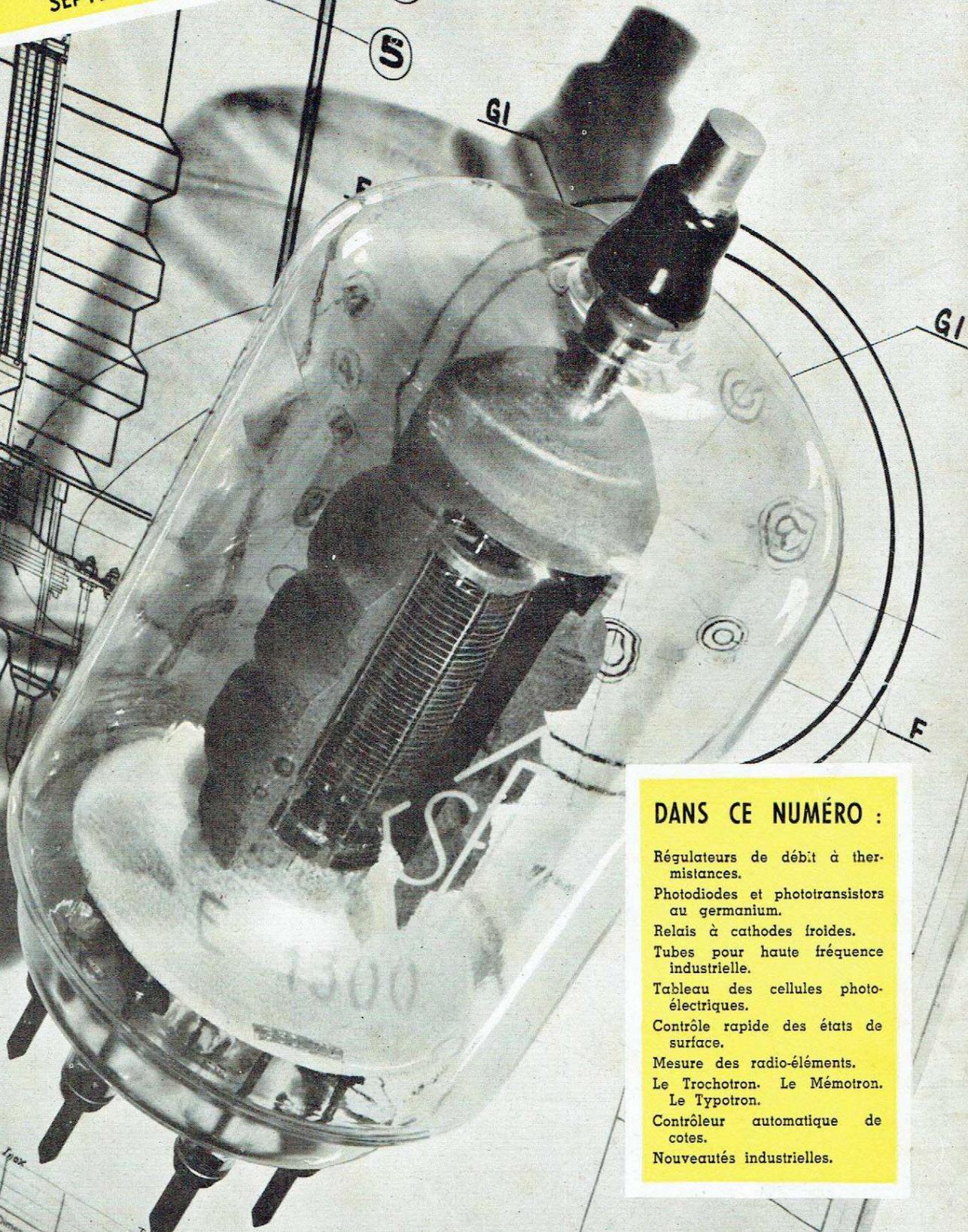


électronique Industrielle

N° 4

SEPTEMBRE-OCTOBRE 1955

300 Fr.



DANS CE NUMÉRO :

- Régulateurs de débit à thermostances.
- Photodiodes et phototransistors au germanium.
- Relais à cathodes froides.
- Tubes pour haute fréquence industrielle.
- Tableau des cellules photo-électriques.
- Contrôle rapide des états de surface.
- Mesure des radio-éléments.
- Le Trochotron. Le Mémotron. Le Typotron.
- Contrôleur automatique de cotes.
- Nouveautés industrielles.

BLE DE LA LAMPE

Acier Inox
Acier

Matière

Dimensions

Observations

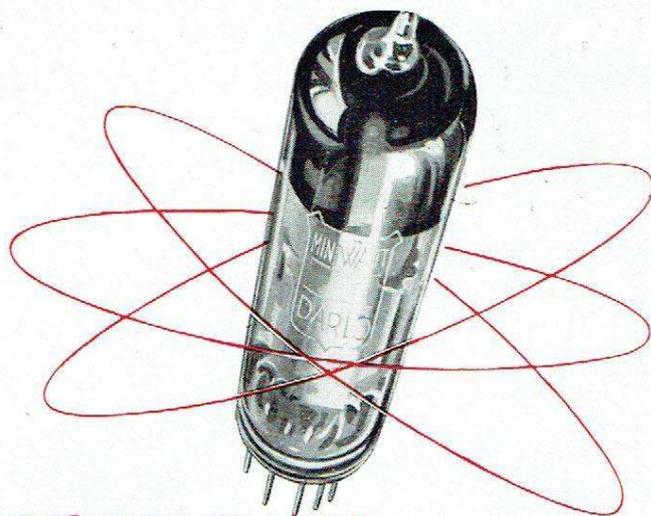
7.7155
7.758A
X 624A
7.7764

8
7
6
5

1
1
1

1

Belle
A...



L'ÉLECTRONIQUE

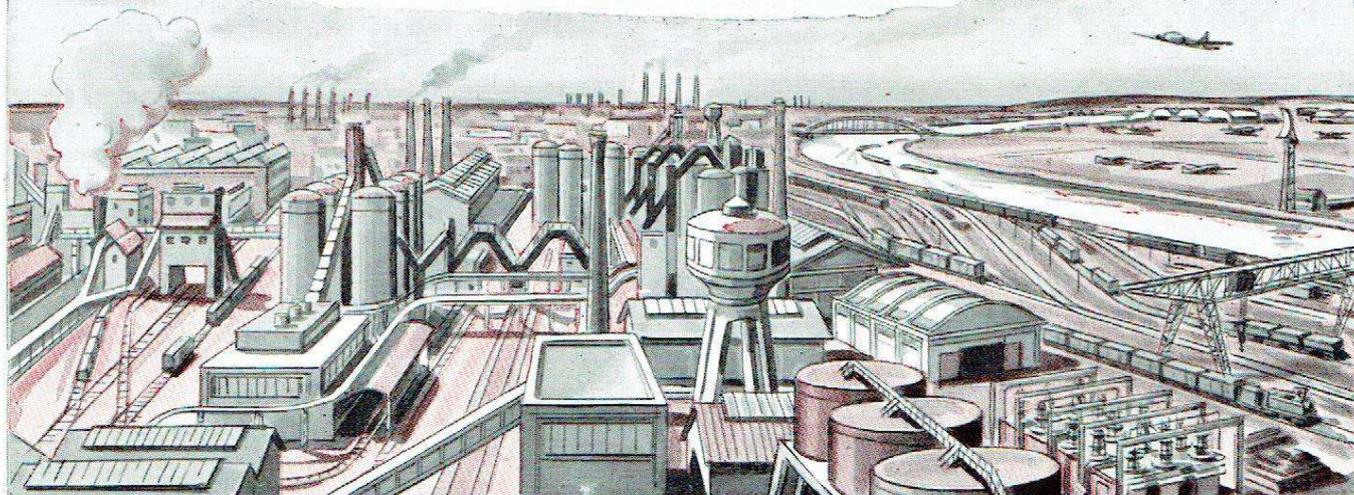
est au service de

L'INDUSTRIE

LA RADIOTECHNIQUE

met à la disposition des Constructeurs d'Équipements Électroniques :

- **LES TUBES ÉLECTRONIQUES "DARIO" ET "MINIWATT-DARIO":** Thyratrons, Cellules photoélectriques, Redresseurs, Tubes professionnels de la série "SÉCURITÉ" etc..
- **LES PIÈCES DÉTACHÉES "TRANSCO" DE QUALITÉ:** Condensateurs, Auto-transformateurs variables, Résistances, Ferroxcube, Ferroxdure etc..
- **UN LABORATOIRE D'APPLICATIONS** pour études de circuits. Mise au point de prototypes et recherches diverses.
- **UNE DOCUMENTATION TECHNIQUE** très complète et en particulier le Bulletin d'Informations "ÉLECTRONIQUE & INDUSTRIE"



S.A. LA RADIOTECHNIQUE - Division Tubes Électroniques et Pièces Détachées
Dépt. Électronique Industrielle, 130, av. Ledru-Rollin, PARIS XI^e - VOL. 23-09

électronique Industrielle

Revue bimestrielle destinée aux promoteurs de technique moderne et aux utilisateurs des méthodes et appareils électroniques

publiée par la

**SOCIÉTÉ DES
ÉDITIONS RADIO**

ABONNEMENTS ET VENTE :

9, Rue Jacob — PARIS-6°
Tél. : ODE. 13-65 Ch. P. : 1164-34

★

REDACTION :

42, Rue Jacob — PARIS-6°
Tél. : LIT. 43-83 et 43-84

★

PUBLICITE :

(Advertising)

S E D I S

1, Avenue Louis-Pasteur, BAGNEUX
(Seine)
Tél. : ALE. 38-10

★

DATES DE PUBLICATION :

N° 1 Mars-Avril 1955
N° 2 Mai-Juin 1955
N° 3 Juillet-Août 1955
N° 4 Septembre-Octobre 1955
N° 5 Novembre-Décembre 1955
N° 6 Janvier-Février 1956

Les articles publiés n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.
Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus

PRIX DU NUMÉRO : 300 Fr.

ABONNEMENTS :

(un an - 6 numéros)

France et U.F. **1500 Fr.**
Étranger **1800 Fr.**

Sommaire

N° 4 — 1955

- 118** Sécurité, par E. AISBERG.
119 Régulateurs automatiques de débits à thermistances, par M. LE CHEVALLIER et M. LELEU.
123 Photodiodes et phototransistors au germanium, par J.-P. VASSEUR.
126 Les tubes relais à cathode froide, par M. LE CHEVALLIER et M. LELEU.
128 Tubes pour H. F. industrielle, par A. BESSON.
137 Le contrôle rapide des états de surface, par F. LAFAY.
141 Les radioéléments artificiels : II. La mesure, par B. GRINBERG.
148 L'industrie électronique vue par *Electronique Industrielle*.

PAGES DÉTACHABLES

- 131** Caractéristiques du tube E 1300.
132 Caractéristiques du tube E 1567.
133 Les photorésistances au sulfure de cadmium.
134 Tableau des cellules photo-électriques à gaz et à vide.
136 Photodiode au germanium Transco.

A TRAVERS LA PRESSE MONDIALE

- 145** Le trochotron coaxial RYG 10.
146 Le mémotron. — Le typotron.
147 Contrôleur automatique de cotes.

EN COUVERTURE

Version expérimentale du tube E 1300 pour H. F. industrielle (voir l'article page 128), dans laquelle la suppression d'une partie de l'anode en graphite a permis l'étude du comportement des équipages filament et grille après plusieurs milliers de mises sous tension brusques du filament (*document S.F.R.*).

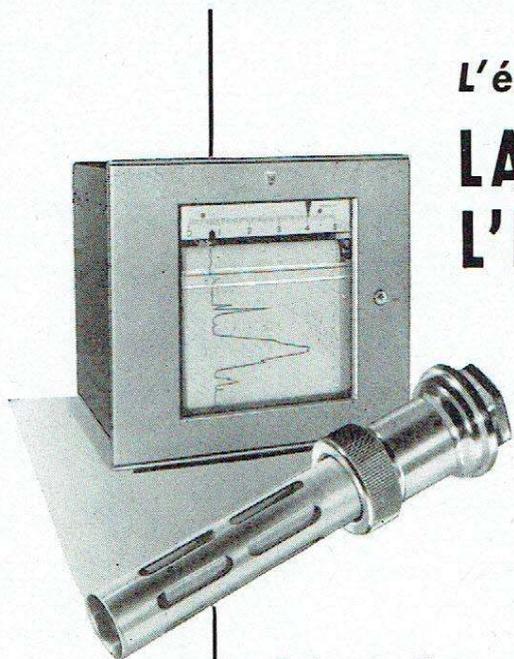
Autres revues publiées par la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO :

- ★ **TOUTE LA RADIO** _____ (Fondée en 1934)
★ **RADIO-CONSTRUCTEUR** _____ (Fondée en 1936)
★ **TÉLÉVISION** _____ (Fondée en 1939)

L'électronique apporte une solution nouvelle à LA MESURE, LA REGULATION ET L'ENREGISTREMENT DES GAZ

Air, gaz d'éclairage, propane, etc...



Utilisez un pont de mesure à équilibrage automatique PHILIPS

type PR 2202 B pour la mesure de l'humidité absolue

type PR 2200 H pour la mesure de l'humidité relative

raccordé à une cellule détectrice d'humidité PR 6000 H

Cette cellule au chlorure de lithium ramène la mesure de l'humidité à la mesure d'une température par un thermomètre à résistance qui est branché sur le pont de mesure à équilibrage automatique.

- Etalonnage direct en point de rosée
- Grande rapidité de réponse
- Grande précision
- Alimentation assurée par le réseau
- Grande sensibilité
- Fluctuations maxima admises de la tension du secteur : $\pm 10\%$

Demandez
notre
Documentation
N° 635

PHILIPS-INDUSTRIE

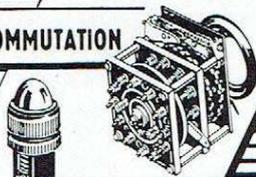
105, R. DE PARIS, BOBIGNY (Seine) - Tél. VILLETTE 28-55 (lignes groupées)

ELVINGER 11362

Toute une gamme de pièces spéciales

Ch. G

COMMUTATION

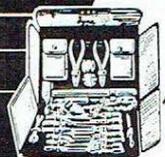


SIGNALISATION

PETIT APPAREILLAGE
ÉLECTRIQUE



OUTILLAGE



RADIO

Demandez Notice 40

Dyna

36, AV. GAMBETTA, PARIS-20^e - ROQ. 03-02

VIENT DE PARAÎTRE

TECHNIQUE MODERNE
DU

CINÉMA SONORE

par Robert MIQUEL

LA PRATIQUE DU SON

Tout radio-électricien est, tôt ou tard, appelé à s'occuper des installations de cinéma sonore. Voilà pourquoi il se doit d'étudier l'ouvrage documenté de Miquel qui analyse les différents procédés d'enregistrement et de reproduction et qui étudie en détail le lecteur de son, les amplificateurs, la cabine et la salle de projection. Les procédés les plus récents (cinérama, cinémascope, relief sonore) ne sont pas oubliés. Pour mettre au point, entretenir, dépanner ou améliorer une installation, on trouvera tous les renseignements théoriques et pratiques dans ce livre, en partie constitué par des articles publiés dans « Toute la Radio »

Un volume de 160 pages illustré de 122 schémas, photos et croquis avec nombreux tableaux
PRIX: 450 Fr. ★ PAR POSTE: 495 Fr.

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, Rue Jacob - PARIS-6^e - Ch. P. 1164-34

Sécurité

— Vous ne voulez quand même pas que je confie la commande de mes fours à vos lampes de T.S.F. ? J'ai un poste de marque qui, en deux ans, est tombé en panne trois fois. Cela m'a coûté cher. Mais si mes fours sont mal réglés parce que vos dispositifs électroniques flanchent, je perdrai infiniment plus... Ah non, merci ! Pas d'électronique chez moi.

Et voilà ! Le langage que tient ce directeur d'une grosse entreprise de céramique, nous l'avons souvent entendu. Il exprime une méfiance foncière à l'égard de l'électronique qui serait « trop fragile, pas au point, tout au plus bonne à amuser les gens du labo ».

Les enfants n'ont pas à payer pour les péchés de leurs pères. Et pourtant l'Electronique expie les péchés de la Radio dont elle est issue. Les défaillances des récepteurs de radiodiffusion (de moins en moins fréquentes maintenant) sont inconsciemment et injustement extrapolées sur le domaine de l'Electronique qui pâtit de ce traitement.

Il y a aussi probablement une autre cause de méfiance : c'est l'apparente immobilité des dispositifs électroniques qui ne dit rien qui vaille aux mécaniciens. Les phénomènes ultra-rapides dont tubes, transistors et circuits sont le siège leur échappent et, de ce fait, leur sont hautement suspects...

Or, entre la « radio d'amateur » et l'Electronique « professionnelle » existent des différences fondamentales qui portent à la fois sur :

- 1) Les éléments de montage ;
- 2) Les méthodes de leur assemblage ;
- 3) La conception même des appareils.

En effet, le matériel utilisé en Electronique industrielle répond à des cahiers de charges extrêmement sévères. Il est robuste, précis, adapté à ses fonctions

et fait pour durer. Certes, il est nettement plus coûteux que celui que l'on utilise dans les récepteurs de radio, mais c'est là, le plus souvent, un aspect secondaire du problème.

Les seuls éléments qui, naguère, offraient un risque de défaillance, étaient les tubes électroniques. De nos jours, la création des tubes de sécurité a éliminé toute raison d'inquiétude de ce côté. Des machines à calculer pourvues de milliers de tubes fonctionnent des journées entières sans interruption. Et déjà les transistors qui ont toute la solidité... des solides, apportent la garantie de leur quasi-pérennité dans un domaine où tout semblait jadis si éphémère.

Une des tâches de notre Revue est, d'ailleurs, de présenter à ses lecteurs une vue d'ensemble de ce matériel professionnel (que les Anglais désignent de l'adjectif « reliable », c'est-à-dire « digne de confiance », « sur qui on peut compter »). Nous le faisons sous forme de tableaux synoptiques dont la composition nous coûte beaucoup d'efforts, car il faut rassembler et présenter sous un aspect homogène et pratique des informations éparses. C'est ainsi que dans notre numéro 2, on a pu trouver le tableau des auto-transformateurs à rapport variable, dans le numéro 3 celui des stabilisateurs de tension et, dans le présent numéro, celui des cellules photo-électriques à vide ou solides (photodiodes et phototransistors). D'autres tableaux suivront.

Montés avec du matériel « reliable » selon les règles strictes de câblage professionnel, les dispositifs électroniques actuels offrent toutes les garanties de sécurité. Ils peuvent et doivent être adoptés dans tous les domaines de l'industrie où ils permettront de produire mieux, plus vite et moins cher.

E. AISBERG.

S.O.S. N° 1 S.O.S. N° 2

Nous avons transmis dans le numéro précédent un appel d'un de nos lecteurs au sujet de l'équipement électronique susceptible d'aider le garagiste. On trouvera à la page 122 du présent numéro une première réponse. Nous avons reçu depuis une communication également très intéressante d'un lecteur habitant l'Espagne et nous nous ferons un plaisir de la publier très prochainement.

Et voici une deuxième question, qui nous est posée par la maison espagnole **Electro-Radio** de San Cugat del Vallés et qui présente d'ailleurs certainement un intérêt très général : **comment contrôler le centrage du conducteur dans un fil isolé** (bien entendu, par un procédé non destructif...)?

Nous signalons déjà aux intéressés qu'un dispositif apparemment convenable a été décrit par **B.M. Wojciechowski** dans le **Bell System Technical Journal** de mars 1954 (p. 353 à 368) et dans **Electronics** d'avril 1954 (p. 134 à 137). Nous nous efforcerons d'analyser cette étude dans un très prochain numéro. Mais il est certain que nous recevrons avec reconnaissance tous « tuyaux » sur ce contrôle assez délicat.

SESSION D'INFORMATION POUR FUTURS INGÉNIEURS

Comment fonctionne une usine d'aujourd'hui ? Quelles sont les méthodes utilisées — aussi bien sur le plan social que technique — pour arriver à maintenir le rythme de production et la qualité de fabrication.

Autant de questions auxquelles voudraient bien pouvoir répondre les Etudiants avant d'entrer dans l'Industrie comme Ingénieurs ou Techniciens.

Aussi la **Cie. Electro-Mécanique** vient-elle de créer à leur intention une Session d'Information où ils pourront examiner de près les différents problèmes touchant la gestion d'une entreprise, les relations humaines, les études du marché industriel, le planning de fabrication et les campagnes de ventes.

Cette Session aura lieu du 10 au 16 septembre 1955 et se déroulera sous une forme vivante avec causeries, projections de films, visites des ateliers et chaînes de fabrication, exercices pratiques dirigés et conférences-discussions.

Les étudiants qui seraient intéressés par cette Session d'Information peuvent demander tous renseignements en s'adressant à : **Cie. Electro-Mécanique**, (Service Relations Sociales), 6, place Bir-Hakeim, Lyon (Rhône).

De plus en plus dans l'industrie

LES RADIOÉLÉMENTS ARTIFICIELS

*apportent la solution
à de multiples problèmes*

- ★ **Jaugeage et régulation**
de niveaux inaccessibles
- ★ **Mesure sans contact**
de l'épaisseur d'un laminé
- ★ **Mesure de la teneur en eau**
des bétons et des sols
- ★ **Contrôle non destructif**
par gammagraphie

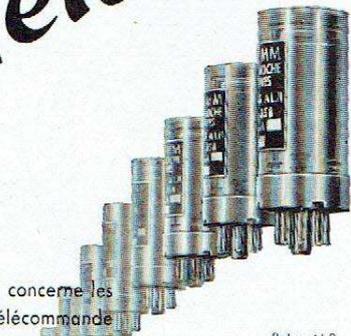
*Toutes études particulières
sur demande*

SAPHYMO

9, place des Etats-Unis
Tél. : PAS. 46-80 PARIS-16^e

Représentant exclusif de la
TRACERLAB INC. (Boston)

Relais ?



Pour tout ce qui concerne les problèmes de télécommande la S^{IE} STOMM a créé une gamme complète de relais adaptés à chaque cas.

Le simple modèle ci-contre déjà reproduit à plus de 95.000 exemplaires, représente l'idéal du relais industriel de moyenne puissance.

Relais AL2
Type 358
2 RT 3 Amp
500 Volts.
Hermetique

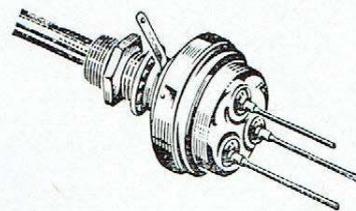
STOMM

S. A. R. L.
55, RUE HOCHÉ

VANVES-SEINE
TEL: MIC. 39-49

PUBL. RAPHY

POTENTIOMÈTRES



- GRAPHITÉS OU BOBINÉS
- ÉTANCHES ou STANDARDS
- A PISTE MOULÉE

Variohm



Rue Charles-Vapereau, RUEIL-MALMAISON (S.-&-O.) — Tél. MAL. 24-54

PUBL. RAPHY

Régulation automatique

des DEBITS de LIQUIDES

(dispositifs à thermistances)

par M. LE CHEVALLIER
et M. LELEU

Généralités

La régulation automatique des débits gazeux ou liquides est généralement assez difficile à réaliser. Elle s'effectue cependant dans l'industrie en faisant appel à des appareils classiques qui utilisent comme organes détecteurs des rotamètres, des tubes de Pitot ou de Venturi munis de manomètres différentiels, des hélices, etc.

Ces organes sont généralement assez délicats; ils sont sensibles aux variations de température et à la présence de corps étrangers qui peuvent avoir échappé aux filtres et qui viennent obstruer les diaphragmes ou bloquer les toupies des rotamètres.

Nous avons réalisé et mis au point plusieurs dispositifs de régulation de débits basés sur un autre principe également connu mais moins utilisé, qui consiste à placer une résistance électrique dissipant une puissance constante dans un conduit parcouru par le liquide et à utiliser la différence de température du fluide après et avant passage sur l'élément chaud pour commander les circuits d'asservissement (fig. 1).

Les appareils de ce type présentent de nombreux avantages dont les principaux sont :

Insensibilité aux variations de température extérieures;

Insensibilité à la présence de particules solides puisqu'il n'y a pas de diaphragme, ni de tubes rétrécis, ni d'organes mobiles;

Grandes plages de régulation;

Travail sous pression très facile à réaliser.

Naturellement, la réalisation pratique de ce genre de régulateur de débit a posé des problèmes assez délicats que nous avons pu résoudre grâce aux derniers nés de la technique moderne, en particulier les semi-conducteurs électroniques.

En effet, pour un fonctionnement correct, il ne faut pas que l'élévation de température du liquide soit trop grande, ce qui entraînerait des complications pour la réalisation d'un élément chauffant ne présentant pas de surchauffe locale (d'où décomposition possible de certains liquides organiques) et aussi conduirait à un rayonnement plus difficile à combattre. On est alors conduit à travailler avec des différences de température très faibles et, pour cette raison, nous avons utilisé des thermistances comme organe de mesure de la température.

Septembre-Octobre 1955

Les thermistances

Nous ne nous étendons pas ici sur l'aspect général des thermistances mais seulement sur les principaux points nécessaires à la bonne compréhension de notre appareillage.

Comme on le sait, les thermistances possèdent une conductibilité qui croît rapidement avec la température, le logarithme de la résistance étant proportionnel à l'inverse de la température

$$\text{absolue : } \log.R = k \frac{1}{T}$$

La variation de résistance par degré centigrade peut atteindre 4 à 5 0/0; elle est de beaucoup supérieure à celle de tous les autres éléments thermométriques connus et permet, de ce fait, de mesurer ou d'utiliser en régulation de très faibles écarts de température.

Il faut reconnaître que l'emploi des thermistances demande une certaine habitude; beaucoup de défauts leur ont été imputés — bien souvent à tort — les utilisateurs n'ayant pas suffisamment assimilé leur fonctionnement. Toutefois, la qualité de ces semi-conducteurs particuliers laisse parfois à désirer et on trouve de grandes différences suivant les fabricants, principalement sur les deux points suivants :

Stabilité;

Facteur de non-linéarité.

Les perfectionnements que l'on peut constater depuis quelques années sont encourageants et laissent présager la disparition de ces défauts. D'après le *Bureau International des Poids et Mesures*, les meilleures thermistances ont une stabilité dans le temps supérieure à 10^{-4} °C. Nous avons pu constater nous-mêmes une fidélité meilleure que $\pm 10^{-3}$ °C et seul le manque de moyens de contrôle plus précis nous a limités.

Le second défaut des thermistances, qui est le facteur de non-linéarité, est généralement assez faible; mais il gêne souvent l'emploi des thermistances en courant alternatif pour les mesures précises. Nous avons rencontré des ennuis dus à ce défaut sur certains éléments, qui nous ont obligés à travailler en courant

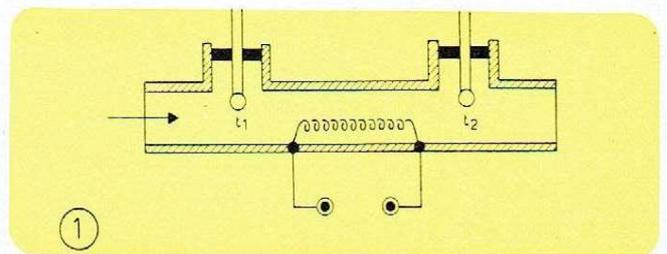


Fig. 1. — Schéma de principe du tube de mesure des débits de liquides; t_1 et t_2 représentent deux thermistances.

continu et à modifier les circuits d'alimentation. A température constante, la relation tension-intensité ne suivant pas exactement la loi d'Ohm, il y avait une certaine proportion de « non linéarité » qui suivait la loi :

$$V = K I^{0,25}$$

ce qui empêchait tout équilibre en courant alternatif, par apparition d'harmonique 3. C'est pour cette raison que nous décrivons plus loin deux types de montages : l'un alimenté en continu et l'autre alimenté en alternatif 50 Hz.

Pour en revenir à la régulation des débits liquides, la différence de température entre les deux thermistances t_2 et t_1 (fig. 1)

sera fixée au maximum à 5° environ. Il est nécessaire de détecter des variations de température d'au moins 1/10 de degré et si possible de 1/50 de degré pour avoir une bonne précision.

Éléments de calcul de l'appareillage

Prenons, comme base, la régulation du débit d'un liquide organique (tel que le trichloréthylène par exemple) avec une plage de régulation allant de 100 à 1000 cm³/h.

Soit Δt la différence maximum de température entre les deux thermistances (c'est-à-dire pour le débit le plus faible, soit, dans ce cas : 100 cm³/h), C la chaleur spécifique à 25°C et P la puissance de l'élément chauffant. On a :

$$P = \frac{\Delta t \times 100 \times C \times J}{3600}$$

Fixons Δt à 5°C : pour l'exemple, C = 0,22. On en tire :

$$P = \frac{5 \times 100 \times 0,22 \times 4,18}{3600} = 0,13 \text{ W env.}$$

Il faut ensuite tenir compte des pertes par rayonnement qui dépendent de la surface du tube de mesure et de son calorifugeage. Elles sont pratiquement impossibles à calculer. La valeur de la puissance obtenue précédemment permet cependant d'avoir une idée de la puissance pratique. Pour l'exemple donné, on prendra 0,5 W (valeur qui a été trouvée correcte dans la pratique pour un tube en verre moyennement calorifugé).

Le montage de base est représenté par la figure 2.

Avec deux thermistances type sonde de modèle courant, de résistance à 25°C égale à 2000 Ω et de coefficient de température de - 3,9 0/0, la variation de résistance par degré est de :

$$\frac{2000 \times 3,9}{100} = 78 \Omega \text{ à } 25 \text{ }^\circ\text{C.}$$

La dissipation maximum des thermistances immergées ne dépassera pas 5 mW pour éviter tout échauffement. Dans ces conditions, la tension aux bornes sera égale à : $2 \sqrt{10}$, soit : 6,3 V.

Si le détecteur D a une résistance très élevée, la tension de déséquilibre sera égale à :

$$\Delta e = \frac{6,3 \times 78}{2(4000 + 78)} = 0,06 \text{ V.}$$

C'est cette tension qui commandera un détecteur électronique. Si le détecteur D est du type galvanométrique, le calcul montre que son impédance maximum doit être égale à :

$$Z_D = \frac{2000 + R_i}{2}$$

Avec $R_i = 1000 \Omega$, on a $Z_D = 1500 \Omega$.

La tension de déséquilibre devient alors :

$$\Delta e = \frac{6,3 \times 78 \times 1500}{4000(1000 + 2000 + 1500 + 156) + 78(1000 + 3000)} = 0,0385 \text{ V.}$$

Dans les deux cas, le détecteur commandera par l'intermédiaire de relais une vanne motorisée d'asservissement du débit liquide.

Réalisation pratique

Nous avons construit deux types d'appareils : le premier avec alimentation des thermistances en courant continu et détecteur galvanométrique, le second alimenté en alternatif, entièrement électronique.

Le premier montage est moins sensible, mais il est plus simple. L'examen du schéma (fig. 3) sera rapide : le courant de déséquilibre du pont actionne un relais *Sensitact* (BRION-LEROUX n° 911-292) de 1500 Ω de résistance (sensibilité 2 μA), lequel à son tour commande deux thyatron 2 D 21 par un circuit spécial annulant toute résistance de contact (parfois assez élevée pour ce type de relais). Le relais commande, dans le sens convenable, une vanne motorisée qui règle le débit liquide. La résistance chauffante est alimentée à courant constant par l'emploi d'un tube régulateur fer-hydrogène (pour l'emploi de tubes Fe-H différents de celui du schéma, voir *Toute la Radio* n° 184, p. 109). Elle dissipe environ 0,5 W.

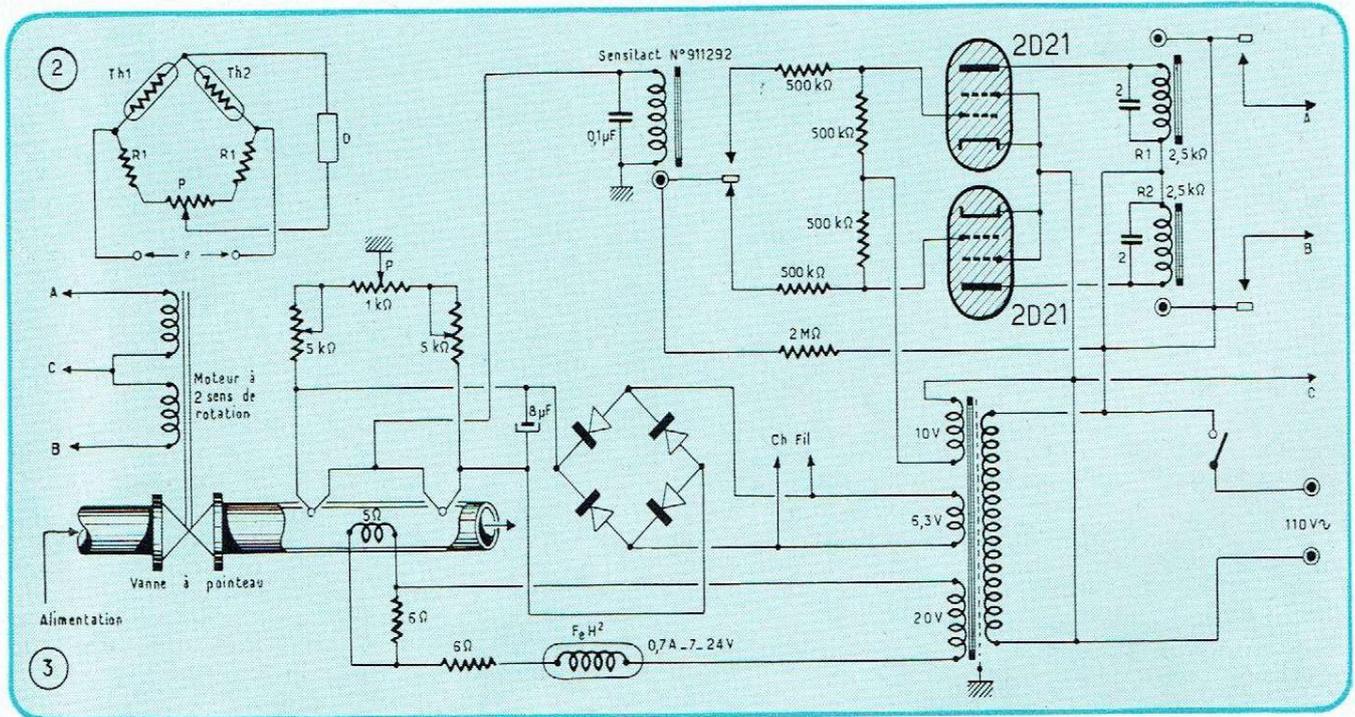


Fig. 2. — Les deux thermistances de mesure Th₁ et Th₂ sont montées en pont. L'équilibre est réalisé par le potentiomètre P et la tension de déséquilibre est détectée par D.

Fig. 3. — Schéma de montage complet avec thermistances alimentées en courant continu. Le détecteur est ici un *Sensitact* qui commande deux thyatrons par un circuit spécial annulant pratiquement les résistances de contact.

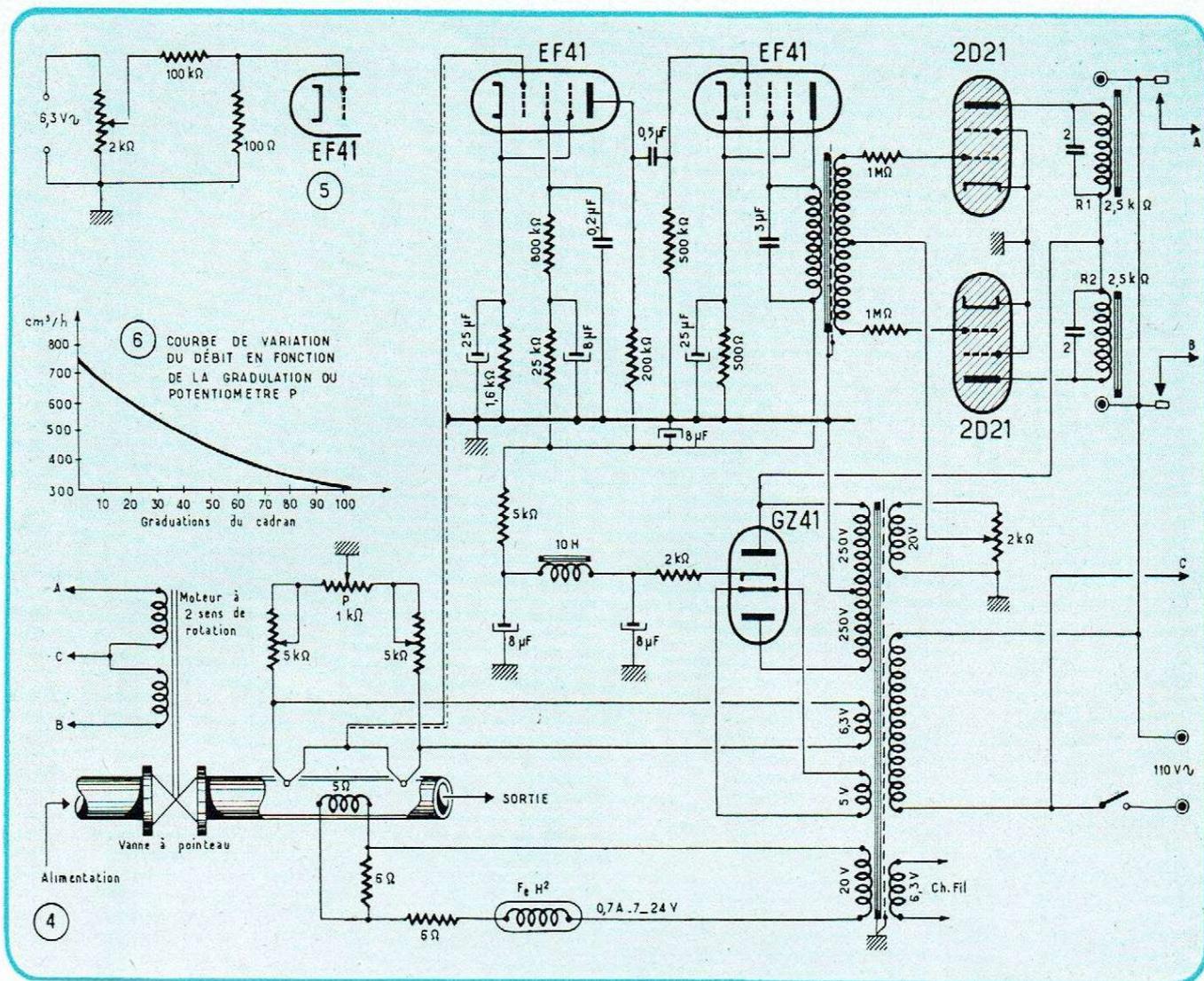


Fig. 4. — Schéma de montage complet pour la régulation des débits avec thermistances alimentées en alternatif. Le sens de déséquilibre est donné par la phase de la tension amplifiée.

Fig. 5. — Montage provisoire à réaliser pour la mise au point du régulateur alimenté en alternatif.

Fig. 6. — Forme de la courbe de variation de débit en fonction de la rotation du potentiomètre P (voir figures 2, 3 et 4).

Le deuxième montage est schématisé par la figure 4. Le pont est alimenté en 50 Hz (6,3 V). La tension de déséquilibre est amplifiée environ 1200 fois par deux tubes : un EF 41 penthode et un autre connecté en triode. Le transformateur de sortie attaque deux thyatron 2 D 21 alimentés par le courant secteur et qui, comme précédemment, commandent par l'intermédiaire de relais (relais spéciaux pour thyatron à bague de déphasage de chez LANGLADE ET PICARD) la vanne motorisée de régulation de débit. Le fonctionnement est très simple : avec le pont en équilibre, aucun courant n'est amplifié et les deux thyatron sont à l'état de repos. Quand il y a déséquilibre dans un sens, la tension se trouve en phase avec un thyatron et en opposition de phase avec l'autre. L'inverse se produit quand le déséquilibre se produit dans l'autre sens. Il suffit de brancher les deux relais dans le sens convenable pour que le moteur de la vanne réagisse correctement.

Le seuil de fonctionnement des thyatron est réglable par le potentiomètre de 2000 Ω, alimenté par 20 V alternatif et relié au point milieu du transformateur de sortie.

Le transformateur de sortie peut être réalisé de la façon suivante avec des tôles à haute perméabilité (Anhyter) : Section

du noyau (brute) : 1,4 cm² ; primaire : 1000 spires cuivre émaillé 0,08 mm ; secondaire : 2 × 4000 spires cuivre émaillé 0,18 mm.

Le condensateur qui se trouve aux bornes du primaire (3 μF) est à ajuster expérimentalement. Ce réglage se fera à l'oscilloscope de la façon suivante :

On remplace la commande de la grille EF 41 par le montage provisoire de la figure 5.

On règle le potentiomètre de 2 kΩ de façon à avoir 2 V entre A et masse (soit 2 mV sur la grille de l'EF 41).

Puis on branche l'oscilloscope de la façon suivante : masse à la masse de l'appareil ; amplificateur vertical à l'une des sortie du transformateur T₁ ; amplificateur horizontal à l'une des plaques de la GZ 41.

On ajuste alors le condensateur de 3 μF de façon à obtenir la droite (ou ce qui s'en rapproche le plus) classique inclinée à 45° de phase ou d'opposition de phase suivant le sens des branchements.

Le premier montage est sensible à 3 mV (soit environ 0,1 °C) et le second à 1 mV (soit environ un soixantième de degré). La valeur du débit est fixée dans les deux cas par le potentiomètre de 1000 Ω (P).

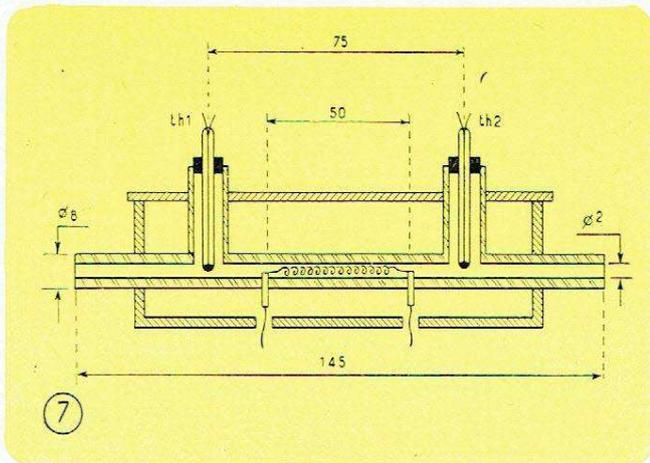


Fig. 7. — Croquis coté de l'organe détecteur de débit montrant la disposition des deux thermistances et de l'élément chauffant.

Le tube de mesure du débit doit être proportionné aux débits utilisés et adapté aux conditions de travail. Par exemple, en figure 7, nous avons schématisé un tube en verre utilisé au laboratoire pour les faibles débits (de 100 à 1000 cm³/h) et pour le travail sous pression atmosphérique. Nous avons réalisé d'autres tubes, tel celui de la figure 8 pour les débits de plusieurs dm³/h sous 20 kg de pression et destinés au travail en atelier. On peut évaluer les dimensions du tube de mesure de la façon suivante : le temps de réponse correspond sensiblement au temps que met le liquide pour aller de l'élément chaud à la seconde thermistance. Soient en centimètres, d le diamètre intérieur du tube, l la distance entre l'élément chaud et la seconde thermistance, D le débit en centimètres cubes/seconde. Le temps de réponse, en seconde, sera environ :

$$t = \frac{\pi l d^2}{4 D}$$

L'expérience nous ayant montré que l devait être égal à environ 20 d , on a alors :

$$t = \frac{5 \pi d^3}{D}$$

Si on prend $t = 1$ seconde, on a :

$$d = \sqrt[3]{\frac{D}{5 \pi}}$$

Par exemple, pour un débit de 0,5 l/h, soit $D = 0,139$, on a $d = 0,2$ cm environ et $l = 4$ cm.

Les vannes motorisées doivent être bien définies et bien adaptées si l'on veut obtenir une bonne stabilité. Leur vitesse dépend du temps de réponse du régulateur.

Pour l'exemple donné précédemment (débit de trichloréthylène) et avec l'un ou l'autre montage, on obtient, expérimentalement, une courbe : rotation du potentiomètre P en fonction du débit. La précision de la régulation atteint 2 % d'un bout à l'autre de la gamme et elle n'est pas affectée par des écarts même importants de la température ambiante.

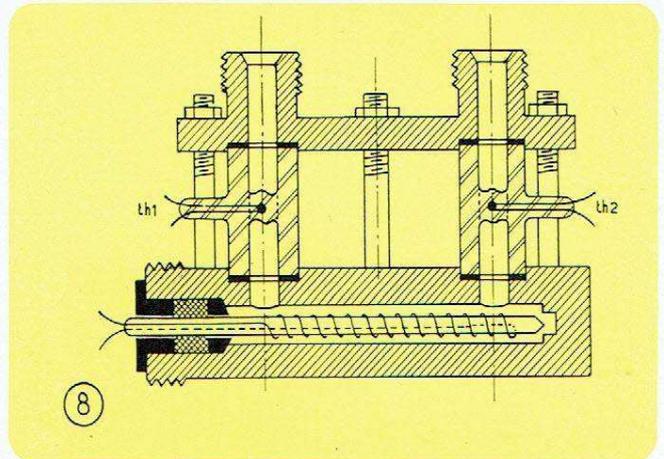


Fig. 8. — Schéma d'un tube détecteur de débit pour travail sous pression (20 atmosphères).

Conclusion

Nous avons été amenés à réaliser les appareils précédemment décrits pour résoudre des problèmes particuliers de régulation de débit nécessitant une grande souplesse d'emploi, une bonne sécurité et une excellente précision, aussi bien pour de faibles débits que pour des débits élevés. Le large emploi de circuits ou de matériaux électroniques nous a permis de satisfaire à ces exigences tout en conservant une simplicité relative. D'autre part, ce type de réalisation ouvre la voie à d'autres possibilités ; nous pensons en particulier aux asservissements simultanés de plusieurs débits l'un par l'autre.

M. LE CHEVALLIER et M. LELEU

Ingénieurs au Centre de Recherches

PECHINEY

L'ÉLECTRONIQUE au service de L'AUTOMOBILE — Réponse à notre S.O.S. N° 1

Dès la publication du S.O.S. n° 1 dans notre précédent numéro, nous avons reçu de M. Rameil, électronicien spécialiste de l'automobile, les précisions ci-après :

Un schéma de contrôleur d'angle de came, très simple et très robuste, a été publié dans la Revue Technique Automobile de janvier 1955. Un appareil de ce type est fabriqué industriellement par Souriau, 9 à 13, rue Gallieni à Billancourt (Seine) (MOL. 26-75). La Compagnie Intercontinentale de Distribution, 71, rue Chauveau à Neuilly-sur-Seine, (MAI. 39-17 et 82-88) fournit une « station synchroscope » qui permet, entre autres vérifications, celle de l'angle de came.

L'ouvrage : « L'allumage des moteurs à explosion », de Boury et Touvy (1934) donne de très intéressants renseignements sur les

bobines d'allumage. La firme Souriau fabrique un banc d'essais complet permettant les mesures les plus variées, ainsi qu'un contrôleur de bobines.

Les condensateurs peuvent être vérifiés avec l'ohmmètre-capacimètre Souriau.

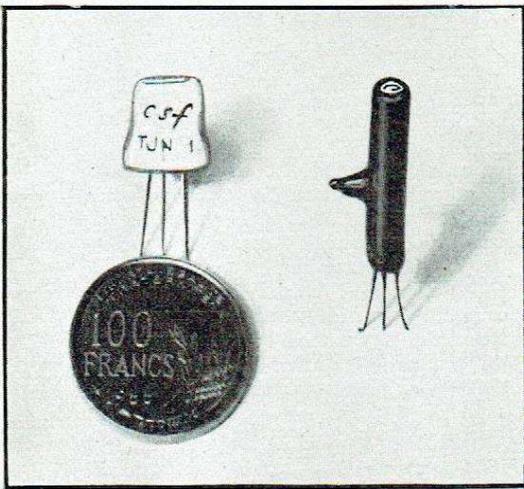
La mesure de la haute tension délivrée par la bobine peut être exécutée avec l'appareil décrit dans la Revue Technique Automobile de janvier 1955. La Société Générale d'Équipements, 40, quai National à Puteaux (Seine) (LON. 28-75) fabrique un voltmètre permettant la mesure de la H.T. jusqu'à 40 kV.

La mesure du temps de contact et d'ouverture des vis platinees peut être effectuée avec un oscilloscope. L'ouvrage : « La Pratique de l'Oscilloscope Cathodique », de R. Aschen et R. Gondry (Société des Éditions Radio), décrit

quelques applications de cet appareil aux mesures et vérifications automobiles : fermeture d'un courant, vitesse de rotation, vérification de l'induit et du collecteur d'une dynamo, etc...

La mesure des résistances de contact des connexions peut être exécutée à l'aide d'un montage très simple : transformateur, shunt étalonné, rhéostat, associé à un voltmètre électronique tel que le type GM 6005 de Philips Industrie. Nous nous proposons de publier prochainement les détails de ce montage.

Le contact est désormais affermi entre les techniciens qui nous apportent les fruits de leur expérience et nos lecteurs ; et de nouveaux renseignements ne manqueront pas de nous parvenir, dont nous ferons bénéficier ces derniers.



Photodiodes et phototransistors AU GERMANIUM

par J. P. VASSEUR

Les photodiodes sont des cellules photo-électriques utilisant les propriétés des semi-conducteurs comme le germanium ou le silicium. Dans la suite, nous n'envisagerons que les photodiodes au germanium, qui sont actuellement les plus courantes.

Divers types de cellules au germanium

Le germanium permet de réaliser des cellules photoélectriques de différents types dont les plus simples sont les suivants :

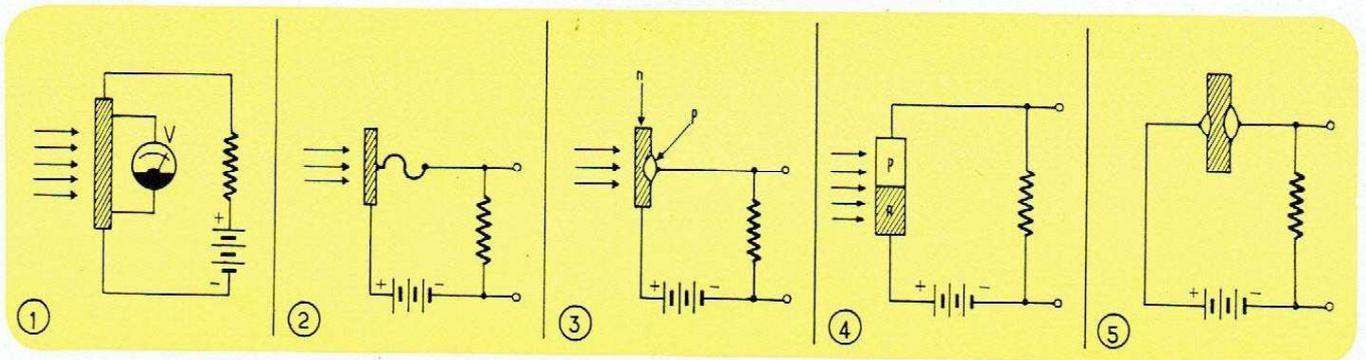
Photodiodes à pointe

On dispose sur un petit morceau de germanium une pointe redresseuse et un contact ohmique (fig. 2). La pointe est polarisée dans le sens bloquant (négative si le germanium est du type *n*) par une pile en série avec une résistance. L'arrivée de lumière au voisinage de la pointe crée des paires électrons-trous; les trous sont collectés par la pointe, ce qui augmente le courant dans la résistance de charge. On obtient ainsi l'équivalent d'une cellule photoémissive. On peut utiliser cette cel-

lule en éclairant du côté de la pointe ou de l'autre côté si la plaquette de germanium est assez mince.

fait une jonction alliée, par exemple à l'indium, sur une mince plaquette de germanium et on éclaire la face opposée à la jonction (fig. 3); dans la seconde, on utilise une jonction tirée et on éclaire la tranche de la jonction (fig. 4).

Les photodiodes à jonction sont meilleures que les photodiodes à pointe; elles sont beaucoup plus stables, leur courant d'obscurité est plus faible et leur bruit de



Dans le titre : Transistor jonction et photo-transistor C.S.F.
Ci-dessus : Fig. 1. Cellule photorésistive au germanium. -
Fig. 2. Photodiode à pointe. - Fig. 3. Photodiode à jonction
alliée. - Fig. 4. Photodiode à jonction tirée (une impureté de

valence convenable ayant été ajoutée au germanium fondu pendant l'élaboration du monocristal). - Fig. 5. Phototransistor à jonctions. On remarque que la « base » (partie hachurée) se trouve « en l'air » au point de vue électrique.

Cellules photorésistives

Une mince plaque de germanium est reliée par ses deux extrémités à une source de courant continu; on mesure la différence de potentiel entre ces deux extrémités, ou de préférence entre deux sondes voisines (fig. 1). L'arrivée de lumière sur la plaque crée des paires électrons-trous, ce qui diminue la résistance du germanium, donc la tension entre les deux sondes.

lule en éclairant du côté de la pointe ou de l'autre côté si la plaquette de germanium est assez mince.

Photodiodes à jonction

On obtient un fonctionnement analogue en remplaçant la pointe par une jonction également polarisée dans le sens bloqué.

Ces photodiodes sont réalisées de deux façons différentes : dans la première, on

fond bien inférieur. Les deux modes de construction possibles ont des performances analogues, la fabrication des jonctions alliées étant cependant bien plus économique que celle des jonctions tirées.

Phototransistors à jonctions

On peut obtenir une sensibilité beaucoup plus grande utilisant un transistor à jonctions éclairé sur l'émetteur et dont

Description et utilisation des cellules photo-électriques au germanium des types : photorésistances; photodiodes à pointes et à jonctions; phototransistors à jonctions

la base est laissée en l'air (fig. 5). Ce dispositif a la sensibilité d'une photodiode suivie d'un transistor amplificateur à émetteur commun, mais a l'inconvénient d'engendrer un souffle plus fort et d'être plus sensible aux variations de la température.

Caractéristiques des phototransistors à jonction

Tous les chiffres indiqués dans la suite sont relatifs à des jonctions alliées à l'indium sur du germanium *n*. On obtiendrait d'ailleurs des valeurs très analogues pour des jonctions sur du germanium *p* ou pour des jonctions tirées.

Courbes caractéristiques

Dans l'obscurité, la jonction laisse passer un courant pratiquement constant dès que la tension inverse dépasse 0,5 volt environ. L'arrivée de lumière provoque une augmentation de ce courant proportionnelle à l'éclairage (fig. 6).

Quand la tension est trop élevée, il se produit un claquage assez brusque de la jonction, ce qui détruit instantanément l'élément. Cette tension de claquage ne doit donc être dépassée en aucun cas.

Réponse en fréquence

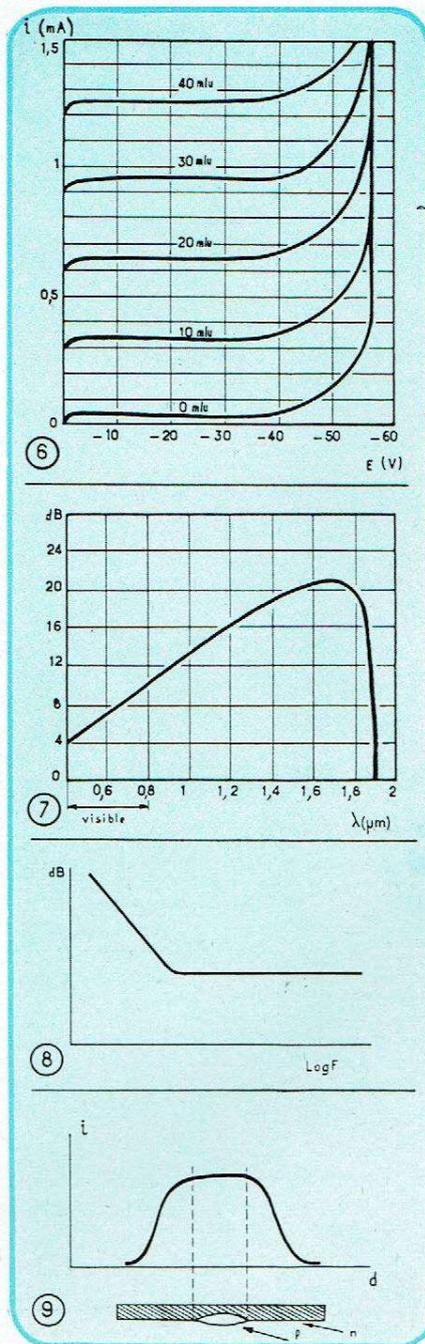
Ces propriétés se conservent jusqu'à des fréquences assez élevées. A condition d'utiliser une résistance de charge assez faible pour que la capacité de la jonction n'intervienne pas, le signal de sortie obtenu avec une lumière modulée d'amplitude constante peut rester constant jusqu'à des fréquences de plusieurs centaines de kilohertz. Avec des photodiodes typiques dont la jonction a une surface de 1 mm², la fréquence où la réponse tombe de 3 dB se situe entre 0,2 et 1 MHz.

Réponse spectrale

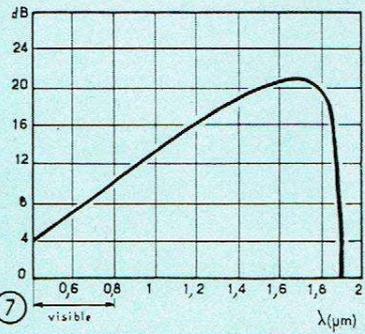
Quand on fait varier la couleur de la lumière, on constate que la sensibilité quantique reste constante dans tout le visible et l'infrarouge jusque 1,7 micron. Cela signifie que chaque photon produit une paire électron-trou. On utilise plus souvent une sensibilité définie en ampères par lumen. Les photons infrarouge ayant moins d'énergie que les photons ultraviolet, on trouve que cette sensibilité augmente avec la longueur d'onde jusque vers 1,7 μ puis baisse rapidement au delà (fig. 7). Cette chute de sensibilité provient de ce que le germanium est transparent au delà de 1,8 μ .

Bruit

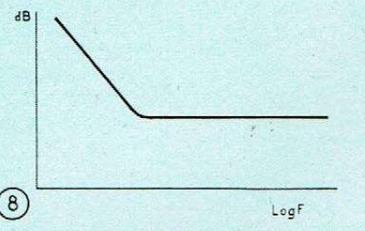
Le bruit de fond est constitué par la partie fluctuante du courant d'obscurité ; il est d'ailleurs bien plus faible que ce dernier.



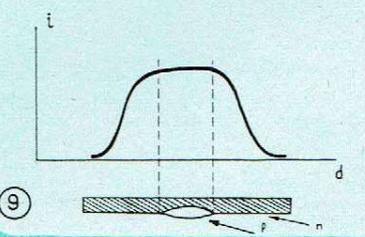
6



7



8



9

Fig. 6. Courbes caractéristiques des photocellules C.S.F.

Fig. 7. Réponse spectrale des mêmes cellules.

Fig. 8. Puissance de bruit en fonction de la fréquence.

Fig. 9. Courant délivré pour différents points d'impact de la lumière.

Comme pour tous les semi-conducteurs, la puissance de bruit par cycle de bande est proportionnelle à l'inverse de la fréquence dans la région des basses fréquences. Au delà d'une fréquence de transition, située en général dans la gamme audio, le courant de bruit devient indépendant de la fréquence. Il y a donc intérêt, chaque fois qu'on le peut, à utiliser de la lumière modulée pour augmenter la sensibilité d'une détection (fig. 8).

Il faut noter que, malgré un meilleur rendement en électrons par photon, les photodiodes ne permettent pas de détecter en lumière visible des intensités lumineuses aussi faibles que les cellules à vide courantes. Cela provient du fait que la sensibilité des photodiodes s'étend beaucoup plus loin dans l'infrarouge que celle des cellules à vide, et qu'en conséquence leur courant d'obscurité, donc leur bruit de fond, est plus grand. Par contre, les photodiodes sont parmi les plus sensibles des cellules utilisables en infrarouge.

Surface sensible

Les photons incidents créent des paires électrons-trous à la surface du germanium et la surface sensible est l'aire où les charges créées peuvent atteindre la jonction et être collectées. Cette aire est plus grande que celle de la jonction d'une quantité variable avec la longueur de diffusion des porteurs minoritaires du germanium utilisé.

Le courant de sortie obtenu pour un éclairage ponctuel déplacé sur un diamètre de la jonction a l'allure représentée par la figure 9. Le diamètre efficace de la zone sensible dépasse ainsi celui de la jonction d'une quantité comprise usuellement entre 0,2 et 1 mm.

Influence de la température

Le principal effet de la température est une augmentation exponentielle du courant d'obscurité, qui est multiplié par 2 pour une élévation de température d'environ 11° (fig. 10). L'augmentation de courant due à un signal est par contre pratiquement indépendante de la température.

En outre, l'impédance de sortie d'une photodiode baisse quand la température s'élève, mais cet effet est presque toujours négligeable en pratique.

Puissance maximum

La puissance maximum que peut délivrer une photodiode est d'autant plus grande que son refroidissement est bon, que la température ambiante est basse, que la tension et le courant d'utilisation sont faibles.

Une étude détaillée ne peut être envisagée à ce sujet ; indiquons seulement ici le mécanisme de destruction. La puissance dissipée dans la photodiode comprend une partie fonction de la température, prove-

nant du courant d'obscurité, et une partie indépendante de la température, provenant de l'échauffement par la source lumineuse et par l'augmentation de courant due à la lumière. Plus la température de la jonction s'élève, plus la dissipation de puissance due au courant d'obscurité augmente. Si le refroidissement est suffisant, il s'établit un équilibre, sinon l'élément se détruit par échauffement cumulatif.

Ajoutons qu'en tout cas, la jonction fond si elle dépasse 150° et que, aux basses tensions, cela peut arriver même sans échauffement cumulatif si le courant dû à la lumière ou à l'échauffement par la source lumineuse est trop élevé.

Caractéristiques typiques

Pour un élément d'environ 1 mm² de surface sensible, on trouve les caractéristiques moyennes suivantes (pour des photocellules C.S.F.) :

Sensibilité	30 mA/lumen
Tension collecteur maxim.	30 V
Courant d'obscurité (25°)	30 µA
Courant de bruit	
(tension collecteur - 1 V, bande 200 - 2 000 Hz)	2×10^{-10} A
Résistance de sortie ..	3 MΩ
Capacité de sortie	30 pF
Fréquence pour laquelle la sortie a décliné de 3 dB	200 kHz

Utilisation des photodiodes

Schéma équivalent

Une photodiode se comporte comme une source de courant shuntée par une grande résistance (fig. 11). Aux fréquences élevées, il convient d'ajouter une capacité en parallèle sur la résistance, cette capacité décroissant d'ailleurs avec la tension appliquée et avec la fréquence.

D'une façon générale, on utilisera ces éléments en les disposant en série avec une source de tension et une résistance de charge.

Utilisation en tout ou rien

Les photodiodes fournissent un signal

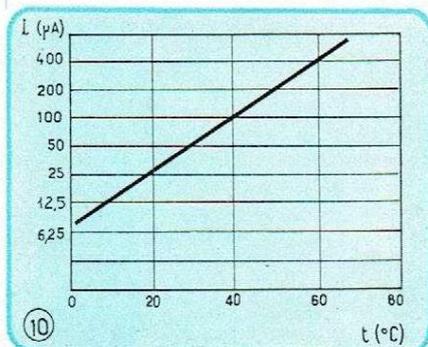


Fig. 10. Courant d'obscurité du phototransistor suivant la température.

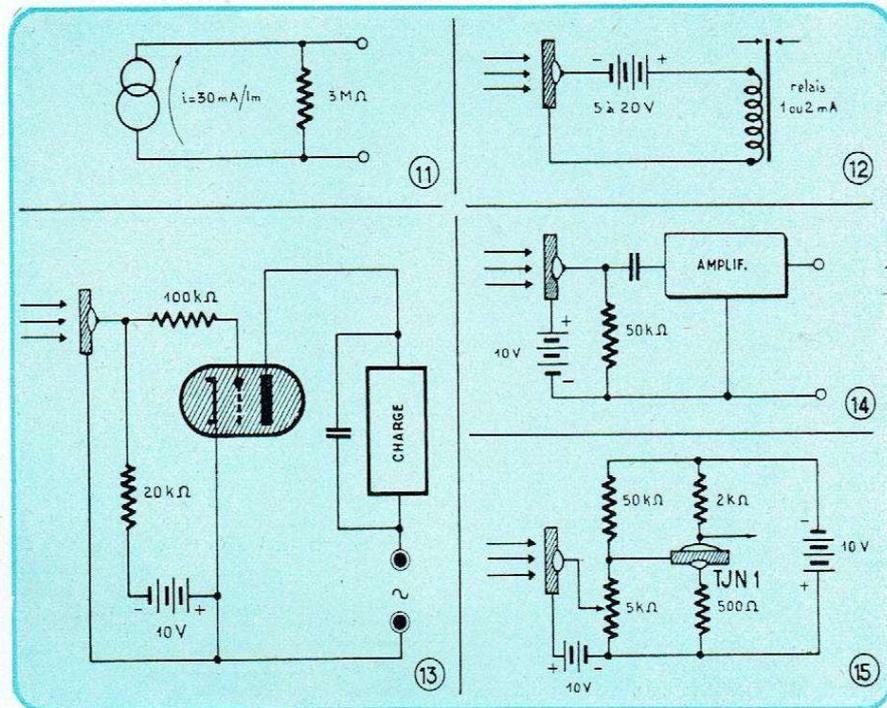


Fig. 11. Schéma équivalent d'une photodiode jonction.

Fig. 12. Circuit de commande d'un relais.

Fig. 13. Allumage d'un thyatron.

Fig. 14. Détection d'un faible flux de lumière modulée.

Fig. 15. Détection d'un faible flux continu.

très élevé, intermédiaire entre ceux des diodes vides et des photomultiplicateurs. On peut donc les utiliser facilement pour actionner un relais sensible (fig. 12).

Pour commander un courant plus important, on peut déclencher un thyatron par la photodiode (fig. 13).

Détection d'une faible lumière modulée

On a vu que la modulation de la lumière permettait de réduire l'influence du bruit de fond, et il y aura en fait souvent intérêt à disposer un disque perforé tournant devant la photodiode pour détecter une faible lumière.

Dans ce cas, la tension modulée apparaissant aux bornes de la charge peut être reprise par un amplificateur alternatif, de préférence ne laissant passer que les fréquences utilisées (fig. 14). Il sera également souvent commode de remplacer la résistance de charge par une self-induction ou un circuit bouchon. On peut en effet obtenir ainsi une plus grande impédance de charge, donc un signal plus élevé, sans recourir à une tension d'alimentation prohibitive; d'autre part, la chute de tension due au courant d'obscurité est éliminée.

Amplification d'une faible lumière

continue

L'emploi du schéma précédent n'est pas très commode pour une lumière continue

à cause de la dérive du courant d'obscurité avec la température. Fort heureusement, il est possible d'obtenir une excellente compensation en amplifiant la sortie de la photodiode avec un transistor au germanium (ou en général utilisant le même semi-conducteur que la photodiode). En l'absence de tout signal et de toute polarisation, c'est-à-dire la base étant reliée à la masse, le transistor a en effet un courant de repos qui croît exponentiellement avec la température suivant la même loi que le courant d'obscurité de la photodiode.

Sur le montage de la figure 15, le courant d'obscurité de la photodiode produit un signal opposé au courant de repos du transistor et, en choisissant convenablement les paramètres du circuit, il est possible de compenser exactement l'un par l'autre. La tension de sortie du transistor est alors indépendante de la température et ne dépend plus que de la lumière.

Un deuxième étage d'amplification peut d'ailleurs être compensé de la même façon en utilisant une petite diode à jonction à la place de la photodiode.

Montages différentiels

Les montages différentiels sont utilisés pour détecter les différences d'éclaircissement.

Pour un emploi en tout ou rien, on peut faire appel à un relais différentiel à point milieu (fig. 16). Pour obtenir une indication continue, on peut disposer un appareil indicateur entre les résistances

de charge (fig. 17) ou amplifier le signal avec des transistors. La figure 18 représente un tel circuit où les transistors sont utilisés en collecteurs communs; ce montage donne un gain de courant sans gain de tension, mais il a l'avantage d'être stabilisé par une contre-réaction totale.

En prenant soin d'équilibrer les courants d'obscurité des photodiodes et les courants de repos des transistors, les signaux fournis par ces montages symétriques sont indépendants de la température.

Exemples d'applications

Parmi les nombreuses applications possibles, on peut noter les suivantes à titre d'exemples :

- Détection de lumière visible, d'ultra-violet et d'infra-rouge ;
- Détection de lumière à modulation rapide ;
- Compteurs photo-électriques ;
- Lecteurs de cartes perforées ;
- Contrôle de niveau de liquide ;
- Protection des machines dangereuses ;
- Détecteurs de fumée ;
- Transmissions d'images ;
- Photomètres ;
- Lecteurs de son pour cinéma.

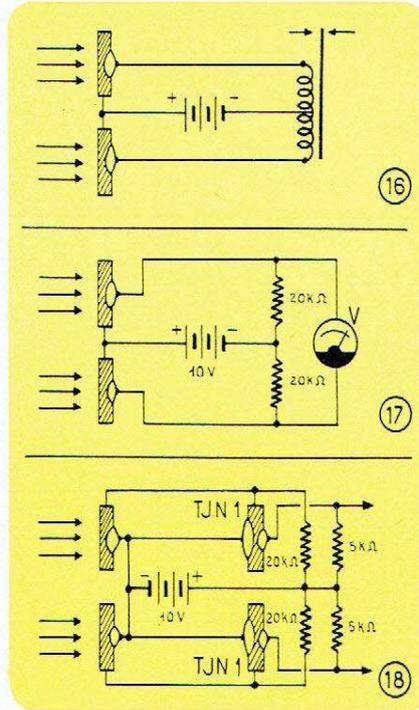


Fig. 16. Attaque d'un relais différentiel.

Fig. 17. Mesure d'une différence d'éclairage.

Fig. 18. Montage différentiel amplifié.

Conclusion

Les photodiodes présentent les avantages suivants :

- Très petites dimensions ;
 - Fonctionnement sous faible courant et faible tension ;
 - Petite surface sensible ;
 - Bonne sensibilité ;
 - Bruit de fond faible ;
 - Réponse dans le visible et l'infra-rouge proche ;
 - Fonctionnement dès la mise sous tension ;
 - Simplicité de l'élément et des circuits associés ;
 - Robustesse et très grande durée de vie.
- L'ensemble de ces propriétés en fait des cellules photo-électriques de haute qualité dont les emplois, déjà nombreux, ne sauraient que se développer.

J. P. VASSEUR.

du Département de
Recherches Physico-chimiques
de la Compagnie Générale
de Télégraphie Sans Fil

Les valeurs indiquées dans les schémas sont données à titre d'exemple. Il est évident que chaque application particulière nécessite un réglage et que des valeurs assez différentes pourraient s'imposer.

Les utilisations extrêmement intéressantes des TUBES RELAIS à cathode froide

Lorsque l'on veut commander une puissance importante par un capteur très sensible et très résistant, il est nécessaire d'intercaler un ensemble permettant de traduire de faibles indications en forces suffisantes pour actionner des mécanismes primaires qui sont généralement des relais électromagnétiques. Ces organes de liaison sont très souvent coûteux parce que sensibles et délicats.

L'électronique permet de résoudre le problème d'une façon élégante ; encore faut-il qu'elle ne conduise pas à des solutions compliquées et onéreuses. Nous nous proposons de décrire dans ces pages un modèle de relais qui nous a donné toute satisfaction tant au point de vue simplicité qu'au point de vue sensibilité et fidélité ; il utilise une lampe assez peu connue (bien que « Toute la Radio », en 1936, ait annoncé sa naissance). Il s'agit d'un thyatron à cathode froide, appelé 0A4G, fabriqué outre-Atlantique mais que l'on trouve facilement en France chez Sylvania. La figure 1 précise le type de culot et son raccordement.

Ce tube se compose d'une cathode à oxydes, circulaire, d'une anode de petite dimension et d'une grille de commande placée à faible distance de la cathode ; le tout placé dans une ampoule à atmosphère de gaz rares. Lorsqu'une tension alternative de 115 V est appliquée entre cathode et anode, le tube ne s'ionise pas ; il faut appliquer une certaine tension à la grille pour provoquer l'ionisation. Particularité intéressante, la grande différence entre la surface de la cathode et celle de l'anode permet au tube, un fois ionisé, de fonctionner en pseudo redresseur, le courant inverse étant faible par rapport au courant direct.

Il y a plusieurs schémas possibles, et qui ont été traités dans la littérature. Le plus séduisant est celui qui permet une déficience du tube sans pour cela perturber gravement l'ensemble. Ainsi, lors de son emploi dans une régulation de température, si un thermomètre (ou manomètre) à contacts agit sur le relais, il doit provoquer l'arrêt du circuit de chauffage, et il faut que le même effet se produise dans le cas de défaillance du tube.

Le schéma retenu est reproduit en figure 2 ; nous y voyons un tube 0A4G dont la cathode et l'anode (à travers un relais) sont connectées au secteur alternatif 110-125 V. Une résistance de 0,4 MΩ permet de porter la grille à une tension juste suffisante pour provoquer l'ionisation du tube. Dans ces conditions, le courant passe de la cathode à l'anode et retourne au secteur à travers le relais, qui ici est spécial pour thyatron (il comporte une bague de court-circuit sur le noyau). Sa résistance est de 2500 Ω. On aperçoit, aux bornes du relais, un élément redresseur type 14A4A1 L.M.T. à quatre pastilles, de petite puissance, dont le rôle est de permettre le passage du faible courant de retour, puisque sa résistance dans ce sens est plus faible que celle du relais, et de forcer la totalité du courant principal à passer par le relais. C'est un véritable clapet dans ce cas.

Le tube est ionisé et le relais collé.

Si maintenant on réunit la grille à la cathode par une résistance, le pont ainsi formé débite du courant et la tension d'amorçage disparaît. Le tube cesse d'être ionisé ; le relais décolle.

La résistance de 0,1 MΩ entre capteur et cathode est nécessaire pour interdire l'alimentation du relais à travers le cap-

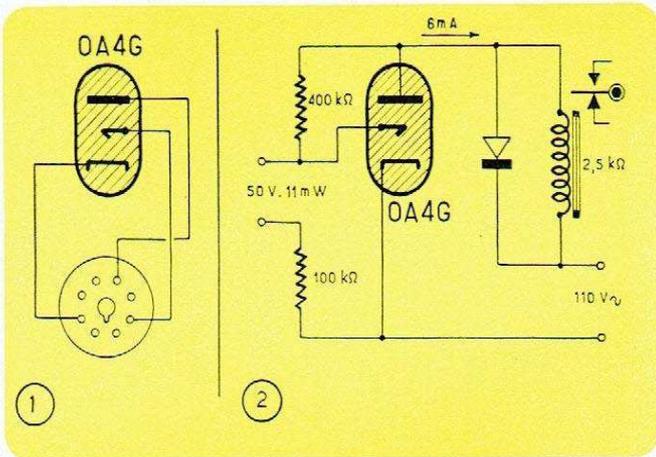


Fig. 1. — Représentation schématique d'un tube 0 A 4 G avec culottage.

Fig. 2. — Utilisation d'un tube 0 A 4 G dans les meilleures conditions, comme relais électronique.

teur. Il ne faut pas oublier que le tube 0A4G ne doit, en aucun cas, débiter plus de 25 mA, ce qui se produirait si le redresseur était branché dans le même sens que la bobine du relais. Celui-ci doit avoir des contacts suffisants pour son emploi; il est toujours facile de couper des puissances plus importantes en commandant, par ce relais, la bobine de maintien d'un disjoncteur plus puissant.

Les mesures sur ce montage décèlent un courant anodique maximum de 6 mA. La puissance nécessaire, sur la grille, pour couper l'ionisation est d'environ 10 mW; la résistance maximum admissible dans le circuit de commande se situe aux environs de 1 MΩ (variable suivant le tube), ce qui permet de provoquer le fonctionnement du relais avec des circuits de

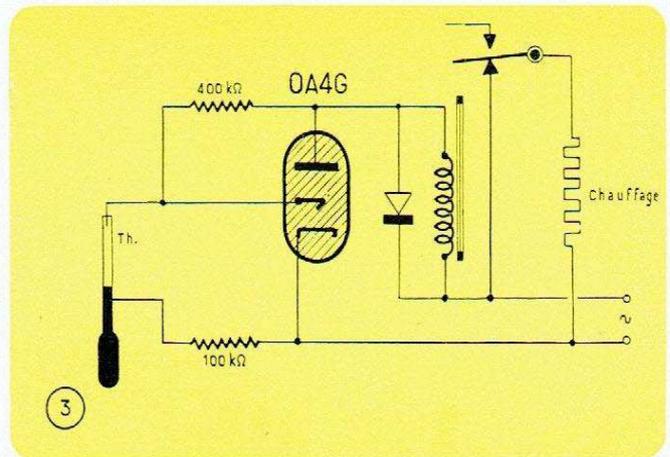


Fig. 3. — Schéma d'application d'un relais électronique à cathode froide pour la régulation thermique courante.

Nous avons construit, avec le même montage, des contrôleurs de flamme de brûleurs à mazout, en branchant, à la place du thermomètre, une cellule photo-résistante du type 6 H. La sensibilité est bonne puisque, dans la pénombre, la flamme d'une allumette placée à 0,50 m. de la cellule permet un fonctionnement parfait (fig. 4).

Ce petit relais, d'une extrême simplicité, est susceptible d'applications multiples: anti-vol, commande d'ouverture de portes de garage, commande d'éclairage, etc.; noter que du fait de l'absence de chauffage de filament et de tension anodique continue, la consommation au repos est nulle, ce qui n'est pas un mince avantage.

Comme il a été dit plus haut, ce schéma a été choisi par sécurité, mais on peut le modifier pour ne pas laisser le tube ionisé trop longtemps, et pour que l'impulsion de commande provoque

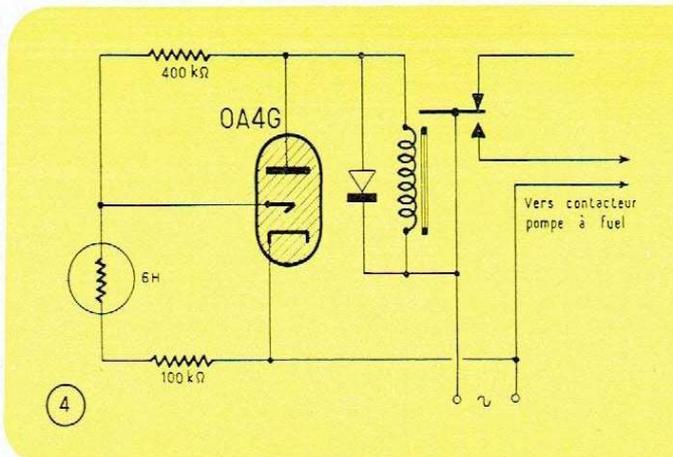


Fig. 4. — Schéma d'application d'un relais électronique à cathode froide comme détecteur de flamme d'un brûleur à mazout.

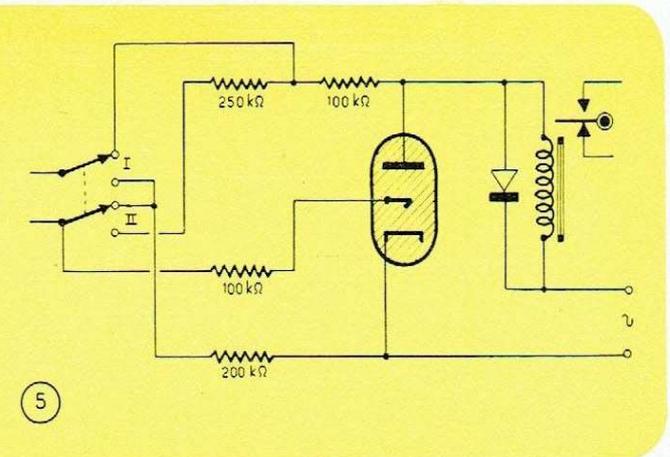


Fig. 5. — Montage universel d'un relais électronique à cathode froide permettant d'utiliser le tube de deux manières : Position I : commande fermée : tube ionisé ; Position II : commande fermée : tube éteint.

commande à résistance élevée comme dans le cas d'utilisation de colonnes de liquides peu conducteurs.

Cette faible puissance permet, par exemple, d'utiliser ce relais avec un thermomètre à contacts gradué au 1/10 de degré, instrument très fragile et coûteux dont la colonne de mercure, très fine, ne tolère pas de courant important. Avec un tel ensemble, nous avons, entre autres choses, réalisé un bac d'eau de 50 litres « thermostaté » au 1/10 de degré dans une plage de 18 à 80°C.

l'ionisation au lieu de la couper (fig. 5). Dans ce schéma, les deux possibilités sont offertes, au choix, grâce à un inverseur qui dirige l'impulsion dans un sens ou dans un autre.

M. LE CHEVALLIER et M. LELEU

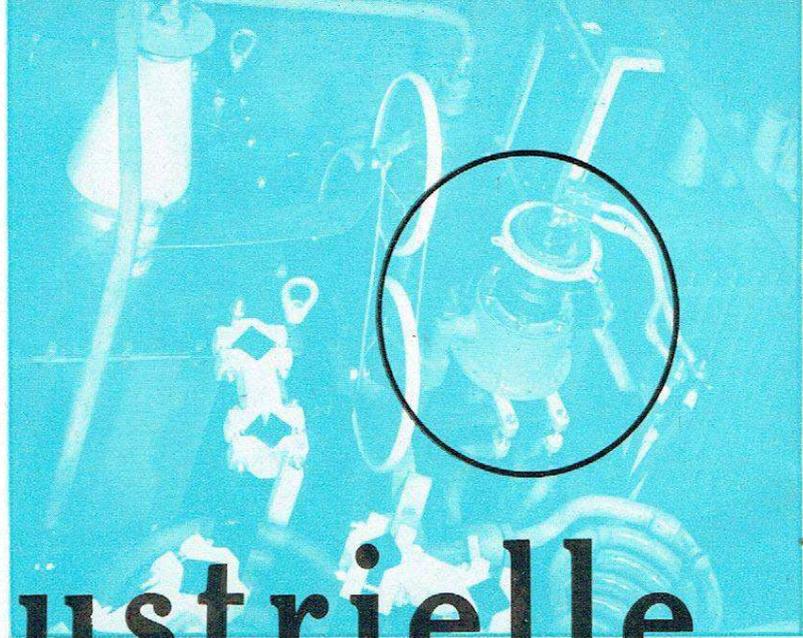
Ingénieurs au Centre de Recherches PECHINEY

TUBES

pour

H.F. industrielle

par A. BESSON



Il y a environ un quart de siècle débutait l'utilisation de la haute fréquence dans le domaine industriel.

La place prépondérante prise par les matières plastiques dans la vie moderne, ainsi que la généralisation des traitements thermiques sur les pièces mécaniques aux performances poussées, sont intervenues, pour une large part, dans le développement de cette technique.

Avant la guerre, les générateurs de haute fréquence pour usage industriel étaient équipés de tubes identiques à ceux destinés aux émetteurs de télécommunications. Mais on s'aperçut, dès que le domaine des applications industrielles de la H.F. prit de l'importance, que l'emploi des tubes d'émission normaux présentait de nombreux inconvénients. Cela est dû à la différence fondamentale qui existe entre l'exploitation d'un poste dans un centre de transmission et dans une usine.

La raison d'être du premier est d'assurer les liaisons téléphoniques ou télégraphiques. Le poste est, sinon l'unique instrument qui participe aux télécommunications, mais certainement le principal. Il est donc tout à fait naturel que tout soit mis en œuvre pour garantir sa bonne marche :

Exploitation assurée par un personnel très qualifié ;

Locaux propres et bien aérés ;

Tension de secteur stabilisée ;

Circuits parfaitement réglés et à charge constante ;

Sous-ensembles en réserve prêts à se substituer à l'élément en panne.

Par rapport à cette place privilégiée, le poste H.F. industriel, qui n'est qu'un moyen parmi d'autres dans un processus de fabrication, fait office de parent pauvre. De création récente, cet outil nouveau doit s'intercaler dans la chaîne de production entre des machines classiques et dont les exigences, d'ailleurs minimes, sont foncièrement différentes des siennes.

Dernier arrivé dans l'atelier, le générateur H.F. a dû s'adapter aux conditions existantes déterminées essentiellement en fonction des produits fabriqués. Le tube électronique, l'organe vital du poste, devait faire peau neuve pour se plier aux exigences de l'industrie.

Alors qu'en télécommunications, le souci majeur était de restreindre le nombre d'étages des émetteurs par l'accroissement de la pente, du coefficient d'amplification et de la réduction de la puissance de commande des tubes, ce sont d'autres impératifs qui dictent la voie à suivre dans l'étude des lampes destinées à la H.F. industrielle. Ces impératifs peuvent se ramener à trois conditions fondamentales :

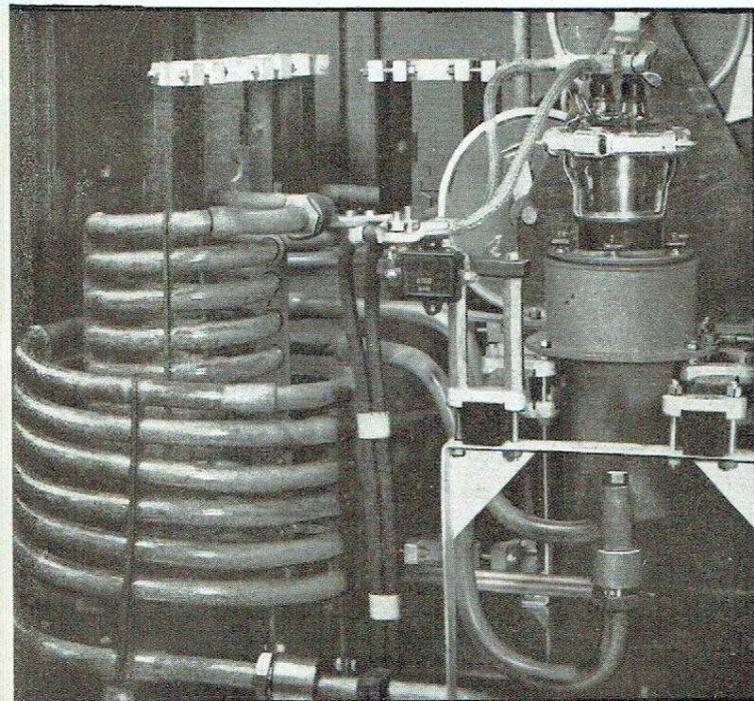
Robustesse — Simplicité d'emploi — Rentabilité

Robustesse

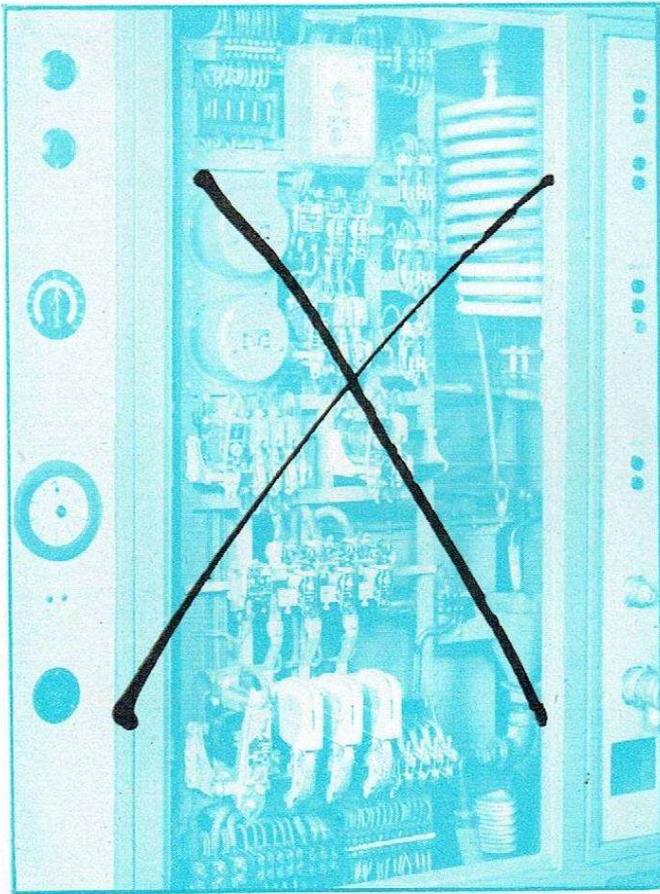
Un tube robuste doit pouvoir supporter des surcharges accidentelles sans que cela compromette son bon fonctionnement ultérieur.

La structure et l'équipage du filament des lampes pour H.F. industrielle étaient définis en vue d'admettre l'application brutale de la tension de chauffage ainsi que les variations importantes dues à certains réseaux intérieurs surchargés. Tant que les générateurs pour H.F. industrielle étaient équipés de tubes du type télécommunications, on avait coutume de les employer à puissance réduite, afin qu'ils supportent, sans risques, les surcharges accidentelles.

Il convient de rappeler que la puissance utile maximum, qui est fonction de la dissipation anodique admissible en régime continu, dépend essentiellement de la surface de l'anode. En cas de



Dans le titre et ci-dessus : Poste pour chauffage par induction (S.T.E.L.) équipé d'un tube E 1567 dont le refroidissement est assuré par la circulation d'eau du circuit oscillant.



Poste équipé d'un tube exigeant la mise sous tension progressive du filament. L'armoire contient un appareillage relativement complexe. Les risques de pannes sont plus grands.

Simplicité d'emploi

Bien que l'on s'efforce de tirer le meilleur rendement possible des tubes électroniques utilisés sur les générateurs de haute fréquence, il n'en reste pas moins vrai qu'environ 35 à 40 % de la puissance appliquée au tube est perdue sous forme de chaleur dissipée sur l'anode. L'évacuation de cette chaleur pose des problèmes dont la solution constituera un facteur décisif en ce qui concerne la simplicité d'emploi d'un tube.

Les modes de refroidissement généralement employés sont :

Le refroidissement naturel par rayonnement ;

Le refroidissement artificiel par circulation forcée d'un fluide (air ou eau) ou par vaporisation d'eau.

Il est incontestable que le refroidissement naturel constitue la solution la plus simple offrant le maximum de sécurité, puisqu'il est entièrement statique et n'exige la mise en œuvre d'aucun appareillage auxiliaire. Son emploi se trouve limité aux tubes équipés des postes dont la puissance utile n'excède pas 6 kW.

Les systèmes de refroidissement artificiel ont généralement l'inconvénient d'ajouter aux générateurs des appareils supplémentaires (pompe ou ventilateur, échangeur ou condenseur, filtres, etc.). Le problème de l'évacuation de la chaleur sans qu'il soit nécessaire d'ajouter des organes supplémentaires au poste H.F. n'a été résolu que depuis peu.

L'inducteur et le circuit oscillant des postes à induction de grande puissance devant de toute façon être parcourus par une circulation d'eau, l'effort des techniciens s'est orienté vers la conception de tubes qui se contenteraient d'un débit relativement faible pour leur refroidissement. Il importait en outre qu'il soit possible d'utiliser l'eau brute (non purifiée) et sous une pression inférieure à celle généralement fournie par les réseaux de distribution. Les tubes de puissance de conception moderne, destinés à la H.F. industrielle, satisfont à ces exigences. Ils peuvent fonctionner avec un débit d'eau brute d'environ 10 litres/minute, sous une pression inférieure à 500 grammes. Leur refroidissement

Solution moderne : l'utilisation d'un tube supportant l'enclenchement brusque permet de supprimer bon nombre de circuits et d'organes auxiliaires.

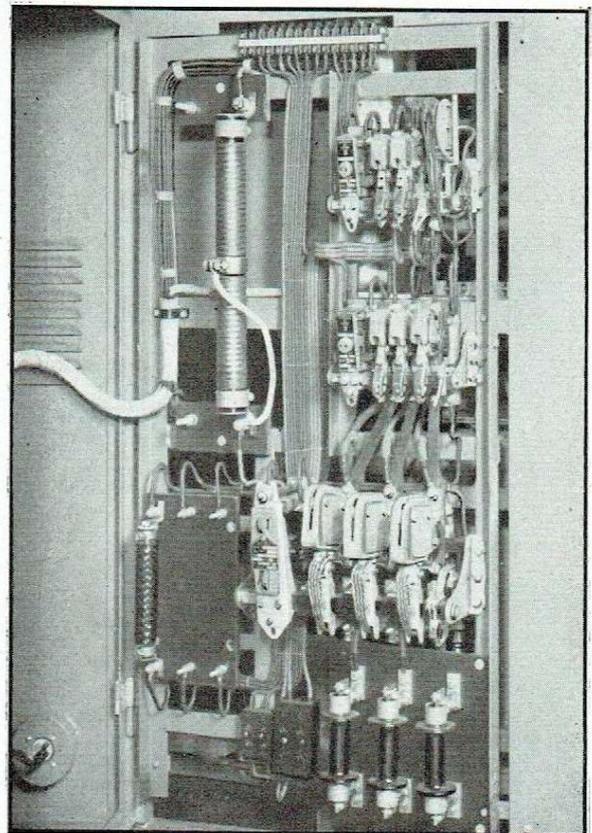
surcharge passagère, l'accroissement de température sera d'autant plus faible que l'inertie thermique de l'anode sera grande. C'est donc à dessein que l'anode des tubes destinés aux postes pour H.F. industrielle est massive et lourde (épaisseur 2 à 3 fois supérieure à celle des tubes classiques).

Le choix des matériaux et les traitements qu'ils subissent ont une importance capitale sur le taux de surcharge admissible. Pour les tubes à refroidissement par rayonnement, le matériau presque universellement employé est le graphite, en raison de ses caractéristiques physiques : coefficient de rayonnement du corps noir, possibilité d'usinage d'anodes massives, bonne conductibilité thermique et électrique à chaud, point de fusion très élevé et tension de vapeur extrêmement faible à haute température.

Alors que pour le filament et l'anode tout a été mis en œuvre pour qu'ils absorbent les surcharges, en ce qui concerne la grille, la solution idéale est incontestablement de minimiser celle-ci par l'étude de la géométrie du tube.

Il est admis, d'une façon générale, que la sécurité d'exploitation des postes à charge variable (chauffage par induction pour la trempe au défilé par exemple) dépend, pour une large part, de la stabilité du courant grille pendant les passages à vide. En effet, pour ne pas dépasser la dissipation grille compatible avec une longue durée de vie, il y a intérêt à limiter le plus possible la remontée du courant d'excitation, lorsque le circuit oscillant est déchargé.

On sait par ailleurs qu'en cas de variation de la charge, le courant grille est d'autant plus stable que la résistance de polarisation est grande (à excitation constante, la tension de crête de grille, et par conséquent le courant grille, varient en raison inverse de la valeur de cette résistance). Il faut par conséquent qu'un tube destiné à la H.F. industrielle ait un coefficient d'amplification faible tout en ayant une pente suffisamment élevée pour conserver un bon rendement.



est ainsi assuré gratuitement (la cuve étant simplement mise en série avec la circulation d'eau parcourant le C.O. et l'inducteur).

La robustesse des filaments obtenue par l'utilisation d'un système d'équipage particulier assurant le déplacement des brins parallèlement à eux-mêmes a permis de simplifier le circuit de chauffage des tubes. Alors que pour les tubes de puissance employés en télécommunications, une cascade de contacteurs élimine progressivement les résistances de protection limitant le courant filament lors de l'allumage, les modèles conçus pour l'équipement des générateurs H.F. admettent l'application brutale de la tension sans préjudice quant à leur durée de vie.



Version expérimentale d'un tube E1567 dans laquelle l'anode a été remplacée par une ampoule de verre afin de permettre l'observation du filament au cours de 5 000 brusques mises sous tension consécutives. Une version antérieure d'un tube E1300 illustre la couverture de ce numéro.

Les électroniciens ont également cherché à réduire la tension anodique nominale des tubes destinés aux générateurs H.F., sans nuire au rendement, afin de pouvoir utiliser pour leur alimentation des valves classiques.

L'étude de la géométrie des tubes a été conduite avec le souci de fonctionner à moins de 5 000 V pour des puissances inférieures à 10 kW et à ne pas dépasser 8 000 V pour les puissances supérieures. Il est ainsi possible d'employer des tubes redresseurs à vapeur de mercure ou à remplissage de xénon que leur robustesse et leur faible encombrement destinent tout particulièrement à l'usage industriel.

Rentabilité

L'effort vers la simplification d'emploi et l'augmentation de la robustesse des tubes doit aller de pair avec la recherche visant à accroître les durées de vie et à abaisser les prix unitaires.

La lampe est l'élément qui s'use dans un poste H.F. Dans le choix des solutions à adopter, il ne faut pas perdre de vue la notion du prix de revient horaire d'exploitation. Cette recherche du prix unitaire le plus bas ne doit jamais se faire au détriment de la sécurité de fonctionnement. L'immobilisation, en raison de pannes, d'un poste H.F. s'intégrant dans une chaîne de fabrication doit être aussi exceptionnelle que l'arrêt accidentel des autres machines. Le fait que le premier met en œuvre des circuits électroniques, alors que les autres sont purement mécaniques, pouvait constituer une excuse à l'âge héroïque de la H.F. industrielle. Il n'en est plus ainsi aujourd'hui, en raison du volume considérable des produits devant subir l'intervention des générateurs H.F. au cours de leur fabrication.

L'analyse systématique des pannes a permis de les classer en trois catégories :

La première est causée par les défaillances du tube lui-même ;

La seconde est due au mauvais fonctionnement des accessoires nécessaires au bon fonctionnement du tube ;

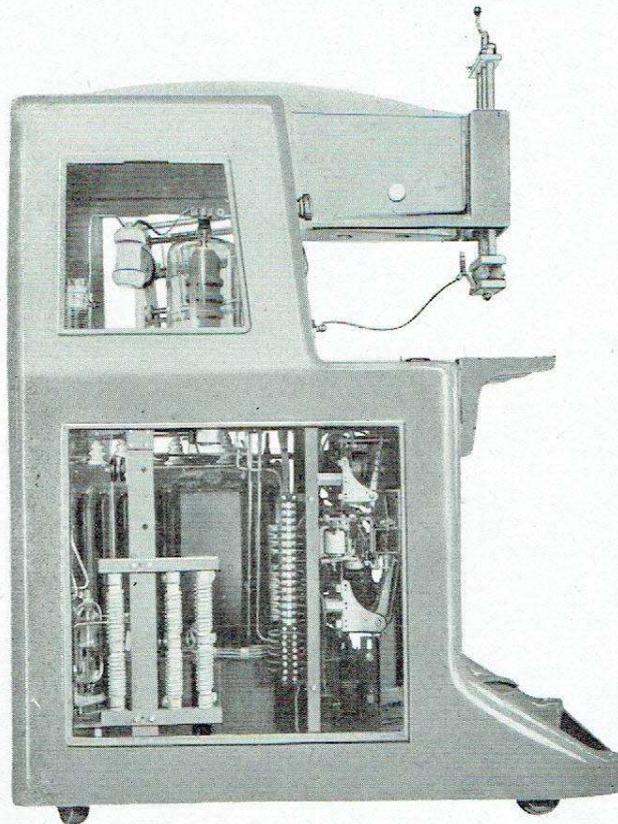
La troisième est provoquée par des organes totalement étrangers au tube.

Les causes des pannes de la première catégorie ont été pratiquement éliminées, grâce à l'accroissement de la robustesse. Actuellement, les arrêts dus à la défaillance des tubes sont les plus faibles en pourcentage.

Les pannes dont les causes entrent dans la seconde catégorie sont plus importantes. Provoquées par les accessoires indispensables au bon fonctionnement du tube, elles font que celui-ci peut en être tenu pour responsable d'une manière indirecte. Il est évident qu'un tube n'exigeant qu'un nombre très restreint d'accessoires réduira d'une façon sensible la fréquence des pannes. L'effort tendant à simplifier l'emploi des tubes avait pour objectif de supprimer pour ainsi dire les appareils auxiliaires destinés à la protection de la lampe et qui n'interviennent pas directement dans la production de la haute fréquence ou la sécurité du personnel.

L'élimination des contacteurs en cascade dans le circuit de chauffage, du système de régulation de tension, du ventilateur d'ambiance, du contacteur thermostatique d'anode, etc., sont autant de victoires dans la lutte contre les pannes et pour l'amélioration de la rentabilité des générateurs de H.F. industrielle.

Parallèlement à ces efforts, le prix de revient du kilowatt/heure haute fréquence a pu être réduit en raison de l'augmentation de la durée de vie des tubes et de la diminution de leur prix. L'abaissement des prix unitaires a été obtenu en fabriquant un plus grand nombre de tubes de modèles très restreints. Le choix



Poste de soudure de 3 kW (S.T.E.L.) équipé d'un tube E1300.

judicieux des caractéristiques a permis en effet de réduire le nombre de types nécessaires à l'équipement des générateurs de puissances diverses.

Il est d'ailleurs possible actuellement de mettre 2 ou 3 tubes en parallèle et de doubler ou tripler ainsi la puissance utile sans craindre la production d'oscillations parasites, puisque les self-inductions de grille et de cathode ont été sensiblement diminuées. En ce cas particulier, les exigences du domaine des applications industrielles concordaient avec celles des télécommunications.

Deux tubes pour haute fréquence industrielle

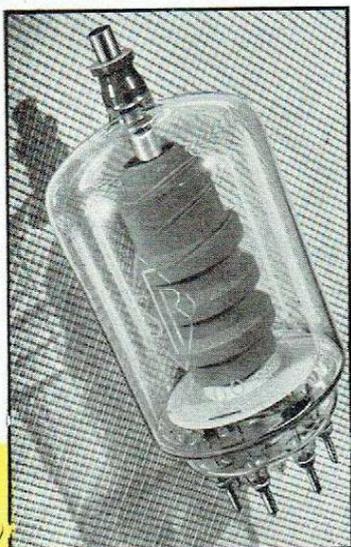
On trouvera ci-après les caractéristiques et quelques exemples de fonctionnement relatifs à deux triodes de conception moderne destinées spécialement à la haute fréquence industrielle pour des puissances utiles comprises entre 1,5 et 45 kW. Ces exemples ne

sont évidemment pas limitatifs. La mise en parallèle de deux tubes E 1300 permet de fournir 5 kW avec refroidissement naturel. De même, deux ou trois tubes E 1567 montés en parallèle conviennent parfaitement pour des postes de 30 ou de 45 kW.

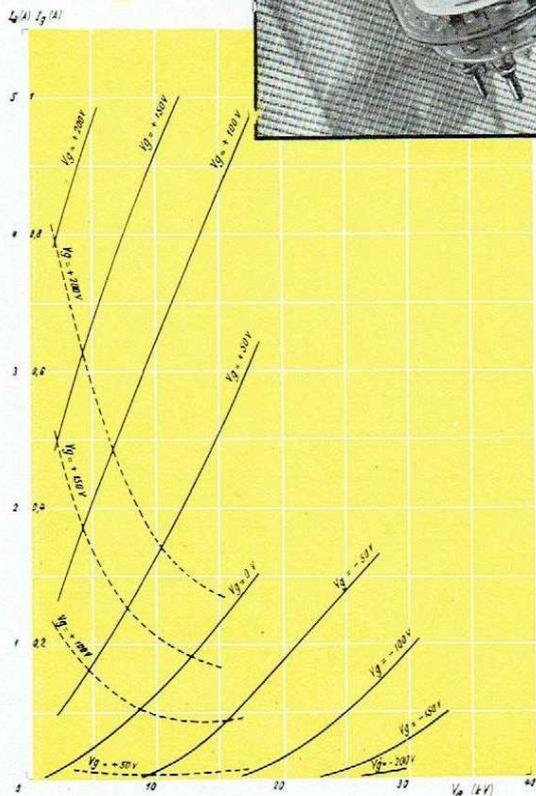
E 1300

Le tube E 1300 est une triode à filament de tungstène thorié, à refroidissement naturel, fournissant une puissance de 3 kW. Sa dissipation anodique en régime permanent est de 1 500 W. Grâce à son anode en graphite et à l'emploi de revêtements spéciaux, la puissance dissipée admissible en régime intermittent est de 2,5 kW. Des dissipations accidentelles de 5 kW pendant 30 secondes ne risquent pas de porter préjudice au fonctionnement ultérieur ni à la durée de vie du tube.

Grâce à son système d'équipage, ce tube a supporté au cours des essais d'endurance 5 000 mises sous tension brutales sans la moindre déformation des brins filaments.



Courbes caractéristiques du tube E 1300.



Caractéristiques électriques :

Capacités interélectrodes ..	$\left\{ \begin{array}{l} F/G = 24 \text{ pF} \\ G/P = 17,5 \text{ pF} \\ F/P = 1,3 \text{ pF} \end{array} \right.$
Filament	Tungstène thorié
Tension filament	$\left. \begin{array}{l} 7,5 \text{ V} + 10 \% \\ - 5 \% \end{array} \right\}$
Courant filament	36 A
Tension anodique max. ..	$\left\{ \begin{array}{l} 5000 \text{ V pour } F \leq 30 \text{ MHz} \\ 4000 \text{ V pour } F > 30 \text{ MHz} \end{array} \right.$
Courant anodique max. ..	1,2 A
Courant grille max.	$\left\{ \begin{array}{l} 0,150 \text{ A en charge} \\ 0,250 \text{ A à vide} \end{array} \right.$
Dissipation anodique max. ..	$\left\{ \begin{array}{l} 1,5 \text{ kW en régime permanent} \\ 2,5 \text{ kW en régime intermittent} \end{array} \right.$
Pente (pour $I_a = 500 \text{ mA}$)	15 mA/V
Coefficient d'amplification ..	16 V/V
Polarisation grille max. ..	1 000 V
Régime intermittent max. ..	$\left\{ \begin{array}{l} t \leq 10 \text{ s} \\ \frac{t}{T} \leq 50 \% \end{array} \right.$

t étant le temps d'application de la H.T. et T le temps total.

Voici deux exemples de fonctionnement du tube E 1300, le premier sur poste à induction, le second sur poste de soudure par pertes diélectriques.

Poste à induction de 3 kW :

Fréquence	1 MHz
Service	régime permanent ou intermittent
Tension anode	4 000 V
Courant anode	1,2 A
Courant grille	$\left\{ \begin{array}{l} (0,130 \text{ A en charge}) \\ (0,240 \text{ A à vide}) \end{array} \right.$
Résistance de grille	2 800 Ω
Puissance utile dans le matériau	3 kW
Redressement utilisé	triphasé simple avec 3 valves VX 7400

Poste de chauffage par pertes diélectriques de 3 kW :

Fréquence	30 MHz
Service	régime intermittent seulement
Tension anode	5 000 V
Courant anode	1,2 A
Courant grille	0,150 A
Résistance de grille	4 000 Ω
Puissance utile dans le matériau	3 kW
Redressement utilisé	triphasé simple avec 3 valves VX 7400

Le tube E 1567 est une triode à filament de tungstène thorié, à refroidissement par eau de ville, arrivée par le bas de la cuve, débit 10 l/mn sous une pression de 500 g à pleine charge, correspondant à une puissance utile de 15 kW.

Un équipement analogue à celui employé sur la E 1300 permet la mise sous tension du filament sans paliers intermédiaires.

Grâce à sa structure géométrique, le courant grille de ce tube en oscillation ne remonte que de 18 0/0 en passant du régime de charge au régime à vide (alors que des remontées de 60 à 80 0/0 sont normales sur des tubes « Radiodiffusion »).

Caractéristiques électriques :

Capacités interélectrodes	F/G = 29 pF. G/P = 28 pF. F/P = 2 pF.
Filament	Tungstène thorié
Tension filament	7,5 V + 10 % - 5 %
Courant filament	100 A
Tension anodique max.	10 000 V pour $F \leq 30$ MHz 6 000 V pour $F > 30$ MHz
Courant anodique max.	3 A
Courant grille max.	0,400 A en charge 0,450 A à vide
Dissipation anodique max.	15 kW en régime permanent 20 kW en régime intermittent
Pente (pour $I_p = 1,5$ A)	17 mA/V
Coefficient d'amplification	13 V/V
Polarisation grille max.	2 000 V
Régime intermittent max.	$t \leq 10$ s $\frac{t}{T} \leq 50$ %

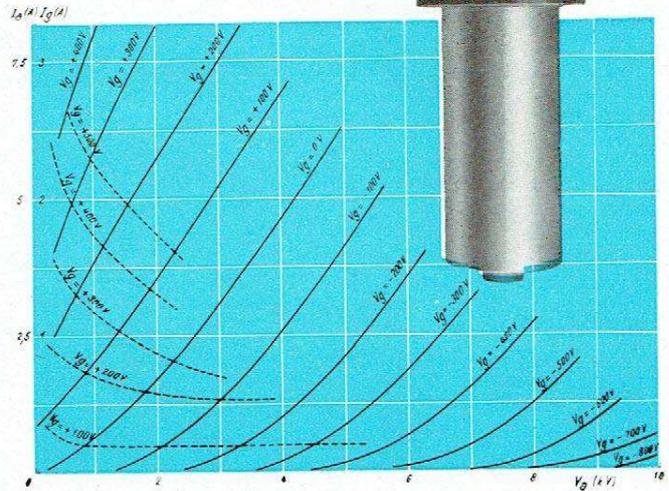
t étant le temps d'application de la H.T. et T le temps total.

Voici deux exemples de fonctionnement du tube E 1567, tous deux sur poste à induction.

Poste à induction de 6 kW :

Fréquence	1 MHz
Service	en régime intermittent ou permanent — débit d'eau : 8 l/mn
Tension anode	4 600 V
Courant anode	2,55 A

Courbes caractéristiques du tube E 1567.



Courant grille	0,250 A en charge 0,370 A à vide
Résistance de grille	2 500 Ω
Puissance utile dans le matériau	7 kW
Redressement utilisé	triphasé simple avec 3 valves VX 7 400.

Poste à induction de 12 kW :

Fréquence	1 MHz
Service	régime intermittent ou permanent — débit d'eau 10 l/mn
Tension anode	8 000 V
Courant anode	3 A
Courant grille	0,340 A en charge 0,400 A à vide
Résistance de grille	3 000 Ω
Puissance utile dans le matériau	14 kW
Redressement utilisé	triphasé doubleur de tension avec 6 valves VX 7 400.

Conclusion et regards vers l'avenir

L'exposé et les exemples qui précèdent témoignent de l'effort réalisé dans le domaine des tubes électroniques pour que la haute fréquence industrielle soit un procédé sûr et rentable. Les industriels doivent considérer les générateurs de haute fréquence comme des appareils robustes et de manipulation facile qu'ils peuvent incorporer sans crainte dans les chaînes de production.

Est-ce dire que cette technique ait atteint actuellement son stade définitif? Il n'en est très probablement pas ainsi. L'examen du schéma de principe d'un poste à induction à haute fréquence fait apparaître l'intervention successive des éléments suivants :

- 1° Un transformateur-élévateur de tension et des tubes redresseurs;
- 2° Un générateur produisant la haute fréquence sous tension élevée;

3° Un transformateur abaissant la tension haute fréquence.

Il est facile de constater que les opérations effectuées par les éléments 1 et 3 sont contradictoires: on élève d'abord la tension pour l'abaisser ensuite. La voie que devront suivre les électroniciens semble donc toute tracée: éliminer les postes 1 et 3 en ramenant le générateur à sa plus simple expression, où il ne serait plus qu'un multiplicateur de fréquence. Tel est l'objectif qu'il paraît souhaitable d'atteindre. Le progrès en ce domaine dépendra essentiellement de l'évolution et des possibilités de l'Électronique de demain.

A. BESSON,

Ingénieur au Département Lampes
de la S^{ie} F^{se} Radioélectrique

Electronique Industrielle

Les photorésistances au sulfure de cadmium

Généralités

Créées il y a quelques années dans les Laboratoires du C.N.E.T., puis mises industriellement au point par la Société Nouvelle de l'Outillage R.B.V. & de la Radio-Industrie, les photorésistances R.B.V.-R.I. sont des cellules photoconductrices à base de sulfure de cadmium déposé par vaporisation.

Leur propriété fondamentale est leur extrême sensibilité, qui est de l'ordre de 1 000 fois celle des autres types de cellu-

les connus. Alors que les cellules à vide argent-césium débitent 30 microampères par lumen, les photorésistances débitent 0,5 à 1 ampère par lumen. Il est possible de dépasser ces chiffres, mais les caractéristiques sont modifiées et l'usage en devient plus délicat (inertie trop élevée, résistance d'obscurité trop faible, etc.). En modifiant convenablement la technique de fabrication, on peut faire varier leurs propriétés en établissant des compromis: par exemple entre l'inertie et la sensibilité, entre les résistances d'obscurité et d'éclairement, etc. Toutefois, la réponse à

un éclairage donné est sujette à des variations, de l'ordre de ± 20 0/0, autour d'une valeur moyenne qui demeure constante dans le temps. Cet inconvénient est sans importance quand il s'agit de commander un relais par « tout ou rien », car il suffit d'en tenir compte lors du réglage. Mais en photométrie, il conduit à employer des méthodes de zéro; à moins que l'on ne fasse appel à des montages différentiels. Pour ce dernier cas, il a été établi des modèles variés de photorésistances différentielles à trois et quatre électrodes.

TYPE	DIMENSIONS			BROCHAGE	PUISSANCE max. DISSIPABLE (mW)
	surface sensible (mm)	cellule nue (mm)	en boîtier (mm)		
TYPES STANDARD					
PR 420	4 × 0,7	4 × 1	∅ 9 × 6 30 × 14 × 5,5	spécial fils fils	3
PR 421	»	»			»
PR 422	»	»			»
PR 423	»	»			»
PR 1120	∅ 11	∅ 11,5 × 2	∅ 20 × 10	quartz fils	60
PR 1121	»	»			»
PR 1122	»	»			»
PR 1420	∅ 11	∅ 14 × 2	∅ 20 × 10	quartz fils	60
PR 1421	»	»			»
PR 1422	»	»			»
PR 1820	∅ 17	∅ 18 × 2	∅ 20 × 10	quartz fils	150
PR 1821	»	»			»
PR 1822	»	»			»
TYPES DIFFÉRENTIELS					
PR 430	(4 × 0,5) × 2	∅ 4 × 1	∅ 9 × 6 30 × 14 × 5,5	spécial fils fils	2
PR 431	»	»			»
PR 432	»	»			»
PR 433	»	»			»
PR 1130	(5 × 0,7) × 2	∅ 11,5 × 2	∅ 20 × 10	noval fils	4
PR 1131	»	»			»
PR 1132	»	»			»
PR 1430	(6 × 0,7) × 2	∅ 14 × 2	∅ 20 × 10	noval fils	4
PR 1431	»	»			»
PR 1432	»	»			»
PR 1830	(8 × 0,7) × 2	∅ 12 × 2	∅ 20 × 10	noval fils	6
PR 1831	»	»			»
PR 1832	»	»			»
PR 1830 circ.	(14 × 0,7) × 2	∅ 18 × 2	∅ 20 × 10	noval fils	10
PR 1831 circ.	»	»			»
PR 1832 circ.	»	»			»
PR 1840	(6 × 6) × 4	∅ 18 × 2	∅ 20 × 10	noval fils	28
PR 1841	»	»			»
PR 1842	»	»			»

La puissance maximum dissipable s'entend pour surface uniformément éclairée et température ambiante inférieure ou égale à 40 °C.

Types standard

Les photorésistances standard ne comportant que deux électrodes trouvent leur emploi dans la commande de relais sans amplification. Comme telles, leurs applications sont extrêmement nombreuses : dispositifs d'alarme, de conditionnement d'air, de comptage ; contrôle de flammes, de niveau ; détection de trous ; systèmes de protection, etc.

Types différentiels

Les principaux types fabriqués actuellement sont :

— Le type 1130/1131, comportant une surface formée d'un trait de $0,7 \times 11$ mm. D'un côté de celui-ci se trouve l'électrode commune ; de l'autre sont disposées les deux électrodes différentielles de telle sorte qu'un spot lumineux, défilant de gauche à droite le long de la ligne photoconductrice, réalise la liaison de l'électrode commune à la première électrode différentielle, puis à la seconde, sans que ces deux électrodes différentielles puissent être court-circuitées entre elles (zone isolante intermédiaire).

Avec une telle disposition, on peut réaliser, par exemple, des montages très variés : suiveur de spot, amplificateur de déviation ou de mouvement, commande différentielle en général de 2 circuits suivant la position de la tache lumineuse sur la partie sensible.

— Le type 1830/1831 qui est semblable au précédent, mais dont la partie active est formée d'un trait mesurant $0,7 \times 18$ mm. Il permet de réaliser les mêmes appareils que ci-dessus, mais de disposer de limites de réglage beaucoup plus larges. Une variante (1830/1831 circulaire) comporte des électrodes circulaires et est utilisée lorsque le déplacement du spot peut se faire suivant un azimut quelconque (suiveurs de courbes).

— Le type 1840/1841, qui comporte 4 électrodes dont les 2 centrales peuvent être reliées ensemble, ce qui réalise une extension du type 1830/1831, mais à surface active plus importante. Il permet, par exemple, la commande directe d'un relais sur chaque branche différentielle du circuit pourvu que chaque partie active correspondante soit uniformément éclairée. En laissant les 2 électrodes centrales séparées, on réalise une photorésistance différentielle à 4 électrodes permettant de multiplier les combinaisons électriques.

— Le type PR 430/431, qui est formé de 2 bandes photoconductrices parallèles de $0,5 \times 3,5$ mm séparées l'une de l'autre par une électrode commune de $0,7 \times 3,5$ mm. Dans le modèle 430, la connexion de l'électrode centrale doit être prise à l'arrière, les connexions des 2 électrodes différentielles latérales devant être prises sur le devant de la pastille.

Sensibilité

Contrairement à l'usage définissant la sensibilité des cellules photo-électriques par une intensité de courant par unité de flux lumineux, celle-ci est définie par les valeurs suivantes :

1. — Résistance sous 100 V à 0,1 lux d'éclairage après 5 secondes ;
2. — Résistance sous 10 V à 1 000 lux (sous 100 V à 10 lux pour les types PR 420 à 422 et PR 430 à 432).

Il a été choisi 0,1 lux au lieu de l'obscurité totale, car celle-ci n'est pratiquement jamais réalisée, surtout dans le cas de commande d'un relais.

I. — Types standard

Types PR 420 à 422 : Ces photorésistances peuvent être livrées dans une gamme de résistances à 10 lux sous 100 V s'étendant de 0,8 à 15 M Ω . Le rapport des résistances entre 0,1 lux/100 V et 10 lux/100 V est supérieur à 20.

Types PR 1120 à 1122 ; 1420 à 1422 ; 1820 à 1822 : Pour répondre à toutes les applications, la gamme de ces photorésistances a été établie avec des valeurs de : R_{1000} allant de 10^5 à 10^7 (résistance à 1 000 lux) ; $R_{0,1}$ allant de 10^9 à 10^4 (résistance à 0,1 lux), ces deux quantités pouvant être choisies *indépendamment l'une de l'autre*. Suivant les classes, les rapports des deux valeurs de résistance ci-dessus varient de 10 à 1000.

Les tolérances normales sur ces valeurs sont de 1 à 10 sur $R_{0,1}$ et de 1 à 3 sur R_{1000} .

II. — Types différentiels

Types PR 430 à 432 : Pour ces modèles, la résistance à 10 lux/100 V ou R_{10} est égale ou supérieure à $8,10^5 \Omega$, le rapport entre les valeurs de la résistance à 0,1 lux et à 10 lux étant égal ou supérieur à 20.

Types PR 1130 à 1132 ; 1430 à 1432 ; 1830 à 1832 : La résistance à 0,1 lux/100 V ou $R_{0,1}$ est égale ou supérieure à $10^9 \Omega$. Le rapport entre les valeurs de la résistance à 0,1 lux et à 1 000 lux est égal ou supérieur à 100.

Conditions d'utilisation

Eclairage

Les photorésistances standard sont établies pour fonctionner avec des éclairages minima de 10 lux.

Inertie

La sensibilité des photorésistances diminue d'une façon importante lorsqu'elles sont utilisées en lumière modulée. Cette diminution dépend à la fois du modèle choisi et de la fréquence de modulation. A titre indicatif, la chute est de 40 dB pour une fréquence de 100 Hz ; elle passe à 60 dB pour une fréquence de 5 000 Hz.

Température de fonctionnement

Les puissances dissipées par les photorésistances étant importantes, parfois plusieurs milliampères sous quelques dizaines de volts, la couche sensible est susceptible de s'échauffer notablement et de s'altérer. Il convient de ne jamais dépasser une température ambiante de 50 °C.

Puissance dissipable

En service continu, les photorésistances peuvent dissiper 1 mW par mm² de surface uniformément éclairée, la température ambiante étant inférieure ou égale à 40 °C. En régime d'impulsions, par exemple 5 s de fonctionnement et 25 s d'arrêt, la puissance dissipée est 5 fois supérieure à celle en régime continu.

Sensibilité spectrale

Le maximum de sensibilité des photorésistances a lieu pour une longueur d'onde de 0,65 μ correspondant au rouge. En prenant celle-ci comme référence, l'intensité traversant la cellule tombe à 0,6 pour l'orangé (0,6 μ), à 0,45 pour le jaune (0,58 μ) et à 0,27 pour le vert (0,52 μ).

J. HENRY.

TABLEAU de

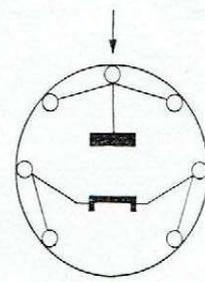
à gaz et à vide

Ce tableau complète l'excellent

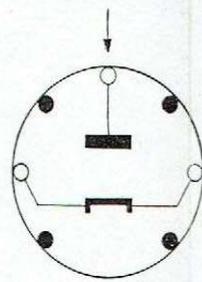
Trois articles sur

	90 AG Dario
Atmosphère	gaz
Surface apparente cathode (cm ²) ..	4
Tension anode max (V)	90
Tension anode normale (V)	85
Courant anode obscurité (μ A)	0,1
Sensibilité moyenne (μ A/ μ W)	
Réponse spectrale (μ)	0,52 vert
Sensibilité à la lumière (1) (μ A/lux).	1,3.10 ⁹
Résistance de charge (M Ω)	1
Capacité anode-cathode (pF)	0,9
Courant par mm ² de surface de cathode (m μ A)	6
Température ambiante max (°C) ..	+ 70
Culot	Miniature 7 broches (A)

- (1) Mesurée en employant comme source lumineuse
(2) L'alimentation totale maximum (courant continu de courant 1.10⁹) ou 75 V entre ces mêmes électrodes



A



B

es CELLULES PHOTO-ÉLECTRIQUES

vide des types industriels les plus courants

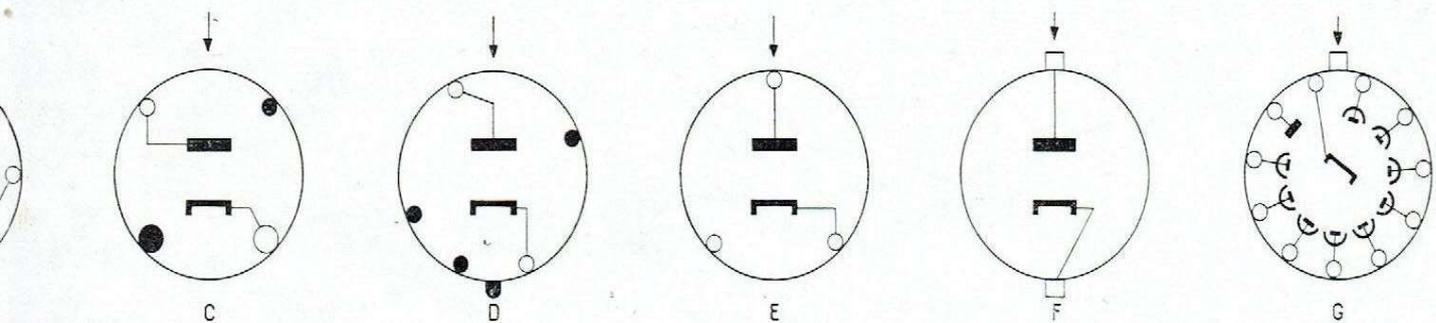
étude de J.-P. CEMICHEN publiée dans notre précédent numéro (pages 83 à 87)

les cellules à semiconducteurs sont insérés pages 123, 133 et 136 du présent numéro

90 CG Dario	927 Mazda	90 AV Dario	90 CV Dario	929 Mazda	922 U.S.A.	Photomultiplicateur 931 U.S.A.
gaz	gaz	vide	vide	vide	vide	vide
2,4	2,4	4	2,4	3,6	1,95	1,87
90	90	100	100			100 par dynode (2)
85	85	85	50	250	500	75 par dynode
0,1	0,1	0,05	0,05	0,0125 (250 V)	0,005 (250 V)	0,1
	0,0125			0,042	0,002	18 600
0,67 à 0,74 rouge et proche infra-rouge	0,7 à 0,9 rouge et proche infra-rouge	0,46 bleu	0,6 à 0,86 rouge et proche infra-rouge	0,35 à 0,45 ultra-violet à bleu	0,67 à 0,96 rouge et proche infra-rouge	0,35 à 0,45 ultra-violet à bleu
$1,25 \cdot 10^2$	$1,25 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$
1	2,5 (90 V \rightarrow $> 1 \mu A$)	1	1			
1,1	2	0,9	1,1	2,6	1	4 (anode-dynode n° 9) 6,5 (anode à autres dyn.)
7		12,5	30			
+ 100	+ 100	+ 70	+ 75	+ 75	+ 100	+ 75
Miniature 7 broches (B)	« Pee-wee » 3 broches (F)	Miniature 7 broches (A)	Miniature 7 broches (B)	UX 4 broches (C) ou octal (D)	Spécial 2 broches (E)	Submagnal 11 broches (G)

Prenez une lampe dont la température de couleur du filament est de 2 870 °K.

Le courant alternatif (ou alternatif crête) est de 1 250 V. Il est recommandé d'utiliser : 100 V par étage dynode et entre dynode n° 9 et anode (amplification totale de 1,5 · 10⁵).



Une nouvelle photodiode au germanium

La photodiode à jonction au germanium **Dario** est une toute récente cellule photoélectrique miniature qui, polarisée convenablement, laisse passer un courant de saturation pratiquement indépendant de la tension appliquée. Lorsque la jonction est soumise à un flux lumineux, ce courant croît avec l'éclairement.

Ses caractéristiques principales sont les suivantes :

- Courant d'obscurité (à $\theta = 20^\circ\text{C}$ et pour $V_0 = 1,5\text{ V}$) $10\ \mu\text{A}$
- Résistance interne $3,3\ \text{M}\Omega$
- Sensibilité au flux lumineux $32\ \text{mA/lux}$

- Sensibilité aux éclairissements $2,5\ \text{à}\ 5 \cdot 10^{-2}\ \mu\text{A/lx}$
- Aire efficace de sensibilité $0,78\ \text{à}\ 1,56\ \text{mm}^2$
- Polarisation maximum $70\ \text{V}$
- Polarisation normale $4,5\ \text{V}$
- Résistance de charge $47\ \text{k}\Omega$
- Puissance dissipée maximum $10\ \text{mW}$

L'élément photosensible, constitué par une jonction P-N au germanium, est noyé dans un cylindre de matière plastique transparente qui assure la protection contre l'humidité et garan-

tit une excellente stabilité des caractéristiques. La surface sensible, de forme rectangulaire, est située à une faible distance de la face supérieure du cylindre. A la partie inférieure se trouvent deux fils de connexion soudés à la plaquette de germanium.

Le bloc en matière plastique est entouré d'un tube métallique mince qui confère à l'ensemble une grande rigidité et constitue un blindage électrique.

Les figures ci-dessous donnent les dimensions de la photodiode, vue de face et en coupe, et précisent toutes les indications qu'il est indispensable de connaître pour l'utiliser correctement.

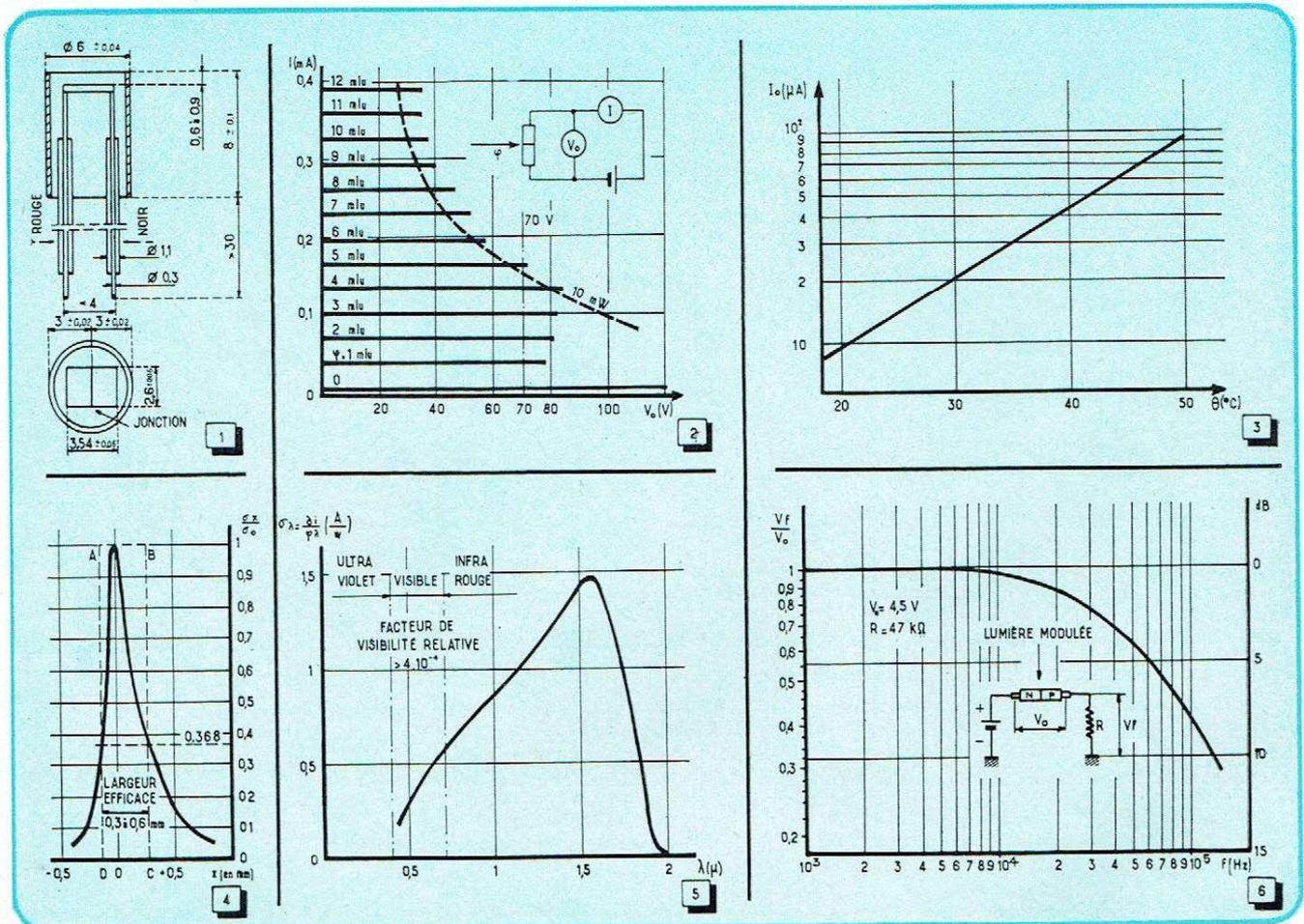


Fig. 1. — La photodiode vue de face et en coupe.

Fig. 2. — Caractéristiques statiques. En traits pleins, variation du courant en fonction de la polarisation, pour différentes valeurs du flux lumineux incident. En pointillé, courbe de la puissance dissipée maximum admissible.

Fig. 3. — Variation du courant d'obscurité pour différentes valeurs de la température.

Fig. 4. — Variations locales de la sensibilité lorsque le pinceau lumineux est déplacé perpen-

diculairement au plan de la jonction. En abscisses est portée la distance x comprise entre le plan de la jonction et le point d'impact du faisceau incident. En ordonnées sont portées les valeurs du rapport de la sensibilité x au point x à la sensibilité maximum.

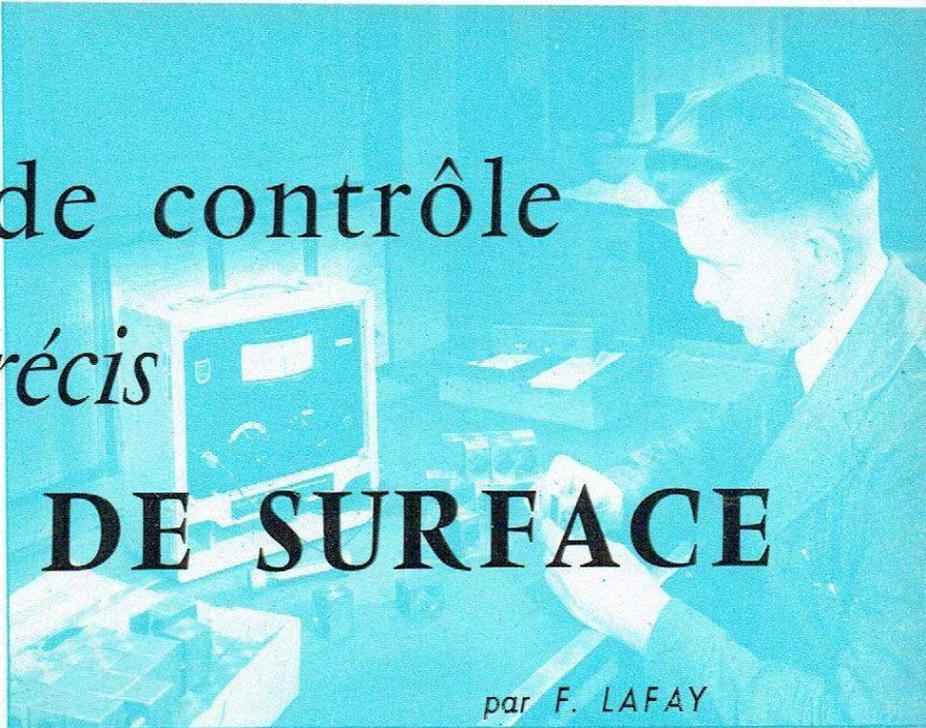
Sur le rectangle ABCD, dont l'aire est égale à celle définie par la courbe et par l'axe des x , le côté $AB = DC$ représente la largeur efficace de la jonction. L'aire efficace de la jonction est le produit de la largeur efficace par la longueur de la jonction.

Fig. 5. — Courbe de la sensibilité spectrale. En ordonnées sont portées les valeurs de la sensibilité, en abscisses les longueurs d'onde.

Fig. 6. — Influence de la fréquence de modulation de la lumière sur la sensibilité. V_0 est la tension à la fréquence zéro, V_f la tension à la fréquence f .

Cette courbe, et celle de la figure 5, sont obtenues en supposant la lumière incidente entièrement reçue par la région correspondant au maximum de sensibilité.

Un moyen de contrôle *rapide et précis* des **ÉTATS DE SURFACE** à l'atelier



par F. LAFAY

Introduction

L'évolution des techniques de fabrication en grande série a suscité parallèlement un accroissement de la précision d'usinage en limitant au strict minimum les tolérances des cotes. En outre, la notion d'état de surface est intervenue en compliquant le problème soulevé par la recherche de la qualité optimum.

La détermination précise des états de surface revêt une grande importance dans la construction des machines modernes, car la finition des surfaces en présence affecte grandement la durée et les caractéristiques en fonctionnement des différents organes.

On a considéré longtemps le rodage comme un ultime procédé d'usinage sans approfondir les modifications que cette opération fait intervenir, telles que l'usure des surfaces en présence, la rapidité d'obtention du fini désiré, l'échauffement produit et les déformations résultantes, la corrosion et la fatigue, autant de facteurs dont l'incertitude de mesure affectait la précision du travail exécuté.

Après avoir rappelé les diverses définitions proposées pour la détermination d'un état de surface, l'auteur décrit un **rugosimètre d'atelier**, robuste, rapide à utiliser et fournissant des indications dont la précision est bien meilleure que 20 %

Par ailleurs, les études entreprises pour définir le rôle des lubrifiants, leur mode d'action, leur comportement en fonction de diverses variables, leurs caractéristiques intrinsèques, ont obligé les techniciens à déterminer avec le maximum de précision le degré de « finition » des diverses surfaces considérées.

Ces nécessités imposent aux bureaux d'études de faire figurer sur les documents et dessins d'exécution, non seulement les valeurs de tolérance appliquées aux pièces, mais également des données précises relatives à l'état du fini des surfaces travaillées.

Définition du profil d'une surface

La détermination du profil des surfaces a fait l'objet depuis quelques années de nombreuses recherches d'un groupe spécial de travail au *Collège International pour l'étude scientifique des techniques de production mécanique* (C.I.R.P.) afin d'établir une normalisation. Le problème délicat consiste à définir l'équivalence des indices de profils dans les différentes valeurs internationales normalisées.

Les surfaces des pièces mécaniques présentent certaines inexactitudes de profil par rapport à la forme géométrique assignée, conséquence directe des perturbations apportées par la machine réalisant le travail : usinage au tour, rectification à la meule, polissage, rodage et « super-finition » à l'abrasif, etc. Ces défauts sont caractérisés par le nombre, la forme et les dimensions des aspérités et des creux constituant en fait le « microprofil » de la surface. Seules, les « cales » utilisées comme étalons en mécanique de précision par exemple, approchent de très près le plan parfait.

Les surfaces des pièces mécaniques accusent dans les limites des tolérances d'usinage deux sortes de défauts géométriques principaux :

a) Les défauts de forme qui marquent l'inexactitude du tracé d'un profil par rapport à une forme géométrique donnée. Ils représentent en quelque sorte les ondulations de la surface et ont une périodicité relativement grande ;

b) Les autres, de faible amplitude, résultent du traitement superficiel de la matière (frottement, usure, corrosion, etc.) dont ils constituent l'empreinte. Ces défauts qui affectent la surface réelle comprennent des saillies et des creux, et composent la « rugosité » ou son inverse, le « fini » des surfaces considérées.

En résumé, l'erreur de forme ou *défaut macrogéométrique* est la différence entre la surface mesurée et une surface idéale prise comme référence. C'est l'aberration du profil réel ou technique par rapport au profil géométrique. La rugosité ou défaut du microprofil est la différence entre les surfaces mesurée et réelle, ce qui correspond aux aberrations du profil technique par rapport au profil fin.

Ainsi, l'erreur de forme et la rugosité sont des défauts qui doivent être considérés par rapport à la surface mesurée et dont la notion essentiellement pratique est d'un intérêt évident. Mais on ne saurait parler de l'état des surfaces sans définir la superficie (ou la largeur du profil) à laquelle se réfèrent les défauts étudiés.

L'usage s'est établi dans l'industrie de caractériser la « rugosité » d'une surface par le critère géométrique d'une courbe de profil. Il existe actuellement quatre méthodes basées sur ces critères, lesquelles font l'objet de normalisations déjà entrées en vigueur dans plusieurs nations.

Considérons, à une très grande échelle, le profil d'une surface métallique axé per-

pendiculairement à la direction du travail de l'outil (fig. 1, 2, 3). La rugosité peut se définir comme :

a) La différence de hauteur maximum entre un sommet et un creux (valeur crête à crête) « H » ;

b) La différence de hauteur entre le plus haut sommet et le niveau moyen (1/2 valeur de crête à crête) ;

c) La valeur efficace (h_{eff}) de l'écart h par rapport au niveau moyen :

$$h_{eff} = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L h^2 dx}$$

C'est la valeur quadratique moyenne ou « Root Mean Square » utilisée par les Américains (R.M.S.) ;

d) La valeur moyenne :

$$h_{ave} = \frac{1}{L} \int_0^L |h| dx$$

C'est la valeur arithmétique moyenne ou « Center Line Average » (C.L.A.) de la norme britannique (B.S. 1134 : 1950).

Ces deux critères, de valeur statistique, sont comptés à partir de la ligne moyenne du profil, tandis qu'en Europe continentale, on emploie de préférence, soit la hauteur totale, soit la hauteur moyenne ou capacité d'aplatissement (fig. 2) :

$$h_m = \frac{1}{L} \int_0^L f(x) dx$$

Le niveau moyen intervenant dans (b) (c) et (d) est celui que l'on obtiendrait en rendant la surface complètement lisse, c'est-à-dire par nivellement des sommets et des creux. Dans les définitions (c) et (d), x est la coordonnée correspondant à l'intersection du niveau moyen et du plan du dessin.

La distance L est grande par rapport à l'écart moyen entre deux sillons.

$$\text{Degré de plénitude} : \frac{H - h_m}{H} = K ;$$

$$\text{Degré d'évidement} : K' = \frac{h_m}{H} ;$$

H = Profondeur totale ;

h_m = Profondeur moyenne.

Classement fonctionnel des états de surface

L'appréciation de la qualité des surfaces oblige à tenir compte de leur influence sur l'aptitude fonctionnelle. Il y a donc lieu de considérer non seulement l'aspect proprement dit de la surface, mais aussi l'orientation de son profil. Celui-ci est, en effet, souvent différent d'une direction à l'autre.

Au récent Congrès (1) de l'Organisation Internationale de Normalisation, la « classification des aspérités de surface des pièces usinées » a fait l'objet d'un projet de Recommandation ISO. En corollaire des nombreuses propositions étudiées, les rugosités de surface peuvent être déterminées principalement au moyen de deux paramètres :

a) L'écart moyen arithmétique de la médiane du profil « h_m », valeur moyenne des ordonnées « h » sur un tronçon choisi du profil, mesurée à partir de la ligne médiane, prise à sa valeur minimum ;

b) La hauteur totale des rugosités « H ».

(1) Léninegrad, novembre 1954.

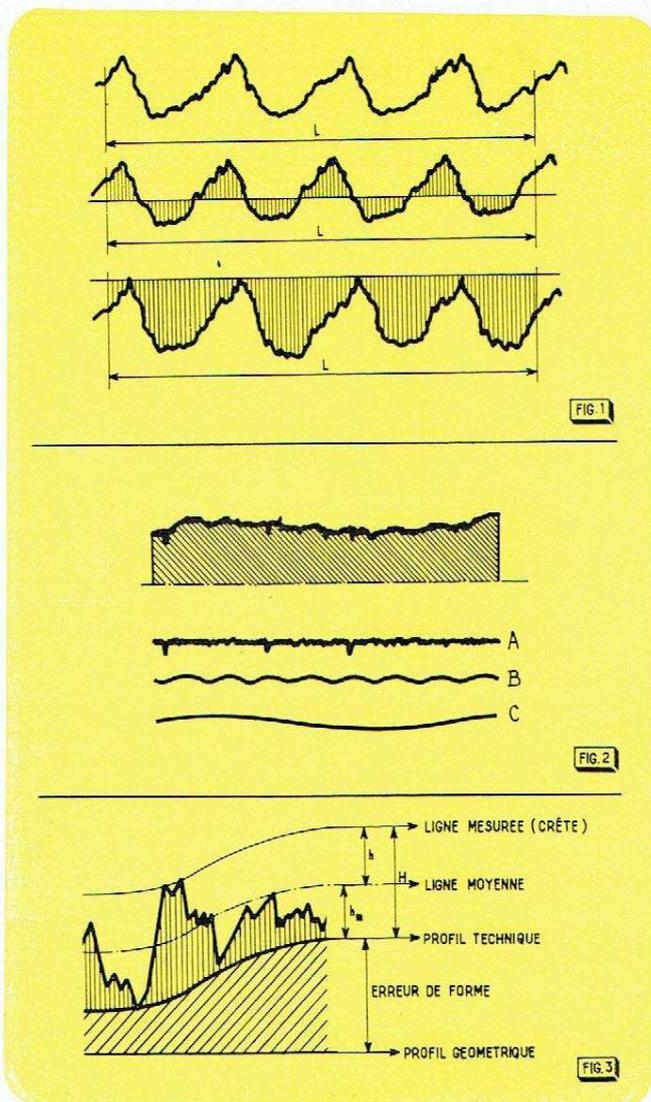
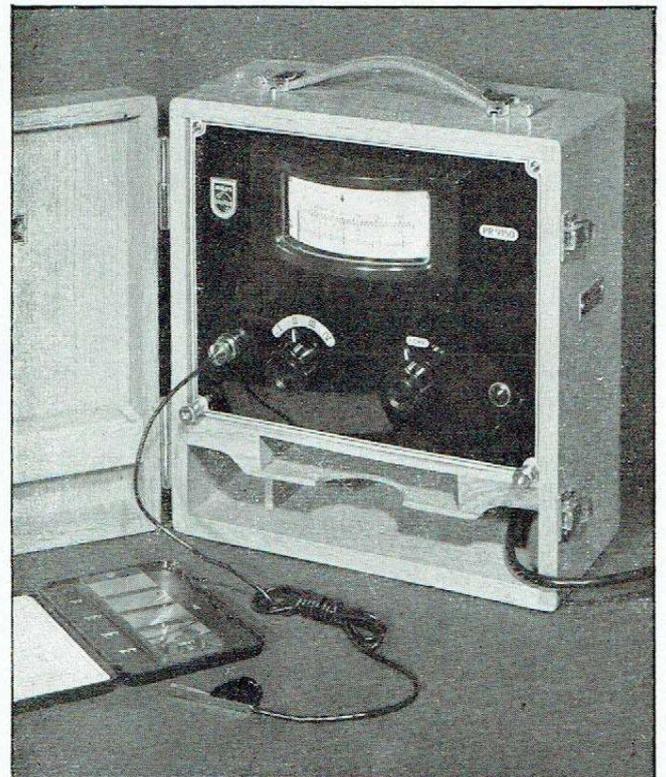


Fig. 1. — Différentes définitions des états de surface.

Fig. 2. — Représentation schématique d'un profil de surface dans laquelle on voit que celui-ci est la résultante de trois composantes.

Fig. 3. — Définition des différentes grandeurs caractérisant un état de surface.

Fig. 4 (ci-dessous). — Un rugosimètre commode pour l'atelier (PR 9150 Philips). On distingue au premier plan les surfaces étalons et le capteur.



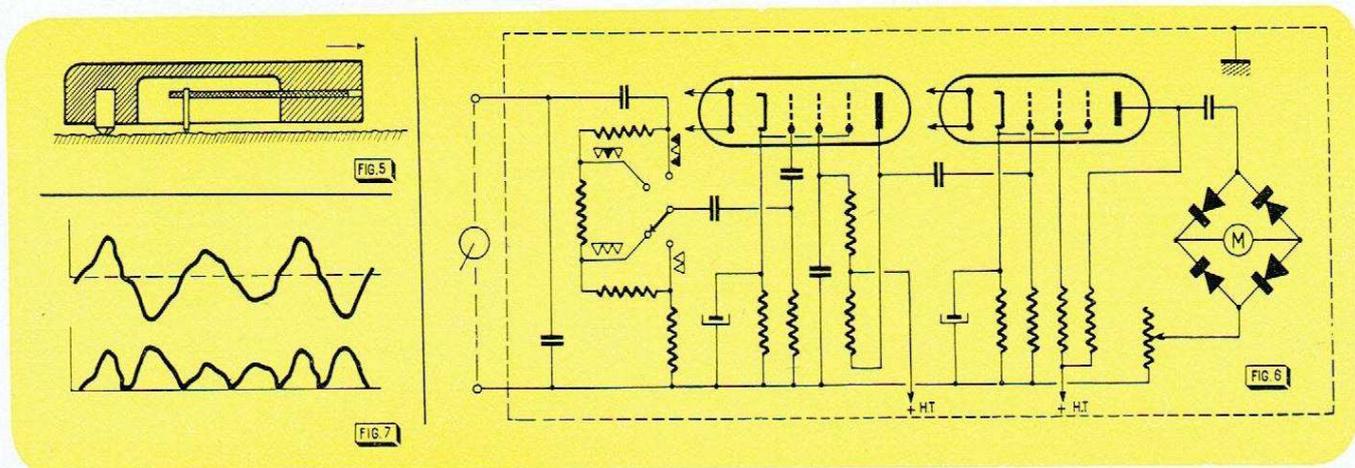


Fig. 5. — Coupe schématique du capteur piézo-électrique.

Fig. 6. — Schéma de principe du rugosimètre d'atelier.

Fig. 7. — Coupe d'une surface perpendiculaire à l'usinage (l'échelle verticale est plus grande que l'échelle horizontale) et (au-dessous), tension correspondante obtenue après un redressement biphasé de la tension alternative produite par l'exploration au moyen du capteur.

Néanmoins, la détermination rationnelle des rugosités ne doit pas se limiter à ces deux critères, mais comporter en outre (2) :

- La hauteur « Rp » de la surface réelle au-dessus de la ligne médiane ;
- Deux facteurs de forme ;
- L'écart quadratique moyen ;
- Le pourcentage de surface portante ;
- Le pas des rugosités et leur hauteur maximum.

Le comité a établi deux échelonnements de base des valeurs h_m et H, en adoptant le micron comme unité de mesure.

Mesure des états de surface

Dans toute opération d'usinage, sauf peut-être la rectification et le rodage, il est des facteurs géométriques que nous pouvons définir avec précision (tels l'avance, la profondeur de passe, la vitesse de coupe, etc.), et d'autres dont le contrôle nous échappe plus ou moins (rayon d'affûtage de l'outil, état du tranchant, vibration de la machine, efficacité de la lubrification, facilité d'usinage du métal, etc.).

Les problèmes de métrologie que pose la mesure de la rugosité des surfaces sont trop complexes pour que l'on puisse obtenir des valeurs rigoureuses. Ce qui importe est d'établir des comparaisons expérimentales valables entre des types bien définis de surface pouvant être aisément reproductibles. En effet, l'examen de la rugosité des surfaces peut être effectué par une méthode optique (vision directe) ou par un procédé électronique (vision indirecte) agissant à l'aide d'un capteur. Les méthodes optiques, longues et délicates, nécessitent des appareils encombrants et onéreux destinés plus particulièrement aux laboratoires métallographiques. Le procédé électronique à capteur a permis de réali-

ser des appareils extrêmement pratiques dont on peut se servir utilement à l'atelier pour définir la qualité de finition d'une pièce en valeur chiffrée et avec une précision suffisante.

Principe du rugosimètre

Un spécialiste habile peut apprécier grossièrement la rugosité d'une surface par simple frottement sous une légère pression de l'extrémité d'un doigt. La rugosité pouvant être perçue exceptionnellement par l'organe du toucher est au maximum d'un micron environ, ce qui est remarquable. Seule la comparaison avec une surface de référence permet d'obtenir des indications homogènes et plus précises. S'inspirant de ces données expérimentales, on a réalisé des appareils qui permettent de définir l'état d'une surface par l'action d'un organe capteur.

Lorsque l'on applique le pick-up d'un électrophone sur un disque, la pointe du saphir explore les gravures de l'enregistrement dont l'amplitude varie selon l'intensité des vibrations reçues. Cette action engendre une faible tension qui est proportionnelle au profil des sillons tracés sur la surface du disque. Le rugosimètre repose sur un principe analogue ; mais alors que le pick-up réagit aux ondulations du sillon dans le plan du disque, le capteur du rugosimètre réagit aux irrégularités dans une direction perpendiculaire à la surface explorée. Le capteur est relié à un amplificateur électronique conçu spécialement pour obtenir à la sortie une tension ou un courant électrique caractéristique du profil réel.

Certains appareils possèdent un système enregistreur à cordonnées variables ; d'autres sont à lecture directe sur un appareil de mesure. Ces instruments indiquent une valeur de rugosité proportionnelle à la moyenne R_a ou à la moyenne quadratique R_s .

Description d'un rugosimètre d'atelier

De nombreuses recherches ont été entreprises par les constructeurs d'instruments de précision en vue de mettre au point un équipement industriel suffisamment simple pour être confié à un ouvrier normal.

À l'atelier, chaque tourneur, chaque ajusteur qui dispose déjà d'un pied à coulisse, palmer ou comparateur pour s'assurer des dimensions et contrôler les cotes doit avoir également la possibilité de lire immédiatement les états de surface sur un cadran. La nécessité d'établir un « rugosimètre » simple, précis et robuste s'est donc imposée pour évaluer pratiquement le fini des surfaces travaillées.

Un appareil conforme à ce cahier des charges existe désormais (3) ; il peut aisément se monter sur une machine ou sur un établi et être employé en cours de travail sans obliger à en modifier les conditions. Il est constitué des éléments suivants :

1) Le rugosimètre proprement dit (fig. 4), qui comprend un atténuateur d'entrée permettant d'adapter l'appareil à quatre gammes de sensibilités, suivi d'un amplificateur à deux étages. Après amplification, la tension est redressée et appliquée à un instrument de mesure indiquant la hauteur moyenne des irrégularités de surface sur une échelle linéaire comportant un certain nombre de repères correspondant aux diverses valeurs des étalons de comparaison ;

2) Un capteur du type piézo-électrique (fig. 5), que l'on déplace à la main sur la surface à explorer dans une direction perpendiculaire à la direction d'usinage de la pièce. Lorsque l'on effectue ce déplacement d'un rapide mouvement, le détecteur fournit une tension électrique dont la loi de variation en fonction du temps est la même que celle des variations de h en

(3) Réalisation Philips.

(2) Proposition acceptée de M. l'Ingénieur général Nicolau, Président de la délégation française (AFNOR).

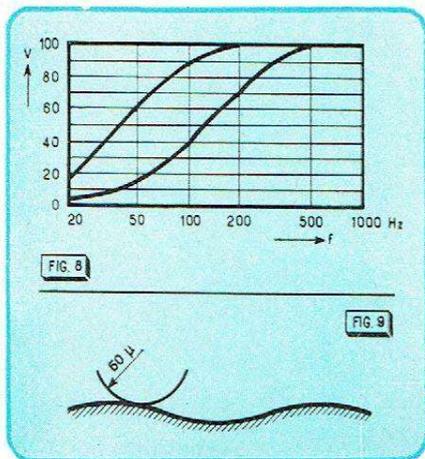


Fig. 8. — Réponse de l'amplificateur pour deux types de surfaces et une amplitude constante de l'aiguille.

Fig. 9. — La pointe de saphir a un rayon plus petit que celui des creux.

Fig. 10 (en haut et à droite). — Enregistrement d'un profil de surface à l'aide d'un appareil de laboratoire.

fonction de x . En redressant cette tension après amplification, on obtient une résultante continue proportionnelle à h , donc à la rugosité, que l'on peut lire directement sur un appareil à cadre mobile (fig. 6 à 8).

Cet organe « explorateur » repose, par sa génératrice inférieure, sur la surface à examiner (fig. 5) et reste à un niveau constant pendant son déplacement. Ce niveau représente le plan de référence constitué ici par le plan tangent aux sommets des irrégularités. L'aiguille exploratrice est constituée d'un saphir à pointe sphérique de 60μ de rayon (fig. 9). Cette valeur permet de suivre de façon continue le profil de la surface étudiée en atteignant les creux les plus profonds. L'expérience a montré que pour des pièces usinées, l'angle entre les deux versants d'un creux est toujours supérieur à 150° . La courbe représentée par le diagramme de la fig 10 reproduit le profil d'une surface enregistrée avec un appareil de laboratoire. L'amplification dans le sens horizontal est 100 fois plus réduite que dans le sens vertical, de sorte que le profil réel de la surface a des ondulations de périodicité bien supérieure. Il en résulte que la pointe du saphir peut explorer tous les creux. D'autre part, la pointe du saphir est d'une dimension calculée pour ne pas être détériorée ou rayer la surface.

L'aiguille exploratrice est fixée à l'une des extrémités d'un cristal piézo-électrique (titanate de baryum résistant bien à la chaleur et à l'humidité) dont l'autre extrémité est encastrée dans le corps du capteur. Pendant l'exploration, le cristal subit des déformations variables selon les irrégularités de la surface, d'où légère différence de tension proportionnelle à la sortie du capteur, variation amplifiée et mesurée par l'appareil.

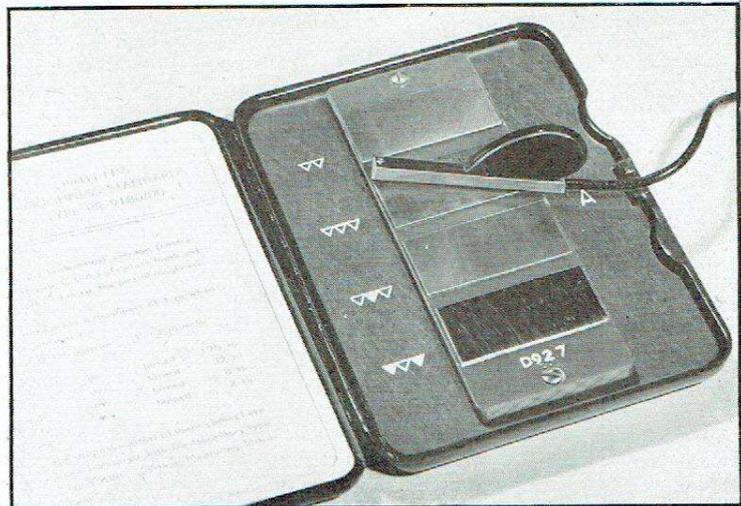
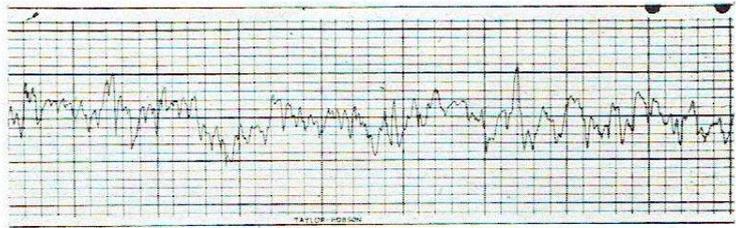


Fig. 11. — Les surfaces étalons du rugosimètre (doc. Philips Industrie).

Les dimensions du capteur sont suffisamment petites pour permettre la vérification de la surface interne d'un trou de 8 mm. de diamètre.

L'étalonnage du « rugosimètre » s'effectue au moyen d'une série de surfaces de référence dont les qualités ont été rigoureusement déterminées au préalable à l'aide d'un profilomètre de laboratoire (fig. 11).

Il est évident que l'on peut employer d'autres surfaces étalons et c'est ainsi que pour des mesures s'exerçant sur des pièces fabriquées en grande série, les utilisateurs ont toutes facilités d'utiliser avec leur appareil un étalon de rugosité de leur propre conception.

Précision des mesures

La précision des lectures dépend évidemment du soin avec lequel l'appareil est employé mais, en général, tout ouvrier intelligent, habile et soigneux, obtient d'excellents résultats après une courte période d'apprentissage.

La vitesse normale de déplacement du capteur est comprise entre 5 et 10 cm/s. En prenant, par exemple, un écart entre irrégularités d'environ 0,4 mm, valeur courante pour les surfaces parachevées, la fréquence fondamentale correspondante est de 125 à 250 Hz.

Pour protéger les lectures contre des surcharges dues à des déplacements involontaires de l'aiguille, on a incorporé à l'appareil un filtre passe-haut éliminant les fréquences très basses ainsi produites. Ces dispositions permettent des lectures fi-

dèles et stables, même pour un opérateur peu entraîné.

Un ouvrier exercé peut obtenir une précision de mesure de 5 à 10 %, mais la valeur courante de 20 % est très satisfaisante, car même un profilomètre de laboratoire à haute précision doit admettre une tolérance de $\pm 15 \%$ dans les mesures de rugosité par suite du manque d'homogénéité présenté par toute pièce usinée.

Conclusion

Les mesures d'état de surface s'étendent à l'industrie mécanique dans des domaines très variés tels que le contrôle en série d'éléments de machines pour l'aviation, l'automobile, les chemins de fer; la vérification de la surface de projectiles d'artillerie, des axes de moteurs, des pistons et cylindres de moteurs à explosion, etc. En outre, les surfaces de certaines matières telles que la céramique, le bois, les plastiques et le verre, ainsi que des revêtements : peintures, métaux déposés par galvanoplastie... peuvent être vérifiées à l'aide de cet appareil.

Ces domaines et beaucoup d'autres ont bénéficié de l'électronique qui a permis à l'industrie d'accomplir en quelques années des progrès décisifs. Avec la création d'appareils tels que celui que nous avons décrit, il est certain que la mesure des états de surface s'imposera dans tous les ateliers d'usinage mécanique où l'on a le souci de la qualité des productions.

F. LAFAY
Ingénieur C.N.A.M.

Electronique Industrielle

Les radioéléments artificiels

II. - La mesure

Le numéro 2 de cette Revue a eu la chance de compter à son sommaire un article de C. Fisher, du Commissariat à l'Énergie Atomique, article consacré à la fabrication des radioéléments et qui précisait notamment la marche à suivre pour l'acquisition en France des radiocorps.

Cette seconde étude traite, sous la plume fort compétente de B. Grinberg — également du C.E.A. — de leur mesure.

Une troisième partie viendra prochainement donner de précieux renseignements sur leurs principales applications industrielles.

par B. GRINBERG

Mesurer un radio-élément, c'est déterminer le nombre de désintégrations subies par unité de temps (minute ou seconde) par ce radio-isotope.

La détermination précise de cette grandeur, que l'on nomme l'activité de la source, n'est pas nécessaire dans la plupart des applications. Ce qu'il importe le plus souvent, c'est de pouvoir procéder avec précision à la mesure relative des activités, qu'il s'agisse de suivre l'évolution au cours du temps de l'activité d'une source donnée ou de déterminer le rapport des activités respectives de deux sources distinctes d'un même radio-élément.

Cependant, la connaissance, aussi précise que possible, de l'activité « absolue » d'une source est quelquefois nécessaire. Les mesures dites « absolues » ont pour objet ces déterminations.

Pour exprimer l'activité d'une source, pour permettre la comparaison de sources distinctes, soit d'un même radio-élément, soit de radio-éléments différents, on a fait choix d'une unité qui est le curie. La définition qui en a été arrêtée en 1950 est la suivante :

Un curie d'un radio-élément quelconque est la quantité de ce radio-élément qui subit $3,7 \cdot 10^{10}$ désintégrations par seconde. Dans la plupart des applications, le curie se trouve être très supérieur aux activités utilisées. Aussi emploie-t-on couramment des sous-multiples : le millicurie (mC) qui correspond à $3,7 \cdot 10^7$ désintégrations/seconde et le microcurie (μC) correspondant à $3,7 \cdot 10^4$ désintégrations/seconde.

De l'activité déterminée d'une source radio-active exprimée en curies ou ses sous-multiples, on peut déduire le nombre N d'atomes présents du radio-élément considéré, donc son poids. En effet, de la loi de décroissance radio-active, on tire :

$$N = \frac{1}{\lambda} \frac{dN}{dt}$$

et si l'activité de la source, exprimée en curies, est A :

$$A = \frac{1}{3,7 \cdot 10^{10}} \frac{dN}{dt}$$

donc

$$N = \frac{3,7 \cdot 10^{10}}{\lambda} A = \frac{3,7 \cdot 10^{10}}{0,693} T \cdot A$$

T étant la période du radio-élément.

Le poids correspondant à ce nombre d'atomes est :

$$P = N P_{at} / n,$$

P_{at} étant le poids atomique du radio-isotope et n valant $6,02 \cdot 10^{23}$ (nombre d'Avogadro).

Plus la période d'un radio-élément est longue, plus le poids de 1 curie de ce radio-isotope est élevé. Ainsi, à titre d'exemple, 1 curie de radium (T = 1622 ans) pèse 1,025 g, alors que 1 curie de sodium 24 (T = 14,8 heures) ne pèse que $7 \cdot 10^{-9}$ g.

La détection des radio-éléments et leur mesure, au sens précisé plus haut, sont possibles parce que les transformations radio-actives (les désintégrations) s'accompagnent de l'émission de rayonnements. Le nombre de rayons émis par unité de temps par une source donnée est lié au nombre de désintégrations dans le même temps. La connaissance du schéma de désintégration est nécessaire pour relier entre elles ces deux grandeurs qui peuvent fort bien n'être pas égales. De la détermination expérimentale de l'une : nombre de rayons émis, on peut ainsi déduire l'autre. La détection des rayonnements rend en quelque sorte « observable » le phénomène

Dix millicuries de radiophosphore coûtent environ 8000 F. Mais qu'est-ce que le curie ?

qui leur a donné naissance et permet de localiser et de mesurer la source radio-active. Toutes les techniques de mesure reposent sur la détection des rayonnements; aussi est-il nécessaire d'en rappeler brièvement les caractéristiques et les propriétés fondamentales.

On distingue les rayonnements électriquement chargés de ceux qui sont neutres (électriquement).

I. — RAYONS ELECTRIQUEMENT CHARGES : α , β^+ et β^-

	Rayon α	Rayon β^-	Rayon β^+
Masse	$6,64 \times 10^{-24}$ g	$9,1 \times 10^{-28}$ g	$9,1 \times 10^{-28}$ g
Charge	$+ 9,6 \times 10^{-10}$ e. s. u.	$- 4,8 \times 10^{-10}$ e. s. u.	$+ 4,8 \times 10^{-10}$ e. s. u.
Symboles	α , ${}^4_2\text{He}$	β^- , e^-	β^+ , e^+
Nature	noyau de l'atome d'hélium	électron ordin. (négaton)	électron positif (positon)

L'émission de rayons α est monocinétique; au contraire, l'émission des β constitue un spectre continu d'énergies comprises entre 0 et une valeur maximum. C'est l'énergie maximum qui est donnée par les tables et qui sert à caractériser un émetteur β donné. Ainsi les énergies des β émis par le phosphore 32 sont comprises entre 0 et 1,7 Mev; cette dernière valeur est celle qu'indiquent les tables pour caractériser l'émission du phosphore 32.

II. — RAYONNEMENTS ELECTRIQUEMENT NEUTRES : γ

Le rayonnement γ est identique par sa nature aux rayonnements électromagnétiques et comme eux se propage avec la vitesse de la lumière. Dans la conception corpusculaire de ce rayonnement, l'énergie de chaque quantum — ou photon — est : $W = h\nu = hc/\lambda$ étant la fréquence de la radiation, λ la longueur d'onde et c la vitesse de la lumière. Les longueurs d'onde des γ sont inférieures à 10^{-9} cm alors que celles des rayons X se situent entre 10^{-7} et 10^{-9} cm.

Interaction des rayonnements et de la matière

Les rayonnements réagissent sur la matière (solide, liquide ou gazeuse) qu'ils traversent. Ces interactions sont diverses, dépendent de la nature du rayonnement et se traduisent pour les particules chargées par une diminution de leur énergie cinétique. Il y a ralentissement des particules jusqu'à l'arrêt complet si l'épaisseur de matière traversée est suffisante. Ces particules ont donc dans la matière un « parcours » défini qui dépend à la fois de l'énergie initiale et de la nature de la substance. L'énergie perdue par ces particules est essentiellement absorbée par les processus d'ionisation et d'excitation des molécules ou atomes du milieu traversé.

Le pouvoir ionisant ou ionisation spécifique : nombre de paires d'ions créées par centimètre de parcours, dépend de la nature de la particule et de son énergie. A énergie égale, les α sont beaucoup plus ionisants que les β . Ainsi, un rayon α de 1 Mev α dans l'air un parcours de 0,5 cm, un rayon β de même énergie un parcours de 370 cm.

Outre ces processus fondamentaux d'interaction, les rayons α et β peuvent subir des collisions élastiques, donc des changements de direction. Ce phénomène de « diffusion » des rayonnements α et β est d'autant plus important que l'énergie du rayonnement est plus faible et le numéro atomique de la substance traversée plus élevé.

L'interaction des γ avec la matière diffère de celle des α et des β . Trois processus sont possibles, chacun caractérisé par une certaine probabilité :

1°) **Effet photo-électrique** : L'énergie du photon est entièrement transférée à un électron qui se trouve projeté avec une énergie cinétique E_e . Le photon disparaît totalement; $E_e = E_\gamma - E_0$ (E_0 : énergie d'extraction de l'électron);

2°) **Effet Compton** : Le photon extrait et projette un électron; lui-même subit un changement de direction et une diminution de son énergie, donc de sa longueur d'onde;

3°) **Création de paires d'électrons**, ou matérialisation : le photon se transforme en deux électrons. L'énergie minimum nécessaire est de 1,02 Mev.

Selon l'énergie du γ , c'est l'un de ces trois processus qui est prédominant, mais l'absorption totale d'un faisceau de rayons γ par un écran matériel résulte de la superposition des trois processus :

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

où

I_0 = intensité incidente (nombre de photons/cm²/sec).

I = Intensité émergente.

μ = coefficient d'absorption — μ est la somme de 3 coefficients correspondant respectivement à l'effet Compton, à l'effet photo-électrique et à la matérialisation.

Les appareils de détection des rayonnements tiennent nécessairement compte dans leur conception de ces propriétés. Leur sensibilité est d'autant plus grande que l'effet utilisé est plus important; on cherche donc à réaliser les conditions où ce but est atteint.

Détecteurs de rayonnements

Toutes les méthodes de mesure reposent sur l'emploi d'un détecteur approprié. Le principe général commun à tous les détecteurs est le suivant : Le rayonnement est absorbé — en totalité ou partie — par le détecteur et converti en un effet observable.

Les effets des rayonnements connus à ce jour sont nombreux et tous pourraient en principe servir à leur détection. Citons-en quelques-uns : noircissement des plaques photographiques, ionisation des gaz, ionisation des solides, effet thermique, scintillations, etc.

A ces phénomènes correspondent respectivement des techniques de détection de sensibilités et de champs d'application variés. Les unes enregistrent l'événement individuel (dispositifs de numération), les autres « intègrent » pendant un intervalle de temps donné l'énergie dissipée totale.

Nous nous limiterons aux techniques les plus couramment utilisées et laisserons de côté celles — tout aussi importantes du point de vue théorique — qui sont d'un emploi beaucoup plus restreint.

A. — DETECTION PAR NOIRCISSEMENT D'EMULSIONS PHOTOGRAPHIQUES

Ce procédé, qui est à l'origine de la découverte par **Becquerel** de la radio-activité naturelle, a aujourd'hui un champ d'application étendu. Il fait l'objet d'une technique à laquelle on a donné le nom d'**autoradiographie** qui permet en particulier de localiser le radio-élément au sein d'un milieu solide, qu'il y ait été introduit comme traqueur (tissus animaux, alliages, etc.) ou qu'il en soit un constituant naturel (inclusions radio-actives de roches diverses).

B. — APPAREILS UTILISANT L'IONISATION DES GAZ PAR LES RAYONNEMENTS

Ils sont aujourd'hui de loin les plus répandus.

Les différents appareils de cette classe ont un principe commun : la collection sur une électrode, par un champ électrique, des ions libérés dans un gaz par le rayonnement considéré. L'apport des charges sur l'électrode se traduit par une variation de la tension de l'électrode, variation à laquelle on donne le nom d'impulsion. On a :

$$\Delta V = \frac{1}{C} \Delta Q,$$

égalité dans laquelle ΔQ est la charge totale recueillie et C la capacité du dispositif.

Les différents appareils de cette catégorie diffèrent par les conditions dans lesquelles se fait la collection des charges.

Imaginons un système constitué par deux électrodes entre lesquelles on a appliqué une d.d.p. V et séparées par un gaz ionisé par le passage d'un rayonnement. Pour une cause ionisante déterminée, un rayonnement de nature et d'énergie données, traçons la courbe de l'importance de l'impulsion en fonction de la tension appliquée.

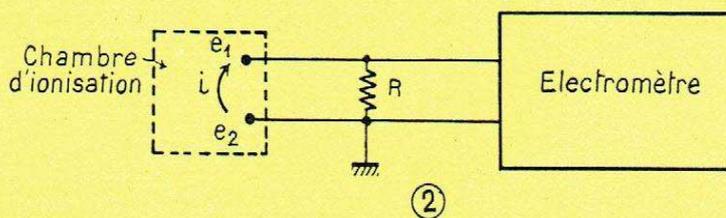
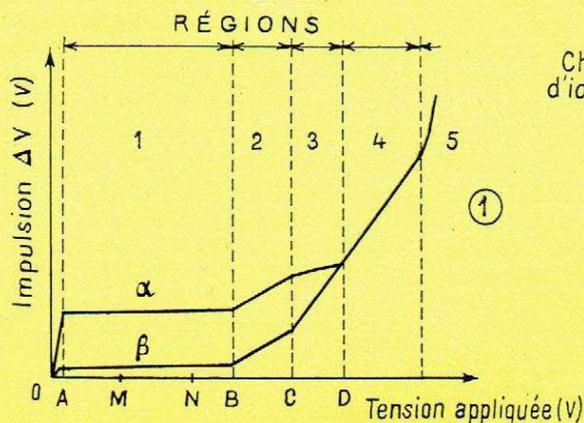


Fig. 1. — Variation de la tension présente aux bornes de deux électrodes séparées par un gaz, en fonction de la tension appliquée, pour deux rayonnements de pouvoir ionisant différent.

Fig. 2. — Dans la chambre d'ionisation à courant, le rayonnement provoque une ionisation qui se traduit par une variation du courant dans la résistance R .

Cette courbe comprend plusieurs parties bien définies :

Région 1 : Fonctionnement en chambre d'ionisation. — De V_A et à V_B , tous les ions produits sont collectés et l'impulsion résultante est constante. Entre deux points M et N de cette région, la seule différence réside dans les temps de collection respectifs ;

Région 2 : Régime proportionnel. — Les ions libérés sont suffisamment accélérés pour provoquer une ionisation secondaire et par conséquent une augmentation de l'impulsion. Les impulsions produites dans cette région par deux rayonnements distincts (α et β par exemple) sont respectivement proportionnelles au nombre d'ions libérés initialement ;

Région 3 : Régime semi-proportionnel. — Les impulsions continuent de croître avec la tension appliquée mais moins vite pour la particule plus ionisante (α) que pour l'autre. Les deux courbes correspondantes se rapprochent pour se rejoindre au seuil de la région 4 ;

Région 4 : Régime Geiger-Müller. — Les impulsions sont indépendantes de l'intensité de l'ionisation initiale. Les rayons α , β et γ sont indiscernables dans cette région, mais l'impulsion est considérablement supérieure à celle produite dans les régions précédentes et par conséquent plus facilement décelable ;

Région 5 : Décharge.

Voyons maintenant quelles sont les caractéristiques fondamentales des appareils fonctionnant dans les diverses régions.

1°) Chambres d'ionisation (région 1).

Il en existe un grand nombre de modèles différant aussi bien par la forme et la distance des électrodes que par la nature et la pression du gaz utilisé.

Selon leur mode de fonctionnement, on peut les classer en deux catégories :

a) Chambres à impulsions, qui comptent les particules individuellement ;

b) Chambres à courant, qui mesurent donc la charge totale libérée par unité de temps. Elles sont associées à une lampe électromètre mesurant la tension aux bornes d'une résistance à travers laquelle s'écoule le courant.

Pour les émetteurs β , les chambres d'ionisation à courant ne sont utilisables que pour des activités suffisantes, de l'ordre du millicrosie. Elles sont, dans ce domaine, d'un emploi très commode et rapide.

2°) Compteurs proportionnels (région 2).

L'impulsion produite étant proportionnelle à l'intensité de la cause ionisante, ces compteurs permettent de discriminer des rayonnements de nature et d'énergie différentes et par conséquent d'identifier éventuellement les radio-éléments émetteurs.

3°) Compteurs Geiger-Müller (région 4).

Ces appareils, d'un emploi extrêmement répandu, délivrent une impulsion très supérieure à celle des appareils précédents, ce qui rend leur numération plus aisée. L'amplitude de ces impulsions est indépendante de l'intensité de la cause ionisante : cet appareil ne permet donc pas de discriminer les rayonnements.

Un très grand nombre de modèles ont été réalisés ; ci-dessous (fig. 3, 4 et 5), trois types courants.

L'efficacité des compteurs G.M. : pourcentage des rayons effectivement comptés, dépend de la nature du rayonnement. Elle est voisine de 100 % pour les α et β mais de l'ordre seulement de 2 % pour les γ . L'impulsion est délivrée à un dispositif électronique qui les compte (échelle) ou qui indique le nombre moyen d'impulsions par seconde (intégrateur).

C. — COMPTEURS A SCINTILLATIONS

Leur principe est le suivant. Certaines substances — les scintillateurs — ont la propriété de convertir l'énergie des rayonnements qui les traversent en énergie lumineuse. La lumière qu'ils émettent et qui se situe généralement au voisinage de l'ultra-violet est

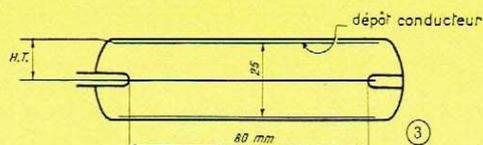
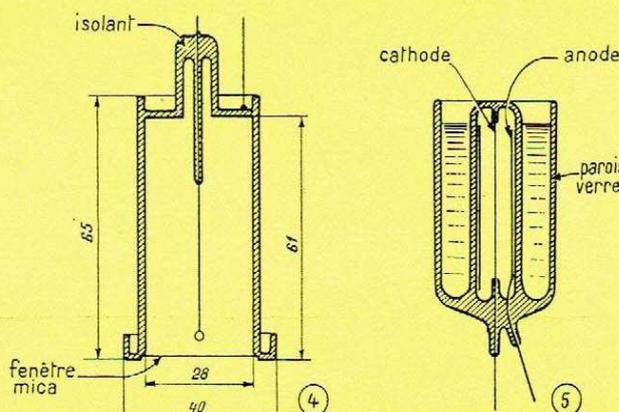


Fig. 3. — Compteur Geiger-Müller du type cylindrique en verre.

Fig. 4. — Compteur Geiger-Müller du type à fenêtre. Le rayonnement pénètre dans le compteur par la fenêtre dont l'épaisseur doit être très faible (de l'ordre de $1,5 \text{ mg/cm}^2$) pour les rayonnements peu pénétrants : γ , β du carbone 14.

Fig. 5. — Compteur Geiger-Müller du type à liquide (capacité 10 cm^3), permettant la mesure directe d'activité d'une solution radio-active. Ce compteur a une géométrie parfaitement définie et ne nécessite aucune correction de diffusion ou réflexion.



reçue sur la photocathode d'une cellule du type multiplicateur d'électrons, laquelle délivre à la sortie une impulsion pouvant être enregistrée par une échelle ou par un intégrateur, exactement comme avec le Geiger-Müller.

Si, pour les α et les β , le compteur à scintillations ne présente sur le Geiger-Müller d'autre avantage que de permettre des taux de comptage beaucoup plus élevés, en raison d'un temps de résolution considérablement plus faible, il n'en est pas de même pour les γ . L'efficacité pour ce rayonnement peut être plus de vingt fois supérieure à celle des Geiger-Müller; aussi les compteurs à scintillations sont-ils de plus en plus substitués aux Geiger-Müller pour la détection des rayons γ .

Les scintillateurs les plus couramment utilisés sont les suivants :

Pour les α : sulfure de zinc activé à l'argent ;

Pour les β : cristaux d'anthracène ;

Pour les γ : cristaux d'iodure de sodium activé au thallium.

Aucun des appareils décrits n'est d'un emploi universel. Le choix qu'on peut être amené à faire du détecteur le plus approprié doit tenir compte des caractéristiques du rayonnement à déceler (nature, énergie) et de l'intensité (activité) de la source. On peut toutefois dire que le compteur Geiger-Müller, en raison surtout de son « rendement » et du champ étendu de ses possibilités, est aujourd'hui le détecteur le plus couramment utilisé.

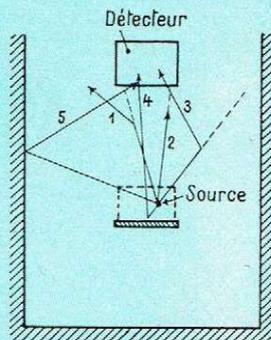
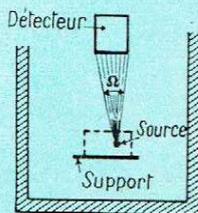
Principe des méthodes de mesure

Le détecteur (D) utilisé pour la mesure enregistre un certain effet produit pour la source à mesurer (S). A cet effet, nous donnerons le nom d'activité apparente ou « activité mesurée ». Elle s'exprimera, selon la nature des détecteurs, en nombre d'impulsions par seconde (Geiger-Müller, compteurs à scintillations...), en courant (chambre d'ionisation à courant...), en nombre de divisions par seconde (électroscope...), etc.

L'objet des mesures relatives est le suivant : étant donné des sources S_1 et S_2 d'activité apparente respectives A_{a1} et A_{a2} , déduire de celles-ci le rapport des activités vraies (nombre de désintégrations

Fig. 6. — Schéma général d'un dispositif de détection et de mesure.

Fig. 7. — Tous les rayonnements dirigés vers le détecteur ne l'atteignent pas nécessairement; par contre, certains rayonnements extérieurs à l'angle solide Ω le touchent après changement de direction.



- 1 Rayon dévié (7)
- 2 Rayon absorbé
- 3 Rayon diffusé et renvoyé
- 4 } Rayons réfléchis
- 5 }

par seconde) des sources considérées. La mesure absolue, elle, a pour objet la détermination de l'activité vraie de la source à mesurer.

Des rayons émis isotropiquement par une source, un certain nombre pénètre dans le détecteur et y produit l'effet observé. On peut donc écrire :

$$A_a = c A_v$$

si A_a est l'activité apparente, A_v l'activité vraie et c le coefficient de détection du dispositif utilisé.

Ce coefficient de détection n'est pas une caractéristique intrinsèque du détecteur utilisé. Il dépend non seulement de l'efficacité propre du détecteur pour les rayons qui le pénètrent, mais encore d'un grand nombre de facteurs; sa détermination, lorsqu'elle est possible, est toujours très délicate. Examinons en effet comment se présente la détection des rayons émis.

Considérons un point intérieur quelconque de la source considérée; celle-ci, qui possède une surface et une épaisseur, repose sur un support matériel. L'ensemble se trouve à l'intérieur d'une enceinte, qui peut être simplement la pièce de travail.

Des rayons émis par le point considéré en direction du détecteur (contenus dans l'angle Ω), une fraction seulement pénètre dans le détecteur. Les pertes sont dues :

1°) A l'absorption d'une partie des rayons dans la source elle-même (auto-absorption), dans le milieu compris entre la source et le détecteur, dans la paroi du détecteur (le cas échéant);

2°) A la diffusion par les différents milieux traversés (source elle-même, paroi du détecteur, air compris entre la source et le détecteur). De ce fait, les rayons intéressés par ce phénomène sont éjectés du cône Ω .

Par contre, une partie de ceux des rayons qui ne sont pas émis à l'intérieur du cône Ω parvient cependant dans le détecteur. Cela est dû aux réflexions sur le support de source (rétrodiffusion), sur les parois de l'enceinte et à la diffusion par l'air.

On pourrait donc écrire :

$$c = \frac{\Omega}{4\pi} k_1 k_2 k_3 k_4$$

k_1, k_2, k_3, k_4 étant les coefficients de correction correspondant respectivement à l'auto-absorption dans la source elle-même, à l'absorption dans le milieu traversé, à la diffusion, et à la rétrodiffusion par le support de source.

Examinons maintenant comment se présentent les deux problèmes fondamentaux qui nous intéressent.

MESURES RELATIVES

Supposons que nous nous proposons de comparer entre elles deux sources S_1 et S_2 d'un même radio-élément. Pour la première, on a : $A_{a1} = c_1 A_{v1}$; pour la seconde : $A_{a2} = c_2 A_{v2}$. Donc :

$$\frac{A_{v2}}{A_{v1}} = \frac{c_1}{c_2} \frac{A_{a2}}{A_{a1}}$$

Si les deux déterminations ont été faites avec le même détecteur et dans des conditions telles que $c_1 = c_2$, l'expression se simplifie :

$$\frac{A_{v2}}{A_{v1}} = \frac{A_{a2}}{A_{a1}}$$

Pour que la condition $c_1 = c_2$ soit réalisée, il faut et il suffit que les coefficients k_1, k_2, k_3, k_4 cités plus haut et l'angle Ω n'aient pas varié d'une mesure à l'autre. Cela est réalisable facilement : les dimensions de la source, la géométrie (Ω), la nature du support, les distances aux parois de l'enceinte et la nature de celles-ci, etc., doivent être identiques d'une détermination à l'autre. Dans ces conditions, le rapport des activités mesurées est bien égal à celui des activités vraies qui est l'objet de la mesure.

MESURES ABSOLUES

Elles exigent la détermination du coefficient de détection c , donc des grandeurs $\Omega, k_1, k_2, k_3, k_4$, et sont de ce fait très délicates. Ces mesures sont du ressort de laboratoires spécialisés : N.B.S. aux Etats-Unis, N.P.L. en Grande-Bretagne, Section Mesures du Commissariat à l'Energie Atomique en France. Ces laboratoires délivrent sur demande des solutions étalonnées à ± 2 ou 3% d'un certain nombre de radio-éléments usuels (^{32}P , ^{60}Co , ^{198}Au ...) que des utilisateurs peuvent employer pour étalonner des installations de mesure. Des mesures relatives faites à l'aide de ces installations étalonnées, on peut déduire les valeurs absolues. De cette façon, il est possible de procéder à des déterminations absolues en travaillant dans les conditions exigées seulement par les mesures relatives.

B. GRINBERG,

Chef de la Section "Mesures"
au Commissariat à l'Energie Atomique.

A travers la Presse

LE TROCHOTRON COAXIAL RYG 10

(Elektronik, N° 3 - 1955, p. 64 à 66, Munich, mars 1955)

Le trochotron coaxial est un nouveau tube compteur à vide, fabriqué en Suède. Sur les tubes compteurs connus, il possède l'avantage de ne pas nécessiter des tensions d'alimentation stabilisées et de permettre une vitesse de comptage sensiblement plus élevée.

Conception du tube compteur

Le trochotron est présenté sous forme d'un tube « tout verre » d'un diamètre de 25 mm et d'une longueur de 52 mm. Chauffée par un filament sous 6,3 V-0,3 A, sa cathode occupe l'axe du tube (fig. 1). Elle est entourée de dix électrodes de signal (S_0 à S_9) qui se trouvent à l'intérieur d'une anode cylindrique (A). Cette dernière possède des fentes face à chaque passage entre deux électrodes de signal. Ces fentes permettent le passage d'un rayon électronique dans une des pochettes entourant l'anode et formées d'un cylindre en métal ondulé. Les pochettes ne sont ouvertes que vers le haut du tube et

revêtues, à l'intérieur, d'une matière fluorescente. Le rayon électronique ne pouvant passer que par une fente à la fois, la luminoscence de la pochette correspondante indique le chiffre compté.

La déviation du rayon cathodique étant à la fois statique et magnétique, un aimant permanent doit entourer le tube. Il se présente sous forme d'une bague cylindrique, aimantée en direction axiale. Son champ dépend des tensions sur les électrodes de signal; pour 100 V, il doit être de 345 gauss. Pour que le champ de cet aimant reste uniforme, les électrodes du tube sont exécutées en alliage nickel-chrome non magnétique.

Fonctionnement du tube

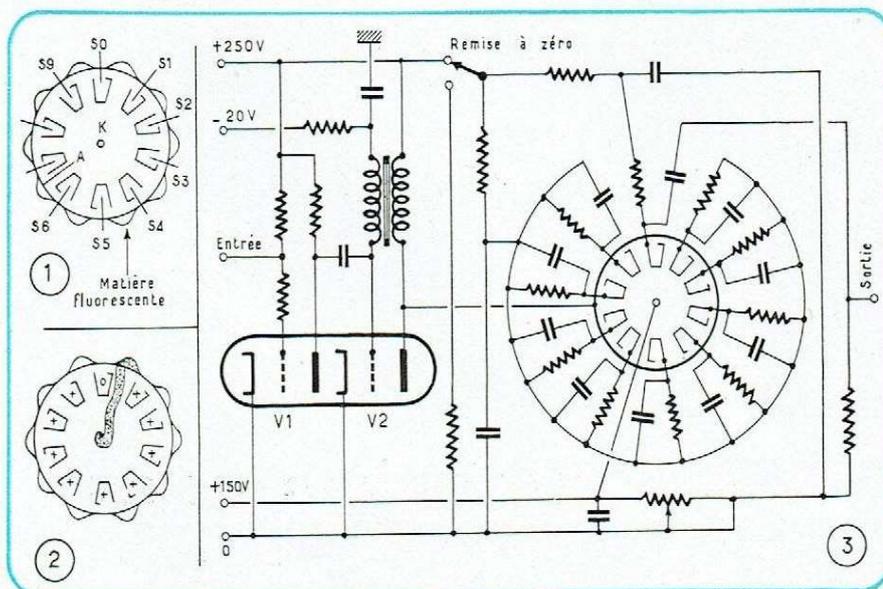
Au repos, les électrodes de signal et l'anode possèdent toutes une tension positive par rapport à la cathode. Mais les électrons issus de la cathode ne peuvent pas les atteindre, car l'aimant permanent les contraint

à un mouvement circulaire autour de l'axe du tube. La forte charge d'espace ainsi provoquée interdit toute émission électronique de la cathode. Le sens de rotation du nuage d'électrons est défini par la polarité de l'aimant; on connaît un phénomène analogue à propos des tubes cathodiques à concentration magnétique.

La caractéristique de commande des électrodes de signal étant négative, il suffit d'abaisser le potentiel de l'une d'elles au voisinage de celui de la cathode, pour qu'un rayon électronique puisse se précipiter dans cette direction. A cause du bas potentiel de l'électrode, un faible nombre seulement de électrons peut l'atteindre. La plus grande partie se dirige vers l'anode en traversant le passage entre l'électrode recevant le signal et celle qui la précède dans le sens contraire à la rotation du nuage d'électrons. Le rayon cathodique frappe ainsi la couche fluorescente de la pochette correspondante et dont la luminosité indique le chiffre compté (fig. 2).

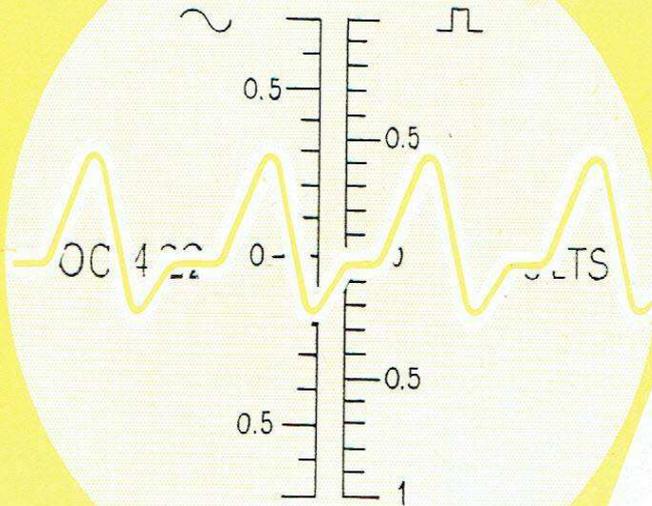
L'intensité du courant électronique dépend, et des dimensions des électrodes, et de la tension qui leur est appliquée, et du champ magnétique. La caractéristique négative des électrodes de signal se manifeste de façon que le courant soit d'autant plus élevé que la tension est plus basse, c'est-à-dire voisine de celle de la cathode. Une résistance insérée dans la connexion d'une électrode de signal constitue ainsi un « appât » pour les électrons: quand un faible nombre d'entre eux frappe l'électrode, la tension s'y abaisse, et le courant peut augmenter. La valeur optimum d'une telle résistance d'appât se situe vers 220 k Ω pour une tension d'alimentation de 100 V; le point de fonctionnement trouve alors deux états stables sur la caractéristique pour un courant nul et pour une tension voisine de celle de la cathode.

Le potentiel de l'anode joue également un rôle important. S'il est inférieur à celui de la cathode, les électrons sont repoussés et se fixent entièrement sur l'électrode de signal. Le rayon y séjourne jusqu'à ce que l'anode devienne de nouveau positive. Il traverse alors le passage suivant (dans le sens contraire à celui de la rotation du nuage d'électrons), ce qui revient à un **avancement d'une unité**. Pour obtenir un mouvement de pas-à-pas régulier, on doit s'arranger pour que la plaque soit négative pendant un temps qui est égal à celui que met le rayon cathodique pour abaisser le potentiel de l'électrode de signal de celui de la tension d'alimentation à celui de la cathode.



Le Trochotron coaxial (fig. 1) est un tube à faisceau radial (fig. 2) permettant l'établissement de décades (fig. 3) pouvant compter 400 000 impulsions par seconde.

UN PROGRÈS **CRC** ... L'OSCILLOGRAPHÉ, APPAREIL DE MESURES



L'OSCILLOGRAPHÉ A GRAND TUBE OC 422

permet la mesure des grandeurs,
en lecture directe et **sans étalon-**
nage préalable, grâce à :

Sa base de temps étalonnée en durées et son
amplificateur vertical étalonné en tension,
avec, en plus :

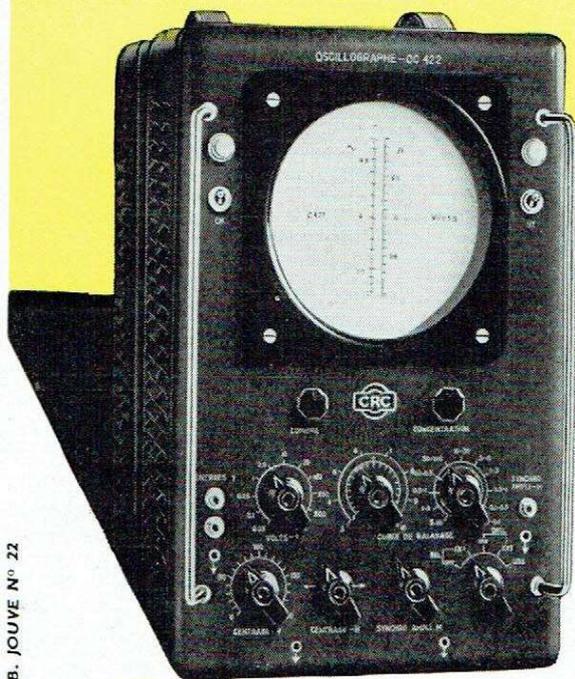
- un tube cathodique de 180 mm. à post accélération,
- un amplificateur vertical à grand gain, à courant continu et entrées symétriques,
- un amplificateur horizontal à courant continu,
- une base de temps **sans retour préalable**, déclenchée ou relaxée, qui permet d'observer le phénomène sans dispositif de retard,
- l'allumage automatique du spot qui supprime l'illumination de l'écran et permet d'utiliser le tube à pleine luminosité.

AUTRES OSCILLOGRAPHES CRC

*Oscillographes portatifs - Oscillographes standard -
Oscillographes bi-courbe - Ensembles oscillo-
graphiques pour l'étude des phénomènes transitoires -
Etc... Tous oscillographes spéciaux sur cahier des
charges.*

★ NOTICE TECHNIQUE SUR DEMANDE

PUB. JOUVE N° 22



SOCIÉTÉ NOUVELLE DES
CONSTRUCTIONS RADIOPHONIQUES DU CENTRE

19, RUE DAGUERRE - SAINT-ETIENNE
TÉLÉPH. : 39-77 (3 lignes groupées)

BUREAUX A PARIS : 36, RUE DE LABORDE, VIII^e - TÉLÉPHONE : LABorde 26-98

Réalisation d'une décade

Le schéma complet d'une décade utilisant le trochotron coaxial RYG 10 est donné en figure 3. Pour rendre le fonctionnement largement indépendant de la durée des impulsions de comptage, des condensateurs de 25 pF ont été connectés en parallèle sur chacune des résistances d'appât. On peut montrer que, dans ces conditions, une durée d'impulsions de 4.10^{-7} s est nécessaire.

Ces impulsions sont fournies par un générateur bloqué (V_2) ; ce dernier est commandé par un tube inverseur de phase et amplificateur (V_1). Le montage utilisé pour ce dernier permet l'utilisation d'impulsions de comptage positives ou faiblement négatives. La vitesse de comptage atteinte est de 4.10^5 impulsions par seconde ; elle peut être de 10^6 impulsions par seconde avec un amplificateur d'attaque plus complexe. Ces chiffres dépassent largement ceux qu'on peut obtenir avec les tubes compteur connus.

A la borne « sortie » (fig. 3), on peut prélever une impulsion à chaque fois que le rayon cathodique accomplit un tour de comptage complet. Cette impulsion sert à commander la décade suivante. Une remise à zéro individuelle est à prévoir pour chaque décade.

Le comptage par Trochotron coaxial n'est pas seulement l'une des méthodes les plus simples et les plus sûres qu'on connaisse actuellement, il permet également d'atteindre des vitesses de comptage irréalisables avec tout autre moyen connu. — B.C.

Un tube cathodique révolutionnaire : Le MÉMOTRON

(Notice de la firme "Hugues Aircraft", USA)

Le nouveau tube cathodique à persistance infinie que vient de créer la firme Hugues mérite vraiment son qualificatif de « révolutionnaire ». En effet, il s'agit d'un tube cathodique, en apparence classique, mais dans lequel la trace, parcourue une fois, peut être vue sur le tube aussi longtemps qu'on le désire, puis effacée immédiatement si on le veut.

Les écrans à longue persistance habituels ne peuvent être examinés de façon commode que pendant moins d'une minute après l'inscription de la trace, et encore cette phosphorescence insuffisante peut-elle souvent être considérée comme trop longue : si l'on vient d'inscrire une trace que l'on juge intéressante, il faut attendre un temps appréciable pour qu'il n'en reste rien avant de recommencer.

Dans le « Mémotron », le canon à électrons est normal, les plaques de déviation aussi, mais les électrons arrivent sur une mince cible sur laquelle ils créent une émission secondaire provoquant une charge positive des régions qu'ils ont touchées. Si maintenant nous envoyons sur cette cible un faisceau d'électrons lents, ceux-ci vont être accélérés aux endroits où des charges positives subsistent (la cible est isolante), et, à ces endroits, ils vont être suffisamment accélérés pour traverser la cible et arriver jusqu'à l'écran fluorescent, qui s'illuminera en ces points.

Fort heureusement, ces électrons lents, en arrivant sur la cible aux points où il y a des charges positives, y détermineront une émission secondaire, exactement comme cela s'était produit lors de l'inscription de la trace. A proximité de la cible se trouve une électrode portée à un potentiel positif qui absorbe les électrons secondaires. La charge est maintenue positive sur la cible le long de la trace, et celle-ci continue à se voir sur l'écran fluorescent.

Vent-on effacer la trace ? Il suffit d'abaisser pendant un temps très court le potentiel de l'électrode qui collecte les électrons secondaires ; ceux-ci retombent alors sur la cible et neutralisent les charges qui y ont pénétré.

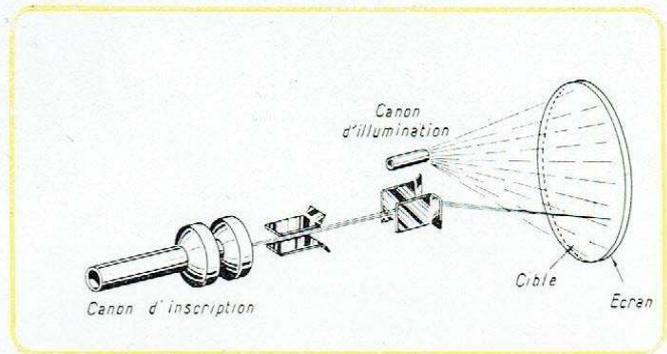
Il devient possible d'examiner à loisir une trace inscrite pendant un seul balayage (la notice indique qu'on peut obtenir des vitesses

longueusement que l'on veut, puis les effacer quand la comparaison est terminée.

Voilà un appareil qui doit, nous le pensons, porter un coup mortel aux écrans à longue rémanence et qui est sans doute destiné à équiper bientôt la quasi-totalité des oscillographes perfectionnés.

Sur la figure ci-jointe, on peut voir le canon produisant les électrons lents (dit « canon

Le Mémotron est un tube cathodique capable de conserver l'image après disparition du signal. L'effacement est obtenu à volonté.



d'inscription de 1 200 m/s, mais que cette vitesse peut être encore considérablement augmentée en accroissant le courant de faisceau, au prix d'une légère perte de finesse du spot). On peut ainsi faire des mesures sur la trace, sans avoir à utiliser la photographie. Si l'on désire cependant photographier l'image pour en garder la forme précise, il est très facile de le faire. On opère à coup sûr, car le temps de pose est toujours le même, et on ne photographie que les traces intéressantes. Enfin, il est possible d'enregistrer plusieurs traces sans les effacer ; on peut ainsi comparer directement ces oscillogrammes sur le tube, aussi

d'illumination ») qui doivent traverser la cible aux endroits où celle-ci est chargée positivement par émission secondaire. Ce canon, très court puisqu'il ne comporte aucun dispositif de focalisation, se trouve situé à côté des plaques déflectrices les plus voisines de l'ensemble cible-écran.

Le tube fonctionne sous des tensions qui n'ont rien d'astronomique : l'écran fluorescent est à + 5 000 V par rapport à la cathode du canon « d'illumination », le canon principal, ou « canon d'inscription » ayant sa cathode à - 3 000 V par rapport à celle du canon d'illumination. — J.P. OE.

Troisième "tron"... Un tube qui écrit : Le TYPOTRON

Encore un nouveau venu dans la famille « tron » !

Le nouveau tube est une merveille d'optique électronique. Il est destiné à faire apparaître sur un écran fluorescent des caractères ou d'autres signes, en des points choisis, et de faire durer l'inscription de ces caractères aussi longtemps qu'on le désire. Pour le stockage, il utilise le principe de la cible mince à émission secondaire et du canon auxiliaire « d'illumination » que nous avons déjà rencontrés dans le « Mémotron ».

La sélection des caractères est opérée ainsi :

Un canon à électrons produit un faisceau divergent et relativement étroit d'électrons que l'on envoie dans une zone où se trouvent deux paires de plaques déflectrices perpendiculaires, exactement comme dans un tube cathodique classique.

Le faisceau dévié arrive sur une petite plaque, perpendiculaire à l'axe du canon, percée d'une série de fentes qui sont les dessins des caractères, comme dans un pochoir. Le diamètre du faisceau lorsqu'il arrive sur cette plaque est tel qu'il peut couvrir entièrement un caractère et un seul. On peut donner huit

valeurs différentes à la tension de déviation X, autant à la déviation en Y, ce qui donne 64 caractères possibles, ces caractères étant dans le modèle standard, formés des minuscules de l'alphabet (style « machine à écrire »), de quelques majuscules, des chiffres, et de quelques signes conventionnels.

La partie du faisceau qui a traversé la plaque se trouve donc découpée suivant la forme de ce caractère, et on utilise une lentille magnétique pour en former l'image sur l'écran, ou plus exactement sur la cible isolante dont nous avons déjà parlé.

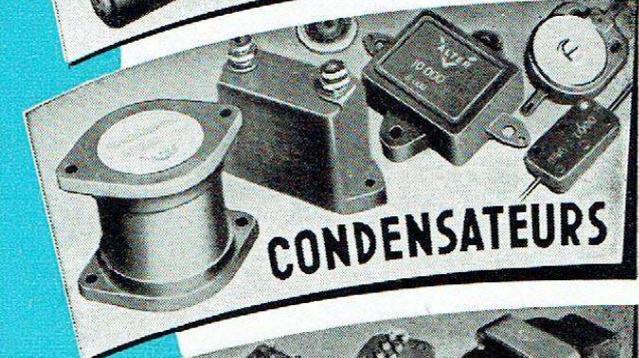
08 184



POTENTIOMETRES



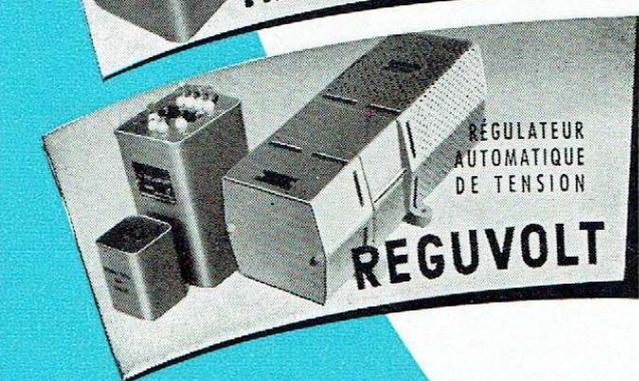
RESISTANCES



CONDENSATEURS



TRANSFORMATEURS



RÉGULATEUR AUTOMATIQUE DE TENSION
REGUVOLT

M.C.B et
VERITABLE ALTER

11 rue Pierre Lhomme - Courbevoie - Tel: Défense +20-90



**LE PLUS GRAND CHOIX
DE RELAIS EN FRANCE!**
RADIO-RELAIS 18, RUE CROZATIER - 18,
PARIS. 12^e DID. 98-89

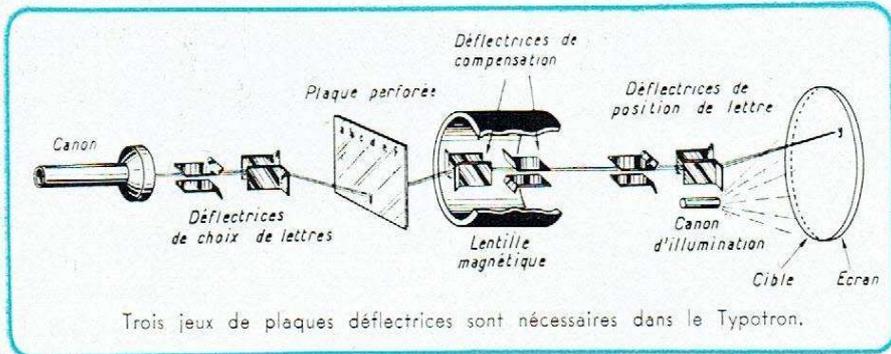


**CONTROLEUR D'ISOLEMENT
DE CAPACITÉS** (B^{té} S.G.D.G.)
0,5 mégohm à 2.000.000 mégohms

- ★ Parfaite stabilité de la déviation
- ★ Constante de temps nulle
- ★ Précision 2 % jusqu'à 50.000 mégohms
- ★ Robustesse à toute épreuve

Démonstration sur demande

EMOUZY. 63, RUE DE CHARENTON
PARIS-12^e - Tél. DIDerot 07-74
FOURNISSEUR
DES GRANDS LABORATOIRES OFFICIELS



Mais un problème se pose. Suivant le caractère choisi, la direction du faisceau après la traversée de la plaque est différente. On utilise deux paires de plaques dites « de compensation » pour ramener le faisceau dans l'axe du tube, ces plaques étant reliées aux premières plaques de déviation, de telle sorte que, quel

que soit le caractère choisi, le faisceau repasse dans l'axe du tube.

Mais ces tribulations ne sont pas encore terminées !

En effet, il faut que l'on puisse faire l'image du caractère choisi en un point déterminé de l'écran ; aussi le faisceau passe-t-il entre deux

autres paires de plaques déflectrices, qui permettent de l'envoyer en ce point.

Après toutes ces déviations, le faisceau arrive sur la cible isolante et y inscrit le caractère sous forme d'une ligne de charge positive, l'apparition de ces charges aux endroits frappés par les électrons étant due au phénomène de l'émission secondaire de la cible. Une électrode spéciale, située au voisinage de la cible, recueille ces électrons.

Quand on veut lire ce qui a été écrit sur la cible, on envoie sur celle-ci un faisceau d'électrons lents, qui ne la traversent qu'aux endroits chargés, au droit desquels ils vont illuminer l'écran, et le phénomène de l'émission secondaire qui continue permet de maintenir l'inscription aussi longtemps que l'on n'a pas abaissé le potentiel de l'anode collectrice d'électrons secondaires.

Ce tube est principalement destiné à donner les résultats des calculatrices diverses, mais on peut lui trouver une foule d'applications plus intéressantes les unes que les autres. — J.P. CE.

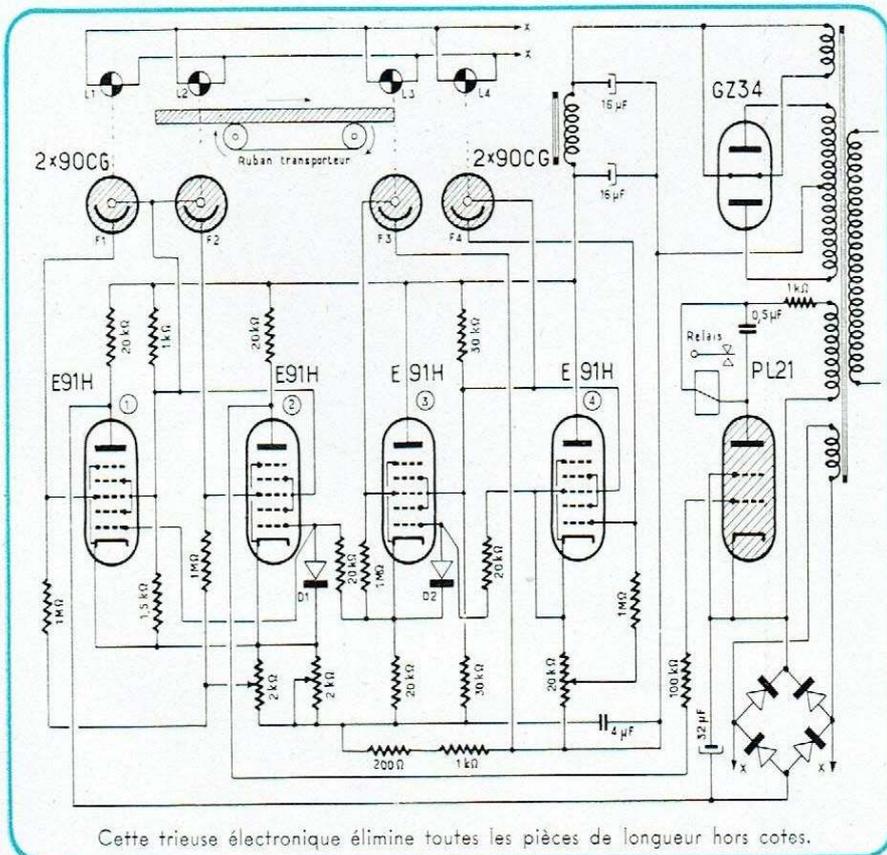
CONTROLEUR AUTOMATIQUE DE COTES

(Elektronische Rundschau, Berlin, avril 1955, p. 154)

Dans certains procédés de fabrication, on est obligé de trier des pièces suivant leur longueur. L'appareil décrit permet d'éliminer de la fabrication toutes les pièces dont la longueur n'est pas comprise entre des limites données.

A un emplacement convenable du ruban transportant les pièces on dispose les quatre cellules photo-électriques F_1 à F_4 avec les

ampoules correspondantes de façon que le passage de la pièce interrompe le rayon lumineux. Les distances entre F_1 et F_2 ainsi qu'entre F_3 et F_4 sont égales à la moitié de la tolérance admise sur la longueur des pièces. Au passage d'une pièce correspondant à ces tolérances, le rayon éclairant F_3 est interrompu au moment où F_2 et F_4 sont seules éclairées.



Cette trieuse électronique élimine toutes les pièces de longueur hors cotes.

L'appareil utilise des hexodes spéciales dont le courant de plaque se trouve bloqué pour des tensions -5 à -7 V seulement sur l'une ou l'autre des grilles de commande. La cellule F_3 attaque la seconde grille de commande du tube 3 de façon qu'on obtienne le blocage du courant électronique quand la cellule est éclairée, et inversement. En absence d'éclairage sur F_3 , on observe ainsi une tension aux bornes de la résistance cathodique du tube 3.

Les cellules F_1 et F_2 sont connectées de façon que les secondes grilles de commande des tubes 1 et 2 ne reçoivent plus qu'une très faible polarisation quand ces cellules sont éclairées. Toutefois, un courant de plaque ne peut circuler que si les premières grilles de commande ne sont pas bloquées, ce qui est normalement le cas, car le potentiel de cathode de ces tubes est positif par rapport à celui de leurs grilles. Seulement, quand le tube 3 est conducteur, les premières grilles des tubes 1 et 2 reçoivent une tension suffisante pour permettre la circulation d'un courant de plaque. Une diode D_1 est prévue pour éviter que ces grilles ne deviennent positives par rapport à leurs cathodes.

Avec cette disposition, les tubes 1 et 2 restent bloqués tant que l'avant de la pièce n'interrompt pas le rayon éclairant F_3 . Avec des pièces trop courtes ou trop longues, les cellules F_1 et F_2 sont toutes deux ou éclairées ou sombres au même instant. La différence de potentiel, prélevée entre les plaques des tubes 1 et 2 pour commander le thyatron, est nulle dans les deux cas. Elle devient seulement positive quand F_1 est éclairée seule ; le thyatron devient alors conducteur et peut actionner le mécanisme de triage (trappe, déviation, etc.).

La cellule F_4 n'entre en action que pour des pièces trop longues. Elle provoque le blocage du tube 4 quand l'avant de la pièce interrompt le rayon qui l'éclaire. La chute de tension sur la résistance cathodique du tube 4 se trouve ainsi annulée et la première grille du tube 3 prend un potentiel négatif par rapport à la cathode. Cela provoque le blocage des tubes 1 et 2, et le mécanisme de triage ne peut fonctionner.

On remarque que le schéma ne comporte aucun condensateur en dehors des circuits de filtrage de l'alimentation. On obtient ainsi des constantes de temps très réduites ; et l'appareil fonctionne d'une manière très rapide et précise. Pour qu'il agisse correctement, il faut rendre la distance entre les pièces plus grande que leur longueur, condition facile à réaliser en pratique. — F.M.

La Technique la plus moderne

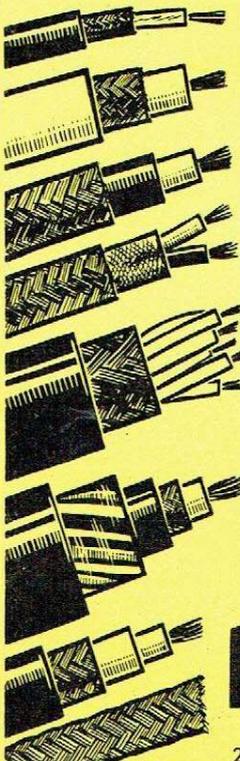
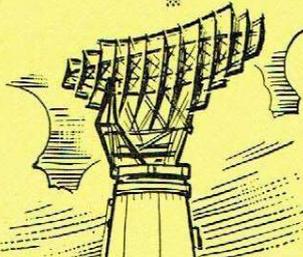



La plus ancienne expérience.

En Pièces diverses pour RADIO & TÉLÉVISION Supports de tubes Œillets - Cosses Rivets creux QUALITÉ INÉGALÉE

MANUFACTURE FRANÇAISE D'ŒILLETS MÉTALLIQUES
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL 120.000.000 DE FR.
 64, B^e DE STRASBOURG - PARIS - X - TEL. BOT. 72-76-

ÉLECTRONIQUE

TOUS FILS ET CÂBLES *spéciaux*

- FILS DE CABLAGE
- CÂBLES COAXIAUX (Normes françaises et américaines)
- FILS ET CÂBLES BLINDÉS
- GAINES ET TRESSÉS CUIVRE
- CÂBLES DE LIAISON H.F. & B.F.
- CÂBLES MULTIPLES

FILOTEX

S.A.R.L. au capital de 50 millions
 296, avenue Henri-Barbusse, DRAVEIL (S. & O.)
 Téléph. : Belle-Épine 55-87+

PUBL. RAY

TECHNOS

LA LIBRAIRIE TECHNIQUE

5, Rue Mazet - PARIS-VI^e

(MÉTRO : ODÉON)

Ch. Postaux 5401-56 - Téléphone : DAN. 88-50

TOUS LES OUVRAGES FRANÇAIS ET ÉTRANGERS SUR LA RADIO - CONSEILS PAR SPÉCIALISTE

Librairie ouverte de 9 à 12 h. et de 14 h. à 18 h. 30

Envoi possible contre remboursement avec supplément de 60 fr. Frais d'expédition : 10 % avec maxim. de 150 fr. (étranger 20 %)

Librairie de détail, nous ne fournissons pas les libraires

EXTRAIT DU CATALOGUE

- ABAQUES A POINTS ALIGNÉS (Les)**, par R. Métier. — Théorie, construction, dessin et utilisation des graphiques à deux et plusieurs variables. 220 pages, relié (1952) 2.400 fr.
- 40 ABAQUES DE RADIO**, par A. de Gouvenain. — Recueil d'abaques pour la solution rapide de nombreux problèmes de radio-électricité. 40 planches accompagnées d'une brochure de 72 pages contenant les notions de théorie, le mode d'utilisation et de nombreux exemples numériques 1.200 fr.
- AMPLIFICATEURS A LARGE BANDE (Etude et réalisations)**, par H. Aberdam. — Traité détaillé et pratique de la technique moderne des amplificateurs de télévision et du radar. 212 pages (1952) 2.700 fr.
- DIPÔLES ET QUADRIPOLES**, par L. Boé. — Exposé clair de la théorie des circuits radioélectriques s'adressant aux ingénieurs et élèves ingénieurs. 148 pages 1.300 fr.
- FILTRES A CRISTAUX PIEZOELECTRIQUES (Les)** par I. Indjoudjian et P. Andrieux. — Etude théorique très détaillée de tous les aspects de la question. 180 pages grand format (1953) 3.300 fr.
- FILTRES ELECTRIQUES**, par P. David. — Filtrés à quartz lignes à retard, réseaux correcteurs, réponse aux transitoires. Nombreux abaques et graphiques. 192 pages grand format 2.400 fr.
- BASES DE TEMPS**, par O.S. Puckle. — Analyse, calcul et mise au point de tous générateurs de balayage applicables à la télévision, aux oscilloscopes, aux mesures industrielles, au radar, etc. 228 pages 660 fr.
- DECIBELS (Les)**, par L. Chrétien. — Table universelle à trois décimales avec indications sur l'utilisation des décibels. 40 pages (1952) 270 fr.
- ELECTRONIC MEASUREMENTS**, par F.E. Terman et J.M. Pettit. — Encyclopédie de la technique moderne des mesures en radio et électronique industrielle. 708 pages (1952) (en américain) 4.500 fr.
- MESURES EN RADIOTECHNIQUE**, par E. Fromy. — Cet ouvrage peut être considéré comme le plus détaillé et le plus pratique en son genre. 742 p. (1953). Relié 6.900 fr.
- OSCILLOGRAPHE AU TRAVAIL (L')**, par F. Haas. — Suite logique de « Réalisation de l'Oscillographe cathodique ». Méthodes de mesures et interprétation de 252 oscillogrammes originaux relevés par l'auteur. 252 pages. 600 fr.

NOUVEAUTÉS

- DICTIONNAIRE DE TELEVISION, RADAR ET ANTENNES**, par W.-E. Clason. — Premier volume d'une collection de dictionnaires de radio, télévision et électronique en anglais, allemand, espagnol, français, italien et hollandais. 760 pages (1955) 5.800 fr.
- ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE**, par G. Goudet. — Cours général d'électronique accompagné de nombreux exemples d'applications industrielles. 636 pages (1955) 5.500 fr.
- LIGNES ELECTRIQUES T.H.T.**, par H. Carpentier. — Etude mécanique et construction des lignes aériennes. 252 pages (1955) 4.800 fr.

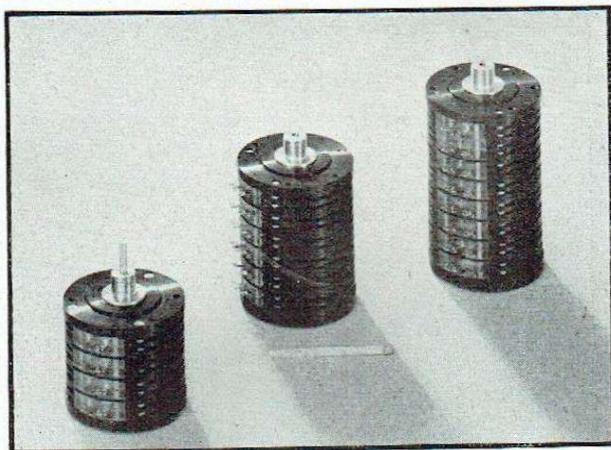
CATALOGUE COMPLET SUR SIMPLE DEMANDE

L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

vue par

électronique industrielle

POTENTIOMÈTRES DE PRÉCISION (LEGPA)



La solution des différents problèmes liés à la transmission à distance d'ordres « mécaniques » bien définis (p. ex. rotation d'un angle déterminé) ou aux télémesures, est souvent facilitée par l'introduction de résistances variables, ou plus exactement de potentiomètres, pouvant tourner, si besoin est, d'une façon continue, sans butée.

On peut, par exemple, concevoir un système où un ensemble différentiel de deux potentiomètres provoque, pour un certain angle de rotation, la fermeture d'un relais polarisé qui met en route un moteur, entraînant un deuxième groupe de potentiomètres. Ces derniers, ayant tourné du même angle que les premiers, font « lâcher » le relais, ce qui arrête le moteur.

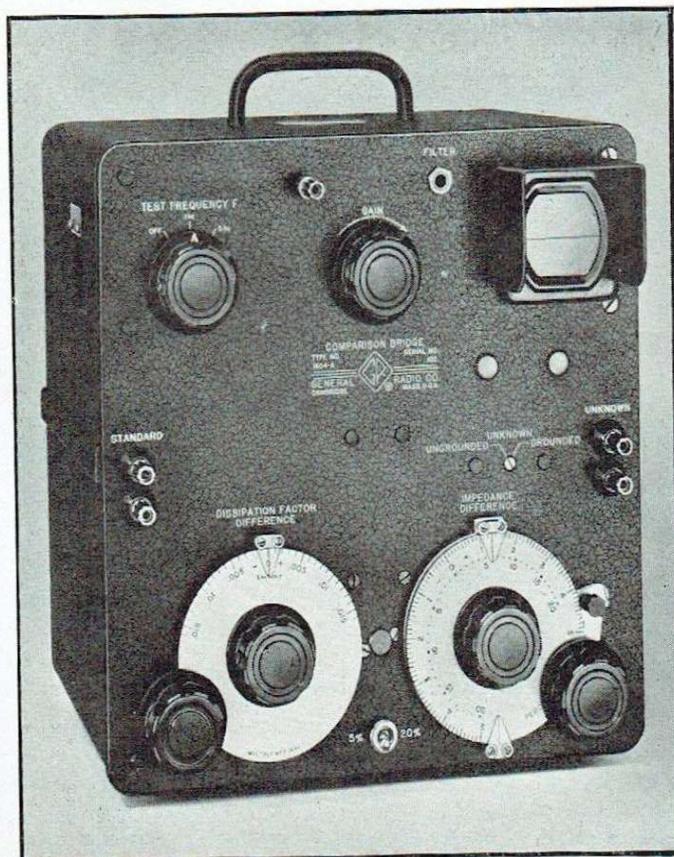
Ce n'est bien entendu qu'un exemple entre dix mille possibilités d'application, mais il est évident que ce genre de potentiomètres, utilisés dans des servomécanismes de précision, doit répondre à des conditions très sévères, tant mécaniques qu'électriques : faible couple, rotation très souple, linéarité de la variation de résistance, faible coefficient de température du fil utilisé, etc.

A titre d'indication, notons que les potentiomètres de précision LEGPA possèdent une linéarité qui varie, suivant modèle, de $\pm 0,1$ 0/0 à $\pm 0,2$ 0/0. Leur dissipation est relativement élevée (4 watts), tandis que la température ambiante limite peut varier de -40° à $+60^\circ$.

Ajoutons encore que leur encombrement est faible (diamètre : 50 mm ; épaisseur hors tout : 18 mm), que la gamme de leurs valeurs s'étend de 85 ohms à 70 000 ohms, qu'ils peuvent être assemblés par groupes comptant jusqu'à 10 éléments et que leur vitesse de rotation maximum est de 120 t/mn.

MATÉRIEL POUR LA MESURE D'IMPÉDANCES

(Ets RADIOPHON)



Ce matériel, fabriqué par General Radio (U.S.A.), comprend deux appareils distincts : le Pont de comparaison 1604-B (photo ci-contre) pour les mesures en basse fréquence, et l'Admittancemètre type 1602-B pour celles en haute fréquence.

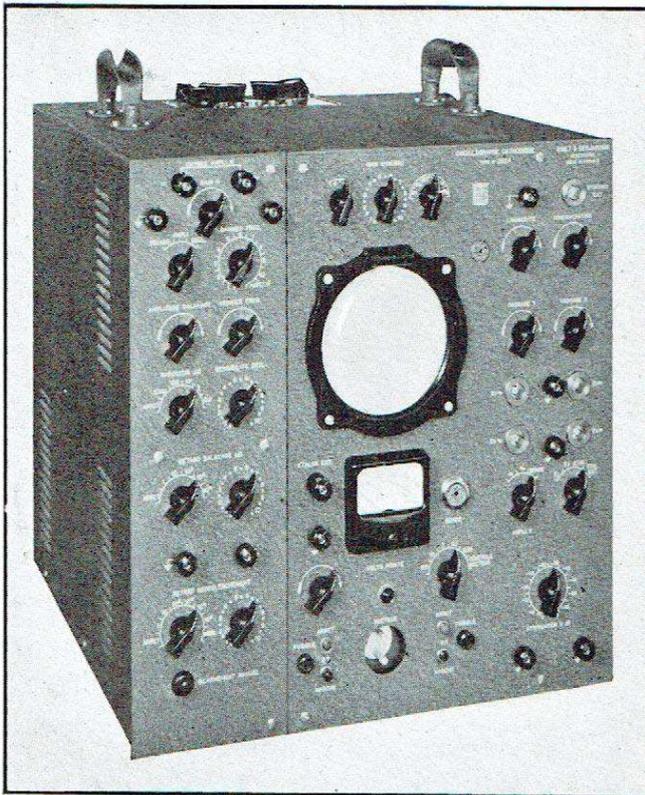
Le premier appareil (1604-B) mesure, à 400, 1 000 ou 5 000 Hz, la différence ou la variation d'impédance (résistance, inductance ou capacité) dans la gamme $\pm 5\%$ et $\pm 20\%$ avec une précision de $\pm 0,1\%$ et $\pm 0,5\%$, ainsi que la différence ou la variation du facteur de pertes dans les limites de :

$$\begin{aligned} &\pm 0,006 \text{ à } 400 \text{ Hz ;} \\ &\pm 0,015 \text{ à } 1000 \text{ Hz ;} \\ &\pm 0,075 \text{ à } 5000 \text{ Hz.} \end{aligned}$$

Cet appareil convient aussi bien aux contrôles industriels très divers qu'aux travaux de laboratoire où il s'agit d'évaluer de faibles variations de caractéristiques (coefficient de température, angle de pertes, capacité, etc.).

Le second appareil (1602-B) est prévu pour la mesure rapide des impédances et des admittances jusqu'à des fréquences de 1500 MHz. Basé sur la technique des lignes coaxiales, il comporte trois éléments coaxiaux montés en T et excités au point de jonction par un générateur extérieur. Trois boucles de couplage sont disposées dans ces trois éléments et la combinaison des trois courants résultants est mesurée par un détecteur extérieur. La mesure consiste à orienter convenablement les trois boucles pour annuler le courant résultant, la lecture se faisant directement en susceptance et conductance, indépendamment de la fréquence.

L'Admittancemètre 1602-B peut être utilisé pour la mesure directe de conductances et de susceptances, positives ou négatives, de 0,1 à 1000 millimhos. Il peut servir également à la comparaison d'admittances ou à la mesure de l'amplitude du coefficient de réflexion d'un système coaxial.



SYNCHROSCOPE 252 A

(Ets RIBET-DESJARDINS)

Il s'agit d'un oscilloscope aux caractéristiques très poussées, utilisable pour l'étude de tous les phénomènes alternatifs ou transitoires, simples ou complexes et qui trouve, de ce fait, son emploi dans l'exploitation des émetteurs de télévision, dans l'essai des radars, dans les laboratoires de recherches nucléaires, d'étude de machines à calculer électroniques, etc.

Voici, brièvement résumées, ses principales caractéristiques :

Amplificateur vertical. — Sensibilité : 0,15 V plaque à plaque par cm en continu, et 0,03 V en alternatif. La bande passante s'étend de 0 à 10 MHz (à -6 dB), tandis que la tension maximum admissible à l'entrée est de 500 V, en alternatif ou en continu ;

Amplificateur horizontal. — Sensibilité : 0,5 V plaque à plaque par cm. L'affaiblissement est de -6 dB à 500 kHz ;

Balayage. — En relâché, la fréquence est réglable de 25 Hz à 500 kHz pour une amplitude de 100 mm. En déclenché, il est utilisable pour des vitesses de spot comprises entre 100 mm en 0,04 s et 100 mm en 1 μ s ;

Retard au déclenchement. — Réglable entre 1 μ s et 100 ms par un commutateur à 6 positions et un réglage progressif ;

Retard au redéclenchement. — Réglable entre 1 μ s et 1 seconde par un commutateur à 7 positions et un réglage progressif ;

L'appareil est équipé d'un tube cathodique DG 13-2 ou DB 13-2 et comporte 34 tubes amplificateurs, oscillateurs ou stabilisateurs.

INSTALLATION POUR LA MESURE DES PERTES DIÉLECTRIQUES

(Ets FERISOL)

Les isolants synthétiques sont de nos jours largement utilisés dans l'industrie radioélectrique, ainsi d'ailleurs que des diélectriques d'origine minérale (quartz, stéatite, mica, etc.). Il est donc important, pour un laboratoire qui étudie ces substances, de pouvoir déterminer rapidement l'angle de pertes et la constante diélectrique d'un échantillon, dans une plage de fréquences étendue.

L'ensemble mis au point par Ferisol permet la mesure rapide de l'angle de pertes d'un condensateur dont le diélectrique est constitué par la substance à étudier. L'installation complète comprenant :

Un « Q-mètre » dont l'oscillateur à fréquence variable permet d'effectuer des mesures entre 50 kHz et 75 MHz ;

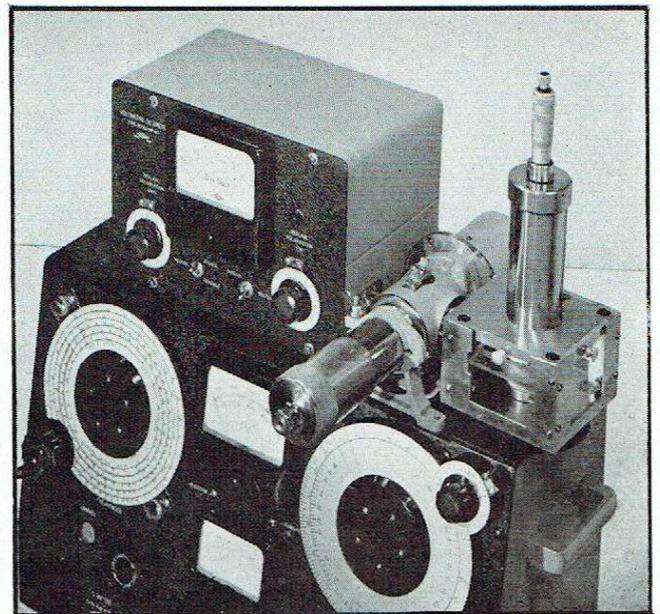
Un condensateur micrométrique type EM isolé au trolitul ;

Un voltmètre de crête type AC 103 ;

Une cellule de mesures pour solides (type CS 401) ou pour liquides ;

Une bobine étalonnée du jeu type M 621 correspondant à la fréquence d'essai.

La cellule de mesure, que l'on voit à droite sur la photo ci-contre, se présente sous la forme d'un condensateur à plateaux, dont l'un (supérieur) peut se déplacer verticalement, parallèlement à lui-même, à l'aide d'un dispositif micrométrique au 1/100 de mm. L'échantillon en essai est placé entre les plateaux que l'on rapproche jusqu'au contact.



FLUCTUOMÈTRE

(LABORATOIRE ÉLECTRO-ACOUSTIQUE)

Cet appareil est destiné à la mesure du taux de pleurage et de scintillement des installations d'enregistrement sur disque, sur bande magnétique ou sur pellicule photographique, la mesure elle-même consistant à déterminer l'amplitude des fluctuations de la fréquence d'un signal.

La fréquence moyenne du signal appliqué à l'entrée de l'appareil est de 3000 Hz \pm 2 %, un bouton de commande permettant d'accorder le discriminateur sur la fréquence moyenne du signal reçu, de manière que la graduation « zéro » de l'indicateur de fluctuations corresponde à cette fréquence moyenne.

L'appareil est prévu pour deux niveaux d'entrée : 0 dB (0,775 V) et -25 dB (43,5 mV), mais les indications restent correctes si les niveaux moyens réellement appliqués à l'entrée sont compris dans un intervalle de \pm 6 dB de part et d'autre des niveaux indiqués ci-dessus.

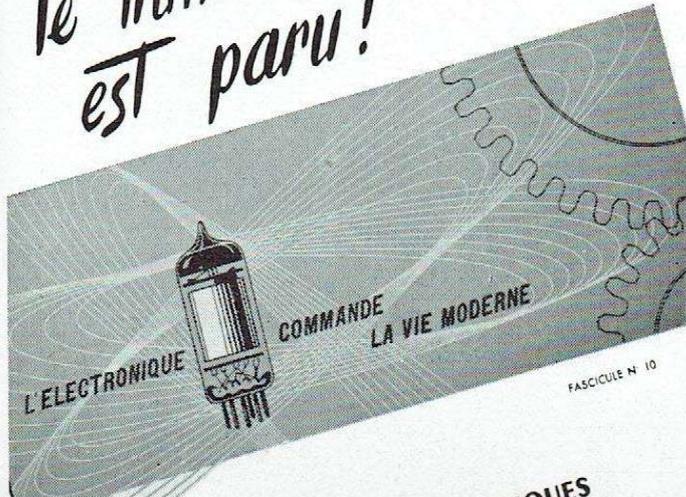
Le « Fluctuomètre » comporte deux dispositifs indicateurs pouvant être utilisés simultanément :

Un indicateur de déviation instantanée en %, constitué par un dispositif à tube cathodique dont l'écran comporte un zéro central correspondant à la fréquence moyenne, ainsi que des échelles symétriques graduées en déviations instantanées relatives ;

Un indicateur de taux de fluctuation en %, constitué par un appareil à forte constante de temps, destiné à indiquer la valeur entre crêtes de la déviation instantanée relative.



le numéro 10
est paru!



LES TEMPORISATEURS ÉLECTRONIQUES

La temporisation vise la commande des temps opérationnels, c'est-à-dire durée des diverses opérations ou traitements industriels, à l'exception de la commande des temps opérationnels à une influence considérable sur la qualité des résultats obtenus. En photographie, par exemple, la bonne qualité des tirages dépend du respect des temps de pose. De même, en soudure électrique, la qualité du point de soudure dépend essentiellement de la durée de passage du courant. L'industrie chimique, la durée de certaines réactions doit être réglée soigneusement. Enfin, dans la commande automatique de machines, les manœuvres diverses doivent être séparées par des intervalles de temps bien déterminés.

Pendant longtemps, on eut recours à l'homme qui commandait la machine, les indications d'un chronomètre; les exigences de la fabrication en grand ont conduit à remplacer l'homme par des dispositifs automatiques temporisés à provoquer la mise en route ou l'arrêt d'une opération après un temps déterminé et en général réglable.

SYSTÈMES DE TEMPORISATION

Plusieurs principes physiques peuvent être utilisés pour provoquer la temporisation. C'est ainsi qu'il existe des dispositifs basés sur des actions (dilatation d'un pièce métallique); (mouvement d'horlogerie); (charge et décharge d'un condensateur).

Les dispositifs basés sur la dilatation manquent de précision de temps est fonction de la température ambiante; il faut donc de leur faire pris dans les installations où la précision est exigée (par exemple, pour la commande de feux signalants et de machines). Convenablement réalisés, ils conviennent pour la

- 1 -

le département
"Tubes électroniques"
de la **COMPAGNIE DES LAMPES** édite un bulletin consacré aux applications industrielles de l'Électronique. Le N° qui traite des temporisateurs électroniques vient de paraître. Il sera envoyé, sur simple demande, aux industriels intéressés.

LAMPES MAZDA
DÉPARTEMENT TUBES ÉLECTRONIQUES
29, r. de Lisbonne, Paris VIII^e

Veuillez m'adresser gratuitement
votre fascicule : **LES TEMPORISATEURS ÉLECTRONIQUES**

Raison sociale

Profession

Adresse

LAMELEC

LABORATOIRE DE MÉCANIQUE ÉLECTRONIQUE
S.A.R.L. Capital 15.000.000 F

31, Rue Cousté - CACHAN (Seine) - ALÉ. 35-53



QUARTZ PIÉZOÉLECTRIQUES

QUARTZ
pour
ULTRA-SONS

Le **UGON 2**
BREVETÉ S.G.D.G.

**RELAIS
SUBMINIATURE**

GRANDEUR
REELLE

- SENSIBILITÉ 2 milliwatts
- POUVOIR DE COUPURE 24 V. - 0,5 A
- TROPICALISÉ (soudures métal-verre)
- MONTAGE A VOLONTÉ sur support subminiature rond normal ou fils à souder
- H. F. 0,7 PF!

LE PROTOTYPE MÉCANIQUE
16 Bis RUE GEORGES PITARD - PARIS (15^e) - VAU. 38-03

TOUTE LA RADIO

BULLETIN D'ABONNEMENT

à découper et à adresser à la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, Rue Jacob, PARIS-6^e

E.L. 4 ★

NOM
(Lettres d'imprimerie S.V.P. !)

ADRESSE

souscrit un abonnement de 1 AN (10 numéros) à servir à partir du N° (ou du mois de)
au prix de 1.250 fr. (Étranger 1.500 fr.)

MODE DE RÈGLEMENT (Biffer les mentions inutiles)

● MANDAT ci-joint ● CHÈQUE ci-joint ● VIREMENT POSTAL de ce jour au C.C.P. Paris 1.164-34

ABONNEMENT | RÉABONNEMENT | DATE :

RADIO Constructeur & réparateur

BULLETIN D'ABONNEMENT

à découper et à adresser à la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, Rue Jacob, PARIS-6^e

E.L. 4 ★

NOM
(Lettres d'imprimerie S.V.P. !)

ADRESSE

souscrit un abonnement de 1 AN (10 numéros) à servir à partir du N° (ou du mois de)
au prix de 1.000 fr. (Étranger 1.200 fr.)

MODE DE RÈGLEMENT (Biffer les mentions inutiles)

MANDAT ci-joint ● CHÈQUE ci-joint ● VIREMENT POSTAL de ce jour au C.C.P. Paris 1.164-34

ABONNEMENT | RÉABONNEMENT | DATE :

TELEVISION

BULLETIN D'ABONNEMENT

à découper et à adresser à la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, Rue Jacob, PARIS-6^e

E.L. 4 ★

NOM
(Lettres d'imprimerie S.V.P. !)

ADRESSE

souscrit un abonnement de 1 AN (10 numéros) à servir à partir du N° (ou du mois de)
au prix de 980 fr. (Étranger 1.200 fr.)

MODE DE RÈGLEMENT (Biffer les mentions inutiles)

MANDAT ci-joint ● CHÈQUE ci-joint ● VIREMENT POSTAL de ce jour au C.C.P. Paris 1.164-34

ABONNEMENT | RÉABONNEMENT | DATE :

électronique Industrielle

BULLETIN D'ABONNEMENT

à découper et à adresser à la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO
9, Rue Jacob, PARIS-6^e

E.L. 4 ★

NOM
(Lettres d'imprimerie S.V.P. !)

ADRESSE

souscrit un abonnement de 1 AN (6 numéros) à servir à partir du N° (ou du mois de)
au prix de 1.500 fr. (Étranger 1.800 fr.)

MODE DE RÈGLEMENT (Biffer les mentions inutiles)

MANDAT ci-joint ● CHÈQUE ci-joint ● VIREMENT POSTAL de ce jour au C.C.P. Paris 1.164-34

DATE :

Pour la BELGIQUE et le Congo Belge, s'adresser à la Sté BELGE DES ÉDITIONS RADIO, 184, r. de l'Hôtel des Monnaies, Bruxelles ou à votre libraire habituel

Tous les chèques bancaires, mandats, virements doivent être libellés au nom de la SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO, 9, Rue Jacob - PARIS-6^e

TOUTE LA RADIO N° 198

Prix : 150 Francs Par Poste : 160 Francs

- ★ Une nouvelle tête magnétique permettra la lecture des rubans à des vitesses très faibles et même les mesures à l'arrêt.
 - ★ Les radars modernes : suite de la très intéressante étude de J.-P. CEHMICHEN.
 - ★ Un impédancemètre d'antenne : suite, également, de l'étude de Ch. GUILBERT (F3LG) consacrée à l'appareil Heathkit et aux innombrables mesures qu'il permet.
 - ★ Un pas vers le générateur B. F. idéal : description complète par Ph. RAMAIN d'un appareil abordable aux très vastes possibilités.
 - ★ Guide des transistors : un tableau synoptique extrêmement commode permettant de comparer entre eux les différents transistors disponibles en France, d'en connaître les caractéristiques principales, les cotes et la correspondance des connexions.
 - ★ Comment moduler à 100 % un émetteur ou un générateur par H. SALIOU.
 - ★ La corrosion du fil de cuivre, par K. STEENHOUDT.
 - ★ Revue de la Presse.
- BASSE FREQUENCE**
- ★ Initiation à la musique électronique : description par son créateur Georges JENNY de l'Ondioline, que vous pourriez désormais construire à partir de pièces détachées.
 - ★ Le bruit de fond dans l'enregistrement magnétique, par R. MIQUEL : une étude fouillée qui intéressera les techniciens désirant tirer la quintessence de leur magnétophone.

PETITES ANNONCES La ligne de 44 signes ou espaces : 150 fr. (demandes d'emploi : 75 fr.). Domiciliation à la revue : 150 fr. PAIEMENT D'AVANCE. — Mettre la réponse aux annonces domiciliées, sous enveloppe affranchie ne portant que le numéro de l'annonce.

OFFRES D'EMPLOIS

Compagnie I B M FRANCE
Recherche

INGÉNIEURS ÉLECTRONICIENS

ait plusieurs années de référ. Ecr. curric. vitæ, 20, av. Michel-Bizot, Paris-12^e.

Compagnie I B M FRANCE
Recherche

INGÉNIEURS

format. Gdes Ecoles, ait plus. années de référ. en PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE. Ecr. avec C.V. 20, av. Michel-Bizot, Paris-12^e.

Recherchons électronicien AT 1 ou AT 2 pour contrôle appareils spéciaux. S'adresser : Réalisations Ultrasoniques, 9, av. des Sapins, St-Maur. Tél. Gravelle 01-12.

Techn. radio électronique, capable rédiger notices et études, style impeccable, mi-temps ou temps entier. Adresser curric. vitæ et prétentions à la Revue n° 799 qui transmet.

INGÉNIEUR ÉLECTRONICIEN, parlant anglais, 23-30 ans, pour poste technico-commercial. Situation d'avenir. Ecr. Revue n° 800.

PROPOSITIONS COMMERCIALES

Représentant, technicien-radio, recherche pour ALGERIE, appareils électroniques dans toutes ses applications. Étudierait toutes propositions. Obadia, 1, rue des Oiseaux, Alger.

DIVERS

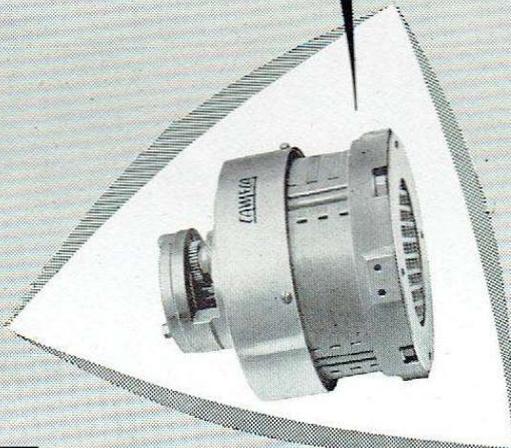
SERVICE DE DOCUMENTATION
TRADUCTIONS TECHNIQUES
des ouvrages et revues russes

Electronique, Servomécanismes, Télémétries, Mesures et essais industriels, Machines à calculer, etc. Liste de plus de 150 ouvrages avec bref résumé des sujets traités contre 200 fr. en timbres. Ecr. Revue n° 798.

CAMECA

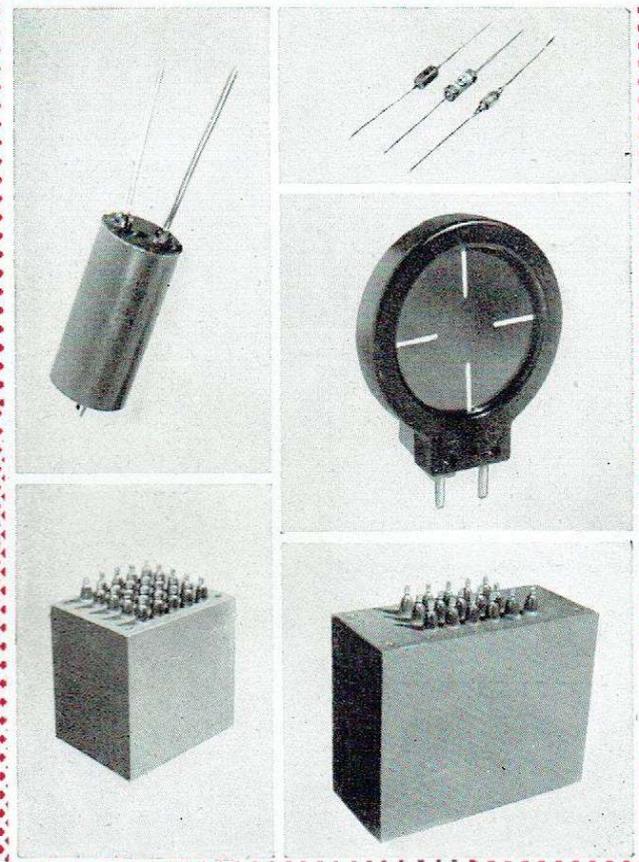
recommandé D.S.T.

COMPAGNIE D'APPLICATIONS MÉCANIQUES A L'ELECTRONIQUE AU CINÉMA ET A L'ATOMISTIQUE
103, Boulevard Saint-Denis - COURBEVOIE - DÉFense 23-65



moteur d'asservissement à faible inertie

TÉLÉCOMMANDE
SERVO-MÉCANISMES
TACHYMÉTRIE
TÉLÉMESURE



**EN BOITIERS
ÉTANCHES
ÉLÉMENTS
REDRESSEURS
DE
HAUTE QUALITÉ**

- WESTALITE • OXYMÉTAL
- GERMANIUM
- CELLULES PHOTO-ÉLECTRIQUES WESTAPHOT

COMPAGNIE DES FREINS ET SIGNAUX

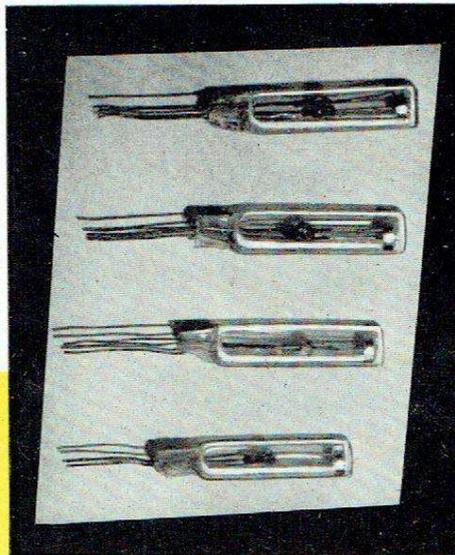
WESTINGHOUSE

DÉPARTEMENT REDRESSEURS

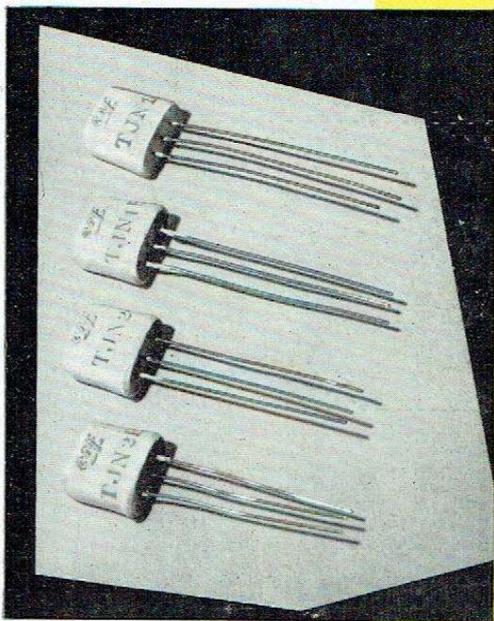
51, Rue Lacordaire - Paris-15 - LECourbe 46-20

rendement

Cellules
PHOTO-ELECTRIQUES
de grande sensibilité ; pour
détection d'éclairéments faibles
ou forts.



Cellules PHOTO-ÉLECTRIQUES



TRIODES à jonction P.N.P.
pour montages amplificateurs
ou oscillateurs fonctionnant
à des fréquences pouvant
atteindre quelques centaines
de kilocycles (kc/s).

miniaturisation

Triodes

GERMANIUM

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE T. S. F.
DÉPARTEMENT DE RECHERCHES PHYSICO-CHIMIQUES
PUTEAUX (Seine) - 12, Rue de la République
LON 28-86

Demandez nos notices Nos 383 et 450