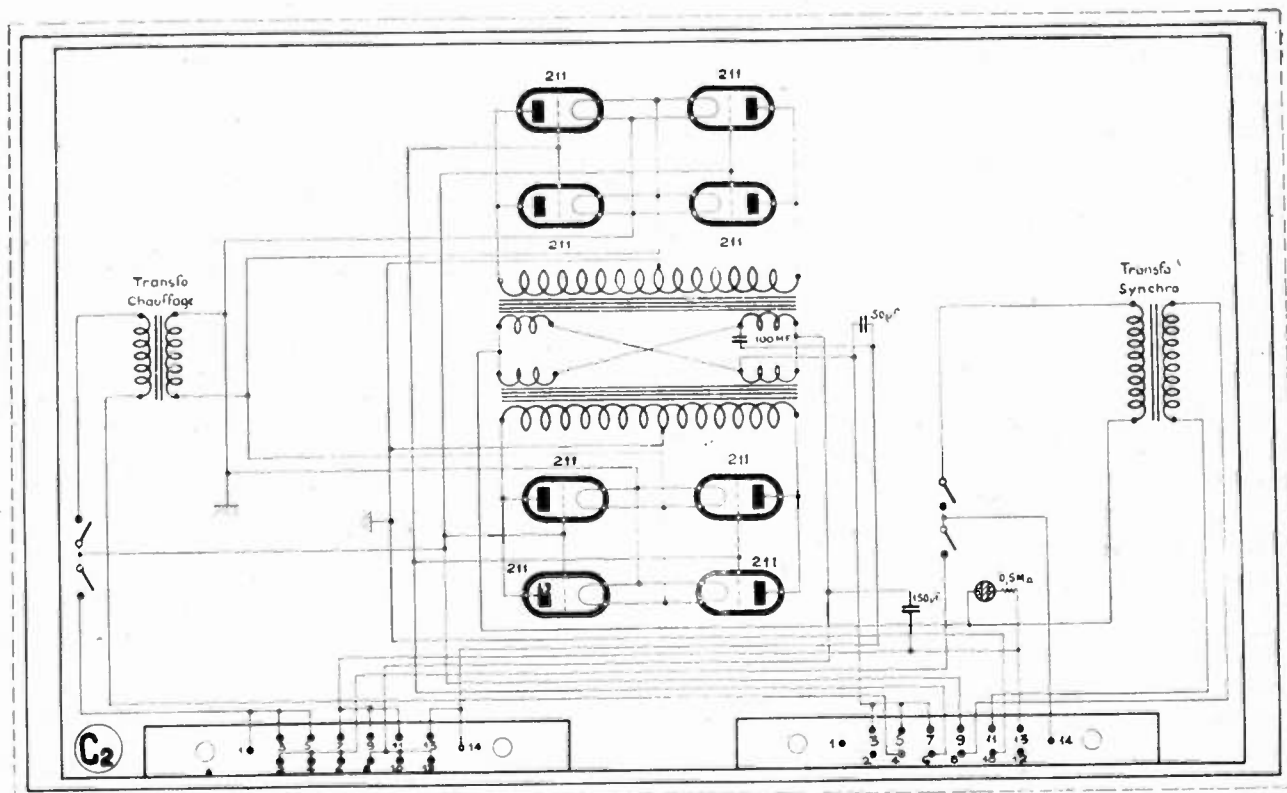


Planche C2. — Schéma de l'amplificateur.

2 et 3 sont négatives et ces lampes ne peuvent débiter. Si v est en phase avec V à l'instant donné la tension appliquée sur les grilles 1 et 3 est par exemple positive, la tension appliquée sur les grilles 2 et 4 est négative, et seule la lampe 1 débite, le courant passe dans le transformateur T_1 . Le sens des courants est indiqué par les flèches en trait plein. A la deuxième alternance, la lampe 2 débite. Pour un sens de rotation le transformateur T_1 est seul en fonctionnement.

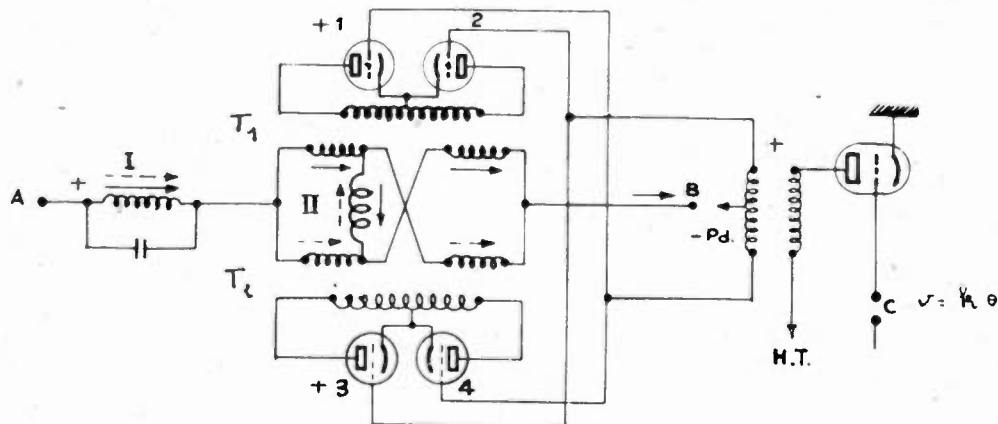


Fig. 6. — Schéma de principe de l'amplificateur.

Invertissons de π la phase de v . Ce sont maintenant les lampes 4 et 3 qui débitent, le sens du courant est indiqué par les flèches en pointillé. Le moteur tourne en sens inverse et fonctionne sur le transformateur T_2 .

Le calcul du circuit est simple : c'est celui d'une lampe chargée par une résistance $m^2 R$ (m = rapport de transformation de T_1 et T_2) et alimentée par une tension alternative sur la plaque et la grille. Le calcul montre que pour $v = v_{\theta_0}$ le fondamental est 0,8 et l'harmonique 3 est de 0,12.

Dans ces conditions, l'amplificateur donne, pour le fondamental 2,1 A eff. Lorsque la tension grille atteint la valeur zéro, le moteur donne un couple de 11 kg $\times$ cm, pour cette valeur du courant.

Le signal donné par les synchros ne peut être appliqué directement sur les grilles des lampes, il est nécessaire de l'amplifier au préalable.

Le Préamplificateur.

Il ne doit pas déphaser le signal à 50 pps', d'où la nécessité de constantes de temps élevées. La liaison du synchro émetteur et de l'amplificateur est faite par des fils assez longs, l'impédance d'entrée doit être faible pour diminuer le niveau des parasites recueillis par induction. Sa valeur est de 8.000 Ω , les synchros sont alors peu chargés.

Enfin, l'emploi de triodes diminue le motor boating.

Etude de la sensibilité du système.

La finesse du réglage de la réactivité correspond à un déplacement de la plaque de 0,5 mm. Il faut donc reproduire la position de la plaque avec une erreur inférieure à 0,5 mm. Un déplacement de 0,5 mm correspond pour le diamètre choisi à une rotation de 0°18 du tambour. La précision des synchros étant de 0°5 il est nécessaire de multiplier

la vitesse de rotation, d'où le train d'engrenages de rapport 3,6.

Le groupe grossier ne doit tourner que d'un demi tour pour toute la course, d'où un rapport de démultiplication par rapport au tambour de 4,2.

La Commutation.

En marche normale, l'amplificateur fonctionne sur le groupe fin ; dès que l'erreur du synchro fin dépasse 115° ce qui correspond à 3°,6, pour le synchro grossier, la tension fournie par ce dernier est amplifiée et fait coller un relais qui connecte l'amplificateur sur le synchro grossier.

La Stabilisation.

Un système à contre réaction, comme celui que nous décrivons, devient instable dès que l'amplifi-

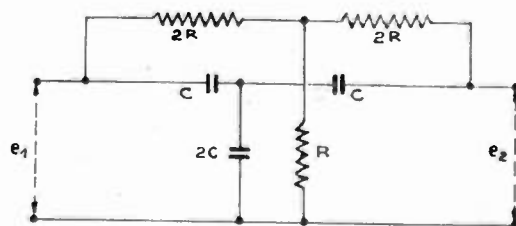


Fig. 7. — Filtre en double T pour la stabilisation.

cation dépasse une certaine valeur. Si l'on veut avoir une bonne amplification tout en conservant la stabilité il est nécessaire d'utiliser un filtre avançant la phase du signal.

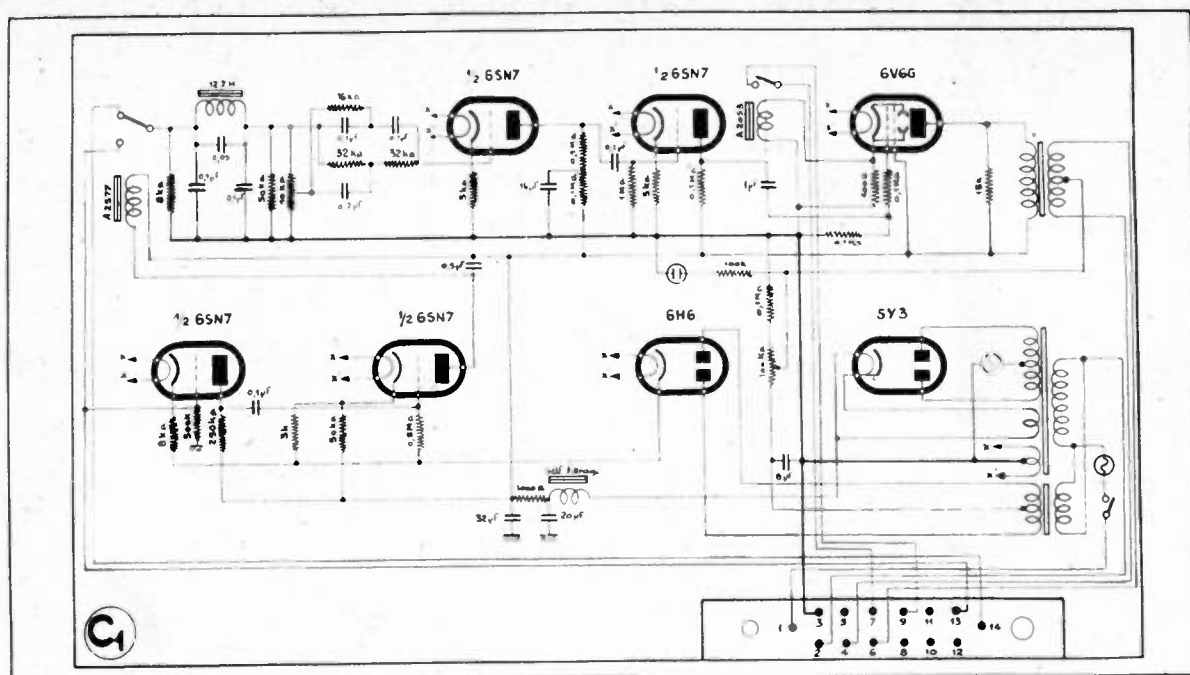


Planche C₁. — Schéma du préamplificateur.

— A 2.577 est un relais de commutation suivi par le filtre passe-bas coupant l'harmonique 3 des synchros et le filtre de stabilisation.

— On a réalisé sur chaque lampe une contre réaction de cathode pour la stabilité du préamplificateur.

— A 2.053 est un relais qui verrouille l'amplificateur et ne permet

Conclusion.

Nous avons réalisé deux ensembles de télécommande, ces deux ensembles peuvent fonctionner séparément, mais on peut également les coupler et commander deux plaques ensemble à partir d'un émetteur quelconque.

Les deux ensembles fonctionnent sans interruption jour et nuit depuis un an.

l'alimentation H. T. des lampes de puissance que lorsque la polarisation est appliquée sur les grilles des lampes.

— Les deux demi 6 SN 7 du bas servent à l'amplification du signal donné par les synchros grossiers et au collage du relais de commutation.

— La broche portant les n° 1, 2, 3, 4, 5, ... 14, indique les connexions avec l'amplificateur.

Un moyen commode pour savoir si le moteur suit la commande, est de brancher une lampe à néon aux bornes d'une phase.

Nous tenons à remercier M. G. LEHMANN
pour les conseils qu'il nous a donnés.

LES APPAREILS DE MESURES DESTINÉS A LA PROTECTION DU PERSONNEL CONTRE LES RAYONNEMENTS RADIOACTIFS ⁽¹⁾

PAR

J. WEILL

Ingénieur au C. E. A.

A. — Les rayonnements des corps radioactifs : le danger qu'ils présentent.

Les radio-éléments peuvent se présenter soit sous forme de radio-éléments naturels, tels que le radium, le thorium et l'uranium, soit sous forme de radio-éléments artificiels obtenus en bombardant certains éléments (iode, carbone, phosphore, cobalt, etc...) par des particules de grandes énergies telles que les particules alpha, les protons, les neutrons, etc... Dans le cas des neutrons il n'est pas nécessaire que l'énergie soit grande. Ces particules peuvent provenir soit de radio-éléments, soit d'appareils tels que les accélérateurs et les piles.

L'effet nocif des rayonnements émis par les radio-éléments est dû à l'action des électrons qu'ils libèrent directement ou indirectement sur leur parcours. Le pouvoir ionisant ainsi manifesté se traduit sur l'organisme par des troubles allant de la simple brûlure aux accidents plus graves tels que les anémies générales et les cancers.

Les substances radioactives émettent plusieurs espèces de rayonnements.

a) LE RAYONNEMENT ALPHA (α).

Il est constitué par des particules chargées positivement dont le parcours dans l'air est faible, le polonium par exemple, radio-élément naturel, émet un rayonnement alpha dont le parcours dans l'air est de 3,8 cm. Ces particules sont très ionisantes, chacune d'elles peut créer près de 200.000 paires d'ions sur son parcours. Le pouvoir pénétrant des particules alpha est faible, une feuille de papier à cigarette les arrête pratiquement toutes. De ce fait, et malgré leur grand pouvoir ionisant, il est relativement facile de se protéger contre les particules alpha en évitant dans la manipulation d'un émetteur alpha tout contact direct avec la peau et surtout toute ingestion, même infime.

b) LE RAYONNEMENT BETA (β).

Il est constitué par des électrons chargés négativement ou positivement. Ces particules sont moins lourdes et moins ionisantes que les particules alpha, mais leur pouvoir pénétrant est plus grand. C'est ainsi qu'un électron d'une énergie de 5 millions d'électron-volts (énergie analogue à celle des particules alpha du polonium) a un parcours de plusieurs mètres dans l'air. De même que pour les particules alpha, on évitera la manipulation

directe d'émetteurs beta, en se servant de plus, chaque fois que ce sera possible, d'écrans ou d'enveloppes métalliques de quelques millimètres d'épaisseur.

c) LE RAYONNEMENT GAMMA (γ).

Il est de nature électro-magnétique et analogue aux rayons X, mais de longueur d'onde beaucoup plus faible. L'ionisation produite indirectement par ce rayonnement (il libère des photoélectrons sur son parcours) est bien plus faible que celle produite par les rayonnements α et β , mais son énorme pouvoir pénétrant (plusieurs centimètres de métal ou plusieurs mètres d'air) le rend particulièrement nocif, même à grande distance. On ne peut se protéger du rayonnement γ que par de fortes épaisseurs de plomb (de l'ordre du décimètre).

d) les rayonnements précédents ne sont pas les seuls que l'on rencontre en physique nucléaire. Il convient en particulier de se protéger contre les rayonnements tels que les neutrons et les protons. Ces particules sont utilisées en général pour provoquer des transmutations dans des appareils tels que les accélérateurs et les piles. Le neutron est l'un des constituants de l'atome, il n'est pas chargé. Convenablement « ralenti » par du graphite ou de l'eau lourde, il est susceptible de provoquer des transmutations et des fissions (rupture de noyaux). Il est émis en abondance dans le rayonnement d'une pile. Les transmutations et les fissions sont cause de l'apparition de rayonnements divers capables de produire les phénomènes liés à ces rayonnements.

On se protège des neutrons lents, dont le parcours est très grand dans l'air, par d'épais murs d'eau ou de béton. Certains corps tels que le bore et le cadmium peuvent « capturer » entièrement les neutrons lents, mais la protection ainsi obtenue est illusoire, car la capture des neutrons est accompagnée d'un important rayonnement gamma.

INTENSITÉ DES RAYONNEMENTS RADIOACTIFS : LE ROENTGEN.

Afin de pouvoir chiffrer l'intensité d'un rayonnement radioactif, une unité internationale a été créée : le Roentgen.

Le roentgen représente la quantité d'un rayonnement X ou γ qui libère une unité électrostatique de charge par cm^3 d'air (dans les conditions normales de température et de pression). L'énergie ainsi libérée correspond à 83,8 ergs par gramme d'air. Le symbole du roentgen est la lettre R. Les

(1) Communication présentée à la Société des Radioélectriciens, le 10 décembre 1949.

rayonnements α et β peuvent s'évaluer directement en roentgen, car leur effet, l'ionisation, correspond bien à une libération de charges. Il n'en est pas de même des rayonnements de neutrons. On a pu néanmoins tourner la difficulté en créant le « rep » ou « roentgen équivalent physique ».

Un « rep » caractérise un rayonnement qui provoque le même effet physiologique qu'un rayonnement directement ionisant de 1 roentgen.

On constate que même en dehors de la présence de sources radioactives, il subsiste un rayonnement appelé « mouvement propre ». Dû aux rayons cosmiques en grande part, il est de l'ordre de 10^{-4} R par 24 heures au niveau de la mer.

De nombreuses études ont été faites au cours de ces dernières années, notamment par Mitchell et Morgan (National Safety Congress, Chicago, Illinois, oct. 47) sur la quantité de rayonnement acceptable pour un être humain exposé à des rayons X ou aux rayonnements des substances radioactives.

La dose de tolérance adoptée aux Etats-Unis, en Angleterre et en France est de 0,1 roentgen par journée de 8 heures de travail.

Il est extrêmement difficile de déterminer le rayonnement en neutrons correspondant à 1 rep. D'après de nombreuses données, souvent contradictoires, il semble que le chiffre de 50.000 neutrons lents par seconde et par centimètre carré soit actuellement adopté. La dose de tolérance est donc de 5.000 neutrons/sec/cm².

Ces considérations montrent l'intérêt d'une mesure commode de l'intensité d'un rayonnement radioactif. On pourra se rendre ainsi compte si une manipulation est possible et dans quelle mesure il convient de prendre des précautions — manipuler à distance, disposer des écrans, etc...

C'est à cet effet que les laboratoires de physique atomique, de chimie des radioéléments, ceux où l'on utilise les tubes à rayons X, les piles, les accélérateurs, ont été équipés de divers appareils dits « de santé », que nous allons décrire.

B. — Mesure des rayonnements.

C'est par la mesure de l'ionisation provoquée (directement en général, mais parfois par un processus plus compliqué) que l'on évalue généralement l'intensité d'un rayonnement.

Trois méthodes de mesures sont utilisées pour la protection du personnel :

- a) — la plaque photographique
- b) — le compteur Geiger-Muller
- c) — les chambres d'ionisation.

a) LA PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE.

Les rayons α , β et γ impressionnent les plaques photographiques. Cet effet bien connu, qui est utilisé dans les recherches de physique nucléaire, est appliqué également pour le contrôle de la protection du personnel, particulièrement contre les rayons gamma et les neutrons. Comme les neutrons n'impressionnent pas la plaque photographique, on interpose une feuille de cadmium. Le cadmium,

sous l'action des neutrons, émet un rayonnement gamma qui impressionne la plaque. Les plaques sont placées dans un étui que portent les travailleurs.

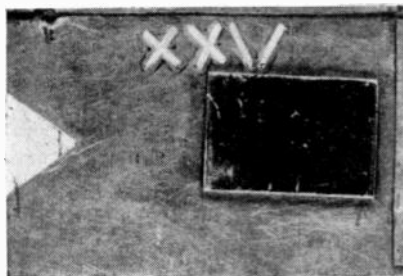


Fig. 1. — Photo grandeur nature d'un étui de protection contenant un film photographique.

On aperçoit un numéro de référence percé dans le fer blanc de l'étui. Après développement, on retrouve les chiffres impressionnés sur la plaque où ils forment une tache plus foncée. En effet, les rayons gamma traversant les chiffres ne subissent pas l'absorption due au fer blanc. Le rectangle sombre est une mince feuille de cadmium collée sur l'étui. Son rayonnement de capture de neutrons ajoute à cet endroit, à l'impression provenant du rayonnement gamma, celle qui provient des neutrons.

Elles sont développées régulièrement et passées au photomètre gradué empiriquement en roentgens.



Fig. 1 bis. — Film photographique contenu dans un étui de protection.

Le film a été exposé, à travers la paroi de l'étui, à un rayonnement gamma ne contenant pas de neutrons. On aperçoit l'ombre portée due à la lamelle rectangulaire de cadmium.

Si l'étui avait été exposé à un rayonnement de neutrons ne contenant pas de rayons gamma, on aurait eu l'aspect inverse : le rectangle de cadmium aurait produit une tache sombre, sur un fond clair.

b) LES COMPTEURS GEIGER-MÜLLER.

Rappelons qu'un compteur Geiger-Müller est généralement constitué par un tube conducteur contenant un fil axial isolé. On établit entre ces électrodes une tension élevée (1.000 à 5.000 volts). Le tube est rempli d'argon et d'alcool à une pression convenable (de l'ordre de 10 cm de Hg d'argon, et 1 cm de Hg d'alcool). Le passage d'une particule ionisante ou d'un photon gamma provoque une « avalanche » d'électrons sur le fil central, avalanche qui se traduit par une « impulsion » de tension sur le fil. Dans le cas des rayonnements α et β la « coque » du compteur comprend une fenêtre mince, perméable à ces particules ; dans le cas de neutrons lents, on pourra utiliser l'artifice déjà employé pour les plaques photographiques, en entourant le compteur d'une feuille de cadmium et en « comptant » le rayonnement gamma émis par le cadmium, par capture des neutrons. Les impul-

sions dues à un rayonnement sont comptées, soit par un numérateur électronique, soit par un intégrateur. Le nombre d'impulsions par seconde est sensiblement proportionnel à l'intensité du rayonnement. Cependant, ne faisant aucune discrimination entre les différentes énergies possibles, le compteur ne rend pas compte directement du pouvoir ionisant d'un rayonnement. Les indications de l'intégrateur ne peuvent donc être graduées qu'empiriquement et ne sont valables que pour un rayonnement déterminé.

C'est ainsi qu'un compteur de 5 cm (type Collège de France) donne environ 20.000 impulsions par minute pour un rayonnement gamma de 0,1 roentgen. Cet étalonnage est valable pour le rayonnement du radium. Cette considération fait que le compteur est relativement peu employé pour la protection et nous ne le décrirons pas ici.

c) LES CHAMBRES D'IONISATION.

Une chambre d'ionisation est formée d'une enceinte conductrice et d'une électrode interne isolée. Cette électrode est portée à une certaine tension par rapport à l'enceinte.

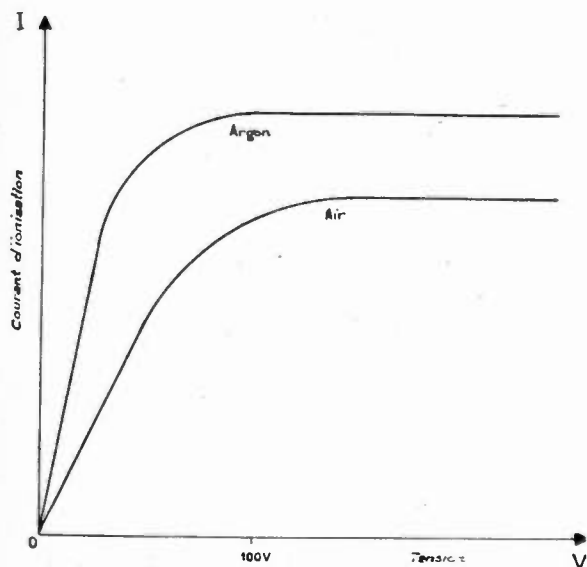


Fig. 2. — Courbes représentant le courant d'ionisation pour une même chambre, soumise à un même rayonnement, mais pour deux gaz différents. On remarquera le plateau de ces courbes, indiquant qu'à partir d'une certaine tension, qui est de l'ordre de 100 volts, tous les ions produits sont collectés.

Lorsqu'un rayonnement gamma, par exemple, pénètre dans la chambre, il ionise le gaz contenu et provoque la mise en liberté d'électrons. Ces électrons constituent, en s'attachant à un atome neutre, les « ions négatifs » alors que les atomes qui ont perdu un électron constituent les « ions positifs ». L'électrode centrale collecte les ions de signe opposé au sien ; les charges ainsi recueillies provoquent une variation de son potentiel. Cette variation de potentiel est mesurée par des méthodes électrométriques.

Le nombre de paires d'ions créé dans la chambre est fonction en particulier de l'énergie du rayonne-

ment. Il faut une énergie qui est de l'ordre de 33 électrons volts pour créer une paire d'ions. C'est ainsi qu'une particule de 100.000 eV pourra créer un maximum de 3.000 paires d'ions sur son parcours. En fait, un certain nombre d'ions subissent le phénomène de « recombinaison », ils se neutralisent entre eux et ne sont pas collectés par l'électrode. Le facteur k de recombinaison est fonction de la géométrie de la chambre, du gaz et de la différence de potentiel entre les électrodes. Il devient important dans le cas de rayonnement de très faible ou de très forte intensité. En traçant la courbe du « courant d'ionisation en fonction de la tension appliquée sur la chambre (placée dans un rayonnement donné) on trouve un palier de saturation (fig. 2). C'est sur ce palier qu'il convient de choisir le point de fonctionnement chaque fois que la tension appliquée sur la chambre est susceptible de varier dans le temps. La courbe de saturation dépend de la nature du gaz de la chambre.

Les photoélectrons issus de la paroi, dont l'ensemble constitue « l'effet de paroi », ajoutent à l'ionisation en volume un effet difficile à chiffrer. Il dépend du rayonnement de la surface et de la nature de la paroi. Dans la majorité des cas, on essaye de rendre cet effet négligeable devant « l'effet de volume » dû au gaz, soit en diminuant la surface par l'emploi de grillages à mailles convenables, soit en augmentant la pression dans la chambre, ce qui augmente d'autant l'effet de volume. L'ionisation en volume est en effet proportionnelle au nombre de molécules de gaz se trouvant dans la chambre.

Voyons maintenant quelques types de chambres d'ionisation :

1) les condensateurs :

Les travailleurs des laboratoires et usines atomiques sont munis de condensateurs portatifs fréquemment présentés sous forme d'un stylo.

Le diélectrique de ces condensateurs cylindriques est généralement de l'air. L'armature interne constituée par une tige ou un fil est extrêmement bien isolée par rapport à l'armature externe. On établit entre les armatures une tension de l'ordre de 200 à 500 volts. La charge prise par le condensateur disparaît petit à petit, ceci est dû à deux causes :

a) l'insuffisance de l'isolement :

les fuites dues au défaut d'isolement doivent être les plus faibles possibles, on emploie dans ce but de très bons isolants comme l'ambre, le polytène et le plexiglass. Ces isolants sont soigneusement nettoyés et polis. C'est ainsi qu'un condensateur étalon, construit au Commissariat à l'Energie Atomique, chargé à 600 volts n'a « perdu » que 3 volts en 1 semaine. L'isolement de tels appareils atteint 10^{18} et 10^{19} ohms.

b) l'ionisation due aux rayonnements :

les ions produits par un rayonnement X ou gamma dans l'espace inter-électrodes se dirigent vers l'électrode de signe opposé. La charge du condensateur

diminue : la mesure de la perte de charge rend compte de la dose totale du rayonnement qui a traversé le diélectrique (on suppose que les pertes par défaut d'isolement sont négligeables).

Afin d'avoir des effets de volume et de paroi identiques à ceux qui se produisent dans le cas d'un corps humain, le diélectrique choisi est l'air et la paroi est généralement en matière plastique dont les constituants se rapprochent de ceux des tissus vivants. La paroi est rendue conductrice par une couche de graphite colloïdal.

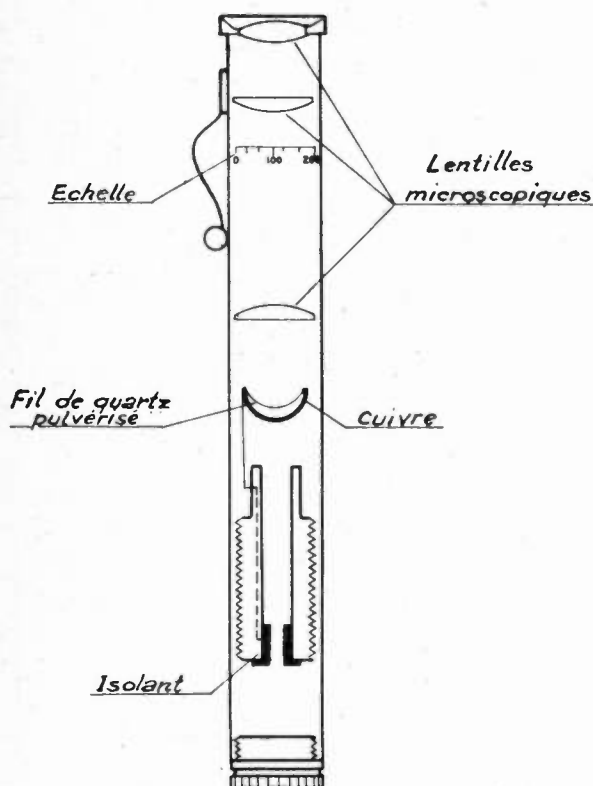


Fig. 3. — Stylo-électroscope.

Schéma, grandeur nature, d'un petit stylo électroscope. On le charge à un certain potentiel, de quelques centaines de volts. En l'absence de toute radiation, il mettrait plusieurs mois à perdre sa charge. L'observation du fil de ce petit électromètre permet donc de se rendre compte de la quantité de radiations qui a traversé le stylo, et, par conséquent, la personne qui le transportait.

La mesure de la perte de charge se fait par un électromètre statique ou à lampes, directement gradué en roentgens.

Calcul de la calibration en roentgens d'un condensateur pour la mesure des rayons γ et X.

Nous négligerons les fuites et l'effet de la paroi (justifié par l'expérience).

Soit v le volume d'air du condensateur en cm^3 ,

C la capacité du condensateur en farads,

C_e la capacité de l'électromètre en farads,

V_0 le potentiel de charge initiale en volts,

V la mesure en volts effectuée sur l'électromètre préalablement déchargé. Cette mesure est effectuée après l'exposition (durant un temps connu) du condensateur à un rayonnement,

A l'intensité du rayonnement en roentgens.

Si Δq est la perte de charge en coulombs,

$$A \text{ roentgen} = \frac{\Delta q}{v} \cdot 3.10^9$$



Fig. 3 bis. — Vue extérieure du stylo-électroscope.

Au moment de la mesure, la charge résiduelle Q_r du condensateur s'est répartie entre le condensateur et l'électromètre.

$$Q_r = Q \text{ cond.} + Q \text{ élect.}$$

avec $Q \text{ cond.} = CV$ et $Q \text{ élect.} = C_e \cdot V$

$$Q_r = V(C + C_e) = V_0C - \Delta q$$

$$\Delta q = V_0C - V(C + C_e)$$

$$A_{\text{roentgens}} = \frac{V_0 \text{ volts } C \text{ farads} - V \text{ volts } (C \text{ far} + C_e \text{ far})}{v \text{ cm}^3} \cdot 3.10^9$$

ex. $C = C_e = 10 \text{ cm} = 9.10^{-12} \text{ F}$: $v = 10 \text{ cm}^3$

Supposons qu'au bout de 8 heures d'exposition on trouve : $V = 131,5$ volts, on aura :

$$A = 0,1 \text{ roentgen/8 heures (dose de tolérance).}$$

Certains condensateurs portatifs sont munis de véritables électroscopes à fil quartz (fig. 3). La lecture de la dose se fait directement par vision à travers le « stylo » de l'ombre du fil de quartz sur une échelle graduée et translucide. Ces appareils sont très pratiques car ils permettent la mesure de la dose à chaque instant, mais sont très délicats à construire.

2) les chambres d'ionisation.

a) chambre d'ionisation portative « Baby » (Fig. 4).

Cet appareil est destiné essentiellement aux mesures de rayonnement γ et X. On peut également l'utiliser pour les rayonnements β , en effectuant une petite modification.

Il est de forme cylindrique et comprend dans sa partie inférieure une chambre d'ionisation dont le volume est de 2,150 l. La paroi en laiton a une épaisseur de 0,6 mm. La partie supérieure contient un amplificateur électronique. L'ensemble est étanche et peut fonctionner dans l'eau. L'appareil de

lecture est visible à travers un hublot en plexiglass. Les deux boutons de manœuvre commandent à travers des presses-étoupes, l'un l'allumage et la mise à zéro, et l'autre, les différentes sensibilités de l'appareil. La mesure peut se faire sur 4 sensibilités qui sont 0,2 — 2 — 20 — 200 roentgen/8 heures. La dose de tolérance est indiquée en rouge au milieu

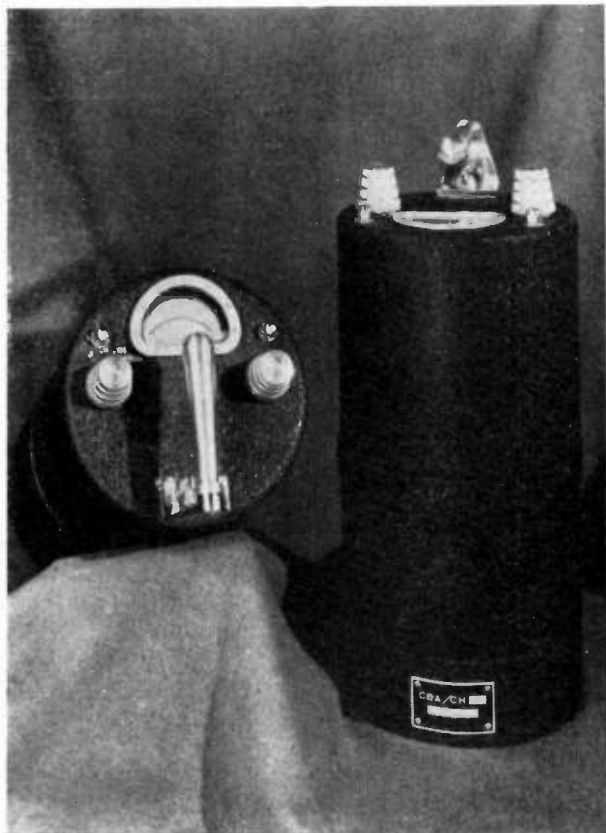


Fig. 4. — Chambre d'ionisation « Baby ». (Modèle du Commissariat à l'Energie Atomique).

Étanche, autonomie : 1.000 heures de fonctionnement, poids 3 kilogs. sert à détecter les rayonnements X, gamma, neutrons lents et rapides, beta pénétrants.

Graduée directement en roentgens pour 8 heures.

Sensibilité minima : un vingtième de la dose de tolérance.

Sensibilité maxima : 2.000 fois la dose de tolérance.

de l'échelle de lecture (cette indication est valable pour la sensibilité 0,2 de l'appareil). Il est possible d'obtenir d'autres échelles de sensibilités plus grandes ou plus faibles que le modèle indiqué. L'électrode centrale est fixée à un passage isolant spécialement étudié. Ce passage (fig. 5) comprend un anneau de garde, l'isolant employé est « l'araldite ». Le passage peut résister à une pression de 150 kg sans aucune fuite. Sa résistance d'isolement est supérieure à 10^{15} ohms ; il se visse sur un joint de plomb placé sur le plateau supérieur de la chambre d'ionisation. Ce dispositif, facilement démontable, assure une bonne tenue au vide et à la pression. Par l'intermédiaire d'un « queusot » la chambre est d'abord soigneusement vidée puis remplie d'air desséché.

CARACTÉRISTIQUES DE L'AMPLIFICATEUR.

Le schéma de l'amplificateur est représenté fig. 6.

Il est alimenté par des piles qui lui assurent un millier d'heures de fonctionnement. Il ne comprend qu'une lampe : la 5.803 électromètre Victoreen. le filament fonctionne sous 1,25 V et ne consomme que 10 milliampères ; la tension de plaque utilisée est de 6 volts. La résistance d'isolement de grille est très élevée, (supérieure à 10^{15} ohms). Les quatre sensibilités de l'amplificateur sont obtenues par quatre « résistances de charge » de valeur élevée 10^8 — 10^9 — 10^{10} — 10^{11} ohms. Ces résistances sont montées sur le contacteur P_1 qui est actionné en même temps que P_2 par l'un des 2 boutons placés sur le sommet de l'appareil. L'autre bouton actionne l'interrupteur I et le rhéostat R de mise à zéro. La compensation nécessaire à la mise à zéro s'obtient par la pile de chauffage. Le contacteur P_1 est spécialement étudié au point de vue isolement ; de plus, afin d'éviter les capacités parasites qui augmentent le « temps de réponse », aucune connexion à l'exception de la grille de la lampe n'est faite

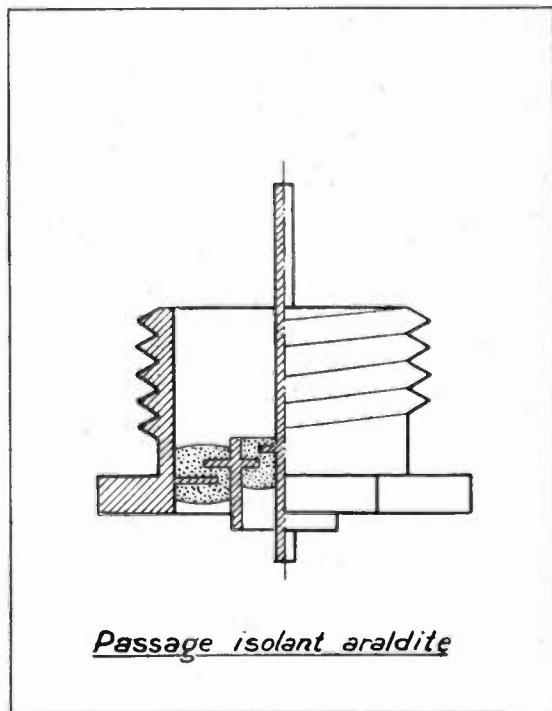


Fig. 5. — Passage isolant à l'araldite.

(Modèle Commissariat à l'Energie Atomique).

Passage à haut isolement, étanche sous 150 kg/cm².

sur l'électrode centrale. Les quatre résistances de fuites, placées comme les rayons d'une roue sur un secteur en plexiglass poli, viennent se commuter sur l'électrode centrale.

L'appareil de lecture est un microampèremètre ayant une sensibilité de 20 μ A pour toute échelle.

Calcul de la calibration d'une chambre d'ionisation à la lampe électromètre.

Soit V le volume de la chambre en cm³,

tifs. A cet effet, sa paroi est en tôle perforée. Elle est sensible aux gaz présentant une activité α , β ou γ .

Un relais très sensible placé dans le circuit de mesure déclenche une sonnerie pour une valeur réglée à l'avance de l'intensité du rayonnement (en particulier pour la dose de tolérance). L'appareil fonctionnant sur piles est entièrement autonome. Sa durée de fonctionnement peut être de plusieurs milliers d'heures. Il est utilisé en particulier par les laboratoires s'occupant d'anhydride carbonique radioactif CO_2 ; (le carbone étant le carbone radioactif β) dès qu'une fuite dangereuse se déclare dans les canalisations, le personnel est averti par la sonnerie.

c) Chambre d'ionisation absolue.

Cette chambre de grandes dimensions est constituée par deux plateaux parallèles et de distance réglable, entre lesquels se trouve un plateau faisant office d'électrode collectrice. Ces 3 plateaux sont en grillage de maille 1 cm (Fig. 8).

L'effet de paroi déjà réduit par la présence du grillage peut être déterminé avec précision. On effectue les mesures dans un rayonnement uniforme en faisant varier la distance des plateaux. On extra-



Fig. 8 A. — Chambre d'ionisation absolue dont les électrodes sont constituées par des grillages à mailles larges, pour diminuer l'effet de paroi, et le gaz ionisé par de l'air.

Elle est destinée à mesurer les rayons gamma.

pole la courbe obtenue jusqu'à l'origine (volume nul). L'ordonnée à l'origine rend compte des effets secondaires (dont l'effet de paroi est le principal). Cette chambre sert en particulier à déterminer la part de l'effet de paroi dans des chambres d'un type différent. Il suffit à cet effet d'effectuer avec les deux types de chambre des mesures en un même point d'un espace irradié. L'excès de son indication sur celle de la chambre absolue correspond à l'effet de paroi de la chambre étudiée. La méthode de

mesure et le schéma du circuit de mesure utilisé sont analogues à ceux du type « Baby ».

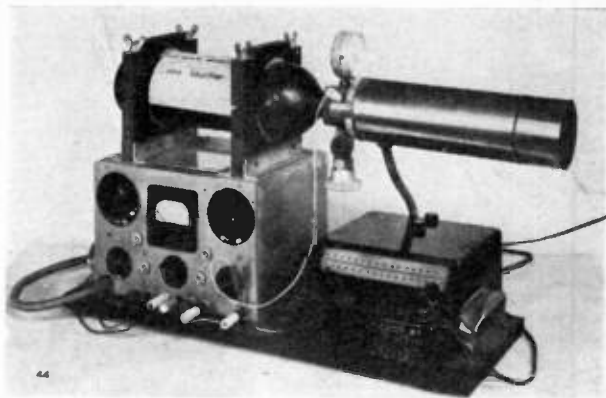


Fig. 8 B. — Ici l'effet de paroi est diminué en utilisant un gaz sous forte pression (90 kilogs par cm^2 d'Argon). Destinée à la mesure du rayonnement gamma dur.

d) Chambre d'ionisation pour rayons α (Fig. 9).

Cette chambre cylindrique de 5 cm de diamètre et 3 cm de hauteur a une paroi en tôle perforée. L'électrode centrale en forme de disque est parallèle à la base de la chambre. L'ensemble est fixé à l'extrémité d'une canne reliée par un câble flexible

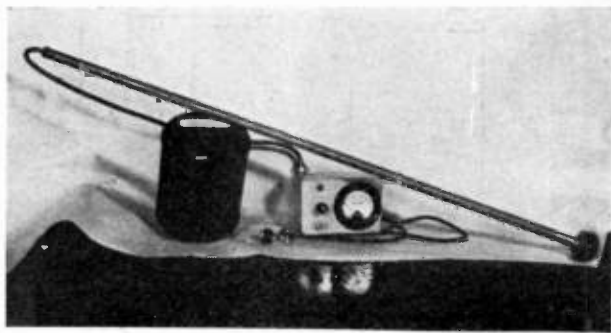


Fig. 9. — Chambre d'ionisation pour rayons α .

(Modèle du Commissariat à l'Energie Atomique).

Le cylindre noir supportant la canne est une chambre d'ionisation à parois de bakélite, destinée à l'étude des rayons X. On aperçoit 2 passages isolants « araldite ».

à un boîtier, porté en bandoulière. La lampe électromètre est placée dans la canne au voisinage de la chambre; les piles et l'appareil de lecture prennent place dans le boîtier. Le schéma et le mode de fonctionnement de cet appareil sont analogues à ceux qui ont été décrits plus haut; pour le type « Baby »

La chambre sert principalement à déceler les traces d'émetteurs α pouvant subsister sur les tables de chimie, dans les hottes, etc...

Les différents appareils décrits sont employés couramment dans un grand nombre de laboratoires de physique nucléaire et de Rayons X. Le développement de plus en plus important des applications des isotopes, tant en médecine et en biologie que dans l'industrie, rend ces appareils de plus en plus indispensables. La simplicité de leur emploi permet leur utilisation même par des personnes peu averties.

LES DIÉLECTRIQUES CÉRAMIQUES

TITANATES A HAUT POUVOIR INDUCTEUR SPÉCIFIQUE⁽¹⁾

(Suite et fin)

PAR

A. DANZIN

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique,
Chef du laboratoire de verrerie-céramique au département de recherches physico-chimiques
et d'optique électronique de la Compagnie Générale de T.S.F.

4. — Propriétés diélectriques et structure.

L'ensemble des propriétés que nous venons d'examiner, l'allure des différentes variations peuvent être plus facilement retenus si nous examinons les raisons profondes des phénomènes en nous arrêtant sur la structure physico-chimique de ces diélectriques.

Nous ne chercherons d'ailleurs pas une précision qui exigerait un long exposé et reste du domaine de la haute spécialisation, mais une compréhension assez intuitive des phénomènes structuraux d'après les images que les physiciens peuvent aujourd'hui nous proposer. Ces images sont sans doute provisoires et sujettes à remaniements lorsque l'avenir aura apporté ses progrès mais elles ont actuellement le mérite d'être une source de clarté et d'inspirations fécondes.

Une céramique doit se concevoir comme un fin assemblage de petits cristaux d'oxydes, de quelques microns à quelques dizaines de microns dans leur plus grande dimension, entièrement liés les uns aux autres par une phase vitreuse qui peut d'ailleurs parfois faire défaut.

Un observateur assez petit et assez agile pour se promener au milieu d'un cristal verrait un paysage d'une régularité géométrique parfaite un peu semblable, mais à 3 dimensions, au paysage offert au voyageur qui traverse une forêt plantée régulièrement de main d'homme. A ce détail près toutefois que les différents ions constitutifs oscillent par agitation thermique autour de leur position moyenne.

Si le cristal est un oxyde ou une combinaison d'oxydes à faible constante diélectrique comme MgO ou $MgO \cdot Al_2O_3$ dans lequel les ions métalliques Mg^{+2} ou Al^{+3} présentent une valence stable et normale d'oxydation on sait par expérience (et l'on comprend aujourd'hui assez bien physiquement) que les ions oxygènes forment un squelette rigide qui fixe solidement

les ions métalliques à leurs places sans permettre ni la circulation d'électrons ni la circulation d'ions.

Le champ électrique continu, basse fréquence, haute fréquence, est sans effet sur cet édifice.

Par suite, la constante diélectrique est indifférente à l'intensité du champ, à la fréquence et peu sensible à la température dans tout l'intervalle où l'agitation thermique reste assez faible pour ne pas amener de risques de remaniement dans le cristal. Puisqu'il n'y a pas déplacement de charges sous l'effet du champ, les pertes diélectriques sont nulles.

Il ne commence à se passer quelque chose que vers des fréquences de 10^{12} c/s, plus rarement 10^{10} c/s, où l'on rencontre des résonances. On a alors des zones d'absorption bien connues dans le domaine des radiations lumineuses.

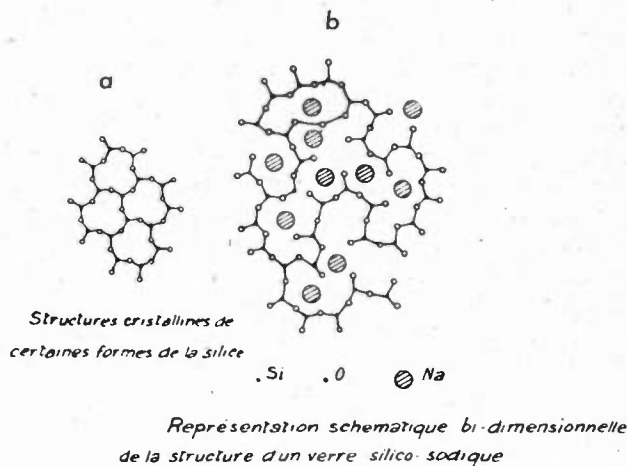


Fig. 13 a. — Structures cristallines de certaines formes de silice,
b. — Représentation schématique bi-dimensionnelle de la structure d'un verre silico-sodique.

Mais ce domaine ne nous préoccupe pas ici.

Malheureusement le cristal parfait n'existe pas. Comme dans une forêt où parfois il y a des manques, où des essences étrangères ont réussi à s'implanter, des ions étrangers et des irrégularités géométriques se présentent. D'autre part, il y a des bordures, les

(1) Suite de l'article paru dans le N° 279 (Juin 1950) de l'Onde Electrique, pages 253 à 258.

surfaces terminales du cristal, d'organisation fatalement anormale puisque le champ de force de structure ne s'exerce plus dans tout l'angle solide 4π .

En céramique, notre observateur quitte le cristal pour pénétrer dans la phase vitreuse, il aborde la futaie où les lois de périodicité ne sont plus respectées.

L'image physique de ces deux organisations est donnée par les figures 13 a et b..

Dans la structure vitreuse, certains ions sont encore fortement maintenus en place par les ions oxygènes. On les appelle les « formateurs » du verre, ils sont sans effet sur les pertes diélectriques et n'affectent pas les variations de ϵ .

A titre d'exemple la silice vitreuse qui ne contient que des ions silicium formateurs a des propriétés analogues à celles des cristaux d'oxyde (très faibles pertes, grande stabilité des propriétés).

Mais d'autres ions sont mal fixés, susceptibles de mouvements locaux et même de déplacements importants dans le réseau. On les voit sur la figure 16b représentés sans liaison chimique définie avec les ions qui les entourent.

Sous l'effet d'un champ continu ils se déplacent et sont responsables de la conductibilité. Un champ sinusoïdal les fait se mouvoir dans la mesure où leur inertie le permet.

Si la fréquence croît exagérément ils deviennent inertes, incapables de suivre le champ. C'est là l'origine de la légère décroissance de ϵ avec la fréquence, généralement observable seulement en BF , et l'origine des pertes, également décroissantes avec la fréquence.

On comprend le rôle de la température qui règle l'agitation thermique. Lorsque T croît, ϵ peu affecté, ne peut l'être que positivement, au moins quant à la contribution de ces ions et d'autant plus qu'il y a plus d'ions migrants c'est-à-dire que les pertes diélectriques sont plus élevées.

Ce qu'il faut retenir, c'est que vers 1 Mc et au-delà le rôle des imperfections des réseaux d'ions tend à décroître. Les pertes s'affaiblissent, la stabilité de la constante diélectrique en fonction de la fréquence s'accroît, le coefficient de température diminue.

Le raisonnement s'applique aux cristaux de mica et à la céramique classique (stéatite, porcelaine, corindons, etc.).

Il est aussi valable pour l'oxyde de titane TiO_2 et pour les titanates dans la mesure où les phénomènes qui règlent la valeur de la constante diélectrique et sont attachés à la coordination de l'ion titane et des oxygènes qui l'entourent, ne sont pas prépondérants.

Anomalies des oxydes à plusieurs valeurs d'oxydation — Semi-conducteurs.

Au contraire de SiO_2 , Al_2O_3 ou MgO , certains ions comme l'ion titane n'ont pas une seule forme d'oxydation possible. Une sous-oxydation fait apparaître dans le réseau des électrons capables de s'y déplacer assez aisément. On a alors affaire non à un diélectrique mais à un semi-conducteur.

En mauvais réglage des atmosphères de cuisson, ou encore en cuisson suivant un cycle défavorable,

les pâtes à l'oxyde de titane donnent des thermistors sans aucune modification de la composition chimique de départ.

Nous découvrons là physiquement l'une des difficultés majeure de l'élaboration de ces diélectriques.

Tous les brevets, et ils sont fort nombreux et fort contradictoires, pris sur la question ont toujours pour objet d'aboutir à des cristaux de rutil TiO_2 convenablement lavés par la phase vitreuse de toutes leurs impuretés et parfaitement oxydés.

Valeur élevée de la constante diélectrique des titanates.

La cause profonde de la valeur très élevée de la constante diélectrique de l'oxyde de titane et des titanates n'a pas encore été nettement mise en lumière.

On constate :

Qu'en lumière visible l'indice de réfraction du TiO_2 est anormalement élevé ($n_d = 2,7$ ce qui correspond d'après MAXWELL à un ϵ (n^2) de 7,3).

Qu'à la température ambiante et aux fréquences radio les valeurs des ϵ des différents titanates se classent comme les distances qui séparent les ions Ti^{4+} des ions O^{2-} et que l'identité des deux classements reste vérifiée quand la température varie.

Il semble que l'on puisse en déduire :

Que la polarisabilité propre de l'ion titane est anormalement élevée et qu'elle est seule responsable du nombre anormal trouvé pour l'indice aux fréquences optiques du spectre visible.

Que la coordination Titane-Oxygène est ensuite responsable des valeurs élevées aux fréquences radio, les ions tels que Mg , Ca , Sr , Ba , Pb , etc., n'intervenant que dans la mesure où ils définissent dans le réseau cristallin les distances $Ti - O$.

On pourrait être tenté de dire que l'origine de tous les phénomènes réside dans la polarisabilité de l'ion Titane, la liaison $Ti - O$ n'étant qu'une sorte d'amplificateur plus ou moins bien accordé selon la distance $Ti - O$. Selon cette hypothèse, les très hautes valeurs de ϵ observées dans le cas des différents titanates à certaines températures critiques résulteraient d'une sorte « d'accord » du résonateur $Ti - O$. Un des principaux rôles de la température serait la dilatation de la maille cristalline (Certaines des courbes $\epsilon = f(T)$ figure 11, n'ont-elles pas l'aspect de courbes de résonances ?). Aux fréquences du spectre visible, le phénomène ne pourrait se manifester par suite de l'inertie des ions.

On sent qu'il y a dans ce domaine bien des progrès à faire pour que les céramistes et les radio-électriciens puissent comprendre clairement les explications que les spécialistes de la physique moderne commencent à proposer.

Mais, sans expliquer quantitativement les phénomènes on peut donner de certaines anomalies une compréhension assez claire dans le cas de certains titanates.

Prenons l'exemple du titanate de baryum et examinons la représentation que nous avons des phénomènes à l'échelle de l'une des cellules élémentaires du cristal. Le cristal n'est qu'une reproduction

périodique régulière d'un nombre extrêmement grand de ces cellules.

La structure est du type péroskite bien connu (figure 14).

Aux températures supérieures à 120°C c'est-à-dire au-delà du dernier maximum de la constante diélectrique de la courbe ϵ — température, l'ion titane qui occupe le centre du cube vibre semble-t-il au hasard autour de sa position moyenne.

Mais dans l'intervalle de température $-10^\circ\text{C} + 120^\circ\text{C}$ l'ion Ti^{4+} s'associe préférentiellement à l'un des oxygènes qui l'entoure et se met à vibrer avec lui suivant l'une des directions cristallographiques.

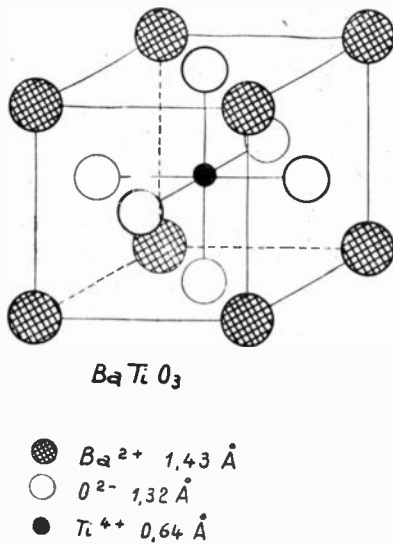


FIG. 14. — Structure du type péroskite.

Cette dissymétrie, par son effet sur les vibrations des autres ions oxygène et l'ion Ba^{2+} ne peut que se répercuter sur les cellules voisines.

Le cristal n'est plus tout à fait cube, l'étude par diffraction des rayons X montrent que le rapport $\frac{c}{a}$ des longueurs des côtés du pseudo-cubique devient égal à 1,005.

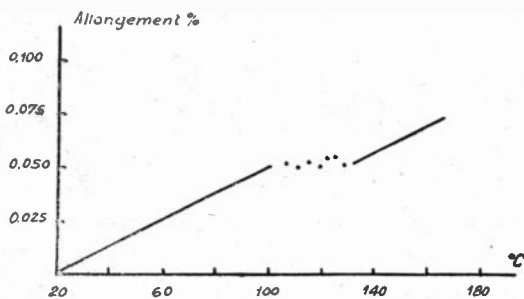


FIG. 15. — Dilatation du titanate de baryum

La dilatation (figure 15) la chaleur spécifique C_p tout comme la constante diélectrique et le rapport $\frac{c}{a}$ du réseau présentent une anomalie dans la zone de transformation (figure 16).

Aux plus basses températures, la vibration orientée de l'ion Ti^{4+} change de direction et a lieu suivant

une des diagonales du pseudo-cube. Dans cette modification de détail, le caractère anormal du phénomène est conservé.

On conçoit l'effet d'un champ électrique sur le choix nullement prédéterminé que peut faire l'ion titane de son oxygène associé. Tout champ de forces dirigé agissant sur les ions apporte cet élément de contrainte qui suffit à fixer le choix de tous les ions titane.

Ils s'associent avec ceux des ions oxygène voisins qui se trouvent dans la direction du champ.

Si l'on a affaire à des cristaux paresseux on peut même attendre, comme en magnétisme, le fameux bruit de BARKHAUSEN.

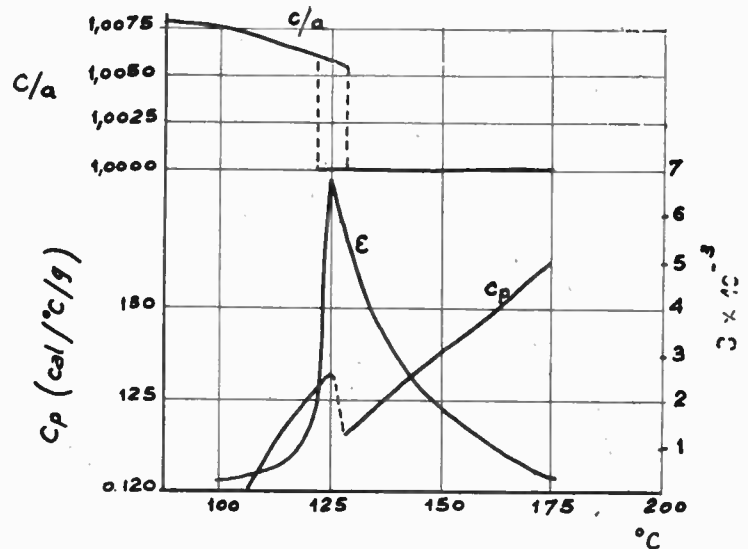


FIG. 16. — Variations des caractéristiques physiques du titanate de baryum au voisinage du point de Curie.

Il n'est plus maintenant difficile d'admettre que ces substances puissent présenter :

Des anomalies de la constante diélectrique en fonction de la température.

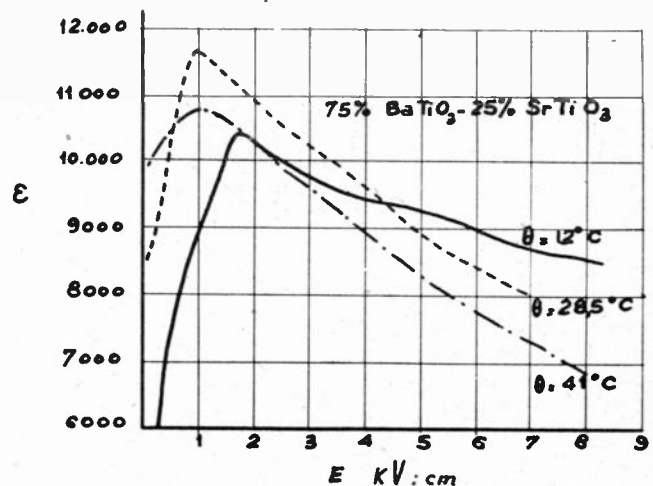


FIG. 17 — Variation de la constante diélectrique d'un mélange de titanates de baryum et de strontium en fonction du champ électrique.

Des anomalies de ϵ en fonction du champ électrique appliqué, en particulier des phénomènes de saturation (figure 17).

Des effets piézoélectriques après orientation par un champ électrique.

Des propriétés diélectriques sensibles à la fréquence.

Des phénomènes d'hystérésis en fonction de la température et du champ électrique (figure 18).

Des pertes diélectriques élevées sensibles à la température.

L'explication de physique microscopique qui vient d'être esquissée rappelle singulièrement le ferro magnétisme.

Les propriétés diélectriques macroscopiques sont analogues aux propriétés ferro-magnétiques. On a choisi pour désigner ces substances le terme de « ferro-électriques » déjà utilisé pour quelques corps comme le sel de seignette et le phosphate acide de potassium.

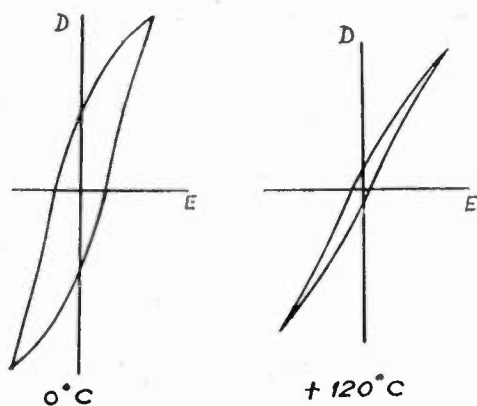


Fig. 18. — Courbes d'hystérésis de BaTiO₃

Classement des titanates.

Mais le cas du titanate de baryum est assez exceptionnel et l'on peut classer les titanates en deux catégories très différentes :

1° Les titanates ferro-électriques dont le « point de Curie » (1) supérieur est contenu dans l'intervalle de température $-60 + 90^\circ \text{C}$ ou est supérieur à cette dernière température.

Ces titanates sont caractérisés par une constante diélectrique très grande toujours supérieure à 300.

2° Les titanates normaux dont le « point de Curie » est inférieur à -60°C , dont la constante diélectrique dépasse rarement 150 et qui se comportent comme des éléments linéaires, sans hystérésis et de caractéristiques hautement stables. Leurs pertes diélectriques sont, en cas de bonne élaboration, extrêmement faibles.

(1) On appelle « point de Curie » des « ferro-électriques » par analogie avec le ferro-magnétisme, les températures où le comportement du matériau sous le champ électrique se modifie radicalement (par suite d'une modification de la structure). Le « point de Curie supérieur » (dans le cas du titanate de baryum 120°C environ) est la température au delà de laquelle on n'observe plus aucune manifestation de ferro-électricité.

Dans le cas des titanates, ce point coïncide avec la température du dernier maximum de la constante diélectrique.

Associations de plusieurs titanates au sein d'une même céramique.

Ce qui frappe le plus dans les différents résultats qui viennent d'être présentés sur les titanates, c'est l'irrégularité très grave des phénomènes en fonction de la température.

Notre préoccupation naturelle est donc de savoir si nous disposons de moyens pour retoucher la nature, par exemple par association de différents titanates au sein d'une même céramique.

En l'absence de toute loi d'association ou de dispersion, la constante diélectrique ϵ d'un mélange de différents corps de constante ϵ_1, ϵ_2 de proportion volumétrique v_1, v_2 est donnée par la relation suivante bien vérifiée par l'expérience dans le cas des mélanges céramiques :

$$\epsilon = \epsilon_1 v_1 + \epsilon_2 v_2$$

ou encore $\log \epsilon = v_1 \log \epsilon_1 + v_2 \log \epsilon_2$

Cette relation conduit immédiatement à la suivante concernant les coefficients de température.

coefficient de température = $v_1 (\text{coeff.})_1 + v_2 (\text{coeff.})_2$

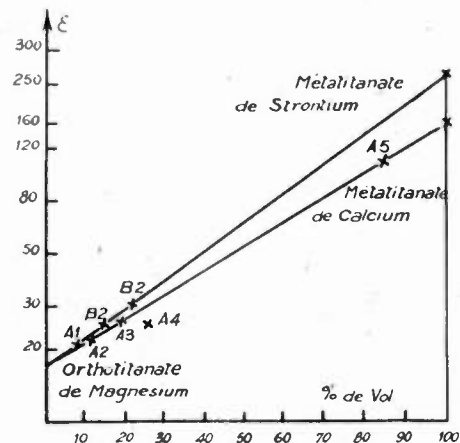


Fig. 19. — Courbes théoriques et valeurs expérimentales montrant l'effet des mélanges sur la constante diélectrique.

Nous sommes donc apparemment bien armés pour réaliser n'importe quelle constante diélectrique comprise entre celle de 2 titanates connus ou n'importe quel coefficient de température.

Prenons, à titre d'exemple, l'une des solutions proposées (1) dans la recherche d'un diélectrique à coefficient de température nul :

Diélectriques de base :

Orthotitanate de magnésie $\frac{1}{\epsilon} \frac{\Delta \epsilon}{\Delta T} = + 120. 10^{-6}$

Titanate de calcium $\frac{1}{\epsilon} \frac{\Delta \epsilon}{\Delta T} = - 1.400. 10^{-6}$

Titanate de strontium $\frac{1}{\epsilon} \frac{\Delta \epsilon}{\Delta T} = - 3.000. 10^{-6}$

(1) Albers Schonberg et Soyck — *Annales de Radiodélectrique*, Tome n° 7.

Le calcul et l'expérience sont d'accord pour que l'on obtienne le coefficient nul par une introduction de 7 % de titanate de calcium dans l'orthotitanate de magnésie.

Les courbes (figures 19 et 20) montrent l'excellente concordance entre les lois théoriques et l'expérience

Il y a d'ailleurs à ce problème particulier bien d'autres solutions possibles. Parmi celles qui sont

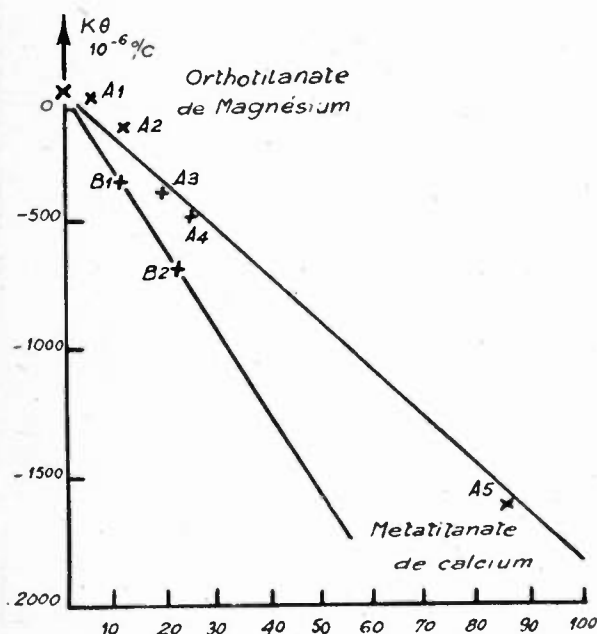


Fig. 20. Courbes théoriques et valeurs expérimentales montrant l'effet des mélanges sur le coefficient de température

exploitées industriellement aujourd'hui plusieurs associent au coefficient nul une constante diélectrique supérieure à 25.

En si bon chemin nous ne pouvons pas manquer d'être tentés par l'obtention de grandes constantes diélectriques par l'association, par exemple, de

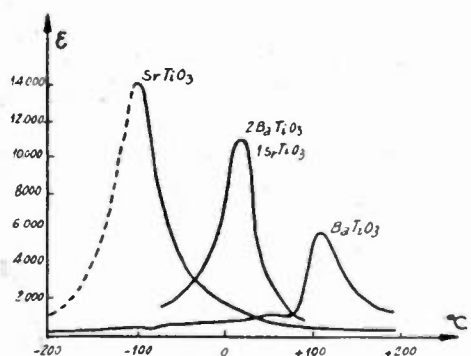


Fig. 21 — Variations de la constante diélectrique en fonction de la température pour les titanates de Ba et Sr.

titanate de baryum et de strontium. On peut en espérer une atténuation de l'irrégularité excessive que présente la constante diélectrique du titanate de baryum vers 120° C.

C'est un résultat tout à fait différent que l'on obtient. La température de maximum a rétrogradé et est venue se placer aux environs de la température ambiante.

Par contre le maximum est toujours aussi aigu (figure 21) et élevé.

C'est que l'on n'a plus affaire à un mélange mais à des cristaux mixtes de baryum-strontium.

Par contre, d'autres titanates ou d'autres oxydes conduisent à des actions intermédiaires c'est-à-dire qu'ils agissent à la fois sur la température de Curie et sur la régularité de $\varepsilon = f(\theta)$. La figure 22 donne

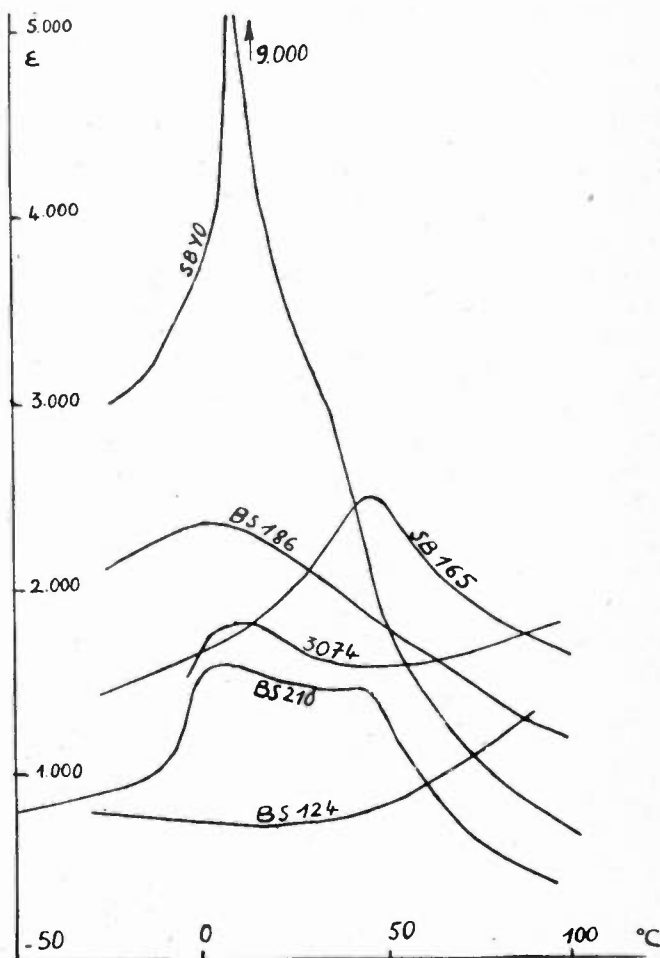


Fig. 22 — Courbes de ε en fonction de la température obtenue au Laboratoire C.S.F.

quelques courbes obtenues au Laboratoire céramique du Centre de Recherches Techniques de la COMPAGNIE GÉNÉRALE de T. S. F. sur différents mélanges.

On découvre ainsi une grande variété de possibilités de combinaisons qui ouvrent un avenir considérable.

5. — Appareils spéciaux de mesures.

De telles recherches supposent évidemment un équipement étendu en appareils spéciaux de mesures.

La description même sommaire de ces appareils et des procédés nous entraînerait trop loin, elle sera examinée dans un article publié ultérieurement.

Conclusion

Si bien des obscurités viennent encore restreindre notre compréhension des propriétés particulières de ces étranges substances que sont les titanates et proposent encore bien des sujets d'étude à la recherche théorique, bon nombre de résultats expéri-

Mais si nous nous arrêtons quelques instants sur l'intérêt profond de ces substances, nous trouvons à la base le fait que nous avons affaire à une céramique polycristalline, de propriétés mécaniques, thermiques et chimiques stables. Presque toutes les fantaisies de forme géométrique peuvent être satisfaites par des moyens industriels, car l'art céramique est très divers.

TABEAU IV

Caractéristiques	Applications
Forte constante diélectrique.	Condensateurs peu selfiques ; miniaturisation des condensateurs.
Faibles pertes diélectriques.	Condensateurs haute qualité. Condensateurs de grande puissance réactive.
Variations particulières de ϵ sous l'action de la température.	Capacités pour correction de dérive.
Anomalies ferro-électriques (1)	Applications calquées par analogie sur l'exploitation de ferro-magnétisme.
Phénomènes non linéaires (ϵ et $\text{tg}\delta$) en fonction de f , θ , V . (1).	Toutes les applications classiques des phénomènes non linéaires, générateurs d'harmonique, etc...
Piézoélectricité (1).	Pick-up, microphones, etc...

(1) Les titanates (ou les céramiques qui en dérivent) dont la constante diélectrique est inférieure à 200 environ ne présentent ni anomalies ferroélectriques, ni défauts de non linéarité. Ce sont au contraire des substances parfaitement stables et dont les caractéristiques sont insensibles à la valeur du champ électrique (cf. page 22 — Classement des Titanates).

mentaux sont solidement acquis et permettent d'ores et déjà d'envisager une foule d'applications technologiques précises.

La liste de quelques unes de ces applications, parmi les principales, dressées dans le tableau ci-dessous, illustre mieux que tout commentaire l'intérêt représenté par la poursuite des études scientifiques et technologiques de ces céramiques spéciales.

Il existe bien d'autres substances, le vieux sel de ROCHELLE comme les cristaux synthétiques modernes qui peuvent être avancés comme des concurrents.

Mais aucun n'a la robustesse qui est l'apanage des céramiques.

Et c'est bien d'ailleurs dans la bonne élaboration céramique de ces matériaux spéciaux que réside la difficulté essentielle du problème.

BIBLIOGRAPHIE

La littérature parue sur le sujet est maintenant si volumineuse, qu'il est difficile de faire un choix correct parmi de très nombreux auteurs spécialisés.

On trouvera à la fin du texte d'un rapport présenté par Monsieur Eug. WAINER à la 89e Assemblée Générale de « The Electrochemical Society » tenue à Birmingham les 11 et 13 avril 1946, les références de 71 publications. Et depuis 1946 la fréquence des publications n'a fait que se multiplier.

On pourra également se reporter à une série d'articles :

« Oscillograph Study of Dielectric properties of Barium Titanate », par Alexandre de BRETTEVILLE Jr. « Journal of The American Ceramic Society » (Novembre 1946).

« Barium Titanates as circuit elements » par A.I. DRANETS G. N. HOWATT, J. W. CROWNOVER. (Revue : *Télé. Techn.*, Avril — Mai et Juin 1949).

« Comportement diélectrique des Titanates » par H.G. JONKER J. H. VAN SANTEN. (Revue : *Technique Philips* — décembre 1949)

LES TRAVAUX DE LA COMMISSION DE MODERNISATION DES TÉLÉCOMMUNICATIONS DU PLAN MONNET

La publication des deux rapports de la Commission de Modernisation des Télécommunications créée en 1947 par le Commissariat Général de Plan de Modernisation et d'Équipement (Plan MONNET) dont le second est plus spécialement consacré à la « Radio » nous a conduit à demander à M. Giboin, qui a assuré la difficile tâche de rapporteur de la Sous-Commission « Radio », un exposé succinct sur les travaux de la Commission de Modernisation des Télécommunications. L'article ci-dessous reprend et développe un article que les Annales des Télécommunications ont publié dans leur Numéro d'octobre 1949.

1. — Le Commissariat Général du Plan de Modernisation et d'Équipement est chargé d'élaborer les programmes d'ensemble pour la modernisation et l'équipement économique de la Métropole et des territoires d'Outre-mer dans le but multiple :

— De développer la production nationale et les échanges extérieurs, en particulier dans les domaines où la position française est la plus favorable :

— D'accroître le rendement du travail :

— D'assurer le plein emploi de la main-d'œuvre ;

— D'élever le niveau de vie de la population et d'améliorer les conditions de l'habitat et de la vie collective.

La modernisation, voie nécessaire et même inéluctable du relèvement, n'a d'autre alternative que la décadence.

Le Commissariat Général a créé dans les diverses branches économiques, en coopération avec les Ministères qui sont intéressés, des Commissions de Modernisation chargées d'étudier la situation française, de fixer les objectifs de production, de recommander des mesures de modernisation et de préciser les moyens de réalisation : outillages, main-d'œuvre, investissement et financement, méthodes d'exécution.

La priorité a été donnée aux ressources-clefs, à savoir :

— L'énergie : c'est-à-dire principalement les houillères et la production et distribution de l'électricité.

— La sidérurgie ;

— Le ciment ;

— Le machinisme agricole ;

— Et les transports.

Mais outre ces six branches économiques de base, nombre d'autres ont eu des commissions de modernisation (main-d'œuvre, équipement rural, production végétale, production animale, matériaux de construction, bâtiment et travaux publics, machine-outil, automobile, textile, etc...).

Une caractéristique qui mérite d'être soulignée pour toutes ces Commissions est qu'elles comprennent à la fois des usagers, des industriels ou producteurs et des représentants du personnel et des cadres des entreprises.

Toutes ces commissions ont créé des Sous-Commissions et des Groupes de travail qui ont tenu de nombreuses séances et la plupart ont déposé leurs rapports.

2. — Une Commission de modernisation spéciale a été créée pour les télécommunications par arrêté en date du 15 juillet 1947.

Cette création souligne à juste titre l'importance du rôle joué par les télécommunications dans l'économie. Cette importance est du même ordre que celle des transports, et l'on peut dire que si les transports sont le système circulatoire de la vie moderne, les télécommunications en sont le système nerveux.

Les membres de la Commission, à l'unanimité, ont demandé que les télécommunications soient classées parmi les activités de base, et il semble que ce ne soient que des raisons d'opportunité qui aient empêché ce classement prioritaire.

La Commission de Modernisation des Télécommunications a créé trois sous-Commissions, deux pour « le fil » et une pour « la radio », chacune de ces sous-commissions ayant constitué de nombreux groupes de travail. Ces trois sous-commissions sont :

— Sous-Commission « Transmissions par fil » : liaisons par câbles enterrés ou immergés et lignes aériennes, équipements associés à ces liaisons.

— Sous-Commission « Commutation » : appareils téléphoniques et télégraphiques et matériel de centraux.

— Sous-Commission « Radio » : radio-communications, radio-diffusion et télévision, applications industrielles de la haute-fréquence et de l'électronique.

Le domaine de leurs études s'étend :

— D'une part à l'ensemble de l'équipement du pays en moyens de télécommunications basés sur

les phénomènes électriques et électroniques, ainsi qu'en appareils et systèmes de télécommande ou d'applications industrielles de la haute-fréquence.

— D'autre part à l'ensemble des industries qui consacrent la plus grande partie de leur activité à la fourniture et à l'installation du matériel destiné à cet équipement.

La Commission a déposé deux rapports en avril et juillet 1948 : le premier résume les travaux des deux premières sous-commissions, celles du « fil » où la clientèle est constituée essentiellement par l'Administration des P.T.T. dont les besoins dépassent de beaucoup ceux de tous les autres clients : le second rapport expose les travaux de la branche « radio » qui a eu à traiter des problèmes plus complexes du fait principalement du nombre élevé des « metteurs en œuvre » (administrations, services publics, clientèle privée) dont aucun, pris isolément ne peut exercer une influence déterminante sur l'avenir de l'industrie électronique.

3. — Les objectifs à atteindre, posés par la Commission de Modernisation aux sous-commissions qu'elle avait créées, étaient basés sur les nécessités vitales de notre pays et sur l'état actuel de la technique des télécommunications compte tenu de ses progrès et développements les plus récents, en prenant comme point de comparaison l'équipement actuel de la Grande-Bretagne et de l'Empire Britannique, pays qui sont sensiblement comparables à la France et à l'Union Française.

Il a été reconnu nécessaire d'établir un plan de modernisation et d'équipement échelonné sur une période suffisamment longue, pour que les entreprises auxquelles un gros effort technique et financier sera demandé, aient la possibilité de répartir cet effort sur plusieurs années, avec la certitude de pouvoir, dans la suite, utiliser à plein leurs nouveaux moyens de production.

Dans ces conditions, le programme a été établi pour *dix ans*, en matières de transmissions par fil et de commutation, où la technique est relativement stabilisée, et pour *cinq ans*, dans le domaine électronique, où l'évolution de la technique est particulièrement rapide. Mais comme une grosse partie du financement du plan de Modernisation et d'Équipement incombe au budget des Administrations, il est à peu près certain, que sa durée de réalisation va s'allonger de façon importante, à cause de la situation budgétaire actuelle.

Ces objectifs sont, par exemple, le doublement en 10 ans de la densité téléphonique en France : il y aura 3.900.000 postes d'abonnés principaux ou supplémentaires, à la fin de l'exécution du plan, contre 1.955.000 au 1^{er} Janvier 1947, ce qui fera passer la densité de postes téléphoniques par 100 habitants de 4,78 à 9,15 ; en outre, comme cet objectif est très modeste puisqu'il doit amener notre pays dans dix ans à un niveau correspondant au *niveau actuel* de la Grande-Bretagne, un objectif un peu plus ambitieux a été donné comme variante pour le seul domaine des câbles et lignes aériennes, où l'industrie peut plus facilement s'adapter au programme étudié : il comporte une augmentation de 50 % en plus.

Pour les appareils et installations télégraphiques, l'objectif est la généralisation de l'appareil télé-imprimeur arithmétique qui se prête à la commutation supprimant les retransmissions, il comporte donc la transformation totale du réseau exploité actuellement avec des appareils jugés désuets.

Dans le domaine radioélectrique, les objectifs du plan quinquennal comportent essentiellement le remplacement par du matériel homogène, moderne et bien adapté aux buts poursuivis, de tous les matériels anciens et hétéroclites, difficiles et coûteux à exploiter et à entretenir, ayant survécu à la guerre ou mis en place depuis la libération du territoire pour reconstituer au plus vite tant bien que mal tous les réseaux (P. T. T., sécurité de la navigation aérienne et maritime, radiodiffusion, etc.).

4. — Quelques détails doivent être donnés ici plus spécialement sur le programme établi par la Sous-Commission Radio. Dans le domaine Radiocommunications, il comprend d'abord le Réseau de Gouvernement et les besoins de la Défense Nationale, programme que la Commission n'a pas discuté, mais qu'elle a accepté tel qu'il lui était présenté globalement par les organismes responsables : elle a toutefois jugé opportun de vérifier que l'unification des matériels dans cet ordre de besoins, entre eux, ou avec les besoins civils examinés ultérieurement, était poursuivie et réalisée dans toute la mesure du possible ; cette unification, grâce à l'action du Comité de Coordination de l'Union Française (C.C.T.U.) et du Centre National d'Études des Télécommunications (C.N.E.T.) se poursuit depuis le stade de la recherche où les programmes et marchés d'études sont établis et passés en commun et suivis par des équipes de techniciens composées de représentants des divers services intéressés, jusqu'au stade de la réalisation, par le groupement des commandes (multiplex, émetteurs 10 Kw et 1 Kw normalisés, récepteurs, appareils de mesures, tubes électroniques spéciaux, etc...) ; elle s'étend même en profondeur par la normalisation et l'unification des spécifications du matériel professionnel et de ses pièces détachées. Il comprend aussi le programme des services radioélectriques des P.T.T. et des compagnies privées de radiocommunications, qui sont ouverts au public, et où le trafic est chaque jour plus intense, les extensions nécessaires du réseau de radiocommunications de l'Union Française qui se raccordent aux réseaux précédents et les ramifient. Il s'étend aux transports aériens et maritimes où l'établissement d'une infrastructure de sécurité sur l'ensemble de la France et de l'Union Française est essentiel pour ne pas en écarter les routes aériennes et maritimes : la météorologie nationale et la navigation côtière ne sont pas omises dans ce chapitre, non plus que les besoins privés de l'Aviation civile et Commerciale et de la Marine marchande, ni le programme de la S.N.C.F.

Dans le domaine de la Radiodiffusion et de la Télévision, les objectifs sont les suivants :

a) Assurer à l'ensemble des auditeurs métropolitains l'écoute de 4 programmes dont 3 programmes à caractère national et le quatrième à caractère lo-

cal pour faire connaître le folklore et utiliser les ressources artistiques et universitaires régionales ;

b) Assurer aux auditeurs des territoires d'outre-mer, à grande distance, à l'aide d'émetteurs à ondes décamétriques, un programme élaboré de préférence par la métropole, ce programme pouvant être retransmis par des émetteurs locaux et complété éventuellement par des émissions régionales à partir de ces mêmes émetteurs locaux ;

c) Assurer aux auditeurs d'Algérie, Tunisie, Maroc, deux programmes séparés, émis simultanément à partir de ces territoires, l'un en langue française, l'autre en langue arabe et kabyle ;

d) Assurer à partir d'une métropole musulmane la centralisation d'émissions à destination des pays de langue arabe (Afrique du Nord, Proche et Moyen-Orient) ;

e) Assurer la diffusion de programmes télévisés sur l'ensemble du territoire national et amorcer la constitution d'un réseau international de télévision dans l'ouest européen ;

f) Améliorer le rendement de l'exploitation des studios par leur regroupement dans une « Maison de la Radio », moderniser et renforcer leurs moyens techniques ; il faut noter à ce point de vue la généralisation de l'emploi du magnétophone qui assure une qualité d'enregistrement bien supérieure à tous les autres dispositifs.

Enfin le domaine des applications industrielles de la haute-fréquence (chauffage de corps conducteurs ou isolants placés dans un champ électrique alternatif de haute fréquence) et de l'électronique (télécommandes, actions à distance, calculateurs électroniques, etc...) a été inclus dans l'étude de la Commission, parce qu'il utilise les mêmes phénomènes électriques de base et qu'il emploie des appareils tout à fait analogues, étudiés et fabriqués par les mêmes industriels que les appareils de télécommunications. Ce domaine semble même devoir constituer pour l'industrie radioélectrique un débouché futur extrêmement étendu, et dans les conditions actuelles de restrictions budgétaires entraînant des réductions des commandes des matériels de télécommunications proprement dits, il peut constituer pour elle une « reconversion » lui permettant d'atténuer les effets de cette crise.

Les possibilités d'exportation pour tout le matériel électronique de ces trois domaines ont été étudiées en même temps.

5. — Les programmes d'équipement du pays ont, sur ces bases, été étudiés dans le détail. Les crédits nécessaires à leur exécution sont, ainsi qu'il a été signalé plus haut, pour la plus grande part à la charge du budget. C'est ainsi que l'Administration des P.T.T. devra dépenser en 10 ans pour l'exécution du programme « fil » environ 397,5 milliards de Frs, (valeur basée sur les conditions économiques au 1er janvier 1950), à savoir :

— 176 milliards pour les transmissions par fil ;

— et 221 milliards et demi pour la commutation ; les autres départements ministériels et services publics ayant à leur charge 107 milliards.

Pour le programme « radio », le montant des crédits nécessaires, non compris ceux des Forces Armées est de 77,5 milliards pour cinq ans à la charge du budget des Administrations et de près de 11 milliards d'investissements privés (compagnies de navigation, armateurs et industriels).

A propos de ces crédits privés, il importe de signaler que le montant prévu pour les applications industrielles de l'électronique et de la haute-fréquence au cours de cette première période quinquennale est relativement très faible ; son évaluation a été faite avec prudence, en raison des conditions économiques actuelles. Pour le moment c'est surtout un gros effort d'information et de documentation technique qui est fait à ce sujet. L'équipe de travail créée pour leur domaine, a été placée sous la présidence du Commissaire Général à la Normalisation et de Service des Economies de Matières qui en dépend, afin de mettre ainsi en lumière leur principal avantage ; des réunions d'information ont eu lieu avec toutes les branches d'industrie susceptibles d'être intéressées. Le rôle des centres d'études techniques que les diverses industries ont créés sera très utile pour mettre au point, en liaison avec les techniciens de la construction radioélectrique, les outillages particuliers à chaque application.

6. — La Modernisation et le Développement de l'industrie, en vue de la mettre en mesure de réaliser le matériel nécessaire à l'équipement du pays précisé ci-dessus, a fait l'objet de travaux, approfondis, l'importance fondamentale des tubes électroniques, des pièces détachées et des appareils de mesures de télécommunications, ainsi que leur dépendance étroite de la qualité de matières premières très nombreuses et variées ont conduit à étudier dans le détail non seulement le développement de l'industrie radioélectrique proprement dite, mais celui des industries connexes qui lui fournissent ses matières : verrerie, métallurgie, céramique, industrie chimique, papier, etc..

Les besoins financiers de l'industrie ont été évalués :

— en ce qui concerne les investissements, qui pourront être réalisés par autofinancement dans la plupart des cas :

à 11 milliards en dix ans pour le fil,

à 8 milliards en cinq ans pour la radio, et pour l'augmentation des fonds de roulements :

à près de 30 milliards pour le fil,

et 8 milliards pour la radio.

Pour les industries électroniques, le deuxième rapport de la Commission de Modernisation des Télécommunications, après avoir étudié leur capacité théorique de production actuelle, en les examinant dans leurs diverses subdivisions spécialisées :

tubes électroniques, pièces détachées et ensembles complets, traite les divers problèmes à résoudre pour réaliser le programme d'équipement et d'exportation et examine successivement les points suivants :

— *Le problème des études et des recherches* qui présente une importance toute particulière à cause de la rapidité avec laquelle évolue la technique électronique, et qui doit être posé dans toute son ampleur :

— *Le problème de la main-d'œuvre spécialisée* nécessaire non seulement aux industriels électroniques, mais encore aux administrations et services publics et aux compagnies d'exploitation, notamment en ce qui concerne la formation professionnelle des ouvriers et techniciens de toute catégorie dont le rôle est particulièrement important dans la technique électronique, étant donné le caractère hautement élaboré des matériels fabriqués et employés :

— *La modernisation de la branche des tubes électroniques* qui est étudiée en détail dans ses subdivisions : tubes de réception, tubes d'émission et tubes cathodiques :

— *Celle de la branche des pièces détachées*, y compris l'industrie des condensateurs électriques :

— *Celle des appareils de mesures de télécommunications* :

— *Enfin le problème du financement de l'industrie radio professionnelle et des sociétés de recherches*. Ces deux branches des industries électroniques consacrent pratiquement la quasi-totalité de leur activité à la satisfaction des besoins généraux de l'Etat représenté par un nombre important de services publics. Leur équilibre industriel et le financement de leur développement dépendent donc étroitement de la forme juridique et économique des contrats conclus entre les industriels intéressés et l'Etat client.

Au cours des travaux de la Commission de Modernisation et de ses Sous-Commissions, les industriels ont insisté sur la nécessité d'améliorer les conditions de paiement des Administrations publiques et la révision des prix, en vue de réduire les risques et les avances de trésorerie des fournisseurs de l'Etat. Les errements actuels sont en effet désavantageux pour les deux parties et constituent une inflation déguisée qui risque d'être fort dangereuse pour les finances mêmes du Pays.

7. — Ainsi que le souligne d'une façon précise le premier rapport de la Commission de Modernisation des Télécommunications au texte duquel le

présent article a fait de larges emprunts, le programme d'Equipement et de Modernisation élaboré par la Commission, imposé par l'évolution de la technique et nécessaire pour rattraper le retard dans lequel se trouve notre pays, est parfaitement réalisable en fonction des ressources générales du Pays sans lui imposer un effort exagéré. Les Télécommunications représentent une activité bien adaptée au génie français comme l'a surabondamment prouvé la contribution apportée par notre Pays à la création et au développement de cette technique et leur extension élèvera de façon sensible le niveau de vie de la population.

En outre il n'est pas besoin de longues démonstrations pour prouver que ce programme est *rentable* : l'examen des comptes d'exploitation de l'Administration des P.T.T., (tant pour le téléphone que pour le télégraphe ou pour les services radioélectriques) ou de l'Administration de la radiodiffusion prouve cette rentabilité. Il en est de même pour les autres équipements radioélectriques, que ce soient le programme de sécurité de la navigation aérienne et maritime, qui diminue les durées d'indisponibilité des avions et des navires dues aux conditions météorologiques, — ou les besoins de la S.N.C.F. pour ses gares de triage, qui accélèrent la rotation des wagons, — ou les applications industrielles de la haute-fréquence et de l'électronique qui économisent l'énergie, la main-d'œuvre et le temps d'élaboration des divers produits industriels.

La modernisation n'est pas seulement rentable pour l'économie interne de notre Pays, mais encore elle sera productrice de devises et elle pourra rehausser la situation internationale de la France que sa position géographique place en effet à un nœud, à un point de croisement de toutes les routes de trafic de l'Europe Occidentale et même du monde Occidental.

Enfin, le matériel de Télécommunications, qui est caractérisé par une importante incorporation de travail humain, tant intellectuel que manuel, et dont le prix de vente est, de ce fait, beaucoup plus élevé que celui des matières qui le constituent (ce prix varie de 2.000 à 50.000 fr le kg suivant sa complexité) présente un très grand intérêt pour l'exportation. Nous avons déjà conquis une place dans ce domaine sur les marchés internationaux, il reste à la consolider et à l'affirmer.

En conclusion, l'on peut dire sans exagération que l'exercice même du Gouvernement et de la Souveraineté Nationale est actuellement impossible sans des Télécommunications équipées de façon moderne.

CONDENSATEURS H. F. AU POLYSTYROL

SOUS POLYÉTHYLÈNE
INJECTÉ

SOUS TUBE MÉTALLIQUE
ÉTANCHE



PERLE de VERRE



DIRECTION SERVICES COMMERCIAUX
89 RUE DE LA FAISANDERIE — PARIS (16^e)

SERVICES D'INSTALLATION LABORATOIRES
TÉLÉPHONE : TROCADERO 45-50 et 12-71

AG PUBLÉDITEC-DOMENACH



Installations de Studios
DE
RADIODIFFUSION
TÉLÉPHONIE
à longue distance
Répéteurs
Courants porteurs
**APPAREILS
DE MESURES**

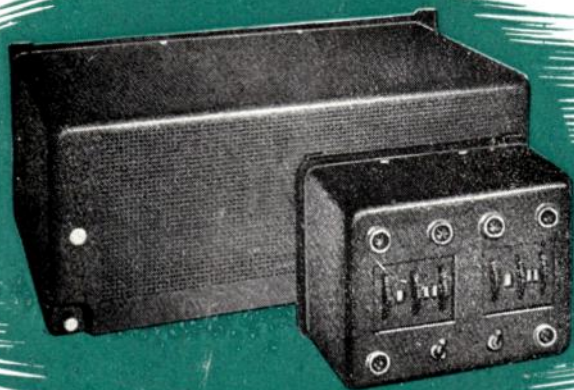
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

DÉPARTEMENT CABLES ÉLECTRIQUES ET TÉLÉCOMMUNICATIONS
69, RUE DE MONCEAU, PARIS-8^e - TÉL. : LABORDE 60-50

Giorgi

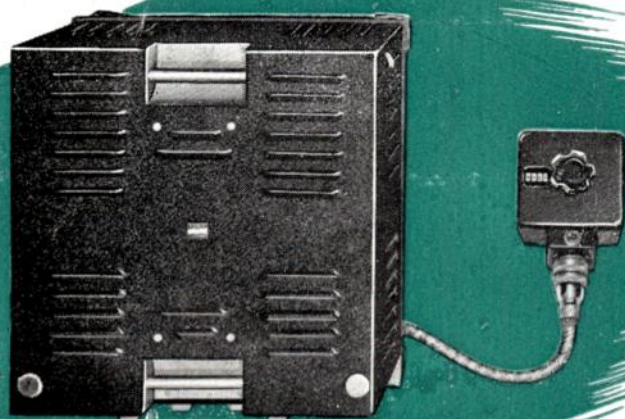
SADIR - CARPENTIER

3 *Présente* POSTES DE BORD **VHF**



POUR AVIONS MILITAIRES

E.R. 546
POLYCAN AUX
Gamme 100 à 156 Mc/s.
Grande facilité d'emploi.



POUR AVIONS COMMERCIAUX

E.R. 420
160. CANAUX
Gamme 116 à 132 Mc/s.
Conforme aux recommandations de l'O.A.C.I.



POUR AVIONS LÉGERS

AIRFONE
4 CANAUX
Gamme 108 à 156 Mc/s.
Poids inférieur à 6 Kgs.
Dimensions réduites.
S'utilise comme un téléphone ordinaire.

SADIR - CARPENTIER

101, BOULEVARD MURAT - PARIS (16^e)

AGENCE PUBLÉDITEC-DOMENACH



Société Anonyme
au Capital de
400.000.000 de Frs

AUT. 81-25

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publéditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs, PARIS-2^e, Tél. CENTral 97-63

DÉTECTEUR DE DÉFAUTS ...

SUR LES LIGNES

CSF

APPLICATION DE LA TECHNIQUE DES RADARS AU CONTRÔLE DES LIGNES



★ **D.M.I.** Appareil de mesure des impédances caractéristiques des câbles coaxiaux.

Portée..... 500 mètres
Précision en distance ± 3 mètres
Précision de la mesure d'impédance.. $\pm 0,1 \%$

★ **D.V.B.** Détecteur de défauts pour câbles coaxiaux.

★ **D.L.A.** Détecteur de défauts pour lignes aériennes de transport d'énergie

★ **D.L.S.** Détecteur de défauts pour lignes souterraines de transport d'énergie

★ NOTICE SUR DEMANDE



Portée..... 500 mètres
Précision en distance ± 5 mètres
Minimum de défaut détectable $\pm 1 \%$ de variation d'impédance caractéristique

Portée..... 500 kilomètres
Précision en distance ± 100 mètres
 quelle que soit la distance.
Minimum de défaut détectable $\pm 10 \%$ de variation d'impédance caractéristique

Portée..... 10 kilomètres
Précision en distance ± 10 mètres
 quelle que soit la distance.
Minimum de défaut détectable $\pm 10 \%$ de variation d'impédance caractéristique

C^{IE} G^{LE} DE TELEGRAPHIE SANS FIL
CENTRE DE RECHERCHES TECHNIQUES

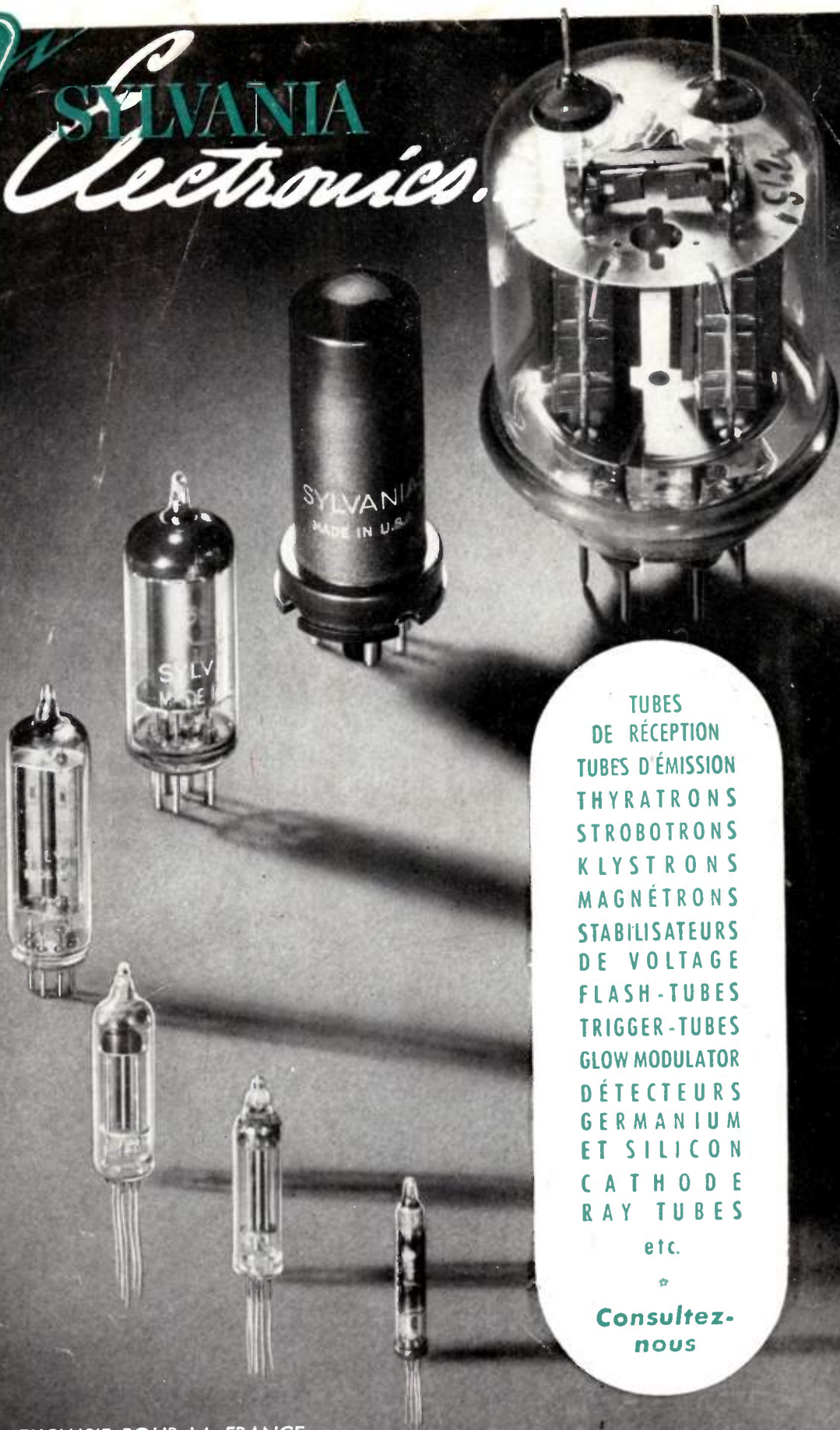
23, RUE DU MAROC - PARIS-19^e - TÉL. BOT. 17-06, 66-50, 66-51

AG. PUBLÉDITEC DOMENACH

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publéditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs PARIS-2^e, Tél. CENTral 97-63



SYLVANIA
Electronics.



TUBES
DE RÉCEPTION
TUBES D'ÉMISSION
THYRATRONS
STROBOTRONS
KLYSTRONS
MAGNÉTRONS
STABILISATEURS
DE VOLTAGE
FLASH-TUBES
TRIGGER-TUBES
GLOW MODULATOR
DÉTECTEURS
GERMANIUM
ET SILICON
CATHODE
RAY TUBES
etc.

☆
**Consultez-
nous**

AGENT EXCLUSIF POUR LA FRANCE :

RADIO TELEVISION FRANÇAISE

29, RUE D'ARTOIS, PARIS-8^e - TÉL. BAL. 42-35 et 36

Régisseur exclusif de la Publicité de l'Onde Electrique : Agence-Publéditec-Domenach, 21, Rue des Jeuneurs, PARIS-2^e, Tél. CENTral 97-63