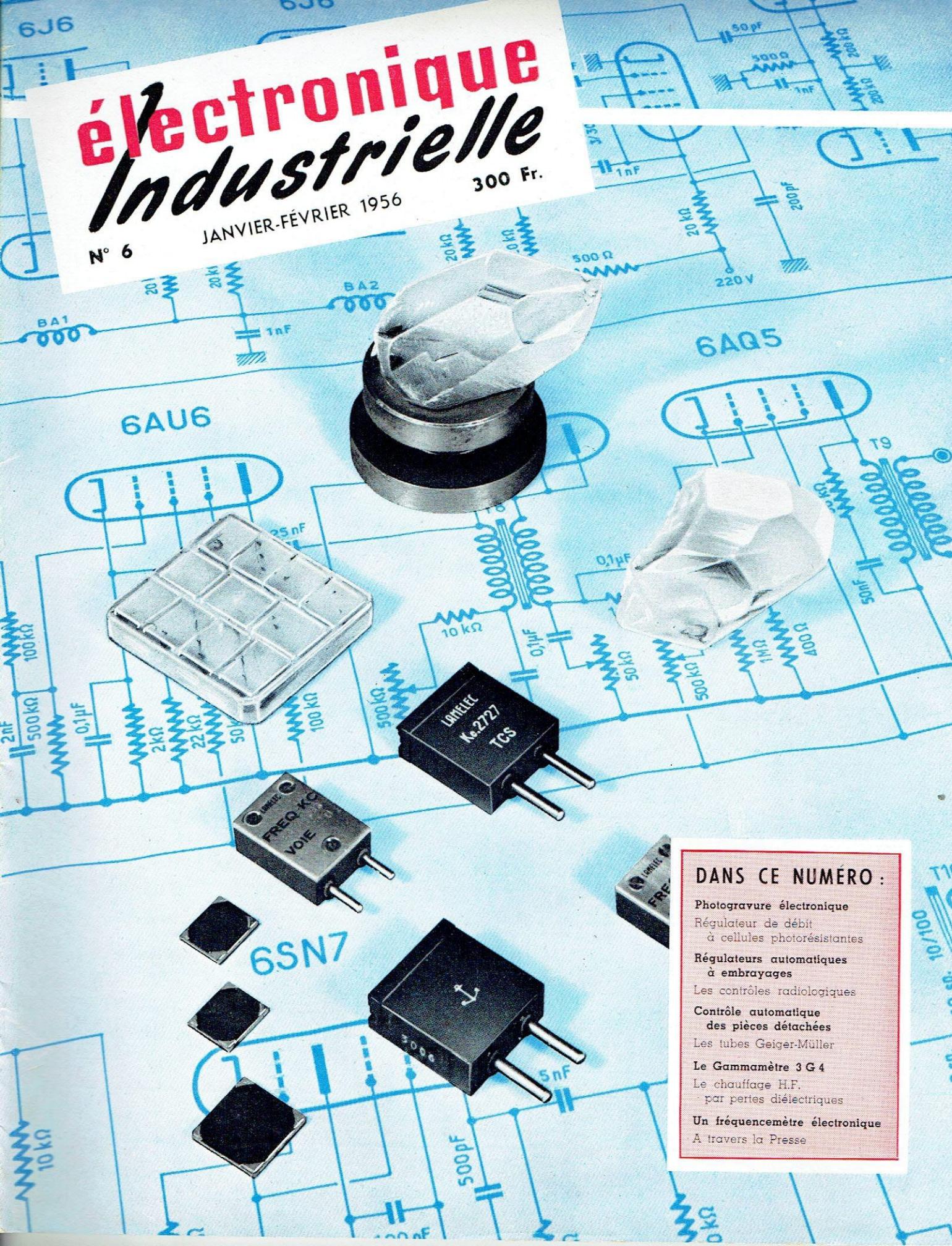


électronique Industrielle

N° 6

JANVIER-FÉVRIER 1956

300 Fr.



DANS CE NUMÉRO :

Photogravure électronique
Régulateur de débit
à cellules photorésistantes

Régulateurs automatiques
à embrayages

Les contrôles radiologiques

Contrôle automatique
des pièces détachées

Les tubes Geiger-Müller

Le Gammamètre 3 G 4

Le chauffage H.F.
par pertes diélectriques

Un fréquencesmètre électronique

A travers la Presse



les problèmes
CHOCs et VIBRATIONS
résolus

PAR L'ADOPTION DES TUBES ÉLECTRONIQUES §
 SÉRIE "SÉCURITÉ"
 DE LA **RADIOTECHNIQUE**

TUBES SUBMINIATURES A CHAUFFAGE INDIRECT (Vf=6,3 V)

■ Service intermittent: 2.500 cycles ■ Résistance aux vibrations: accélération 2,5 g pendant 96 h. ■ Résistance aux chocs: max. 450 g ■ Essais de durée: 500 h. à 175° C

5636: Pentode VHF/UHF à deux grilles de commande... Sg1a 3,2 Sg3a 0,5 mA/V

5639: Pentode vidéo à grande pente Ps = 1W — S = 9 mA/V

5718: Triode oscillatrice et amplificatrice pour VHF/UHF Ps ≥ 0,6 W à 500 MHz

5719: Triode à grand coefficient d'amplification K = 70

5840: Pentode VHF/UHF à faible recul de grille S=5 mA/V (prototype 6AK5)

5899: Pentode VHF/UHF à pente réglable S = 4,5 mA/V

5902: Pentode amplificatrice de puissance B.F. Ps = 1W

6205: Identique à 5840 sauf connexion G3 sortie sur culot

6206: Identique à 5899 sauf connexion G3 sortie sur culot



S. A. LA RADIOTECHNIQUE - Division Tubes Electroniques
 SERVICES COMMERCIAUX : 130, Avenue Ledru-Rollin - PARIS (XI^e)
 Usines et Laboratoires : CHARTRES et SURESNES

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^e
Tél. : ODE. 13-65 Ch. P. : 1164-34

★

RÉDACTION :

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

★

PUBLICITÉ :

(Advertising)

S E D I S

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

★

DATES DE PUBLICATION :

N° 7 Mars-Avril 1956
N° 8 Mai-Juin 1956
N° 9 Juillet-Août 1956
N° 10 Septembre-Octobre 1956
N° 11 Novembre-Décembre 1956
N° 12 Janvier-Février 1957

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. **1 500 Fr.**

Etranger **1 800 Fr.**

Sommaire

N° 6 — 1956

- 188** PHOTOGRAVURE ÉLECTRONIQUE, par *E. Aisberg.*
191 UN RÉGULATEUR DE DÉBIT A CELLULES PHOTORÉSISTANTES, par
M. Le Chevallier et M. Leleu.
194 RÉGULATEURS AUTOMATIQUES A EMBRAYAGES, par *V. Gavreau et*
M. Miane.
197 LES CONTROLES RADIOLOGIQUES APPORTENT A L'INDUSTRIE LA
QUALITÉ PAR LA SÉCURITÉ, par *F. Lafay.*
202 LE CONTROLE AUTOMATIQUE DES PIÈCES DÉTACHÉES FABRIQUÉES EN
SÉRIE, par *A. Jamet.*
205 LES TUBES COMPTEURS GEIGER-MULLER.
209 LE GAMMAMÈTRE PORTATIF 3 G 4 (étude et conception d'un détec-
teur de radio-activité), par *H. Gilloux.*
213 LE CHAUFFAGE H.F. PAR PERTES DIÉLECTRIQUES, par *L. Marlot.*

PAGES DÉTACHABLES

- 206** TABLEAU DES TUBES COMPTEURS GEIGER-MULLER.
217 UN FRÉQUENCEMÈTRE ÉLECTRONIQUE POUR TACHYMÉTRIE, ÉTUDE
DE VIBRATIONS, etc.

A TRAVERS LA PRESSE MONDIALE

- 219** ALLUMAGE ÉLECTRONIQUE POUR MOTEURS A EXPLOSION.
220 LE MAGNISTOR.
220 CONTROLE NON DESTRUCTIF DES TIGES ET TUBES MÉTALLIQUES.
221 AMPLIFICATEUR DE SERVOMÉCANISME.

EN COUVERTURE

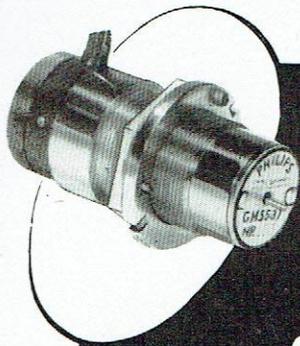
Aux techniques de l'électronique, l'industrie moderne du quartz piézoélec-
trique associe celles de l'optique de précision : dans ce dernier domaine, la
France et le continent européen conservent une avance notable. Du cristal
brut, on tire des plaquettes oscillantes dont toutes les caractéristiques sont
prédéterminées avec des tolérances extrêmement faibles. En particulier, la
rigueur dans les inclinaisons du plan de coupe est obtenue en rectifiant
chaque lame, après sciage, parallèlement à la face inférieure d'une cale mé-
tallique sur laquelle est collé le bloc cristallin.

(Document LAMELEC)

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'ÉQUIPEMENT
DE MESURES

PHILIPS
GM 5536/37

*amplifie
20.000 fois!*

avec une précision de $1/10$ de μ

Ceci n'est qu'un exemple.

Les équipements électroniques
PHILIPS permettent :

**l'observation,
la mesure,
la signalisation,
l'enregistrement,**

de multiples grandeurs mécaniques
telles que :

**Déformations
Forces
Poids
Accélérations
Pressions
Déplacements**

POSEZ-NOUS VOTRE PROBLÈME

Demandez notre notice documentaire N°649

Consultez :

ELVINGER 1985

PHILIPS-INDUSTRIE

Le spécialiste des applications industrielles de l'électronique

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

**STABILISATEURS
AUTOMATIQUES
DE TENSION**

modèles de 1 à 100 kva



correction de variations
pratiquement illimitées

insensibilité aux
variations de la charge

distorsion nulle
rendement moyen 97 %

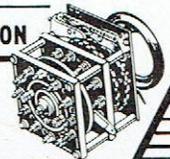
fonctionnement normal
sur charges réactives

FERRIX 98, av. Saint-Lambert - Nice - Tél. 849-29
AGENCE DE PARIS
172, rue Legendre (17^e) - Marcadet 99-21
TRANSFORMATEURS A RAPPORT PROGRESSIVEMENT VARIABLE
"ALTERNOSTATS"
TRANSFORMATEURS MONO et TRIPHASÉS

Toute une gamme de pièces spéciales

Ch. G

COMMUTATION

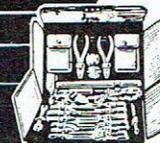


SIGNALISATION

**PETIT APPAREILLAGE
ÉLECTRIQUE**



OUTILLAGE



RADIO



Demandez Notice 40

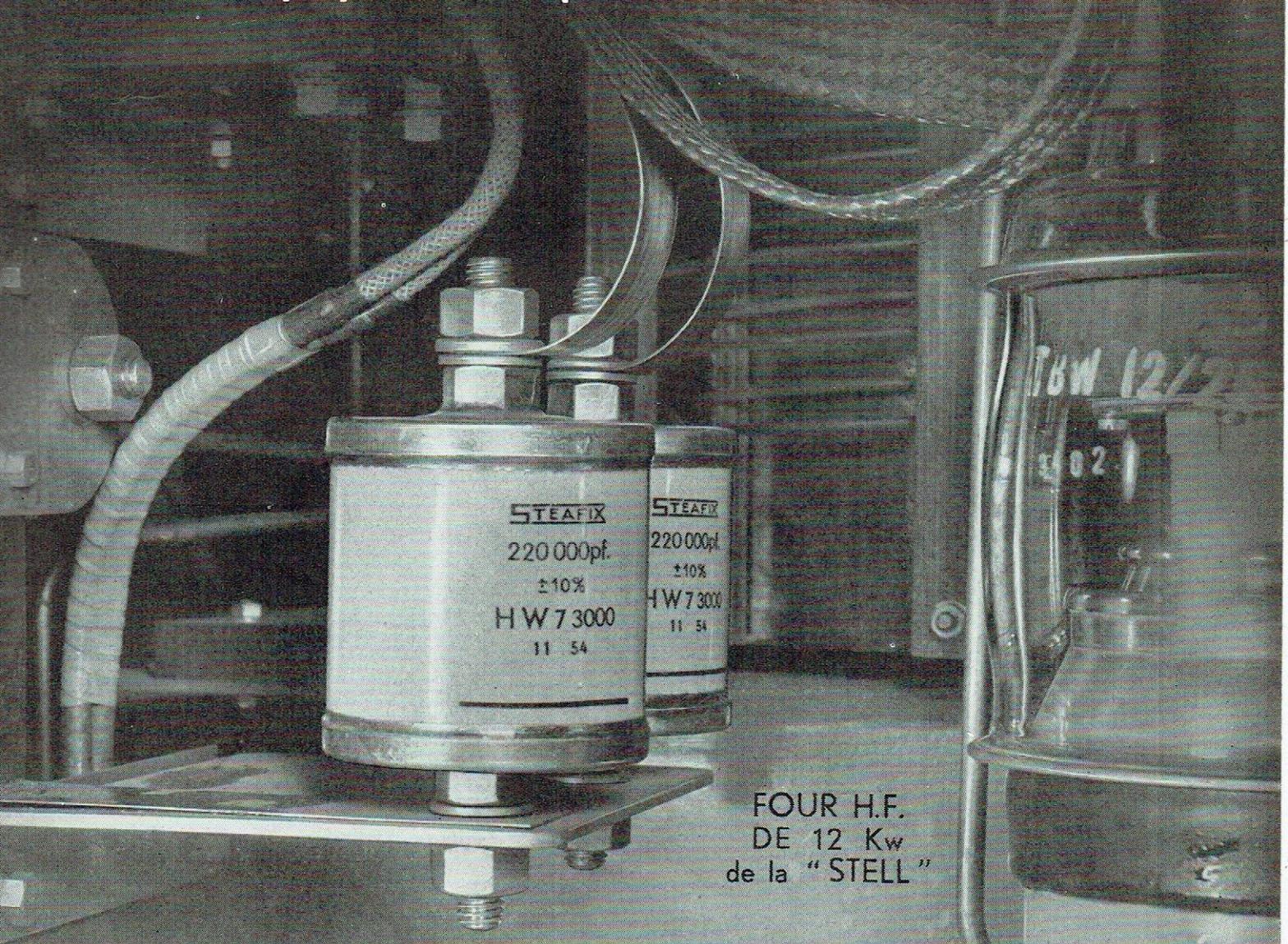
Dyna

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

LES CONDENSATEURS AU MICA

STÉAFIX

sont employés en H.F. pour les besoins de l'Industrie



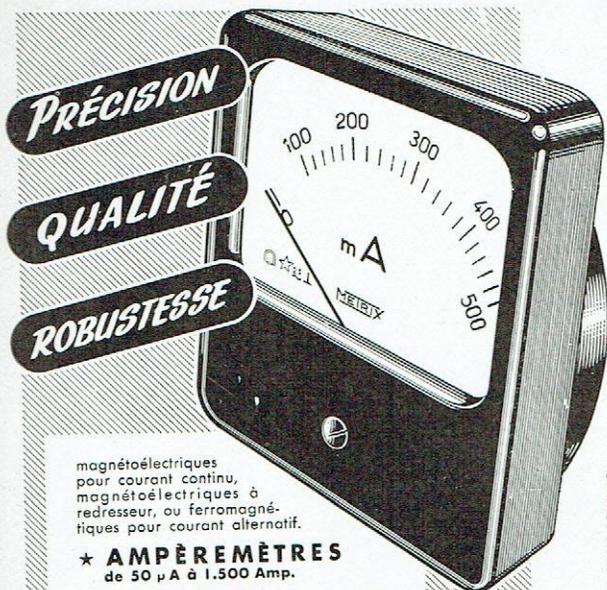
FOUR H.F.
DE 12 Kw
de la "STELL"

STÉAFIX

LE SPÉCIALISTE DU CONDENSATEUR AU MICA
ÉTUDE ET RÉALISE RAPIDEMENT TOUS MODÈLES SPÉCIAUX

CATALOGUE ET RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE

17, RUE FRANCCŒUR • PARIS-18^e • MON. 02-93
— 61-19



magnétoélectriques pour courant continu, magnétoélectriques à redresseur, ou ferromagnétiques pour courant alternatif.

★ **AMPÈREMÈTRES** de 50 μ A à 1.500 Amp.

★ **VOLTMÈTRES** de 10 mV à 5.000 V. encombrement et fixation normalisés, conformes aux normes UTE fascicule C 28.

NOTICE T. 155 sur demande ANNECY B. P. 30

METRIX

C^{te} GÉNÉRALE DE MÉTROLOGIE
ANNECY FRANCE



AGENCE PUBLIBITEC DORNIENACH

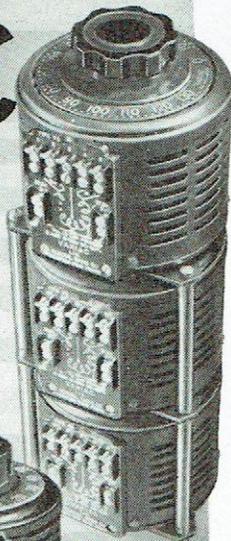
PARTOUT OU IL FAUT FAIRE VARIER LA TENSION

VARIAC

AUTOTRANSFORMATEUR A RAPPORT DE TRANSFORMATION VARIABLE AVEC PISTE TRAITÉE "DURATRAK" (NOM DÉPOSÉ)

Fabriquée en France sous licence GR U.S.A.

- ★ LONGUE DURÉE.
- ★ POIDS ET DIMENSIONS RÉDUITS.
- ★ FAIBLES PERTES A VIDE.



V5G3
TRIPHASÉ



V5M

V10M

Documentation VW sur demande

Nombreux modèles utilisables de 50 à 400 P/S

AG. PUBLIBITEC DORNIENACH

ETS RADIOPHON
50, FAUBOURG POISSONNIERE - PARIS (10^e) ★ + PRO. 52-03. 04

Réservé à nos abonnés

Vous qui lisez cette Revue, connaissez-vous ses sœurs ?

Peut-être pas. Vous ne savez pas alors quelle précieuse documentation elles contiennent ni tout le profit que vous pourriez en tirer.

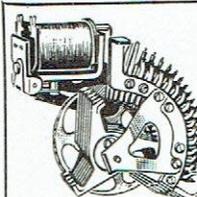
Nous serions très heureux de vous faire connaître ces autres Revues publiées par notre Société. Pour recevoir, à titre de spécimen gratuit et sans aucun engagement de votre part, un numéro récent de ces publications, il suffit de nous adresser le bon ci-dessous. Un coup de ciseaux et deux lignes d'écriture vous apporteront ainsi la révélation de nouvelles sources de savoir et d'expérience.

BON pour un SPECIMEN GRATUIT des revues suivantes :
(marquer d'une croix les titres désirés)

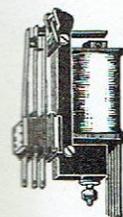
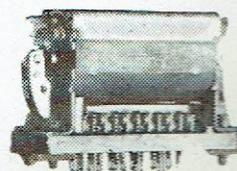
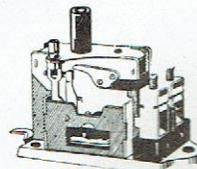
- TOUTE LA RADIO
- TÉLÉVISION
- RADIO CONSTRUCTEUR

Nom

Adresse



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



VISITEZ-NOUS ET DEMANDEZ NOTRE LISTE DE RELAIS

Photogravure *électronique*

RECEMMENT, il m'a été donné d'assister à une conférence-démonstration réservée aux spécialistes des industries et arts graphiques et ayant pour objet les nouveaux procédés de gravure électronique des clichés d'imprimerie. En raison de l'intérêt intrinsèque des techniques mises en jeu et du caractère des questions qui ont été posées par l'assistance, cela vaut la peine d'en relater l'essentiel.

Le trait et la simili

Les clichés utilisés en typographie, on le sait, se composent de plaques de zinc ou de cuivre, gravées en relief et montées, pour avoir la hauteur convenable, sur des blocs de bois ou de plomb. On distingue des clichés « au trait » composés de lignes noires ou blanches, reproduisant des dessins sans demi-teinte, et des clichés en simili (en abrégé « simili ») qui restituent les demi-teintes des photographies, gouaches, etc. Le dessin de la page 217 de ce numéro est un « trait », alors que la photo de cette page est une « simili ».

En examinant cette dernière à la loupe, on constate qu'elle se compose d'un grand nombre de points noirs équidistants dont les surfaces varient et déterminent ainsi les teintes des divers endroits de l'image. Très petits dans les endroits clairs, ils occupent la presque totalité de la surface dans les noirs. Leur réseau régulier forme la « trame » de la « simili ». Selon la qualité du papier utilisé pour l'impression, cette trame peut être plus ou moins grosse ou fine. Dans un journal quotidien, on utilise des trames de 65 ou de 80 points par pouce de longueur. Une revue imprimée sur du papier surglacé emploie la trame 100. Le beau papier couché de l'Electronique Industrielle permet l'usage de la trame 120 et même 150.

On conçoit que la finesse (ou « définition ») de l'image augmente avec celle de la trame, comme c'est le cas avec le nombre des lignes en télévision où l'image française, explorée par 819 lignes, permet de restituer des détails plus fins que les standards européen de 625 lignes ou américain de 525 lignes, et a fortiori, les 405 lignes anglaises.

Photogravure chimique

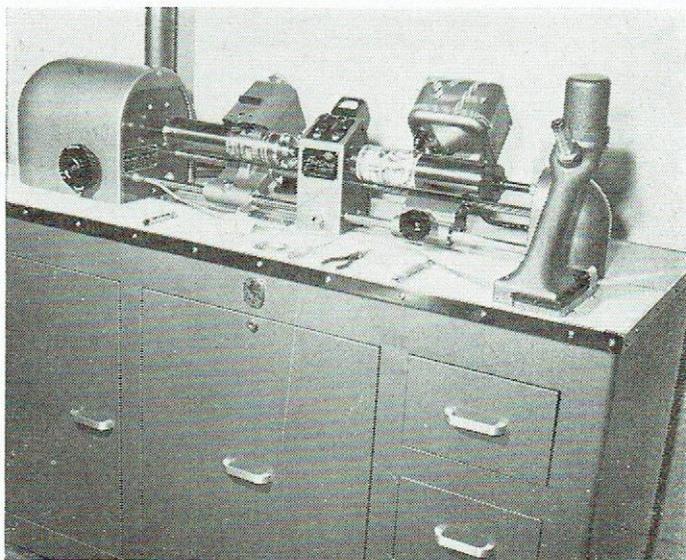
Le procédé classique de fabrication des clichés est long, complexe et, partant, coûteux. Sans entrer dans les détails, disons qu'il comprend, pour commencer, des opérations photographiques qui ont pour but final de recouvrir d'une couche protectrice les parties d'une feuille de zinc ou de cuivre qui devront rester en relief. Puis, la plaque est plongée dans des bains où des acides appropriés attaquent les parties non protégées du métal. Plusieurs bains sont nécessaires, et entre eux, les parties en relief doivent être à nouveau recouvertes d'un vernis afin d'obtenir autour d'elles un talus assurant leur solidité. Pour finir, les clichés gravés

subissent encore des opérations de toupillage des « grands blancs » et de montage proprement dit. Rien d'étonnant, dès lors, à ce que la fabrication d'un cliché exige normalement deux ou trois jours et à ce qu'une simili dans le genre de celle de la page 192 du présent numéro soit évaluée, au tarif actuel, à 3 762 francs (sans compter le fond de couleur).

Lenteur et prix de revient, telles sont donc les caractéristiques des procédés classiques de photogravure. Or, la presse et l'édition n'admettent pas la lenteur et cherchent à comprimer, comme partout ailleurs, les prix de fabrication. Certes, on arrive à fabriquer en quelques heures seulement les clichés employés dans les quotidiens. On sacrifie alors leur qualité à la vitesse.

L'électronique intervient

Il était temps que l'électronique intervint dans le vénérable domaine de la photogravure, qui n'a guère subi de modifications notables depuis le début du siècle. Electronique signifie pratiquement vitesse et, partant, réduction des frais. Encore que les procédés développés actuellement soient loin de la perfection



Machine à graver Scan-a-Graver Luxographe des Ets Mincel. On distingue à droite le chariot analysant l'image par la méthode photo-électrique et à gauche celui portant le stylet graveur.



Le Clichographe du Dr. Hell représenté ci-contre sert à graver des clichés au trait.

souhaitée, ils ont déjà donné leurs preuves et sont utilisés pratiquement. Ils permettent d'obtenir des clichés tout montés en une demi-heure et réduisent les prix de revient de moitié environ par rapport aux procédés classiques. Telle est la situation de la question en ce début de 1956. Mais des progrès sont accomplis chaque jour, et il est incontestable que l'avenir appartient à l'électronique. En quoi donc consistent ces procédés révolutionnaires où le mouvement rapide des électrons vient prendre la place de la lente modification des molécules mise en jeu dans les procédés chimiques de la photogravure ancienne ?

Tous les procédés développés actuellement font appel à l'exploration de l'image telle qu'elle a été mise au point il y a bien des années par le grand inventeur français Edouard Belin. Dans cette analyse ligne par ligne, qui est à la base de la phototélégraphie permettant de transmettre des images fixes par télégraphe à des distances considérables et servant à publier dans les quotidiens des photographies des événements qui se sont déroulés quelques heures auparavant aux antipodes, la photographie est parcourue par une tache de lumière intense (spot lumineux) ligne par ligne, la lumière diffusée étant captée par une cellule photoélectrique. Ainsi le courant de la cellule est-il à chaque instant proportionnel à la brillance du point exploré. C'est ce courant, convenablement amplifié, qui est employé pour graver, également ligne par ligne, les clichés électroniques.

Le Clichographe Hell

Deux sortes de machines à graver électroniques ont été présentées au cours de la conférence à laquelle nous avons assisté et ce sont probablement les seules qui sont actuellement utilisées en France. Le premier est le Clichographe Hell, d'origine allemande, dont il existe deux modèles. L'un sert à la gravure des clichés en simili, l'autre permet la gravure des clichés traits. Dans ce Clichographe, les clichés peuvent être constitués par des plaques de matière plastique, ou de plomb, ou de zinc. Ces plaques sont planes. Et le burin graveur les parcourt ligne par ligne par un mouvement relativement lent à l'aller, lorsque la gravure est effectuée, et par un mouvement rapide au retour lorsqu'il ne grave pas. Un ventilateur assez puissant sert à aspirer les copeaux enlevés à chaque passage du burin.

La machine permettant la gravure des similis est prévue pour deux trames possibles. A cette fin, l'espacement entre les lignes peut avoir l'une des deux valeurs pré-déterminées : par exemple pour les trames 60 et 120, ou bien pour les trames 80 et 120. Au courant de la cellule photoélectrique est superposé le courant d'un oscillateur qui sert justement à diviser chaque ligne en points. Là encore, deux valeurs de fréquences sont utilisées, appropriées à la trame adoptée.

Le Clichographe Hell qui sert à graver des clichés au trait a le même aspect extérieur, mais sa conception est assez différente. Il s'agit évidemment du même mode d'exploration par lignes juxtaposées. Mais le burin a une forme différente et la tête exploratrice

comporte deux cellules photoélectriques disposées dans le sens de l'exploration.

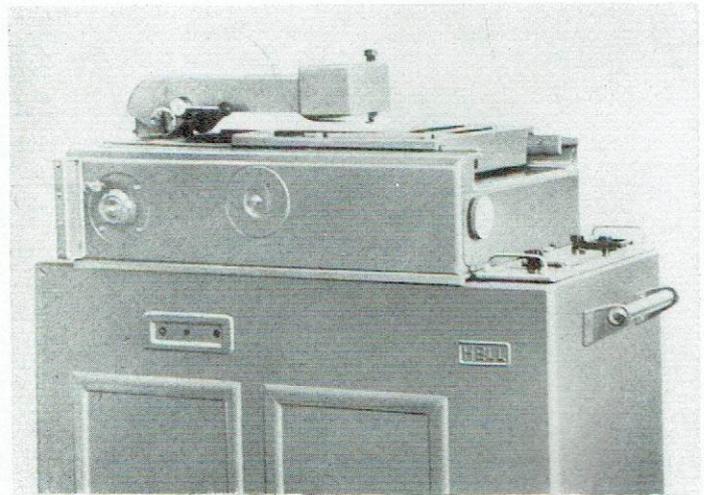
A quoi sert cette apparente complication ? Il faut en effet prévoir deux profondeurs de gravure. Dans les « grands blancs », c'est-à-dire loin de toute ligne noire, la gravure doit être assez profonde. Par contre, tout près des traits en relief, il faut faire une sorte d'épaulement (ou talus) de manière que les traits soient suffisamment robustes. C'est pour prévoir le voisinage immédiat d'un trait qu'on utilise une deuxième cellule qui signale à l'avance l'approche d'un trait noir. Ainsi, dans les grands creux, le burin creuse à 0,7 mm de profondeur. Mais dans le voisinage immédiat du trait, il se soulève et ne creuse qu'à faible profondeur.

Dans le Clichographe servant au trait, il existe trois finesses possibles de gravure qui correspondent à trois pas possibles d'analyse et qui nécessitent deux largeurs différentes de burin.

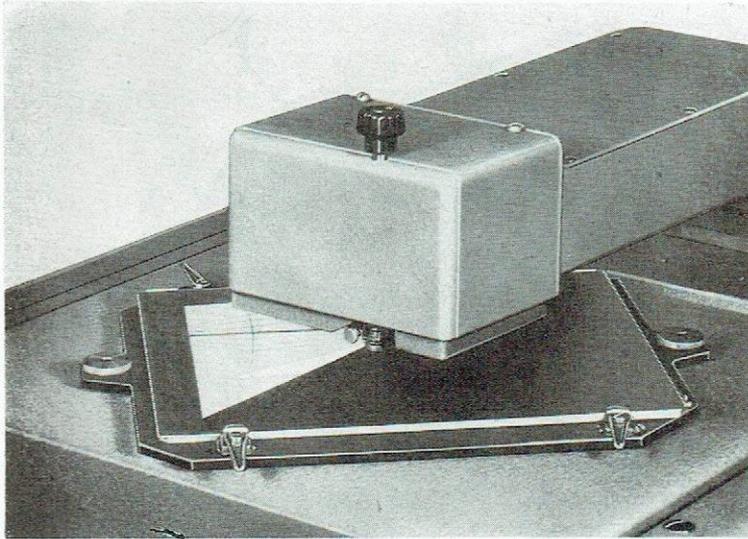
Notons une caractéristique intéressante du Clichographe, qui montre la souplesse extrême des méthodes électroniques. Une simple inversion de la polarité du courant permet de faire des clichés dits « noirs au blanc », autrement dit en négatif. Ainsi peut-on partir directement d'une épreuve négative pour obtenir un cliché positif et inversement. Cette possibilité est particulièrement précieuse puisque le Clichographe Hell ne permet de reproduire les documents qu'à leur grandeur naturelle. Aucune possibilité d'agrandissement ou de réduction des dimensions par les méthodes électroniques n'y est prévue. Dès lors, toutes les modifications des dimensions, dans un sens comme dans l'autre, doivent-elles être opérées par les procédés de photographie classique qui ne présentent aucune difficulté. On n'est cependant pas obligé de tirer un négatif d'abord et un positif ensuite puisque, à partir d'un négatif, comme il vient d'être dit, on peut graver un cliché positif. Nous avons même vu comment un cliché a été gravé jusqu'à la moitié en positif et pour l'autre moitié en négatif.

Une machine franco-américaine

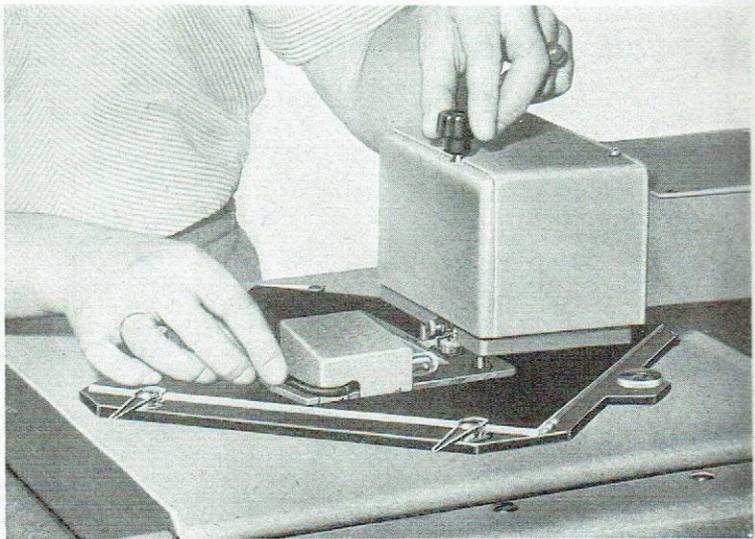
L'autre modèle de machine à graver électronique est représenté par le Scan-a-Graver-Luxographe, qui est la synthèse d'un appareil américain mis au point par Fairchild et d'un appareil français dû à M. J. Mincel. Dans les divers modèles de cette conception franco-américaine, on retrouve les organes essentiels du Belinographe classique, puisque les documents à reproduire au même titre que les minces plaques transparentes de matière plastique qui sont à graver prennent place sur des cylindres ayant un axe commun, l'exploration se faisant en spirale cylindrique.



Clichographe permettant la gravure des clichés simili en différentes trames.



Dans le Clichographe, la gravure est effectuée par le déplacement du burin selon une direction formant 45° avec les bords du cliché.



La hauteur du burin graveur est, dans le Clichographe, réglée avec précision à l'aide d'un calibre.

La partie exploratrice de la machine comporte donc un projecteur de lumière, dont le spot très mince formé sur le document est diffusé et capté par la cellule photoélectrique se trouvant tout à côté, le tout se déplaçant lentement le long de la génératrice du cylindre porte-document, qui effectue un mouvement de rotation. Sur le même axe se trouve le cylindre sur lequel est fixée la feuille de matière plastique qui est gravée, non pas par un procédé mécanique, mais par la méthode thermique. En effet, c'est en brûlant sa surface à l'aide d'un véritable thermo-cautère (résistance portée à l'incandescence par un courant d'intensité suffisante) que l'on grave les clichés similis.

Le Scan-a-Graver-Luxographe existe en divers modèles permettant de graver différentes trames. De plus, un modèle tout à fait récent permet de procéder à des réductions ou agrandissements allant dans des rapports de 1:4 jusqu'à 1×4. Dans ce modèle, le document à reproduire est analysé à plat, comme dans le Clichographe, mais la gravure est effectuée par spirale cylindrique.

Pour ou contre l'électronique

Depuis un an, nous avons, à plusieurs reprises, expérimenté l'emploi des clichés gravés par ces procédés électroniques. Pour le moment, nos essais ne peuvent pas permettre des conclusions définitives, d'autant plus que les procédés sont constamment modifiés et améliorés. A l'heure actuelle, nous estimons que les clichés électroniques sont de qualité très légèrement inférieure à ceux que l'on obtient par les méthodes classiques. En revanche, la rapidité extrême de leur fabrication et leur prix de revient modique militent d'ores et déjà en leur faveur. Il est cependant incontestable que l'avenir leur appartient et, s'ils ne remplacent peut-être pas entièrement les méthodes classiques avant longtemps, il sera difficile d'imaginer, d'ici une dizaine d'années, une maison de photogravure dépourvue de machines électroniques à graver. Les

journaux quotidiens seront sans doute les premiers à s'équiper en outillage électronique qui, outre son efficacité, offre l'avantage d'être sensiblement moins encombrant que les grandes caméras et les bains d'acides qui occupent beaucoup de place dans les maisons de photogravure.

La discussion qui a suivi la présentation des procédés électroniques de photogravure a été tout à fait caractéristique de l'état d'esprit que l'on rencontre actuellement chez beaucoup d'industriels lorsqu'on a le courage de leur proposer l'adoption des méthodes électroniques. En effet, le premier auditeur qui s'est levé a aussitôt présenté les objections suivantes :

— Vous possédez tous, messieurs, un poste de T.S.F., et quelques-uns d'entre vous ont également un récepteur de télévision. Vous savez donc ce que c'est que le vieillissement des lampes qui provoque des pannes fréquentes. Avez-vous, dans ces conditions, confiance en des dispositifs qui comprennent un grand nombre de ces lampes ?

Fort heureusement, parmi les présentateurs du matériel, il se trouvait des spécialistes d'électronique qui ont su expliquer que les récepteurs actuels de radio sont beaucoup moins sujets aux pannes que jadis, et que le matériel utilisé dans les dispositifs d'électronique industrielle a fort peu de caractéristiques communes avec celui qui, malheureusement, est encore employé par beaucoup de constructeurs de « boîtes à musique ». Les tubes de longue durée, les pièces détachées de qualité professionnelle, les méthodes de câblage et de contrôle sérieuses mettent ce matériel à l'abri de défaillances et permettent de l'utiliser d'une façon durable avec toute la sécurité voulue.

Il est à craindre que, comme tous les préjugés, celui dont l'électronique industrielle souffre en raison des tristes antécédents passés de la radio, ait la vie dure. Il nous appartient à nous tous électroniciens et à vous tous, lecteurs d'Electronique Industrielle, de le combattre par tous les moyens en prêchant de préférence par l'exemple.

E. AISBERG.

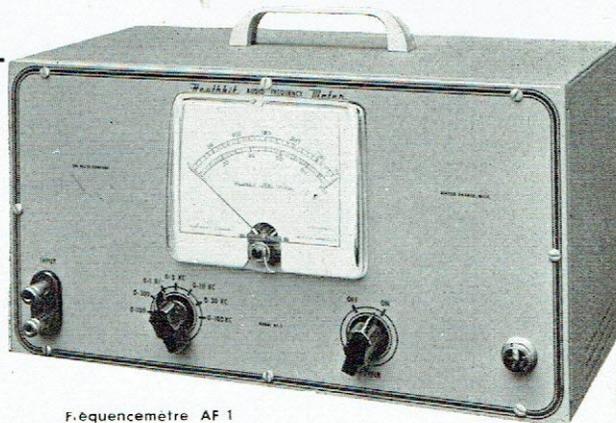
Tous les clichés illustrant l'étude ci-dessus ont été établis par les procédés décrits de photogravure électronique. Celui de la page 188 a été gravé par un SCAN-A-GRAVER-LUXOGAPHE. Les autres par un CLICHOGRAPHE.

Un laboratoire
électronique
complet et rationnel

peut être constitué par des appareils U.S.A.

HEATHKITS

ensembles complets prêts à monter



F.équencemètre AF 1

VOICI QUELQUES MODÈLES PARMIS LES 45 EXISTANTS

- AA-1 Millivoltmètre, wattmètre et analyseur B.F.
- AG-9 Générateur B.F. à points fixes avec voltmètre de sortie.
- AM-1 Impédancemètre d'antenne.
- AV-2 Millivoltmètre électronique pour courant alternatif.
- AW-1 Wattmètre B.F.
- CM-1 Capacimètre électronique à lecture directe.
- CS-1 Boîte de substitution de capacités.
- DC-1 Décade de condensateurs.
- DR-1 Décade de résistances.
- GD-1B Ondemètre et oscillateur d'absorption (Grid-dip).
- HD-1 Distorsiomètre harmonique.
- IB-2 Pont d'impédances.
- LG-1 Générateur H.F. de laboratoire.
- LP-1 Mire électronique.
- O-10 Oscilloscope de laboratoire tube 12,5 cm.
- OL-1 Oscilloscope B.F.
- PS-3 Alimentation régulée H.T.
- QM-1 Q-mètre.
- SQ-1 Générateur de signaux carrés.
- BE-4 Alimentation continu basse tension.

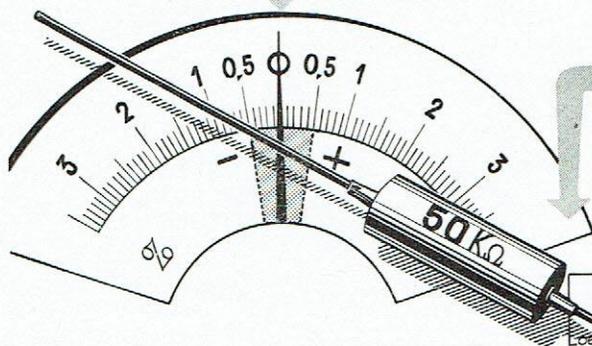
BUREAU DE LIAISON

113, rue de l'Université, PARIS-7^e - INV. 99-20 +

La majorité des modèles sont disponibles

CATALOGUE EL 6 et TARIFS adressés sur simple demande

Une résistance MINIATURE...



précise
(Tolérance de $\pm 5\%$ à $\pm 0,5\%$)

solide

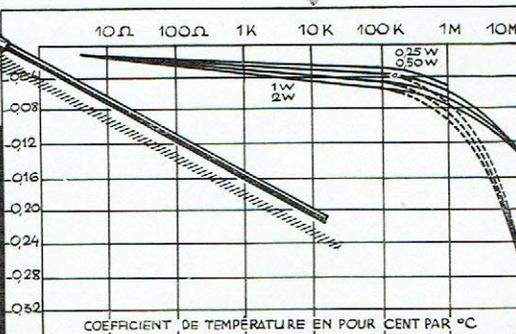
stable

Toutes nos fabrications sont conformes aux normes
C.C.T.U. et J.A.N.

RADIAC S.A.

Service Cl. 79, rue du Fg. Poissonnière
Paris - 9^e PRO. 39-51

➔ Documentation technique sur demande



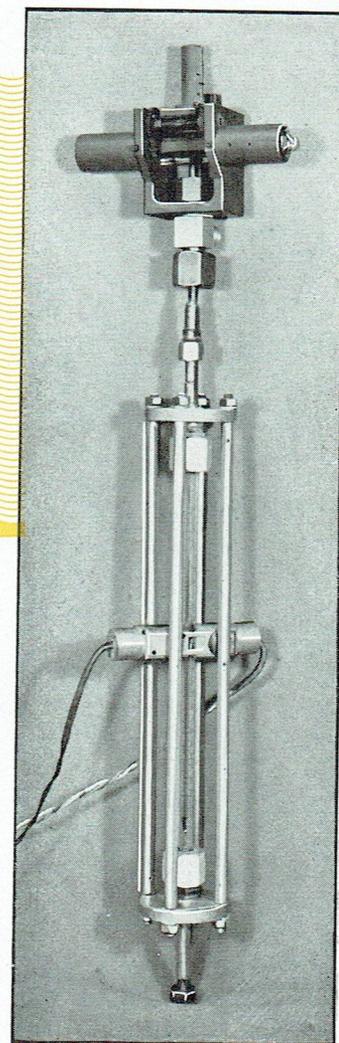
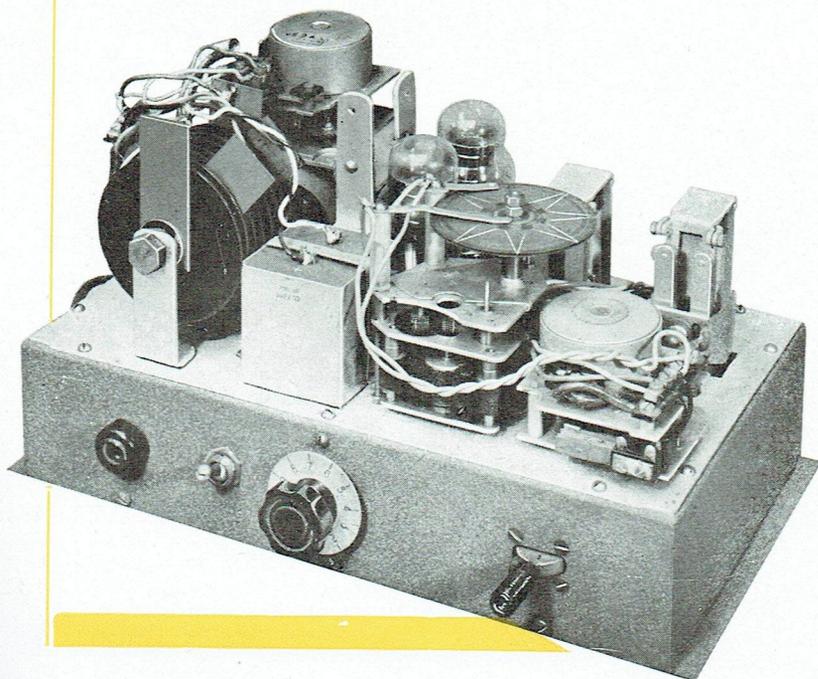
Publ. Geod

Un régulateur de débit à cellules photorésistantes

par M. LE CHEVALLIER
et M. LELEU

Nous avons, dans un précédent article (1), décrit un dispositif de régulation de débit par palpeur à thermistances, utilisant la différence de température créée par un chauffage local judicieusement placé.

Il n'est pas toujours possible d'utiliser ce principe, pourtant excellent, soit que le fluide en circulation ne puisse supporter d'élévation de température, soit que le débit demandé conduise à des sections de passage telles qu'elles soient trop facilement obturables par des impuretés en suspension dans le fluide ;



dans ce dernier cas, il faut que les orifices de passage puissent se modifier automatiquement pour rétablir la section d'écoulement initiale.

C'est pour résoudre un problème identique que nous avons élaboré le dispositif décrit ici.

L'indicateur de débit à passage variable est tout trouvé : ce sera le *gyromètre* bien connu. Nous n'analyserons par le fonctionnement de cet appareil ; indiquons seulement qu'il se compose d'un tube en verre légèrement conique, avec la grande section en haut et gradué en débits. Un petit flotteur coulisse librement dans le tube et se place automatiquement à l'endroit où la section de passage, entre flotteur et tube, correspond au débit prévu.

Autour de ce gyromètre, nous avons placé un ensemble schématisé par la figure 1, où nous voyons en A un lecteur, en B une vanne motorisée, en C₁ et C₂ des groupes de relais de commande d'ouverture ou de fermeture et en D une temporisation qui absorbera les oscillations du dispositif.

(1) « Electronique Industrielle », n° 4, septembre-octobre 1955, pp. 119-122.

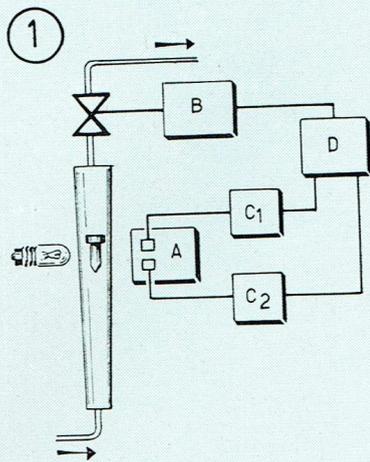


Fig. 1. — Pour maintenir constant le débit dans le gyromètre, il faut maintenir le « flotteur » à un niveau constant, ce qui sera fait par deux cellules photoélectriques.

Le lecteur

Le tube du gyromètre étant transparent par construction, nous allons en profiter pour « surveiller » le flotteur avec des cellules photoélectriques.

Nous avons utilisé des cellules photo-résistances, construites par R.B.V.-R.I. : leur diamètre de 4 mm nous a permis de faire un ensemble simple et compact représenté en figure 2. Nous devons avouer que la fixation des cellules en question a posé un problème ardu, car elles sont livrées sous forme de lentilles sans connexions ni point d'attache, et il a été nécessaire de les maintenir par des griffes, comme les bijoutiers enchâssent les pierres précieuses.

Les cellules ont été placées au bord d'un logement, tubulaire, creusé dans un barreau (A) de matière plastique, comportant une rampe inclinée d'un côté ; deux pinces métalliques flexibles établissent les

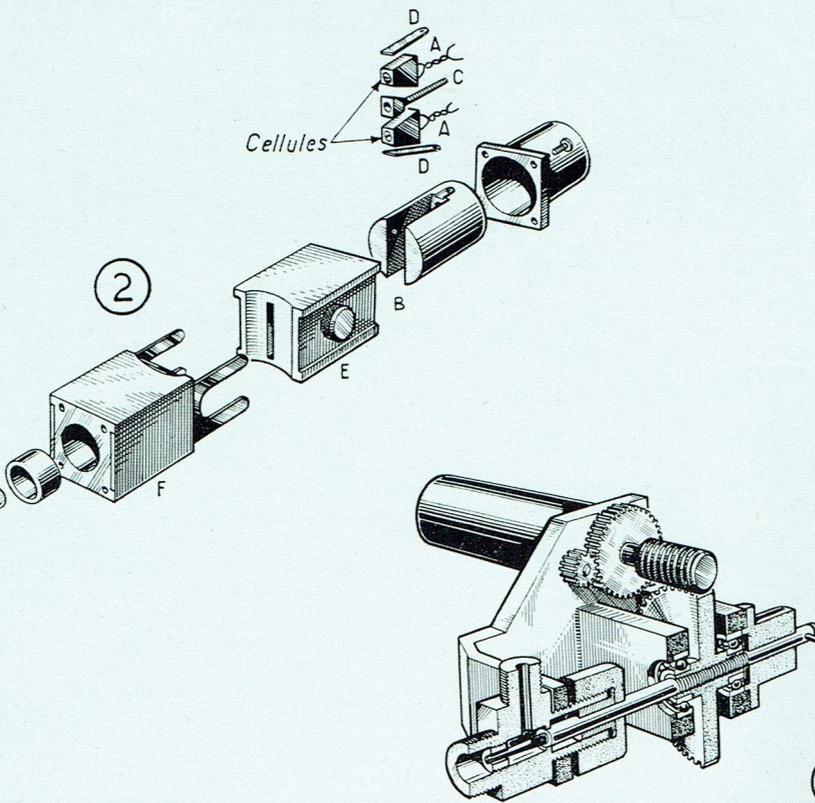


Fig. 2. — Vue éclatée du lecteur : l'ampoule et le groupe de cellules sont montées de part et d'autre du gyromètre. L'ensemble peut glisser verticalement le long du tube de verre.

Fig. 3. — Coupe de la vanne motorisée, visible dans la photographie du titre au-dessus du gyromètre et commandée par l'ensemble électronique précédé des cellules.

contacts, qui sont maintenus par un ressort formant piston ; les deux barreaux sont logés dans une rainure (B) fraisée dans un cylindre en matière isolante ; entre elles, coulisse un coin (C) qui, par sa position, écarte plus ou moins les barreaux. Deux ressorts (D) à lame les rappellent en position. Les fils de branchement passent dans des ouvertures percées dans le cylindre support ; un boîtier métallique (E) contient le tout et permet la fixation à un autre boîtier symétrique (F) contenant une ampoule miniature de 12 V, dont on concentre le faisceau lumineux par une lentille de + 10 dioptries, biconvexe, de 18 mm de diamètre.

Les deux boîtiers sont assemblés de part et d'autre du tube du gyromètre et l'ensemble peut coulisser à frottement doux et rester à une position déterminée correspondant au débit désiré.

Remarquons tout de suite que ce lecteur peut se placer sur n'importe quelle

sorte de gyromètre, par conséquent commander n'importe quel débit.

La vanne automatique

Nous avons utilisé une vanne d'équerre en acier inoxydable à pointe et presse-étoupe ; le pointeau a été remplacé par une aiguille, dont la queue a été filetée et vissée dans un écrou monté entre deux roulements travaillant en butée (fig. 3). Sur l'écrou, une roue dentée engrène avec une vis tangente, elle-même commandée par roue et pignon moteur.

L'aiguille ne tourne pas (une clavette guidée ne lui permet qu'un mouvement de translation) ; elle s'enfonce ainsi plus ou moins dans un orifice calibré interchangeable. Le mouvement est commandé par deux petits moteurs à courant continu 24 V, à aimant permanent, accouplés sur le même engrenage et montés en parallèle pour doubler le couple. Ces moteurs,

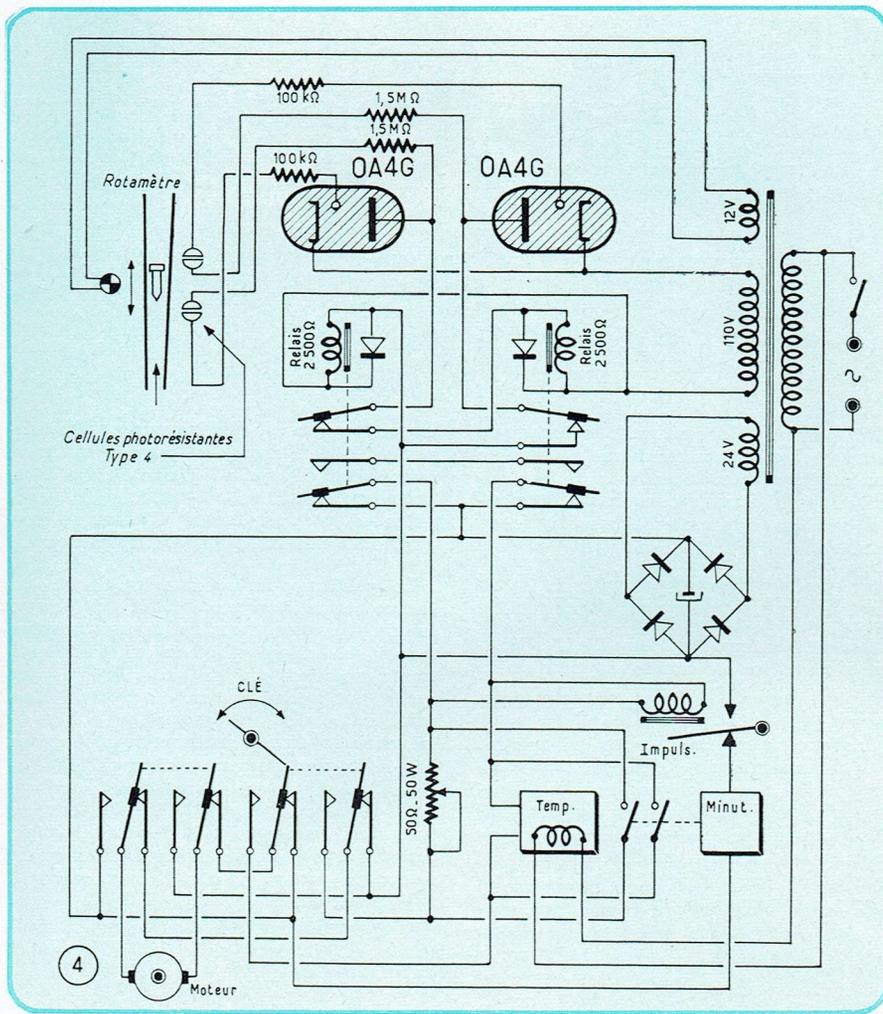


Fig. 4. — Le dispositif électronique d'asservissement est construit autour de deux thyratrons à cathode froide. Des temporisateurs (voir texte) s'opposent au « pompage ».

d'une robustesse étonnante, peuvent tourner dans les deux sens, suivant la polarité du courant appliqué; leur vitesse de rotation est fonction de la tension d'alimentation.

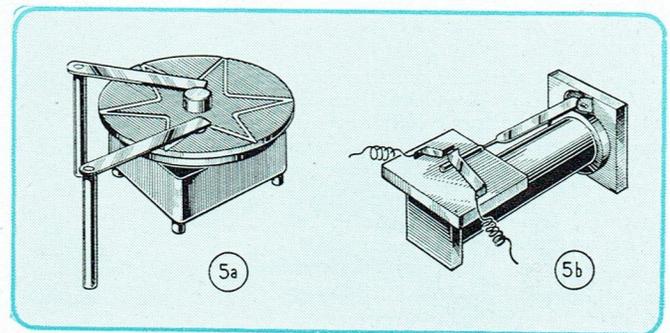
Leurs dimensions modestes — ils n'ont que 30 mm de diamètre — permettent de composer un ensemble de peu de volume.

La partie électronique et relais

Parmi plusieurs schémas, le plus simple retenu utilise les thyratrons à cathode froide, type 0 A 4 G d'outre-Atlantique ou RL 1267 de *Dario*. Ces tubes accouplés à des relais de 2500 Ω spéciaux pour thyratrons, forment un ensemble économique, d'une bonne sensibilité, et se passent de tension de chauffage et de courant anodique filtré et redressé.

La commande d'amorçage de l'ionisation sera faite par la différence de résis-

Fig. 5. — Détail du temporisateur réglable (a) et du relais (b) fournissant l'impulsion d'armement de la minuterie.



tance de la cellule, qui passe de 5 MΩ sous l'occultation du flotteur à 100 kΩ sous l'éclairage à travers le gyromètre, ce qui correspond à environ 100 lux.

Le fabricant de ces cellules n'autorise que 4 mW d'excitation, ce qui est peu; mais le circuit employé a permis de descendre à 0,03 mW. Néanmoins, pour plus de sécurité, nous nous sommes fixés à 0,1 mW, ce qui correspond à une tension de 4,5 V et à 22 μA (fig. 4).

Nous pouvons, dès à présent, faire tourner les moteurs de la vanne par les cellules, la supérieure commandant la fermeture et l'inférieure, l'ouverture. Les relais employés portant deux séries de contacts inverseurs, nous avons la possibilité de verrouiller un relais par rapport à l'autre. En effet, lorsque le flotteur, en se déplaçant, a mis les deux cellules en pleine lumière, il faut que seule la première excitée actionne son relais, le second restant passif. De cette façon, le signal d'erreur, dans un sens, restera établi tant qu'il n'aura pas été corrigé par le flotteur; autrement dit, la vanne s'ouvrira ou se fermera jusqu'à ce que le flotteur revienne devant la cellule correspondante.

Théoriquement, l'ensemble doit fonctionner. Pratiquement, le résultat est autre: le flotteur, sous l'action alternative des ouvertures et fermetures de la vanne, prend une oscillation continue et interdit l'arrêt devant les cellules, donc toute stabilisation...

En réduisant la vitesse de rotation des moteurs, on diminue l'amplitude des oscillations, mais l'amortissement est encore trop lent.

C'est ici que le dispositif temporisateur D (fig. 1) intervient et prend toute son importance; il permet de temporiser l'alimentation des moteurs assez longtemps pour que, entre chaque manœuvre, le déplacement du flotteur ait le temps de s'amortir.

Il se compose d'un petit moteur à réducteur tournant à 2 tr/mn et portant un plateau circulaire, sur lequel des secteurs conducteurs sont imprimés; deux frotteurs, l'un fixe, l'autre réglable, permettent de doser les temps d'arrêt et de fonctionnement (fig. 5 a).

Dès l'addition de ce dispositif, le fonctionnement est devenu correct. Le flotteur reprend sa position d'équilibre après deux

ou trois oscillations. Mais avec cette temporisation, le délai de remise en équilibre devient prohibitif dès que, par suite d'un changement de pression, le flotteur a subi un grand déplacement. Il met alors trop longtemps pour revenir en équilibre.

La solution a été donnée par un relais à minuterie shuntant le dispositif temporisateur au bout d'un certain temps, correspondant à deux ou trois oscillations avant équilibre; la commande d'un quel-

conque des moteurs armera le relais, qui permettra quelques temporisations, puis celles-ci seront coupées et la manœuvre de la vanne deviendra continue ; le flotteur reviendra plus vite dans la zone d'approche.

Une astuce a été nécessaire pour armer le relais à minuterie, car il faut qu'il colle pour armer sa minuterie, mais qu'il revienne ensuite à sa position d'attente. Il lui faut donc une impulsion brève et celle-ci a été produite par un relais, « bricolé » de telle façon que lors de la fermeture et de l'ouverture, une paillette passe entre deux contacts et ferme temporairement le circuit de minuterie (fig. 5 b).

Dans notre réalisation, la minuterie laisse écouler 15 secondes avant de mettre la temporisation hors circuit. Ce délai correspond à 3 allers et retours du flotteur ; on peut d'ailleurs modifier ce délai à la demande.

Nous avons dit plus haut que les moteurs avaient une vitesse de rotation proportionnelle à la tension d'alimentation ; pour que la vitesse de manœuvre soit juste suffisante, sans produire de grandes oscillations du flotteur, nous avons intercalé un rhéostat dans le circuit d'alimentation des moteurs. Grâce à deux contacts à fermetures supplémentaires sur le relais à minuterie, nous shuntions aussi le rhéostat avec la temporisation. Comme cela, les moteurs tourneront à *grande vitesse et continuellement* dans les déplacements extrêmes, et à *vitesse réduite et temporisée* dans la zone d'approche des cellules.

Pour faciliter la mise en position du flotteur, lors de la mise en service de la régulation, une clé multiple permet de faire tourner les moteurs sans perturber le dispositif à mémoire.

L'ensemble ainsi équipé fonctionne à satisfaction totale et, actuellement, sur une alimentation de liquide sous 20 kg de pression dans les plages de 600 à 6 000 g avec une précision de plus ou moins 10 g à l'heure.

Il va de soi que le même ensemble peut réguler aussi bien des débits gazeux, plus facilement même, car ces fluides donnent beaucoup moins lieu à des phénomènes oscillatoires.

Voici maintenant quelques renseignements sur le matériel utilisé : les cellules photorésistantes sont fabriquées par *R.B.V.-R.I.* ; les tubes 0 A 4 G sont des *Sylvania (Radio-Télévision Française)* ; les relais *Langlade et Picard* ; les monoréducteurs des *SAPMI* ; les micromoteurs et redresseurs, proviennent de *Radio Relais* ; le gyromètre est fabriqué par la maison *Houdec*, à Choisy-le-Roi. Les vannes inoxydables se trouvent chez *Prolabo*. Les autres pièces sont courantes en radio, et un mécanicien de précision (genre *Belot*, rue de Saintonge) peut se charger de l'équipement de la vanne.

M. LE CHEVALLIER et M. LELEU,
Ingénieurs
au Centre de Recherches Pêchinesy.

Régulateurs

à

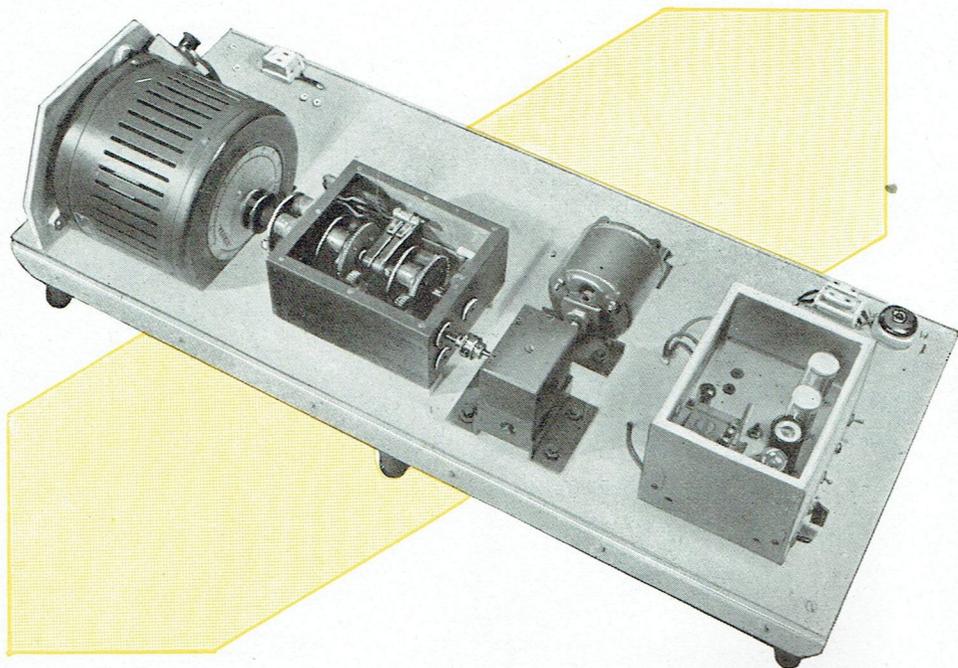
Les procédés de commande automatique électriques et électroniques sont de plus en plus employés dans l'industrie. Ils permettent en particulier la commande automatique par des appareils de mesure et de contrôle.

Un servo-mécanisme rapide et précis d'un type inédit a été mis au point au Centre de Recherches Scientifiques, Industrielles et Maritimes de Marseille (1) spécialement pour la commande de puissances assez importantes par des instruments de mesure.

Une application intéressante de ce type de servo-mécanismes est le réglage automatique précis de tensions, pressions, températures, etc., devant varier suivant une loi prédéterminée ou être maintenues rigoureusement constantes. A titre d'exemple, on a décrit dans le présent article un régulateur de tension pour secteur alternatif,

à fonctionnement extrêmement rapide, capable de stabiliser des puissances assez importantes. L'appareil convient aussi bien pour la stabilisation des tensions d'alimentation des appareils de laboratoire que pour celle des installations industrielles (2).

Le problème de la commande par un instrument de mesure n'est autre chose que le problème général de l'asservissement électrique. Il s'agit d'obtenir une commande aussi rapide et précise que possible, tout en évitant le risque d'un « amorçage d'oscillations ». Ce problème a fait l'objet de nombreuses études mathématiques, et des lois théoriques d'asservissement ont été établies... Ces lois ne s'appliquent pas au servo-mécanisme décrit ci-dessous, car au lieu d'un freinage constant, il utilise un servo-frein très puissant n'intervenant qu'au moment opportun, pour supprimer tout risque d'oscillations.



(1) Groupe important de Laboratoires du Centre National de la Recherche Scientifique.

(2) Une licence exclusive d'exploitation de ce brevet du C.N.R.S. a été accordée à la Société Technique Electronique.

automatiques

embrayages

V. GAVREAU

et

M. MIANE

Ce servo-mécanisme est en effet constitué, comme le montre la figure 1, par deux embrayages magnétiques (G) et (H) tournant en sens opposés et un frein magnétique (J) bloquant instantanément l'axe commandé lorsque aucun des embrayages n'est excité. L'inertie de la partie mobile est réduite au minimum du fait qu'elle est constituée simplement par trois disques en fer doux fixés sur un même axe et formant les armatures des embrayages (G), (H) et du frein (J).

Dans le cas particulier du stabilisateur de tension, représenté par la figure 1, le servo-mécanisme commande un auto-transformateur (A). Il peut d'ailleurs être utilisé tel quel pour la commande de n'importe quel bouton de réglage, manivelle ou volant habituellement commandés à la main, car sa force est nettement supérieure à la force humaine. La vitesse de commande également est très supérieure à celle d'une commande à la main : **la durée d'une com-**

mande ne dépasse jamais une fraction de seconde, tandis que la commande par un servo-moteur ordinaire nécessiterait dans les mêmes conditions plusieurs secondes.

Les embrayages (G) et (H) sont commandés respectivement par les relais (g) et (h), tandis que le frein (J) est commandé à travers les contacts de repos des mêmes relais (connectés en série) lorsque aucun de ces relais n'est excité.

On a disposé aux bornes des électroaimants J, G, H, des résistances destinées à réduire les étincelles de rupture sur les contacts des relais intermédiaires (g) et (h), et à supprimer toute surtension dans les trois enroulements des électroaimants des embrayages magnétiques. Leur valeur est approximativement égale au double de la résistance en continu de chacun des électroaimants (plus faible, elle serait plus efficace, mais accroîtrait par contre-coup, de manière excessive, l'intensité coupée par le relais, d'où consommation inutile et usure).

On obtient facilement une sensibilité de commande aussi grande que l'on veut, par exemple, d'une faible fraction de volt dans le cas d'un réseau de 110 V, car le voltmètre à contacts (f) très sensible actionnant les relais est utilisé en montage différentiel : il mesure la différence entre la tension d'utilisation à la sortie de l'appareil et une tension de référence constante ou variable qu'on lui oppose.

On peut ajouter une résistance variable aux bornes du voltmètre de contact (f) pour modifier la sensibilité de cet appareil qui commande tout le régulateur. En pratique, un simple inverseur permet de passer de « sensibilité normale » à « sensibilité réduite » selon qu'il n'y a pas ou qu'il y a une résistance aux bornes de (f). Ainsi, le régulateur dispose d'une position d'attente entraînant un fonctionnement moins fréquent, puisque la plage de variation tolérée du réseau est plus large.

Dans le montage représenté par la figure 1, (f) est un voltmètre à courant continu. La tension alternative à mesurer est redressée par la valve (c). La tension de référence est fournie par la même valve : c'est la tension stabilisée par la lampe au néon (d). Cette tension de référence est réglable au moyen du potentiomètre (e) : ainsi, on peut stabiliser à n'importe quelle tension désirée entre 105 et 115 V par exemple, et cela à une faible fraction de volt près.

Remarque : On se contente habituellement d'une sensibilité de 0,25 V, car l'instabilité de la tension secteur provoque un fonctionnement continu de l'appareil lorsqu'on utilise une sensibilité trop grande.

Commande de grandes puissances

Dans le modèle standard, (A) est un auto-transformateur « Variac » de 1,5 kW. Ce modèle permet la stabilisation de 15 kW, comme le montre le schéma (fig. 1) : un transformateur auxiliaire (B), alimenté par l'autotransformateur (A), injecte une tension de correction variable en série avec la tension fournie à l'utilisation par le transformateur de 15 kW (C).

Bien entendu, le même montage peut être employé pour des puissances beaucoup plus grandes, à condition d'utiliser un auto-transformateur plus puissant et, éventuellement, un servo-mécanisme d'un modèle un peu plus grand.

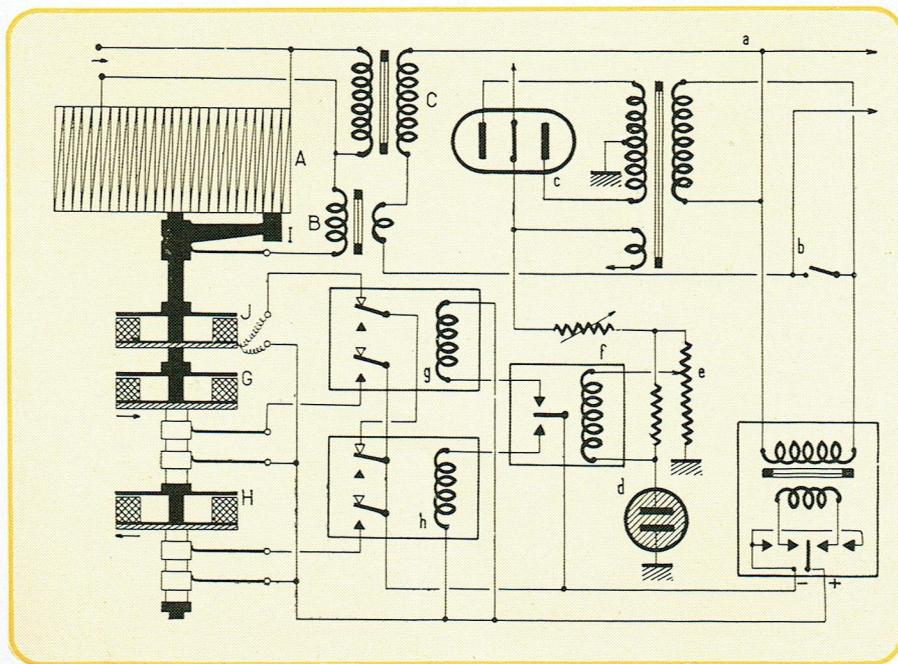


Fig. 1. — Régulateur de tension de réseau alternatif. Le dispositif d'asservissement à embrayages est appliqué ici à un autotransformateur à rapport variable (charbon tournant). Cette pièce, comme on le sait, peut réguler des puissances importantes et ne modifie pas la forme d'onde de la tension.

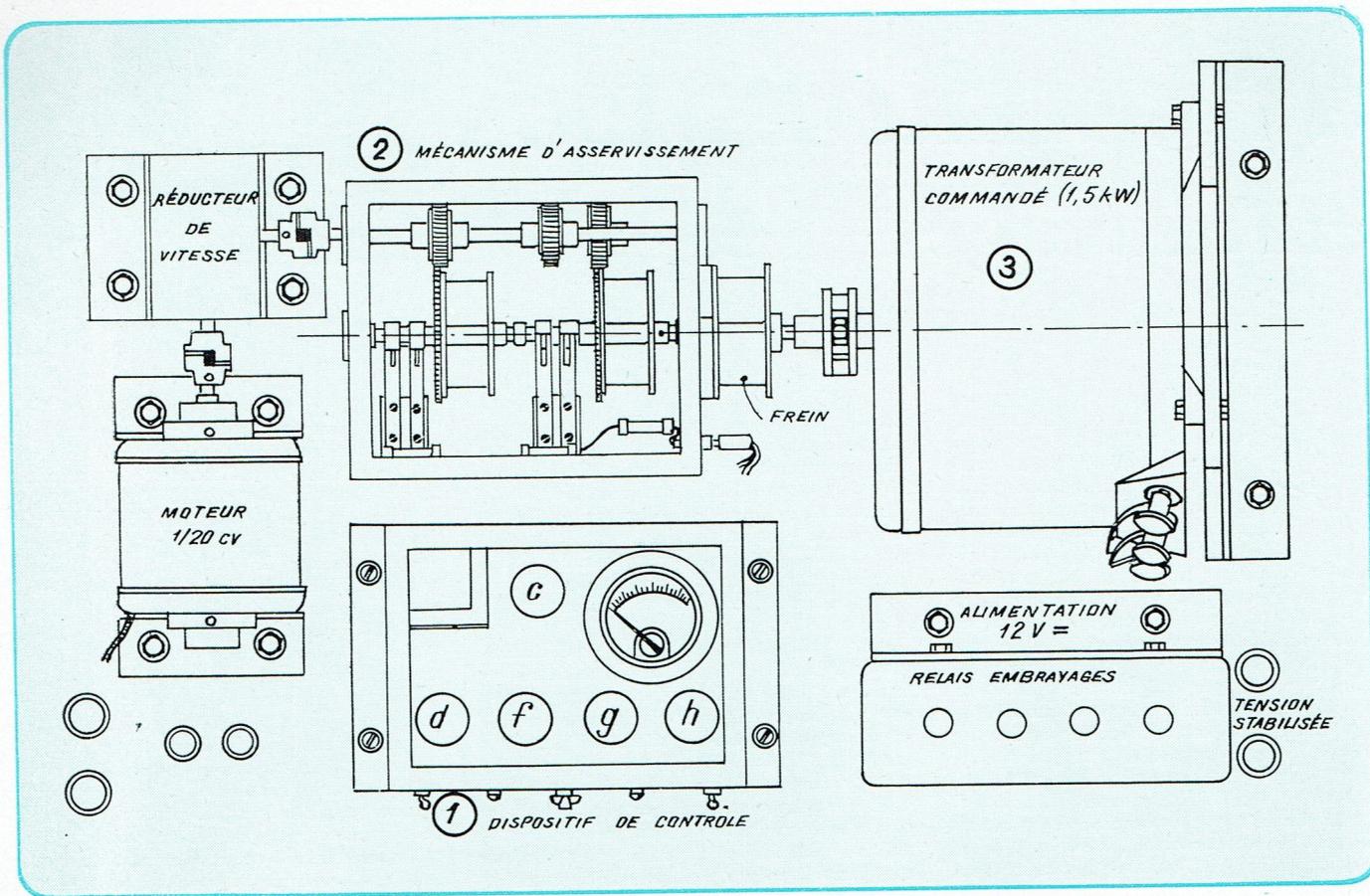


Fig. 2. — Disposition mécanique des éléments du régulateur automatique de tension. On retrouve les deux embrayages — un pour chaque sens de rotation — et le frein vus dans le schéma.

Réalisation pratique

Le dispositif stabilisateur de tension secteur utilisé dans notre laboratoire pour l'alimentation de l'ensemble de tous les appareils électroniques est représenté par la figure 2. Il se présente sous la forme d'une boîte rectangulaire de 450 × 730 mm de base et 300 mm de hauteur, contenant un dispositif de contrôle de la tension (1), un mécanisme d'asservissement à embrayages (2) et l'auto-transformateur (3) commandé par ce mécanisme.

L'appareil est branché directement sur le secteur à stabiliser et ne nécessite aucune autre alimentation : le courant de commande des relais et des embrayages est fourni par un petit redresseur prévu dans l'appareil lui-même. On a également prévu dans l'appareil un petit moteur silencieux à réducteur par vis sans fin, entraînant les embrayages.

Consommation et rendement : La consommation de ce régulateur à embrayages est très faible et indépendante de la puissance commandée — de l'ordre de 150 W pour un modèle de 15 kW.

Dispositif de sécurité : Deux butées à interrupteurs coupent automatiquement le

courant dans les embrayages (et, si l'on désire, également le courant total à l'entrée de l'appareil), en cas de dépassement de la course prévue, dans un sens ou dans l'autre. Elles actionnent en même temps une sonnerie d'alarme.

Conclusion

Les régulateurs automatiques à embrayages et frein permettent, à volonté, de maintenir constante ou de faire varier avec précision, de façon prédéterminée, n'importe quelle grandeur : intensité, tension, pression, température, etc...

En particulier, le stabilisateur de tension alternative permet de maintenir constante la tension secteur, même dans le cas de puissances assez importantes, aussi bien pour l'alimentation des appareils de laboratoire que pour celle des appareils industriels. Ce procédé de stabilisation s'applique également aux sous-stations de distribution d'énergie électrique.

Contrairement aux dispositifs purement électroniques, ce stabilisateur a un très bon rendement. Il ne déforme pas l'onde du courant (comme le font les stabili-

sateurs à fer saturé), et, malgré la très grande vitesse de son fonctionnement, n'entraîne aucun risque d'amorçage des oscillations.

V. GAVREAU,

Ing. E.N.P.C. et E.S.E.

Chef du Laboratoire
d'Electro-Acoustique du C.R.S.I.M.

M. MIANE,

Technicien au Laboratoire
d'Electro-Acoustique du C.R.S.I.M.

**Vous trouverez à la
fin de ce numéro la
TABLE DES
MATIÈRES
annuelle**

Les **CONTROLES RADIOLOGIQUES** apportent à l'industrie la **QUALITÉ** par la **SÉCURITÉ**

par F. LAFAY

INTRODUCTION

WILHELM CONRAD ROENTGEN, professeur à l'Université de Würzburg, en Bavière, observait vers la fin de 1895 que les radiations émises par un tube de Crookes traversaient de nombreuses substances opaques à la lumière ordinaire. Ignorant à ce moment quelle était leur nature, il les appela « Rayons X ». Par la suite, il fut démontré que ces mystérieuses radiations étaient de même nature que la lumière visible, mais de longueur d'onde beaucoup plus courtes.

L'étude des propriétés physiques de ces rayons X a permis d'entrevoir rapidement l'étendue des ressources offertes par leur application à l'industrie. Les perfectionnements successifs apportés aux techniques radiologiques, notamment sous l'influence de la médecine, ont conduit à la réalisation d'équipements qui, par leur souplesse d'utilisation et l'absence de dangers, répondent parfaitement aux exigences accrues des centres métallurgiques modernes.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les rayons X sont émis depuis un tube à vide, essentiellement composé :

a) D'une électrode positive appelée **anode**, généralement en cuivre, sur laquelle est fixée une **cible** en tungstène, placée devant une fenêtre encastrée dans la paroi du tube et constituée d'une matière très perméable au rayonnement ;

b) D'une électrode négative ou cathode, formée par une pièce métallique circulaire, dans un évidement de laquelle est logé un filament. Le filament de la cathode (—) émet des électrons qui, accélérés et focalisés par une différence de potentiel très élevée (30 à 300 kV et plus), viennent bombarder la cible en tungstène de l'anode en provoquant de la sorte l'émission des rayons X.

PROPRIÉTÉS DU RAYONNEMENT X

Absorption et diffusion

Les rayons X, en traversant un corps, subissent un certain « affaiblissement » qui dépend :

- 1) De la longueur d'onde des rayons employés ;
- 2) De l'épaisseur du corps examiné ;
- 3) De la densité de la matière composante.

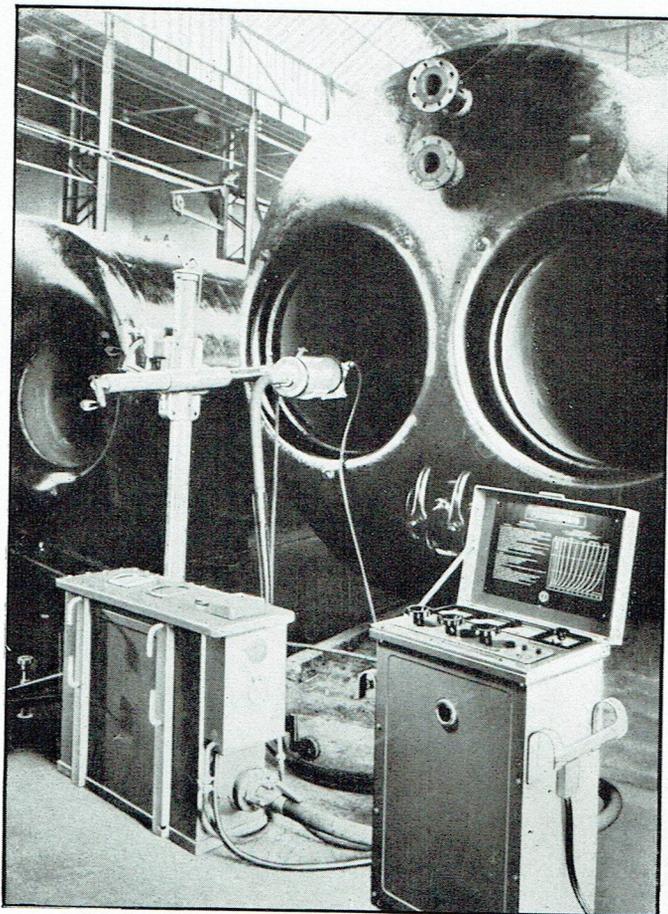
En élevant dans une certaine proportion la haute tension appliquée au tube, la longueur d'onde du rayonnement obtenu diminue, la pénétration augmente et l'on dit que ce rayonnement devient « dur ». La plus courte longueur d'onde est fonction de la tension maximum pouvant être appliquée au tube. A l'inverse, le rayonnement des grandes longueurs d'onde, appelé « mou », est plus vite absorbé.

Les rayons « durs » donnent naissance aussi à un phénomène de diffusion caractérisé par la ré-émission du rayonnement dans des directions diverses. Ce rayonnement parasite ou secondaire nuit à la définition des images radiographiques.

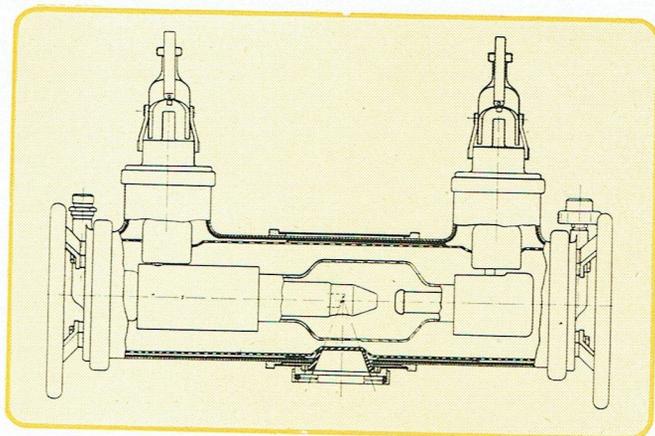
Pour un même rayonnement, l'affaiblissement varie en fonction des différences d'épaisseur, de densité et de composition chimique des corps examinés.

Si q est la densité et μ le coefficient d'absorption linéaire d'une substance, le rapport μ/q est le **coefficient massique d'absorption**.

Ce sont ces différences d'absorption des rayons X primaires qui forment les contrastes déterminés perçus sous forme de luminosité variable sur l'écran fluorescent, ou de noircissement du film radiographique. Le contraste des radiographies, fonction de la longueur d'onde du rayonnement utilisé, est nettement plus accusé quand on emploie les rayons dits « mous ».



Équipement de radiologie industrielle de conception classique utilisé pour le contrôle des chaudières.



Coupe simplifiée d'un tube bipolaire pour radiographie à haute pénétration.

(Documents Philips-Industrie.)

C'est la température du filament qui régit l'émission électronique et par cela l'intensité de radiation. Il est donc possible, en agissant sur l'intensité du courant et la tension accélératrice du tube émetteur, de faire varier dans de larges limites la quantité et la qualité des rayons X émis, éléments de base pour la prise d'une radiographie correcte.

Foyer et distance focale

La forme ronde ou linéaire et les dimensions du « foyer », point d'impact du faisceau électronique, sont très importantes, car elles caractérisent la finesse qui est une des qualités primordiales d'un tube.

L'intensité du rayonnement frappant une pièce varie en raison inverse du carré de la distance au foyer du tube.

Filtration

L'élimination des composantes à grande longueur d'onde d'un rayonnement incident s'effectue au moyen d'un « filtrage » approprié. Le « filtre » corrige la qualité d'un rayonnement par son effet sélectif et s'oppose ainsi à la formation d'une diffusion génératrice de « halo » nuisible. Un filtre permet d'obtenir en une seule exposition les radiographies satisfaisantes de l'ensemble d'un objet comportant des épaisseurs variables ou des arêtes vives.

Le filtre, généralement formé d'un métal à poids atomique élevé, est placé le plus près possible devant la fenêtre du tube. Notons toutefois que l'usage du filtre réduit le contraste photographique et altère légèrement la finesse des détails.

L'ÉQUIPEMENT RADIOLOGIQUE INDUSTRIEL

Disposition d'ensemble

Actuellement, l'équipement de radiologie industrielle satisfait aux conditions de fonctionnement suivantes :

- 1°) L'opérateur est rigoureusement protégé contre les rayons X indésirables et les dangers de la haute tension ;
- 2°) L'appareillage est essentiellement maniable et homogène ; il est de conception rationnelle et de réalisation industrielle ;
- 3°) Son autonomie électrique et mécanique est développée au maximum en vue de faciliter le travail au chantier et en usine.

Les hautes tensions employées à l'alimentation des tubes à rayons X sont dangereuses et la sécurité totale est réalisée par immersion des organes soumis à de hautes tensions dans une cuve remplie d'une huile spéciale d'isolation. Le tube est enfermé dans une enveloppe métallique particulière appelée « gaine » qui assure toutes les protections. Celles des câbles d'alimentation sont obtenues par l'enveloppe d'isolation du câble dont l'extérieur métallique est mis à la terre. Dans le cas de petites et moyennes puissances, la tendance actuelle est de grouper en un seul bloc le tube et ses transformateurs d'alimentation. De la sorte, la suppression des câbles haute tension assure, non seulement une protection totale, mais une plus grande aisance de travail sur le chantier.

Équipement

En principe, un équipement de radiologie industrielle moderne est composé des principaux organes suivants :

- a) Le tube émetteur de rayons X dans sa gaine spéciale sous huile ;
- b) Le bloc générateur renfermant les transformateurs haute tension et d'alimentation cathodique ainsi que les éventuelles « soupapes » de redressement ;
- c) Le pupitre de commande, qui groupe tous les organes de commande et les appareils de contrôle ;
- d) Le statif orientable supportant les organes de liaison entre les éléments du tube précédent (câbles et tuyauterie).

La réfrigération du tube s'effectue le plus souvent par circulation d'eau ou d'huile. Pour les petites ou moyennes puissances, on utilise des ailettes combinées ou non à une ventilation forcée. C'est le cas des équipements monoblocs déjà signalés. Un appareillage approprié dans le pupitre de commande contrôle le bon fonctionnement de ces dispositifs.

LE TUBE ÉMETTEUR DE RAYONS X

Les tubes émetteurs de rayons X à usage industriel requièrent une technique de fabrication sévère en raison de leurs caractéristiques de fonctionnement. En effet, ils doivent supporter une charge élevée durant un temps indéterminé tout en possédant un foyer aussi fin que possible, conditions apparemment contradictoires.

Tension d'accélération

Afin de fixer les idées, il a été établi un classement arbitraire des tubes générateurs de rayons X selon leurs caractéristiques de fonctionnement :

a) Tubes dont la tension ne dépasse pas 100 kV avec une intensité inférieure à 5 mA. Ces tubes conviennent aux examens de métaux très perméables au rayonnement (alliages légers, par exemple) ;

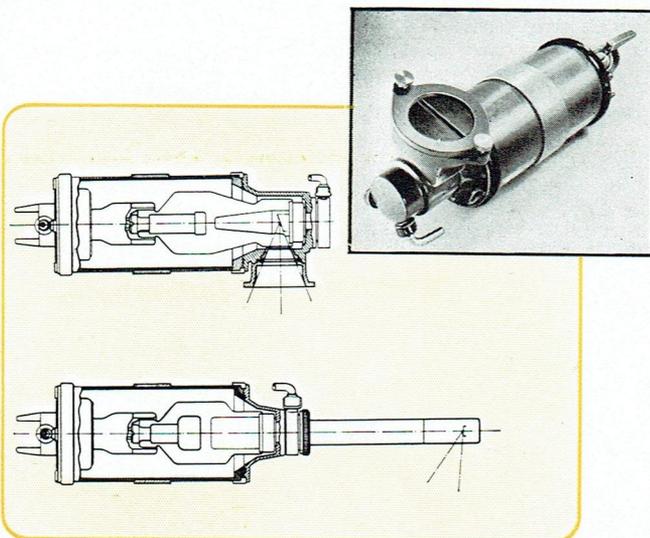
b) Tubes dont la tension maximum est de l'ordre de 150 kV pour une intensité atteignant 20 mA. Avec ceux-là, on a toute latitude pour procéder aux principaux travaux de radiométallurgie ;

c) Tubes auxquels on applique une tension supérieure ou égale à 300 kV avec une intensité de 15 mA environ. Ces tubes à haute pénétration sont réservés principalement aux métaux lourds ou aux grandes épaisseurs.

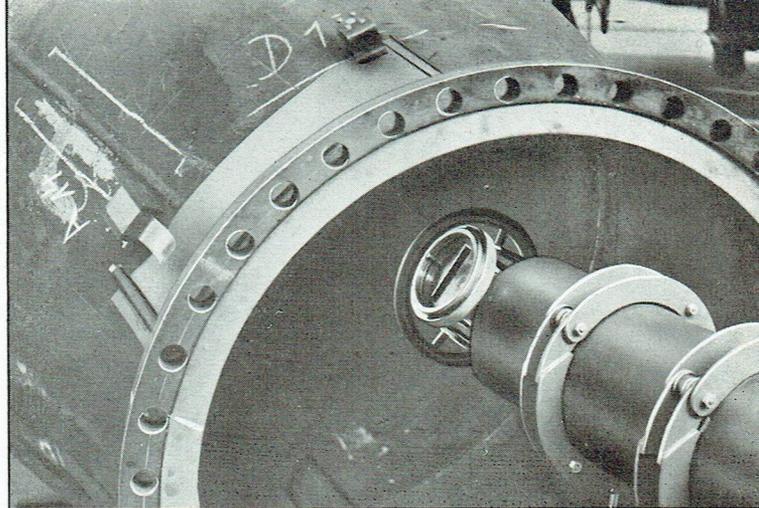
Forme de l'anode

On distingue, dans les tubes émetteurs de rayons X à usage industriel, deux types principaux d'anode :

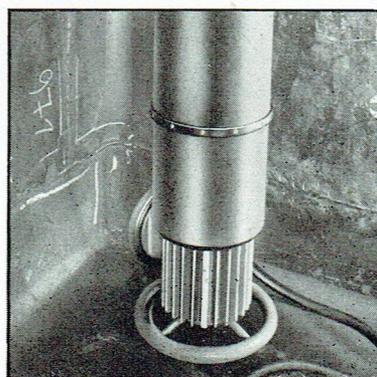
a) **Anode extérieure** ou anode courte : celle-ci est constituée par une des extrémités du tube et se trouve en quelque sorte reportée vers l'extérieur. Ce type d'anode peut être mis à la terre, ce qui facilite les opérations de refroidissement. Elle peut aussi envelopper la cathode et former avec elle une chambre de décharge métallique où le champ électrostatique est régulièrement maintenu ;



Coupe simplifiée d'un tube à anode courte et d'un tube à anode longue (ou tubulaire). Le premier, dont la photographie montre un échantillon dans sa gaine à protection totale, présente l'avantage d'un grand angle de champ. Le second est intéressant lorsque la source doit être introduite dans une cavité.



On voit ici une installation type de radiographie : source à l'intérieur de la pièce à contrôler et pellicule plaquée à l'extérieur, dans la « cassette » étanche à la lumière.



Utilisation d'un équipement monobloc en chaudronnerie industrielle : radiographie de soudures.

L'excentrement de l'anode dans l'équipement monobloc permet la radiographie dans les angles.

(Documents Philips-Industrie.)

b) **Tube à anode longue ou « tubulaire »**. Ce genre d'anode constitue une extension de l'anode extérieure. L'anode apparaît comme un appendice tubulaire et les électrons produits par la cathode incandescente doivent parcourir une certaine distance pour parvenir jusqu'à l'extrémité du tube anodique. Afin d'éviter la dispersion et conserver ainsi un point d'émission aussi réduit que possible, le faisceau électronique est concentré au moyen d'un dispositif inséré autour du tube anodique, ou mieux d'une lentille électrostatique incorporée.

L'émission du rayonnement a lieu à l'intérieur d'une zone sphérique dont l'axe est celui du tube et dont l'ouverture angulaire atteint 20 à 30°. Le filtrage préliminaire, aussi réduit que possible, correspond à une épaisseur de 0,2 à 0,3 mm de cuivre. L'usage d'un diaphragme de plomb permet de localiser le champ d'émission.

Ce tube est destiné principalement à l'examen de pièces comportant des cavités ou profils compliqués et difficilement accessibles directement.

Application de la tension accélératrice

Généralement, on adopte le principe de l'accélération simple, la différence de potentiel étant appliquée en totalité entre anode et cathode. Toutefois, les tubes émetteurs de rayons X spéciaux à très haute pénétration (1 MV) sont à accélérations multiples, c'est-à-dire constitués d'un assemblage d'unités indépendantes supportant chacune un potentiel déterminé. Ces tubes sont généralement alimentés par des générateurs en cascade.

ALIMENTATION DES TUBES A RAYONS X

Transformateurs

La production des rayons X exige des tensions très élevées que l'on obtient à l'aide d'un transformateur isolé par immersion dans l'huile. Ce dernier est alimenté par un auto-transformateur directement relié au réseau urbain et sur lequel peuvent agir les commandes de réglage ou de régulation de la tension. Le circuit de chauffage du filament comprend un transformateur basse tension alimenté également depuis l'auto-transformateur principal.

La haute tension provenant du secondaire du transformateur d'alimentation est généralement redressée pour être utilisée par le tube à rayons X.

Redressement "auto-sélecteur"

Une simplification notable est apportée dans la construction par l'utilisation du régime « auto-sélecteur » dans lequel le tube à rayons X lui-même fait fonction de redresseur. C'est le principe adopté dans les unités compactes monobloc où le gain de poids et d'encombrement prend plus d'importance que la qualité du rayonnement.

Montage Villard à tension pulsatoire

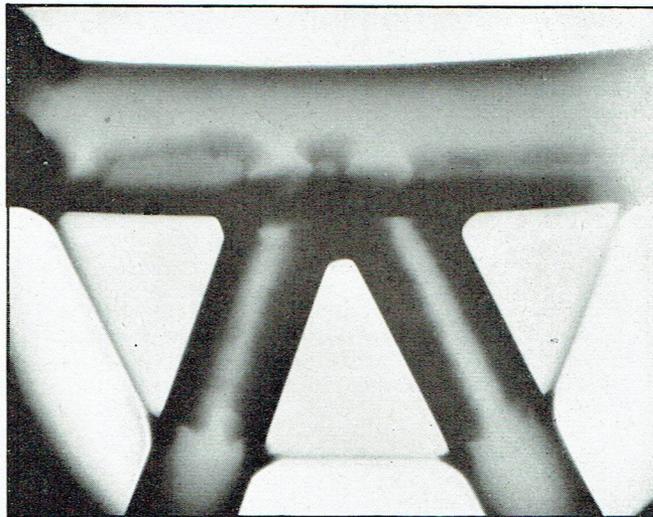
Ce montage utilise deux soupapes et deux condensateurs montés en série entre le transformateur et le tube émetteur. Il a été souvent utilisé dans les équipements industriels, car il permet d'obtenir, à vide, une tension maximum double de celle existant entre les bornes du transformateur.

Montage Greinacher à tension constante

Ce procédé est employé presque exclusivement sur la plupart des équipements modernes à générateur séparé. Il comprend schématiquement un condensateur qui est relié au secondaire du transformateur H.T. par l'intermédiaire d'une soupape. Celle-ci est parcourue par un courant qui, durant une alternance, charge le condensateur, lequel alimente à son tour le tube pendant l'autre alternance. Ce dispositif présente l'avantage d'appliquer au tube une tension à peu près constante, fonction de la capacité du condensateur, et son rendement élevé est particulièrement précieux pour les générateurs à très haute pénétration.



En radiologie, une valve est appelée une « soupape ». On voit ici comment est changée la soupape double du poste de radiométallographie à unité séparée de Philips-Industrie.



Exemple de radiographie : contrôle de soudures de tubes d'acier avec goussets.

LE CONTROLE RADIOMETALLOGRAPHIQUE

PRINCIPE DE DÉTECTION DES DÉFAUTS

Les rayons X suivent les mêmes lois de propagation que la lumière ; ils doivent donc être émis depuis une source aussi réduite que possible.

D'autre part, l'utilisation d'une distance maximum entre le foyer et l'objet favorise la netteté des images.

Afin d'éviter les déformations, le faisceau de rayons X doit, dans la mesure du possible, être perpendiculaire au plan du film, celui-ci étant placé directement au contact de la pièce à contrôler.

L'examen radiologique est destiné à préciser les irrégularités de structure interne présentées par une pièce en utilisant les propriétés pénétrantes des rayons X. L'étude de ces défauts s'effectue alors en interprétant les différences d'absorption relatives apparaissant entre le métal et les anomalies qu'il renferme.

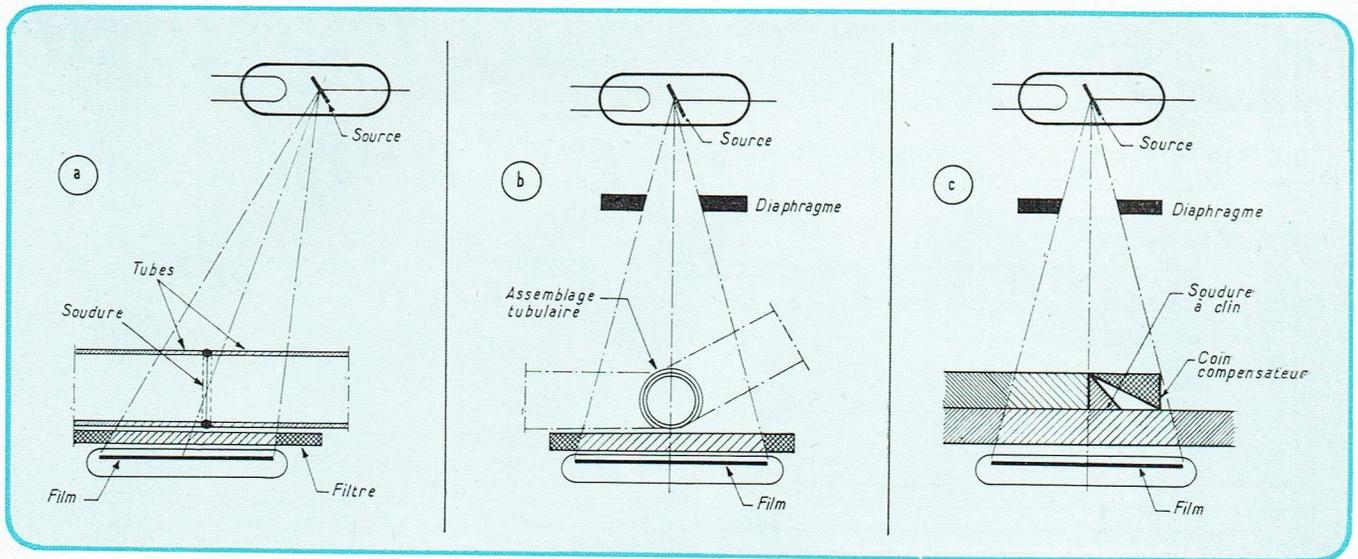
Un corps peut comporter une discontinuité interne, telle qu'une soufflure produite lors de la fonte ou un défaut survenu au cours d'un traitement ultérieur. Il apparaîtra aux rayons X comme présentant une diminution d'épaisseur de la couche à l'endroit du manque de matière. Après traversée de la pièce, l'intensité des rayons X sera plus grande à cet endroit. Il en résultera un noircissement local plus intense du film ; les défauts seront donc mis en évidence sur le cliché radiographique.

En outre, l'inclusion de corps étrangers de nature et de composition chimique différente de celle de la pièce même se traduira, sur le film, par un dégradé ou noircissement correspondant aux diversités d'absorptions des substances incluses. On peut donc détecter et localiser avec une grande précision les moindres défauts, tels qu'irrégularités de densité, fissures, etc...

CONDITIONS OPÉRATOIRES

Une radiographie peut se représenter schématiquement comme la projection sur un plan de l'objet étudié. La traduction définitive peut être conduite par quatre voies différentes :

Le procédé classique de la **radioscopie** s'emploie lors d'un réglage ou dans le contrôle rapide en série d'un grand nombre de pièces de petites dimensions. L'examen radioscopique à la chaîne est actuellement pratiqué dans de nombreuses industries et a pris un nouvel essor depuis la mise au point du tube intensificateur d'images radioscopiques. Ce nouveau dispositif électronique permet de multi-



Pour la radiographie de corps minces, on intercale un filtre arrêtant les radiations créatrices de halos.

Filtration postérieure pour radiographie de pièces présentant de grandes différences d'épaisseur.

Radiographie d'une soudure à clin avec adjonction d'un coin compensateur d'épaisseur.

plier la luminance de l'écran classique par un facteur supérieur à 1000, étendant ainsi considérablement le champ de l'observation directe. L'examen continu radioscopique de l'acier jusqu'à une épaisseur dépassant 30 mm est désormais possible avec une sensibilité supérieure à la radioscopie classique.

La **radiographie**, ou impression d'un film sensible par le rayonnement X, s'impose le plus souvent dans la plupart des examens de pièces volumineuses ou compliquées ou lorsque l'importance des défauts est essentielle. Elle fournit une meilleure précision, donne toute latitude pour la recherche des défauts et permet de conserver un document sur le travail exécuté.

Procédé intermédiaire entre la radioscopie et la radiographie, la **radiophotographie** consiste à enregistrer l'image formée sur l'écran fluorescent au moyen d'une caméra automatique employant un film perforé de grande longueur. Cette méthode, dérivée des techniques médicales, est plus économique, mais donne une moins bonne définition que la radiographie directe. Néanmoins, elle rend de grands services à l'industrie, car elle s'adapte parfaitement au contrôle en grande série de pièces moulées en métaux légers et pour les faibles épaisseurs.

Enfin, les méthodes de **détection photoélectrique** reposent sur le principe des mesures d'intensité du rayonnement transmis par un tube compteur de Geiger. Généralement, le rayonnement transmis est analysé par un dispositif différentiel comportant au moins deux tubes compteurs. Ceux-ci sont reliés directement à des appareils de mesure ou à des enregistreurs électroniques. La sensibilité poussée des ensembles de comptage assure aisément le contrôle de parois très épaisses sous une émission de rayon X presque normale. La pièce est animée d'un mouvement tel qu'un défaut éventuel puisse défiler successivement devant les deux tubes analyseurs.

A titre d'exemple, on contrôle ainsi la compacité de corps creux

tels que bouteilles à gaz comprimé, canalisations à haute pression, canons, projectiles, etc...

APPLICATIONS

Par l'adoption de matériaux de qualité supérieure, la technique actuelle cherche à reculer au maximum les limites de charge admissible. Cependant, les matériaux ne sont pas toujours exempts de défauts cachés et la sécurité oblige à procéder à des examens qui parfois peuvent détériorer les pièces.

Il existe diverses méthodes non destructives permettant d'éprouver les matériaux en apportant au constructeur et à l'ingénieur des renseignements précieux. Seul l'examen aux rayons X assure le contrôle de la matière d'une manière rigoureuse. Par lui, l'élément principal d'une machine peut être soumis à une introspection sévère, avant la mise en service, qui révélera infailliblement tous les défauts restés invisibles.

De même, la vérification des soudures de chaudronnerie en haute et moyenne pression, de charpentes, de ponts ou de constructions navales, d'assemblages tubulaires, de constructions aéronautiques, etc..., le contrôle de gros moulages d'acier ou d'éléments de machines, dont les défauts internes peuvent provoquer des accidents graves ou causer des préjudices importants, sont confiés aux techniques radiométriques. Celles-ci interviennent également pour l'étude et la mise au point de certaines fabrications nouvelles et dans la réception des matières premières en métaux ferreux, cuivreux et alliages légers (barres, tubes, tôles, etc.) ou tous matériaux d'usage courant : bétons, ciments, réfractaires, etc. Les documents recueillis sont extrêmement utiles pour la fonderie, l'usinage et le bureau d'études.

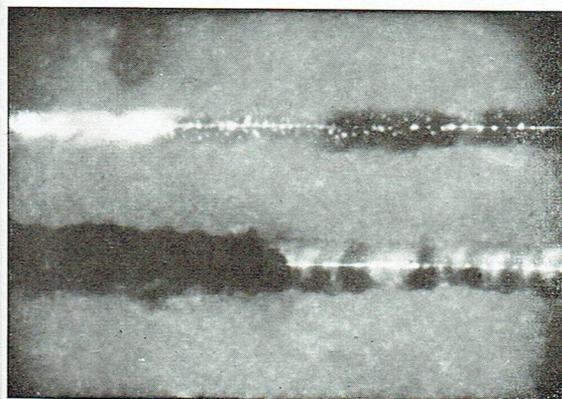
C'est principalement pour les aciers fins de construction, martelés, forgés et matricés, que le contrôle des fissures aux endroits critiques, bielles, arbres de manivelle, vilebrequins, tiges de guidage, essieux, axes divers, etc., présente une importance capitale. Citons encore la vérification définitive du montage et du centrage d'ensembles délicats, tels que tubes électroniques, fusées et détecteurs, etc.

Enfin, l'examen radiographique de la structure des pneumatiques et des tapis de transporteurs mécaniques a rendu de grands services dans les études entreprises pour le perfectionnement de ces importantes fabrications.

Complétés par de nombreux procédés spéciaux appelés **stéréoradiographie**, **microradiographie**, **radiographie par réflexion**, etc., la radiométrie s'impose indiscutablement dans la grande industrie moderne.

F. LAFAY,
Ingénieur à la S.A. Philips.

Exemple de mauvaises soudures dépistées par radiographie.



Le contrôle automatique des pièces détachées fabriquées en série

La qualité des pièces détachées destinées à l'électronique ou à l'électricité est soumise à de sérieuses exigences de la part des utilisateurs. Cela impose des contrôles sur toutes les pièces, plutôt qu'une vérification par prélèvements ou sondages, qui suppose toujours un pourcentage admis de défauts. Lorsque l'on veut que ce pourcentage soit faible, on est conduit à la vérification d'un grand nombre de pièces, ce qui revient presque au contrôle total de la production.

Ces contrôles demandent une main-d'œuvre spécialisée, et le prix de revient croît très rapidement. Le pourcentage du prix de revient dû au contrôle atteint ou même dépasse alors celui dû à la matière première et à la main-d'œuvre de production. Cela est d'autant plus réel que cette dernière est réduite au minimum par l'emploi intensif de chaînes de fabrication utilisant des machines automatiques.

De plus, l'efficacité de tels contrôles est fonction de l'application du contrôleur, donc soumis au facteur humain. Il est dès lors logique de concevoir le contrôle comme un poste normal de la fabrication et, comme tel, de le rendre automatique, sans l'intervention de manutention.

L'appareil décrit ici permet le contrôle éliminatoire d'éléments par la vérification de leur impédance : condensateurs à diélectrique mica, papier, céramique, résistances diverses, bobinages, isolateurs, etc... à une cadence élevée — une pièce à la seconde, par exemple — et avec une précision en rapport avec celle exigée pour les éléments fabriqués en série.

Il a été réalisé pour le contrôle de condensateurs au mica de valeurs comprises entre 20 et 5000 pF. Mais cette gamme peut être étendue à volonté, puisqu'il s'agit d'un montage utilisant un pont. Il suffit de mettre les autres impédances du pont en rapport avec les valeurs à mesurer.

Dans notre cas, la précision s'est avérée suffisante pour trier les pièces à plus ou moins 1 pour 100. Le même appareil permet instantanément d'élargir la tolérance à plus ou moins 5, 10, 20 % à volonté.

Le principe en est très simple (fig. 1) :

Un pont alimenté en alternatif a trois branches fixes : Z_1 , Z_2 , Z_3 avec $Z_2 = Z_3$; la quatrième branche Z_4 est l'élément à vérifier.

Pour $Z_4 = Z_1$, la tension de sortie est nulle. De part et d'autre de l'accord, la tension de déséquilibre croît en fonction de la variation de Z_4 (fig. 2). Cette tension est approximativement la même pour de faibles écarts en plus et en moins par rapport à la valeur de $Z_4 = Z_1$; la tension de déséquilibre est plus grande du côté moins de 0,2 % environ pour une tolérance de 10 %.

En plaçant à la sortie du pont un relais à seuil ajustable, on a ainsi un moyen de refuser les éléments hors tolérances qui produisent une tension de déséquilibre supérieure à la polarisation du relais.

Ce relais doit être très franc et stable. Pour cela, on utilise un thyatron polarisé négativement. De même, la tension d'alimentation

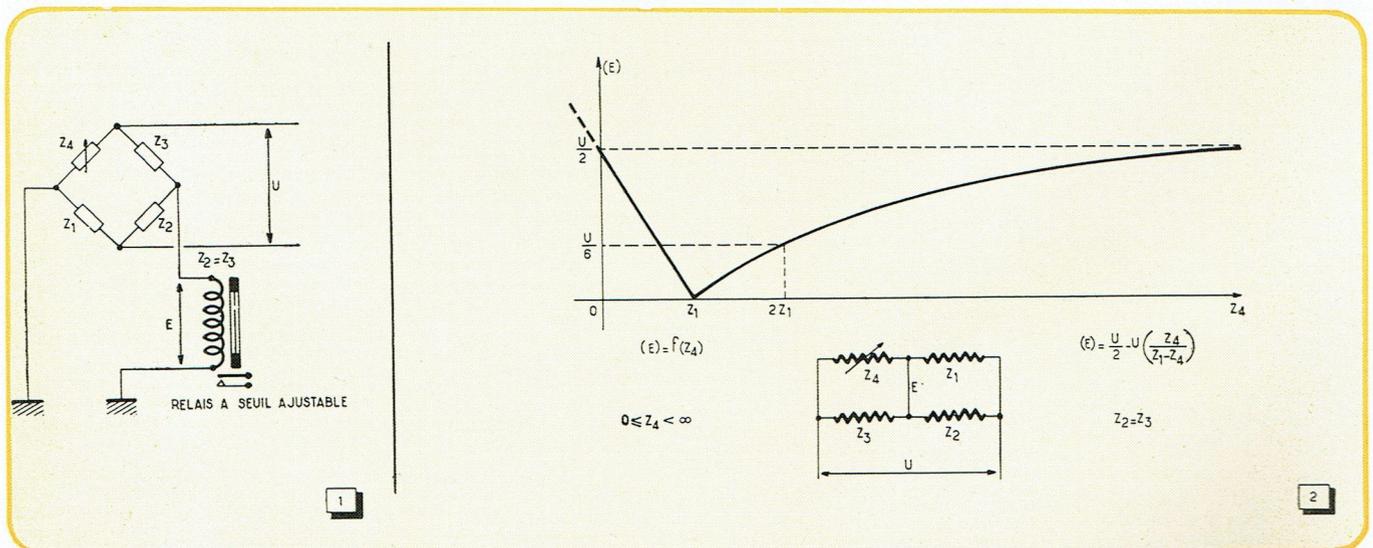


Fig. 1. — Principe de l'appareil de contrôle automatique.

Fig. 2. — Schéma théorique du pont et allure de la tension de déséquilibre en fonction du désaccord.

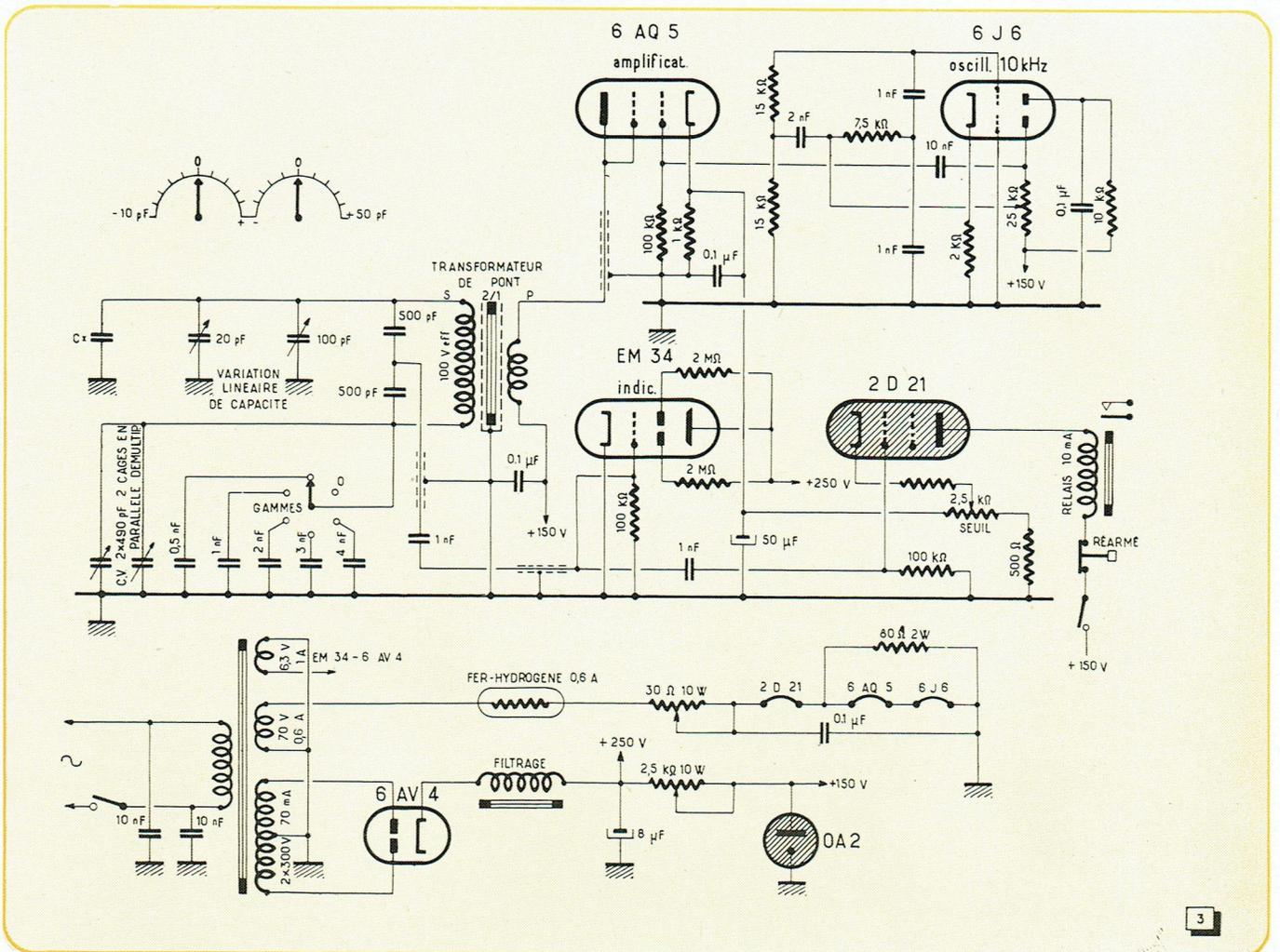


Fig. 3. — Schéma complet de l'appareil. Les détails de construction du transformateur de pont seront indiqués en figure 6.

mentation du pont doit être constante, la tension de déséquilibre lui étant proportionnelle.

Le principe est donc fort simple, les résultats ne dépendant que des moyens mis en œuvre pour obtenir la stabilité.

Réalisation

La figure 3 donne le schéma de l'appareil. Un oscillateur du type R.C. réglé de façon à fournir une tension sinusoïdale à 10 kHz (distorsion < 5 %), alimente un étage amplificateur. Ce dernier, constitué par une triode à faible résistance interne (6AQ5 triode), attaque le pont par un transformateur à écran.

Le pont comporte deux branches constituées par deux condensateurs de 500 pF. Les branches variables, sont, d'une part, le condensateur en essai Cx, et d'autre part, un clavier de capacités en parallèle avec un condensateur variable.

La tension de déséquilibre est appliquée à la grille d'un indicateur visuel servant au réglage, et à celle du thyatron. On fait varier la polarisation du thyatron pour fixer la tolérance. Le thyatron actionne un relais qui, à son tour, permet toute commande mécanique.

L'alimentation est soignée de façon à obtenir une stabilité satisfaisante de la tension du pont. La haute tension est obtenue par un redresseur à inductance en tête et tube à gaz de régulation. De plus, les filaments sont alimentés en série

avec un tube fer-hydrogène. Avec un secteur variable de plus ou moins 10 %, la stabilité est suffisante pour faire un contrôle à plus moins 1 %.

La tension d'alimentation du pont est assez importante, de l'ordre de la tension normale de service des condensateurs, soit 100 volts efficaces environ. De cette façon, on réduit les risques de tensions parasites induites sur Cx et le détecteur de zéro, qui provoqueraient le déclenchement du relais. On élimine aussi les pièces ne résistant pas à la tension de service (claquages, coupures, variations de valeur).

L'élément en essai est à la masse par un côté (par exemple, sa fixation à la chaîne d'entraînement). L'autre passe sur une électrode fixe reliée au pont. Cette électrode donne la durée de l'opération de contrôle. C'est pendant ce temps que le condensateur détermine l'application de la tension anodique au thyatron qui déclenchera ou ne déclenchera pas, suivant la tension appliquée à sa grille par le pont.

La durée du contrôle au pont sera plus grande que celle de mise sous tension du relais. Elles seront autant que possible centrées (fig. 4 et 5). De cette façon, on évite le risque de mettre le thyatron sous tension avant ou après que le pont soit en équilibre, ce qui pourrait rejeter un élément bon.

Un inconvénient réside dans le fait que si les contacts sont à frottement, ils peuvent être incertains et provoquer des tensions de déséquilibre dues aux crachements. On peut ainsi rejeter un élément même s'il est dans les tolérances.

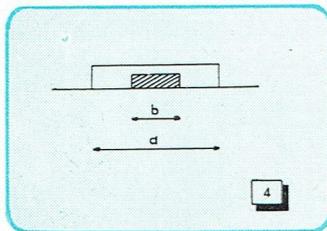


Fig. 4. — Le réglage doit être tel que la durée du contrôle au pont α soit plus grande que celle β de mise sous tension du thyatron.

Fig. 5. — Principe de la chaîne de contrôle des éléments fabriqués en série.

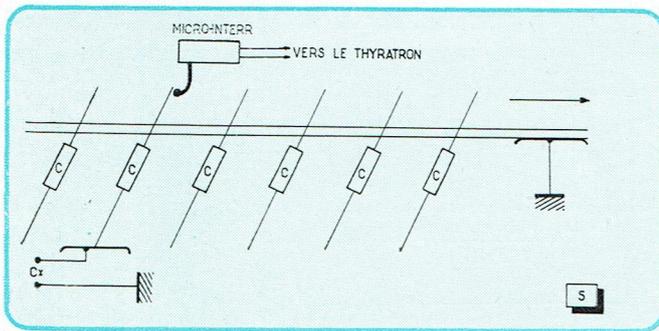


Fig. 6. — Réalisation du transformateur de pont : section brute du noyau 1,5 cm²; tôles 1,3 W/kg; primaire : 1500 tr 13/100 émail. Isoler. Interposer écran (feuille de clinquant en spire non fermée et mise à la masse). Isoler la cloison centrale. Bobiner les demi-secondaires : 1500 tr 10/100 chacun, en sens inverse. Relier les deux fils de fond; sortir les deux fils de surface. De la sorte, les capacités seront symétriques par rapport à la masse. Isoler chaque couche pour moins de capacité répartie.

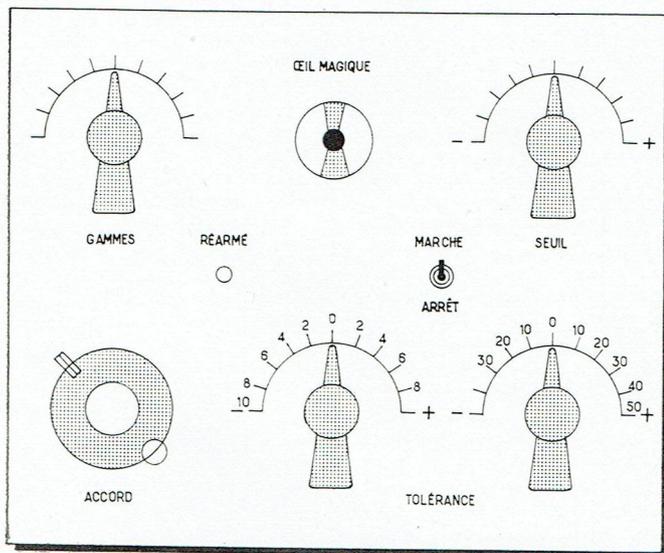
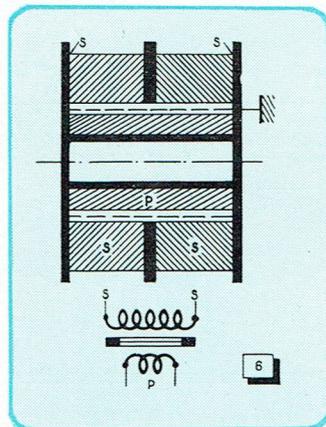


Fig. 7. — Aspect possible du panneau avant de l'appareil.

Cet incident n'influe pas sur la qualité du contrôle, puisqu'il fait refuser des éléments bons, et n'introduit pas d'erreur en laissant passer des éléments mauvais. Mais il augmente le déchet et ce, avec des éléments bons. Il suffit de repasser une deuxième ou troisième fois les déchets pour être sûr des rebuts, la probabilité de voir ce défaut se reproduire deux ou trois fois de suite étant très faible sur l'ensemble de la production.

Il est bon, pour limiter cet inconvénient, de nettoyer les parties faisant contact par une méthode en rapport avec la nature des souillures, oxydes ou isolants empêchant le contact : grille chauffante, bain de solvant approprié, brosse métallique, etc...

Méthode de réglage

On place en Cx un étalon de la valeur à contrôler. Les condensateurs variables de 20 et 100 pF, placés sur la même branche du pont, sont à variation linéaire de capacité.

On oriente le commutateur de gammes sur une valeur en rapport avec la valeur à contrôler et on cherche l'accord avec le condensateur variable démultiplié, signalé par l'ouverture maximum du secteur lumineux de l'indicateur d'accord.

Le pont est équilibré. Il reste à fixer les tolérances. Pour cela, on tourne le condensateur variable « tolérance » de la quantité correspondant à la valeur voulue, soit en plus ou moins. (On choisit le C.V. tolérance qui correspond au ΔC , par exemple, pour plus ou moins 5 pF, on prend le C.V. de 20 pF; pour plus ou moins 30 pF, celui de 100 pF.)

On diminue la polarisation du thyatron par le potentiomètre « seuil » jusqu'à ce qu'il soit juste au déclenchement. Comme un thyatron ne se désamorce pas en supprimant la tension grille, mais seulement par suppression de la tension anodique, après chaque amorçage, pendant le réglage, on coupe son circuit par un bouton poussoir. Cette manœuvre est faite, dans le fonctionnement normal, par le condensateur lui-même, qui ne met le thyatron sous tension que pendant son passage, au moyen d'un contact sensible (micro-interrupteur par exemple).

On vérifie ensuite que le déclenchement se produit pour une tolérance égale pour des écarts égaux en plus et en moins. Si ce n'est pas le cas, procéder à un nouveau réglage de l'équilibre du pont en tenant compte de cette différence.

Si l'on veut contrôler à des tolérances plus et moins différentes, par exemple moins 0 et plus 10 %, on place le C.V. tolérance sur une valeur correspondant à plus 5 % et on équilibre le pont. On est ainsi centré à Cx + 5 %. On procède au réglage de la tolérance en déplaçant le C.V. tolérance de plus 5 ou moins 5 % et en agissant sur la polarisation du thyatron. On ramène ensuite ce C.V. tolérance à zéro. On contrôle donc à (Cx + 5 %) \pm 5 % ce qui est équivalent à contrôler à Cx moins 0 plus 10 %.

Lorsque l'appareil est réglé, retirer le C.V. étalon et toujours remettre au zéro les C.V. tolérances (milieu de leur capacité).

Si l'on a pris soin de régler l'appareil une heure après la mise sous tension, la stabilité est suffisante pour assurer un service de huit heures de travail sans aucune retouche.

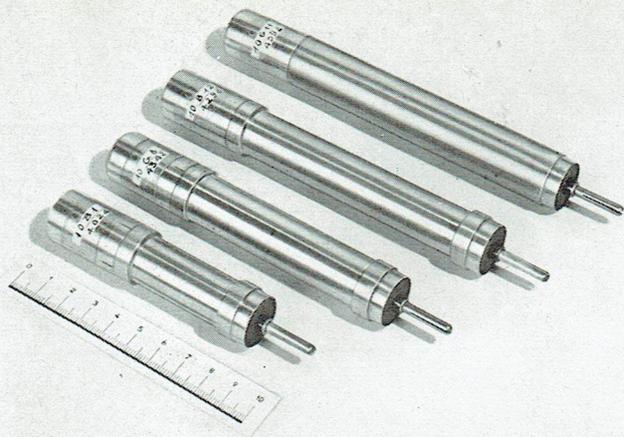
Comme on le voit, le réglage est simple et rapide. La commande mécanique de rejet des condensateurs ainsi que la nature des contacts est, bien entendu, à étudier pour chaque cas particulier en fonction même des éléments à contrôler. On pourra utiliser des crochets, pinces ou tirettes commandés par des électro-aimants.

Conclusion

La simplicité d'un tel appareil le rend utilisable dans de nombreuses applications, les moyens mis en œuvre étant assez réduits.

Nous espérons que son principe inspirera de nombreuses réalisations pour une réduction des prix de revient de la pièce détachée et une amélioration de sa qualité, conditions impératives pour la survie de l'industrie française.

A. JAMET



Les TUBES COMPTEURS Geiger-Müller

Les premiers tubes compteurs

C'est vers 1908 que RUTHERFORD et GEIGER parvinrent à obtenir une mesure quantitative de particules α . Le premier tube qu'ils réalisèrent était formé de deux électrodes : l'une constituée par un cylindre métallique, formant la cathode, l'autre par un fil fin tendu selon l'axe du cylindre et agissant comme anode. Le tube en verre était rempli d'anhydride carbonique, voire d'air, sous une pression de quelques centimètres de mercure. Une tension de 1 200 V était appliquée entre les deux électrodes.

Les particules α qu'il s'agissait de détecter pénétraient dans le tube par une fenêtre en mica très mince. Chacune d'elles ionisait par choc un certain nombre de molécules de gaz. Les électrons et ions libérés étaient attirés par l'anode, et il en résultait, aux bornes d'une résistance intercalée en série dans le circuit du tube, une impulsion de tension mesurée par un électromètre. Le tube n'était pas le siège d'une décharge continue, et une nouvelle particule produisait une nouvelle impulsion.

En 1913, GEIGER constitua la cathode par une fine pointe placée en face d'une anode plane, tandis que le tube était rempli d'air à la pression atmosphérique. La quantité d'électrons et d'ions s'accrut considérablement, provoquant une décharge qui s'éteignait rapidement. Il fut alors possible de détecter également les radiations β et γ , sans toutefois pouvoir obtenir une discrimination entre ces trois

rayonnements très différents. Car la valeur de l'impulsion de tension aux bornes de la résistance dépendait uniquement de la décharge continue et non de la nature de la particule.

Finalement, en 1928, GEIGER et MÜLLER revinrent à la forme cylindrique primitive, avec remplissage d'air à la pression de 5 cm de mercure. C'est encore sous cette forme qu'il se présente, en général, de nos jours, avec la différence que le gaz de remplissage est intervenu pour lui conférer des qualités très supérieures à celles qu'il possédait initialement.

Caractéristiques d'un tube compteur

Considérons un tube à électrodes coaxiales rempli d'un gaz approprié et soumettons-le à une irradiation d'intensité constante, de valeur moyenne. Toute particule entrante forme, par ionisation des molécules du gaz, une certaine quantité de paires électrons-ions. La charge totale est fonction de la longueur du trajet de la particule dans le tube, ainsi que de l'angle d'incidence de celle-ci.

Appliquons, avec interposition d'une résistance en série, une tension continue entre anode et cathode, tension inférieure à celle provoquant l'ionisation du gaz : seuls les électrons et ions précités s'accumulent aux électrodes, en faisant abstraction de ceux qui se recombinent et qui, en fait, constituent une perte. Lorsqu'ils atteignent les électrodes, ils déclenchent une impulsion de tension que l'on peut détec-

ter avec un appareil de mesure approprié (électromètre, amplificateur, écouteur téléphonique). Pour une forme du tube et une tension données, l'amplitude de cette impulsion est fonction de la nature de la particule, donc de sa vitesse.

Si l'on augmente la tension, les pertes dues à la recombinaison diminuent, d'où par conséquent augmentation de l'amplitude de l'impulsion. Puis elles deviennent négligeables, et l'on atteint une tension pour laquelle la valeur de l'impulsion demeure constante. La plage de la caractéristique du tube correspondant à ces conditions est représentée, sur la figure 1, par le segment O A B. Pour des tensions basses, le tube fonctionne en chambre d'ionisation.

En continuant d'augmenter la tension appliquée aux électrodes, l'ionisation des molécules du gaz croît par suite de l'accélération des électrons ; il en résulte une plus grande amplitude de l'impulsion. Dans cette zone B C, l'impulsion est proportionnelle au nombre d'ions et d'électrons formés par la particule excitatrice ; deux radiations de nature différente sont donc aisément décelées. Le courant débité par le tube est, ainsi que dans la région O A B, suffisamment faible pour que la tension varie peu pendant le fonctionnement.

Si l'on poursuit l'accroissement de la tension, on atteint une région C D où l'amplitude de l'impulsion continue d'augmenter ; toutefois, cette augmentation est moindre pour une particule très ionisante, telle qu'une particule α , que pour une β .

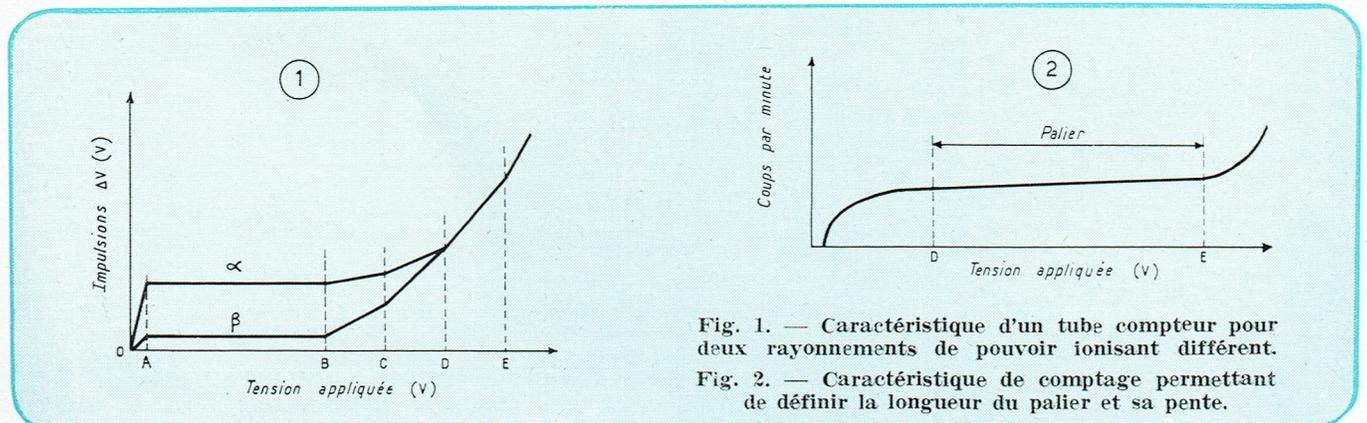


Fig. 1. — Caractéristique d'un tube compteur pour deux rayonnements de pouvoir ionisant différent.

Fig. 2. — Caractéristique de comptage permettant de définir la longueur du palier et sa pente.

Ce régime de fonctionnement est appelé semi-proportionnel. Finalement, les courbes correspondant à deux particules de nature différente se rejoignent. Et l'on atteint la zone DE dite de Geiger-Müller.

Dans cette région, l'apparition d'une particule se traduit par une décharge continue dans le tube. Le point D fixe la tension d'amorçage. L'amplitude du courant de décharge n'est pas fonction de la quantité d'ions et d'électrons formés primitivement, donc de la nature de la particule, mais de la tension appliquée entre électrodes. Elle dépend également de la valeur de la résistance en série dans le circuit car le courant y circulant n'a plus une valeur négligeable. Toutefois, pour qu'une nouvelle particule donne lieu à une nouvelle impulsion, il convient que la décharge continue soit coupée. Cette coupure peut être obtenue, soit par un dispositif électronique, soit grâce au remplissage du tube par un mélange de gaz approprié.

Enfin, tout dépassement de la tension correspondant au point D provoque l'ionisation continue du gaz.

Propriétés du tube de Geiger-Müller

Nous venons de voir que l'utilisation en compteur de radiations du tube de Geiger-Müller correspondait au fonctionnement dans la zone DE. Nous allons examiner maintenant ses possibilités et, éventuellement, ses limitations.

En premier lieu, le rendement de ce tube dépend relativement peu de la tension appliquée entre les électrodes. Si l'on trace la courbe représentant le nombre d'impulsions par unité de temps en fonction de la tension, pour une irradiation d'intensité constante et de valeur moyenne, on obtient un graphique tel que celui de la figure 2 qui est la caractéristique de comptage. Elle présente une plage DE pour laquelle le nombre d'impulsions varie peu avec la tension d'alimentation et varie linéairement. Cette zone est appelée palier ou plateau du tube compteur, et la tension de fonctionnement est choisie entre les valeurs de tension correspondant à D et E.

L'inclinaison ou pente de ce palier est exprimée par l'accroissement en pour cent du nombre d'impulsions par unité de temps pour un accroissement de 100 V de la tension appliquée. En général, la pente d'un bon tube compteur est inférieure à 10 % par 100 V. La longueur du palier doit être au minimum de 100 V. Elle dépend de la forme et de la disposition des électrodes.

Dans le tube à électrodes coaxiales et à remplissage gazeux, la zone où le champ est le plus intense est celle située au voisinage immédiat de l'anode, constituée, nous l'avons vu, par le fil central. Les électrons créés par une particule entrante n'ionisent le gaz qu'à proximité de l'anode. Tous les électrons, à peu près, traversent la zone favorable et tous ont la même probabilité de constituer de nouvelles paires électrons-ions, donc de provoquer la décharge. Cette possibilité ne

TABLEAU des TUBES COMPTEURS GEIGER-MULLER

TYPE	11 B 13 L.C.T.	18 500 DARIO	18 503 DARIO	18 504 DARIO	18 505 DARIO	18 506 DARIO	G 4 H C.S.F.	HC 4 C.S.F.	G 10 H C.S.F.	S 1 PROGRELEC	S 2 PROGRELEC	S 3 PROGRELEC
Enveloppe	Verre	Métal	Métal	Métal	Métal	Métal	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre	Verre
Seuil (V)	1000	900	300	300	325	350	370	370	370	600	600	400
Palier (V)	300	150	250	250	250	300	100	100	100	150	150	100
Pente (% par 100 V)	7	2	1	1	1	1	≤ 15	≤ 12	5 à 15	5 à 10	5 à 10	10 à 15
Mouvement propre (coups/mn)		20	20	20	25	40	10	10	10	14	8	4
Taux limite de comptage (coups/mn)			3.10 ⁴				2.10 ⁴		2.10 ⁴	2.10 ⁴	2.10 ⁴	2.10 ⁴
Temps mort (µs)		100 **	100	100	125	225				250	250	250
Vie (nombre de coups)		10 ¹⁰	5.10 ¹⁰	5.10 ¹⁰	5.10 ¹⁰	5.10 ¹⁰						
Remplissage	He + Ar + Alcool	Ar + H	Ne + Ar + halogène	Gaz + halogène	Gaz + halogène	Gaz + halogène	Gaz + halogène	Gaz + halogène	Gaz + halogène			
Diamètre extérieur (mm)	25 × 15 *	17	15	15	25,5	33,5	13	10	26	12	12	6
Diamètre intérieur (mm)		14,4	14,4	14,4	19,8	27,8						
Longueur totale (mm)		135	49	49	55	55	85	75	195			
Longueur utile (mm)	50	40	40	40	36	36				50	25	25
Épaisseur paroi (mm)												
Épaisseur paroi (mg/cm ²)	40	250	250	2,5	1,5	3						
Connexions	Fils	Borne	Fils	Fils	Fils	Fils	Fils	Fils	Culot spécial	Fils ou culot lampe	Fils ou culot lampe	Culot octal
Utilisation (radiations)	β	X, γ, neutrons, cosmiques	γ, neutrons	α, β, γ, neutrons	α, β, γ	α, β, γ	γ	γ fort int.	γ	γ	γ	γ

* Tube-épreuve spécial pour l'examen des liquides radioactifs. ** Tube non auto-coupeur. *** Valeur pour tube blindé. Les types 18 504 à 18 506 sont à fenêtre mica.

TYPE	10 B 1 L.C.T.	10 B 12 L.C.T.	10 G 8 L.C.T.	10 G 11 L.C.T.	3 G 12 L.C.T.	3 B 15 L.C.T.	3 G 3 L.C.T.	3 G 5 L.C.T.	13 A 6 L.C.T.	13 A 7 L.C.T.	13 B 16 L.C.T.	9 G 1 L.C.T.
Enveloppe	Duralumin	Duralumin	Duralumin	Duralumin	Verre	Verre	Verre	Métal, embouts verre	Métal, fenêtre mica	Métal, fenêtre mica	Métal, fenêtre mica	Verre
Seuil (V)	1100	1100	1100	1100	350	350	425	420	1350	1350	1350	900
Palier (V)	250	300	300	300	> 130	> 130	> 200	> 100	> 300	> 300	300	> 300
Pente (% par 100 V)	7	7	7	7	≤ 7	≤ 7	≤ 7	≤ 10	≤ 5	≤ 5	5	≤ 7
Mouvement propre (coups/mn)	9 *	20 *	20 *	20 *	50 *	50 *	120 *	15 *	14	14	14	100
Taux limite de comptage (coups/mn)	3.10 ⁴	3.10 ⁴	3.10 ⁴	3.10 ⁴								5.10 ³
Temps mort (µs)	90	90	90	90					180	180	180	
Vie (nombre de coups)	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	> 10 ¹⁰	> 10 ¹⁰	> 10 ¹⁰	> 10 ¹⁰	> 10 ⁸	> 10 ⁸	10 ⁸	> 10 ⁸
Remplissage	Ar + vap. organ.	He + Ar + vap. organ.	He + Ar + vap. organ.	He + Ar + vap. organ.	Ne + Ar + halogène	Ne + Ar + halogène	Ne + Ar + vap. organ.	Ne + Ar + halogène	He + Ar + vap. organ.	He + Ar + vap. organ.	He + Ar + vap. organ.	Ar + vap. organ.
Diamètre extérieur (mm)	20	20	20	20	20	20	20	10	40	40	40	20
Diamètre intérieur (mm)									28	28	28	
Longueur totale (mm)	110	162	144	169	165	165	255	90	122	122	122	270
Longueur utile (mm)	28,8	82,8	62,8	89,8	100	100	185	38	31	31	31	200
Épaisseur paroi (mm)	0,1	0,1	0,55	1,5	1	0,1	1	0,5			0,5	0,5
Épaisseur paroi (mg/cm ²)	27	27	140	410					> 2	< 2	10	
Connexions	Broche	Broche	Broche	Broche	Fils	Fils	Fils	Fils	Culot améric. 4 broches	Culot améric. 4 broches	Culot améric. 4 broches	Fil
Utilisation (radiations)	β moy. énerg.	β durs	γ 0,5 Mev	γ 1 Mev.	γ	β	γ	γ	γ β faible énergie — α	γ β faible énergie — α	β	γ

* Mesurés sous 6 cm de Pb.

dépend pas de la tension, sauf au coude précédant le début du palier. Toutefois, pour certains gaz de remplissage, on constate une diminution de la sensibilité du tube car une partie des électrons créés

loin de l'anode est absorbée. Néanmoins, la pente du palier demeure faible.

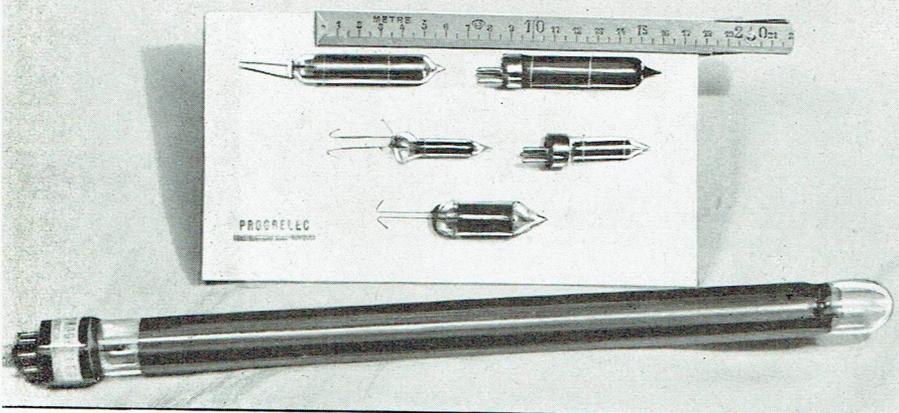
La pente du tube compteur Geiger-Müller est due à différentes causes. Elle est affectée notamment par les décharges

secondaires. Lors de la décharge déclenchée par une particule, il peut demeurer des charges résiduelles ou des molécules à l'état métastable qui, à un moment, provoquent une décharge parasite. L'aug-

mentation de la tension accroît la possibilité de telles décharges. De plus, elle étend, aux extrémités libres du tube, la zone dans laquelle un électron risque de déclencher une décharge. Le nombre

d'impulsions augmente donc et par conséquent la pente.

Le rendement d'un tube Geiger-Müller ne dépend pratiquement pas de l'intensité des rayonnements lorsque ceux-ci se



Quelques tubes compteurs miniatures à halogène de Progrelec pour équipements portatifs. A l'avant, un modèle normal.

situent dans les valeurs moyennes. Mais il varie considérablement suivant la nature des particules et, bien entendu, la disposition des électrodes. Les compteurs pour rayons durs sont fréquemment formés par une paroi extérieure en plomb, dans laquelle la radiation libère une grande quantité d'électrons, lesquels ionisent les molécules de gaz. Pour des radiations molles, telles que rayons X mous, rayons β de faible énergie, les tubes sont pourvus d'une fenêtre de mica très mince (dont l'épaisseur est exprimée en milligrammes par centimètre carré) afin que les particules ionisent plus facilement les molécules de gaz.

Si pour des irradiations d'intensité moyenne le rendement d'un tube est, en pratique, constant, pour de très faibles intensités, le nombre d'impulsions (exprimé en coups/mm) ne leur est plus proportionnel. On constate un nombre de coups supérieur à celui qui serait obtenu en admettant une impulsion par particule incidente. Il s'agit du mouvement propre, c'est-à-dire du nombre de coups obtenu sans irradiation par une source quelconque. Il est évident que ce mouvement propre, appelé également effet zéro, prend une grande importance quand il s'agit de la mesure de faibles radiations. L'erreur introduite peut être évitée en augmentant la durée du comptage.

Le mouvement propre, exprimé en coups/mn, est dû en majeure partie aux rayons cosmiques. On le réduit, certes, en diminuant le volume du tube, mais au détriment du nombre de particules captées. Le blindage par une enveloppe de plomb l'atténue si la source de la radiation étudiée peut être logée dans son intérieur.

Pour les forts rayonnements, le rendement du tube compteur Geiger-Müller diminue en raison de son temps mort ou durée d'inaction. Nous verrons par la suite qu'il a été réduit à moins de 100 μ s.

Evolution du tube compteur

La nature et la pression du gaz de remplissage d'un tube compteur doivent être choisis de sorte que la décharge continue provoquée par une particule s'éteigne rapidement. Les premiers modèles, à remplissage d'hydrogène et d'argon, exigeaient une résistance série de valeur

élevée afin que le courant soit très faible. La quantité de particules provoquant la décharge était assez réduite pour que ses fluctuations statistiques fussent pour interrompre totalement la décharge. Mais la résistance nécessaire était de l'ordre de 10 000 M Ω ; il en résultait qu'après la décharge, la tension appliquée au tube reprenait lentement sa valeur primitive, d'où un temps d'inactivité très long. Des circuits électroniques, tels que le montage NEHER-HARPER, permirent de ramener la valeur de la résistance série à 1 M Ω . A ce type de tubes appelé à tort non auto-coupeur appartiennent les modèles 18500 et 18501 Miniwatt-Dario, dont le temps mort est inférieur à 100 μ s et la durée de vie illimitée.

Un autre type de tubes, dit auto-coupeur ou compteur rapide, doit ses propriétés à la nature de son remplissage. Les recherches poursuivies à cet effet démontrèrent que l'addition à un gaz rare (argon) de vapeurs ou gaz organiques permettait la coupure de la décharge continue avec une faible résistance série. On utilisa la vapeur d'alcool éthylique, l'acétate d'amyle, le méthane, le bromure de méthylène, le plomb-tétraméthyle. La tension de fonctionnement de tubes de ce genre, dont la fabrication continue de nos jours, est de l'ordre de 1000 V, comme pour le précédent modèle, et leur durée d'inaction ou temps mort est identique. Les inconvénients de ce type de tubes compteurs sont sa durée de vie de 10^8 à 10^9 impulsions et sa sensibilité aux variations de la température. Néanmoins, il est possible, avec des montages appropriés, d'augmenter sa longévité.

En 1937, GEIGER et HAXEL préconisèrent d'ajouter aux gaz rares habituellement employés pour le remplissage (néon et argon) une faible quantité d'un halogène tel que le chlore ou le brome. De patients travaux donnèrent le jour à des tubes compteurs auto-coupeurs susceptibles de fonctionner avec de basses tensions et dont la durée de vie était illimitée. Dans les modèles à gaz ou vapeurs organiques, la dissociation des molécules de ces corps, sous l'influence du choc des électrons ou par suite de l'absorption de la radiation, laissait subsister des résidus moléculaires influençant la coupure de la décharge et le palier. Les molécules d'halogène, lorsqu'elles sont dissociées, ne modifient pas dans le temps la quantité de gaz de coupure existante, car les résidus de leur dissociation se recombinent en molécules. La durée de vie d'un tube à halogène est donc pratiquement illimitée et la constance de ses caractéristiques est excellente.

La tension d'alimentation des tubes auto-coupeurs était en général de l'ordre de 1000 V. On a songé à l'abaisser à celle qui est utilisée avec les tubes de réception, en étudiant la tension disruptive du gaz de remplissage. Alors que celle du néon pur est d'environ 450 V, une addition de 0,1 % d'argon à ce gaz a permis de l'abaisser à 165 V. Toutefois ce remplissage agissait sur le temps mort ou durée d'inaction. Il a donc été étudié l'addition d'un halogène qui, en augmentant toutefois la tension d'amorçage, permet d'obtenir une extinction correcte.

Les tubes compteurs modernes

Dans la catégorie gaz rares se classent les modèles 18500, 18501 et 18502 de *Miniwatt-Dario*. Ils sont non auto-coupeurs et doivent, par conséquent, être associés à un circuit électronique chargé d'étouffer la décharge. La tension de fonctionnement des deux premiers est de 1100 V; le palier est caractérisé par une longueur supérieure à 150 V et une pente inférieure à 2 %.

Dans la catégorie à gaz rares et vapeur organique, *L.C.T.*, fabricant sous licence du Commissariat à l'Energie

Deux tubes compteurs fabriqués par L.C.T. Le modèle en verre est de la catégorie « Halogène », celui en métal (dont on aperçoit la fenêtre de mica en bout) est du type « Cloche » à remplissage de gaz additionné de vapeur organique.



Atomique (C.E.A.) réalise dans la série « Collège de France » deux modèles : 10 B1 et 10 B12. Exécutés avec enveloppe de duralumin, leur seuil est de 1 100 V, leur palier est de 300 V et sa pente est inférieure à 7 %. Ils sont réservés à la mesure des particules β . Dans la série « Cloche » à coque métallique et fenêtre terminale en aluminium mince ou mica aquadagué se situent les types 13 A 6, 13 A 7 et 13 B 16. Les deux premiers sont très utilisés pour le comptage des particules α et celui des radiations β de faible énergie ; le troisième convient surtout pour les rayons β . Leur seuil s'établit à 1 350 V, leur palier dépasse 300 V et sa pente est inférieure à 5 %.

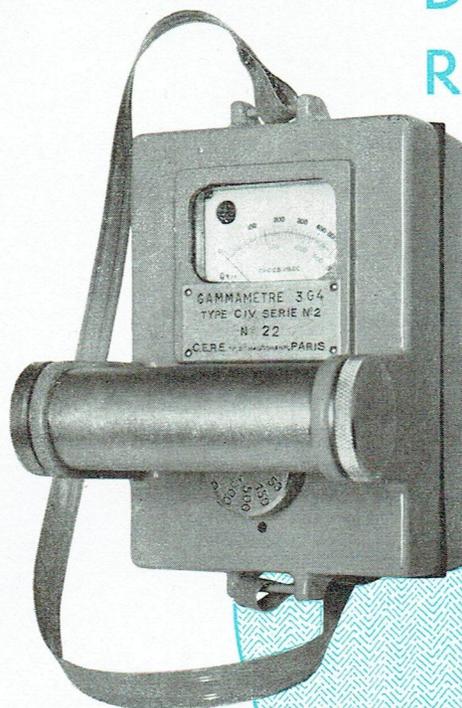
Enfin, la catégorie gaz rares et halogène comporte une variété de modèles auto-coupeurs dont la majorité a été conçue pour la prospection des minerais radioactifs. Les types 18503 et 18506 de *Miniwatt-Dario* sont à tension de fonctionnement moyenne. Leur seuil est de 300 à 350 V, leur longueur de palier de 250 à 300 V et sa pente de 1 %. Le premier convient aux rayons γ et aux neutrons, les trois autres aux rayons α , β et γ . Ils sont tous de dimensions réduites et pourvus d'une fenêtre mica en bout. La C.S.F. (Centre de Recherches Techniques) fabrique ses modèles G 4 H, G 10 H et H C 4, tous à faible tension de fonctionnement. Leur palier est supérieur à 100 V et sa pente inférieure à 15 %. Leur très faible encombrement les destine tout particulièrement aux équipements portatifs de prospection. *Progrelec* livre ses types S 1, S 2 et S 3 dans des dimensions extrêmement réduites ; ils sont à basse tension de fonctionnement. L.T.C. dispose des trois modèles 3 G 12, 3 G 15 et 3 G 5 dont le dernier est de très faible volume et de mouvement propre réduit. Leur seuil oscille entre 350 et 400 V, leur palier est supérieur à 100 V et sa pente est inférieure à 7 à 10 %. Leur coefficient de température, entre - 70 et + 100°C, n'est que de 0,1.

Conclusion

La science de l'atome progresse chaque jour, et les applications des radiations deviennent de plus en plus nombreuses, tant dans le domaine biologique que dans celui, très vaste, des applications industrielles. Dans les numéros 2, 4 et 5 de cette revue, trois brillants techniciens du Commissariat à l'Energie Atomique ont exposé à ses lecteurs la fabrication des radioéléments artificiels, leur mesure et fait un tour d'horizon de leurs applications. Nombre de ces dernières utilisent le tube Geiger-Müller et, si le compteur à scintillations semble le surclasser dans la mesure de très faibles radiations, il demeure, par la simplicité des circuits qu'il nécessite et par son prix peu élevé, le meilleur détecteur des rayonnements créés par la désintégration de la matière.

J. BOURCIEZ.

ÉTUDE ET CONCEPTION D'UN DÉTECTEUR DE RADIO-ACTIVITÉ



Le
**GAMMA-
MÈTRE**
portatif
3 G 4

par H. GILLOUX

Les problèmes posés par la prospection et la recherche de l'uranium et des minéraux radioactifs, en France et dans les pays d'outre-mer ont été plus ou moins bien résolus par divers modèles d'appareils de détection, dont certains peuvent être d'une très grande simplicité. En fait les conditions posées sont principalement d'ordre mécanique et électrique (ou plutôt électronique) la question proprement dite de la détection étant probablement la plus simple à résoudre.

Lors de l'établissement d'un appareil de ce type, on pouvait évidemment utiliser diverses solutions concernant l'organe sensible au rayonnement gamma. Pratiquement celles-ci se ramenaient à deux : le scintillateur ou le tube de Geiger-Müller.

Le scintillateur présente pour avantage principal son excellent rendement intrinsèque : en revanche, il a contre lui son prix extrêmement élevé et une certaine

instabilité, outre certaines difficultés d'alimentation.

Le tube de Geiger-Müller par contre est bon marché, et son alimentation ne présente pas de problèmes délicats particulièrement dans le cas des tubes à halogène et à basse tension. Il a contre lui son mauvais rendement sur le rayonnement gamma, mais il est facile de grouper plusieurs tubes en parallèle, ce qui est avantageux par la multiplication de comptage ainsi obtenue et par la grande surface utile réalisée. On peut ainsi citer le gammamètre AVP 40 du C.E.A. qui, avec ses 9 tubes de grandes dimensions est, certes, plus sensible et beaucoup plus stable qu'un scintillomètre de prix bien supérieur.

Le gammamètre 3 G 4 a été conçu pour un travail intensif dans la mine et sur le terrain. Il est très léger pour un appareil de ce type : 2300 g ; petit et transporta-

ble (180×120×80 mm), facile à manier grâce à une grosse poignée servant de compartiment à piles. Son autonomie est de l'ordre de 8 heures, en régime permanent sur deux piles « torches » du modèle classique du commerce dont l'approvisionnement ou le stockage ne soulève aucun problème. Enfin il est complètement étanche à l'eau et aux gaz, étant essayé à plus d'un kilogramme de pression d'air par centimètre carré.

Principe de la mesure par intégration

On considère un certain nombre d'impulsions, se succédant absolument au hasard, et que nous supposons rectangulaires. Soit q la charge apportée par chaque impulsion, n le nombre d'impulsions par unité de temps. Sur un circuit du type de la figure 1 (circuit d'intégration) on a :

$$V_o = n q R ;$$

$$I_o = n q .$$

Le condensateur C n'intervenant pas dans l'intensité, la déviation est uniquement proportionnelle à n et à R .

Si Q_c est la charge acquise par le condensateur, on a :

$$V_o = \frac{Q_c}{C} .$$

La constante de temps du circuit étant $\theta = RC$.

Le courant circulant dans le circuit s'établit dès les premières impulsions, et finalement, au bout d'un temps T l'équilibre est atteint et le courant reste stationnaire :

$$T = \theta (1,15 \log 2 n \theta + 0,394) .$$

A partir de ce moment, la loi de Poisson donne pour valeur probable de l'erreur sur la mesure :

$$e (\%) = \frac{67}{\sqrt{2 n \theta}} ,$$

avec des fluctuations autour de la valeur moyenne de lecture atteignant :

$$f (\%) = \frac{143}{\sqrt{n \theta}} .$$

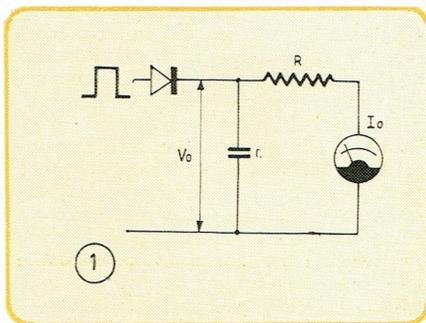


Fig. 1. — Le circuit intégrateur classique employé pour la mesure.

Fig. 2. — Forme d'une impulsion donnée par un compteur G.M.

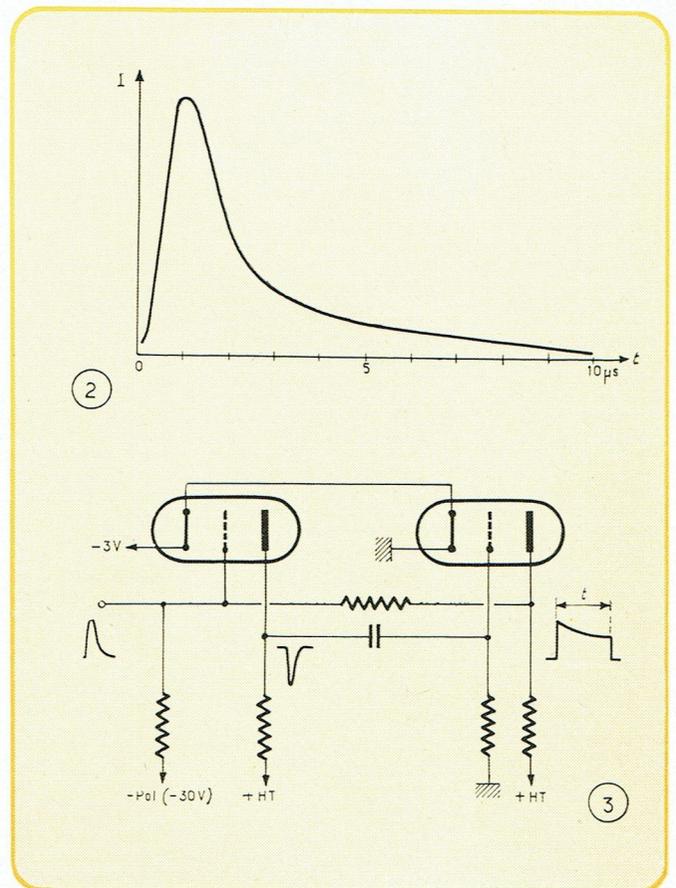
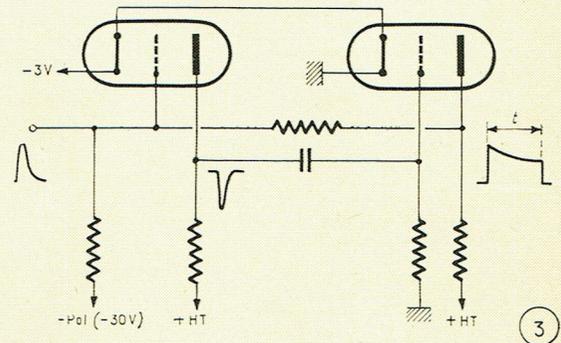


Fig. 3. — Schéma de principe du montage permettant d'obtenir des impulsions rectangulaires à partir des tops du compteur.



Précision, perte de comptage

Si n événements, répartis au hasard pendant un temps donné, sont comptés suivant les données précédentes, l'incertitude sur le comptage sera de $\sqrt{n/n}$.

Par contre, si les événements sont régulièrement espacés dans le temps, chacun d'eux ayant une durée constante et égale à t , n étant le nombre compté et N le nombre réel, on a :

$$n = \frac{N}{1 - N t} .$$

On peut ainsi introduire une notion de « perte de comptage »

$$\frac{n t}{1 + n t}$$

qui permet de comparer les indications en statistique et en périodique.

Exemple d'application

Illustrons ces données par un cas concret : soit un circuit intégrateur dans lequel

$$R = 100 \text{ k}\Omega ;$$

$$C = 50 \text{ }\mu\text{F} ;$$

$$\theta = RC = 5 \text{ s} .$$

Appliquons à ce circuit 50 impulsions par seconde au hasard ; on a

$$T = 5 (1,15 \log 50 + 0,394) = 17,5 \text{ s} .$$

L'erreur probable est de : $e = 3 \%$.

La fluctuation maximum autour de la valeur moyenne atteindra :

$$f = 9 \%$$

Supposons que les impulsions à compter présentent une durée de 6 ms ; la perte de comptage est de 23 %.

Enfin la précision du comptage est définie, sur 17,5 s soit 875 impulsions, à 3,4 % près.

Il en résulte finalement que les 50 événements aléatoires par seconde seront mesurés en 17,5 s et que la lecture sera entachée d'une erreur probable maximum de :

$$3 \% + 3,4 \% = 6,4 \%$$

Electronique

Partant de tops fournis par le ou les compteurs de G.M. et qui présentent sensiblement la forme de la figure 2, le montage doit fournir des impulsions rectangulaires de largeur constante et d'amplitude également constante.

Pratiquement, la partie électronique peut s'établir suivant deux montages principaux : celui à réaction par les cathodes, avec attaque de la grille d'entrée par top négatif, et celui avec réaction par couplage anode-grille et attaque de la lampe d'entrée par top positif. Ces deux montages sont théoriquement équivalents ; mais, dans le cas d'appareils portatifs, ali-

mentés sur piles et utilisant des lampes subminiatures à chauffage direct, le premier type nécessite une alimentation « en l'air », avec tous les ennuis que peut procurer une telle solution : sensibilité aux impulsions parasites, et surtout capacité importante des piles par rapport à la masse. De plus, il est difficile d'utiliser, suivant une technique qui tend à se répandre, les dites piles pour alimenter également un vibreur fournissant la haute tension d'alimentation de la partie électronique et des tubes de G.M.

Nous avons choisi, en conséquence, un montage à réaction anode-grille en continu, ce qui permet d'avoir un des pôles des piles à la masse (et au négatif) et d'emprunter à celles-ci l'alimentation d'un vibreur-transformateur C.E.R.E. fournissant la haute tension stabilisée d'alimentation, une tension négative également stabilisée, et, par l'intermédiaire d'un multiplicateur de tension, la haute tension d'alimentation des tubes, qui se trouve ainsi partiellement stabilisée. Nous avons trouvé cette solution plus avantageuse, principalement par suite de la forme d'onde du vibreur qui fournit des impulsions et qui permet ainsi un excellent fonctionnement des redresseurs utilisés. Nous reviendrons plus loin sur cette question d'alimentation.

On arrive ainsi au schéma de principe de la figure 3, dans lequel subsiste un inconvénient provenant du courant de repos de la deuxième lampe, ce qui interdit l'utilisation du microampèremètre de mesure dans son circuit. On pourrait insérer celui-ci dans l'anode de la première lampe, mais les tops en ce point sont loin d'avoir une forme optimum correspondant à des conditions de mesure.

Il ne faut cependant pas oublier que les lampes utilisées dans ce montage, quoique subminiatures, sont quand même des penthodes dites de puissance. On dispose donc de quelques électrodes supplémentaires qui peuvent être utilisées. Nous

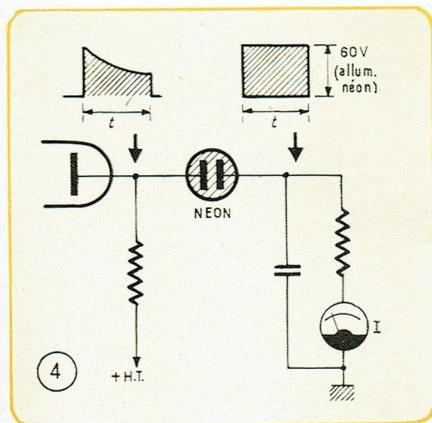


Fig. 4. — On branche ce circuit entre l'anode de la deuxième lampe et la masse pour obtenir des impulsions de largeur et d'amplitude constantes.

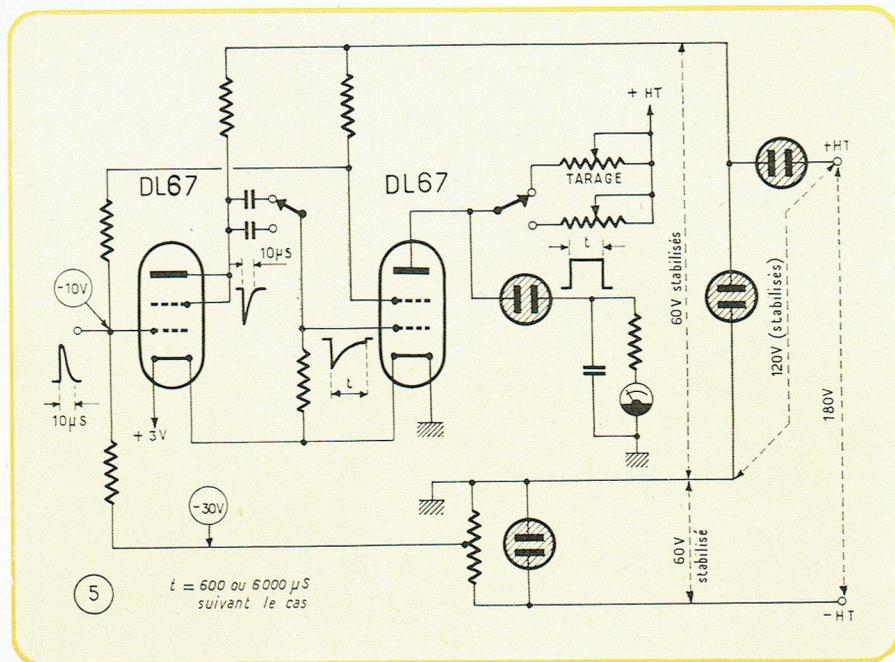


Fig. 5. — Montage général de la partie électronique.

obtenons alors ainsi un montage triode de la première lampe, grille-écran et anode réunies, et nous utilisons la grille écran de la deuxième lampe comme anode du flip-flop. Le circuit d'allongement (ou de constante de temps) est branché entre anode première lampe et grille de contrôle de la deuxième lampe.

Au repos, la deuxième lampe, par suite de son absence de polarisation grille débite, et par suite, si l'anode est reliée à une quelconque haute tension, la tension sur celle-ci sera assez basse. Branchons un circuit constitué par un tube à néon, une résistance et un microampèremètre entre l'anode en question et la masse (fig. 4). Deux cas peuvent se présenter :

1^o) La lampe débite au repos : la tension anodique est basse, le néon éteint et aucun courant ne circule dans le microampèremètre.

2^o) La lampe est bloquée, elle ne débite plus ; la tension anodique tend à remonter à la valeur maximum, mais, en passant à la valeur d'amorçage du néon, celui-ci s'allume, et la haute tension se met à débiter (et non la lampe) dans la résistance du microampèremètre, le courant débite ne dépendant pratiquement que de la valeur des résistances en série dans le circuit.

Au moment où la lampe revient au repos, la tension anodique tombe très vite à sa valeur initiale, le néon se désamorce et le courant s'interrompt dans le circuit du microampèremètre.

On a ainsi réalisé un *clapet* électronique débitant le courant par tranches rectangulaires, d'intensité dépendant des résistances en circuit, et de durée définie par la constante de temps du basculeur. De plus on peut remarquer que la commande

est réalisée par couplage électronique dans la penthode et que, par suite, il n'y a aucune réaction possible du circuit de sortie sur l'électronique du flip-flop.

Nous croyons cette caractéristique de montage absolument unique dans un type d'appareil portatif.

Le montage général de l'électronique est celui de la figure 5, où nous avons également figuré les sources stabilisées de tension d'alimentation.

Ce type de montage, dans la réalisation actuellement décrite, présente deux constantes de temps, 200 à 2000 μ s auxquelles correspondent normalement des tops de 600 à 6000 μ s en sortie. Le circuit du microampèremètre est évidemment shunté par un condensateur d'intégration de forte valeur destiné à diminuer les fluctuations. (Dans une autre série d'appareils, nous avons utilisé deux cellules d'intégration afin de diminuer les fluctuations sans trop augmenter la constante de temps d'intégration.)

Au point de vue performances maxima de ce type de montage, nous avons pu passer, sans modifications de principe et uniquement en agissant sur la constante de temps du flip-flop, de moins d'une demi-impulsion par seconde, pour 10 μ A de courant moyen d'intégration, à plus de 10 000 impulsions par seconde pour 50 μ A : il s'agit évidemment là de valeurs obtenues en statistiques et avec commutation de la constante de temps. Les tops d'entrée peuvent avoir une montée comprise entre 1 μ s et 4 ou 5 μ s, et une queue de quelques microsecondes (cas d'utilisation de compteurs G.M. à fort courant) à quelques dizaines de microsecondes, comme dans les petits compteurs utilisés.

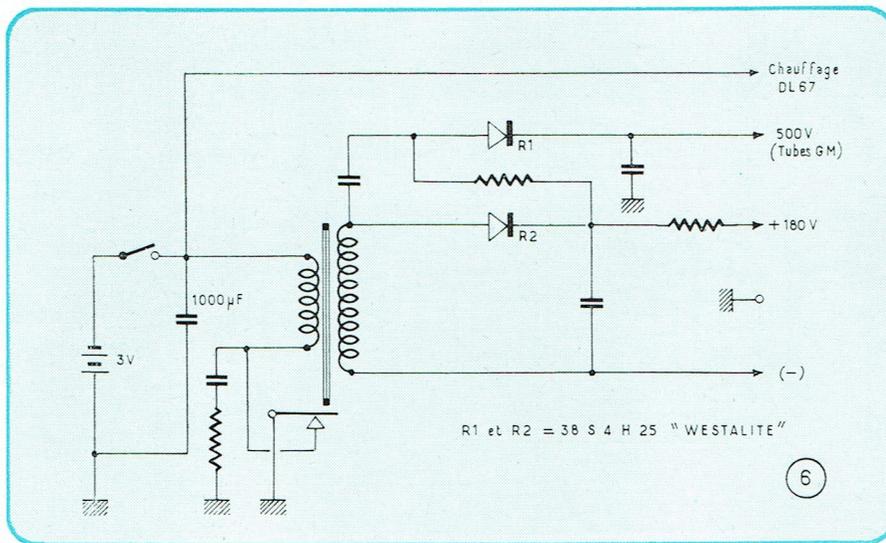


Fig. 6. — L'alimentation à vibreur et le circuit multiplicateur de tension.

Un des avantages évidents de ce type de montage réside dans le fait que le réglage du courant de mesure est indépendant de celui du flip-flop, qui est toujours dans des conditions fixes et théoriques de fonctionnement. La perte de comptage, lors du fonctionnement en statistique par rapport au fonctionnement en périodique (par exemple au générateur d'impulsions) est alors rigoureusement constante et l'appareil présente une très grande reproductibilité de mesures.

Détection du rayonnement

La détection est assurée par 3 compteurs G.M. (du type G4H de la C.S.F.) qui sont des compteurs à halogène et à basse tension, de petites dimensions, donnant un comptage de fond de l'ordre de 12 à 13 tops par minute.

Ces compteurs, dont le seuil se situe aux alentours de 375 V, ont un palier minimum de 100 V, le début du palier étant compté à 50 V au-dessus du seuil. Ils fonctionnent alors à 450/500 V, et n'ont pas besoin d'être alimentés par une tension régulée.

La commutation de gammes commute également les compteurs, de manière à utiliser tantôt les trois compteurs en parallèle, tantôt un seul d'entre eux. On obtient ainsi très simplement un rapport 3 en sensibilité, et les constantes de temps, commutées simultanément, sont réglées pour 50 chocs/seconde et 500 chocs/seconde au maximum de lecture.

Cela permet les combinaisons suivantes, en partant du maximum de sensibilité :

50 chocs/seconde, 3 tubes = 50 chocs/seconde ;

50 chocs/seconde, 1 tube = 150 chocs/seconde par rapport à la sensibilité maximum ;

500 chocs/seconde, 3 tubes = 500 chocs/seconde ;

500 chocs/seconde, 1 tube = 1 500 chocs/seconde.

Notons qu'il suffit de deux graduations seulement, l'une en 50 (ou 500), l'autre en 150 (ou 1 500) par suite de la proportionnalité des constantes de temps et de la constance de la perte de comptage.

Bien entendu, toutes les précautions ont été prises pour ne pas charger capacitivement les compteurs par le dispositif de commutation. Par ailleurs, vu la nécessité d'attaquer en tops positifs la grille d'entrée, on a relié directement les cathodes à la grille le commande : les trois cathodes sont branchées en permanence (ce qui assure la constance de la capacité d'entrée), et la commutation permet l'alimentation en H.T. d'un ou de trois tubes.

On a expérimenté ce montage avec différents types de tubes gamma de grande ou de très petite taille, avec des tubes bêta ou sur photomultiplicateur, toujours avec des résultats identiques, par suite de la très grande stabilité du montage et de son absence d'éléments critiques : ainsi, à l'exception des résistances et condensateurs du circuit de constante de temps du flip-flop, qui sont à 5 %, tous les autres éléments du montage ont une tolérance normale de 20 %.

Alimentation

Outre le chauffage des lampes subminiatures, il est nécessaire de disposer, pour l'alimentation de l'ensemble, de :

Une tension négative de polarisation, stabilisée ;

Une 1^{re} tension positive (tension anodique du flip-flop) ;

Une 2^e tension positive (tension anodique du circuit d'intégration) ; ces deux tensions étant stabilisées ;

Une tension positive de l'ordre de 500 V pour l'alimentation des tubes G.M.

Depuis longtemps, C.E.R.E. a réalisé des appareils de détection alimentés par

vibreurs. Après de nombreux essais et tâtonnements, parfois fort longs car il fallait vérifier la tenue dans le temps des éléments, a finalement été mis au point un vibreur-transformateur qui donne satisfaction. L'alimentation s'effectue suivant le schéma de la figure 6, où l'on reconnaît le circuit multiplicateur de tension alimentant les tubes.

Périodiquement, on prélève dans la série un vibreur qui est soumis à un essai de 1 000 h, soit officiel, soit atelier. En général, les 1 000 h sont dépassées sans difficultés.

Le rendement d'une telle alimentation est très bon : toutes proportions gardées, il est, continu/continu, de 45 %. Comme, de plus, les deux pentodes DL 67 sont montées en série et ne consomment que 13 à 15 mA sous 3 V, on arrive à une consommation totale de 115 à 120 mA sous 3 V, ce qui assure une bonne autonomie de l'appareil, même en régime continu.

Rappelons, à ce sujet, que la consommation moyenne d'une ampoule de lampe de poche est de l'ordre de 150 et parfois 200 mA.

Réalisation

Le montage est réalisé sur une platine isolante en stratifié de verre siliconé, permettant de souder les éléments à des coses ou ceillots rivés sur la platine. Bien entendu, tout le matériel utilisé est tropicalisé.

Les piles sont, comme déjà dit, contenues dans le tube formant poignée, tube muni d'une fermeture étanche. L'arrivée du courant se fait à travers l'ailette porte-tube, par une traversée isolante en *Araldite* coulée.

L'étanchéité de la traversée du commutateur à 6 positions (arrêt, contrôle des piles, 1 500, 500, 150, 50 chocs/seconde) est assurée par un long canon de Teflon siliconé ; de plus, le boîtier, en deux parties, maintenues par 4 vis imperdables à tête creuse six pans, comporte un joint collé en perbunan, étanche à 10 mètres d'eau. Le boîtier est, en outre, essayé sous pression d'air pour vérifier la porosité éventuelle du métal.

En fait, on constate que cet appareil est de ceux qui peuvent tenir en régime normal dans les climats coloniaux, d'autant plus qu'une humidité intérieure éventuelle serait immédiatement absorbée par un sachet de « gammagal ».

Nous croyons avoir intéressé les lecteurs par cette description d'un type d'appareil assez peu connu et qui a le mérite de ne pas constituer un mouton à cinq pattes, mais bel et bien une production, petite série qui s'est trouvée sur les marchés extérieurs en compétition avec les matériels étrangers et qui s'est avérée d'une qualité sinon supérieure, tout au moins largement équivalente.

Hugues GILLOUX

Ingénieur au C. E. R. E.

LE CHAUFFAGE H. F. par pertes diélectriques

L'utilisation de la haute fréquence pour le chauffage par pertes diélectriques s'est considérablement développée au cours de ces dernières années. Des applications sans cesse plus nombreuses lui sont trouvées dans des domaines très variés, tels que les techniques médicales et biologiques, le collage des bois ou la soudure des matières plastiques.

L'auteur, au cours du présent article, après avoir rappelé les principes de base, traite de la constitution des générateurs haute fréquence à usage industriel et indique quelques-unes de leurs applications.

PRINCIPES ET BASES THÉORIQUES

1°) Généralités

Les premières applications en France du chauffage par pertes diélectriques remontent aux années 1935-1936. C'est à cette époque, en effet, que MM. DUFOUR et LEDUC utilisèrent ce mode de chauffage pour la vulcanisation du caoutchouc et que M. DESCARSIN l'appliqua aux matières vitreuses.

Le principe en est simple; il est basé sur l'utilisation de l'énergie calorifique créée dans un diélectrique imparfait placé entre les plaques d'un condensateur et soumis à un champ alternatif.

Considérons un condensateur plan constitué par deux lames parallèles entre lesquelles est intercalé un diélectrique. Une tension alternative U appliquée aux plaques provoque la circulation d'un courant I . Avec un diélectrique parfait, I serait décalé de 90° en avant par rapport à U et aucune perte d'énergie ne se manifesterait.

En réalité, le diélectrique étant toujours imparfait, le courant I peut être considéré (fig. 1) comme la résultante de I_c effectivement décalé de 90° par rapport à U et de I_r en phase avec U . I est alors décalé par rapport à U d'un angle tel que :

$$\varphi = 90^\circ - \delta$$

L'angle δ appelé angle de pertes caractérise la qualité du diélectrique; il est toujours très faible et peut varier pratiquement de quelques minutes à quelques degrés.

Une certaine puissance :

$$P = UI_R = UI \cos \varphi = UI_c \operatorname{tg} \delta$$

est ainsi dissipée en chaleur dans le diélectrique. Cette chaleur prend naissance à l'intérieur même de la matière; le chauffage par pertes diélectriques est un chauffage moléculaire qui permet de porter

toute la masse à traiter à une température uniforme. C'est là un des avantages les plus importants de ce procédé.

2°) Formules fondamentales

Soit (fig. 2) un condensateur formé de deux plaques parallèles de surface S espacées entre elles d'une distance e et entre

Fig. 1. — Dans un condensateur imparfait, le courant I n'est pas en quadrature avec la tension U .

Fig. 2. — Un corps diélectrique s'échauffe lorsqu'il est placé entre deux plaques soumises à un potentiel alternatif.

lesquelles se trouve placée une masse M d'un corps diélectriques.

Si la densité de la matière à traiter est d , sa masse est :

$$M = dSe \quad (1)$$

D'autre part, la capacité en farads de l'ensemble est donnée par la formule classique :

$$C = \frac{kS}{3,6 \pi e} 10^{-12}$$

k étant la constante diélectrique. En remplaçant S par sa valeur tirée de (1) soit

$$S = \frac{M}{de} \text{ on peut écrire : } C = \frac{kM}{3,6 \pi e^2 d} 10^{-12}$$

Si nous appliquons à ce condensateur une tension U de fréquence f , le courant efficace I_c (fig. 1) sera :

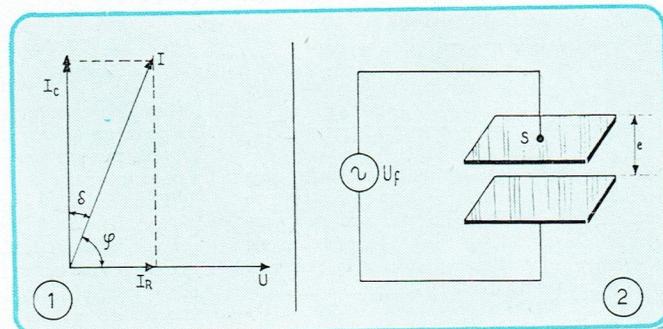
$$I_c = C\omega U = \frac{0,555 f k M U}{e^2 d} \cdot 10^{-12} \text{ A} \quad (2)$$

avec $\omega = 2\pi f$.

Nous avons vu précédemment que la composante utile provoquant l'échauffement était :

$$I_R = I_c \operatorname{tg} \delta = \frac{0,555 f k M U \operatorname{tg} \delta}{e^2 d} \cdot 10^{-12}$$

La puissance dissipée dans le diélectrique est alors :



$$P = UI_R =$$

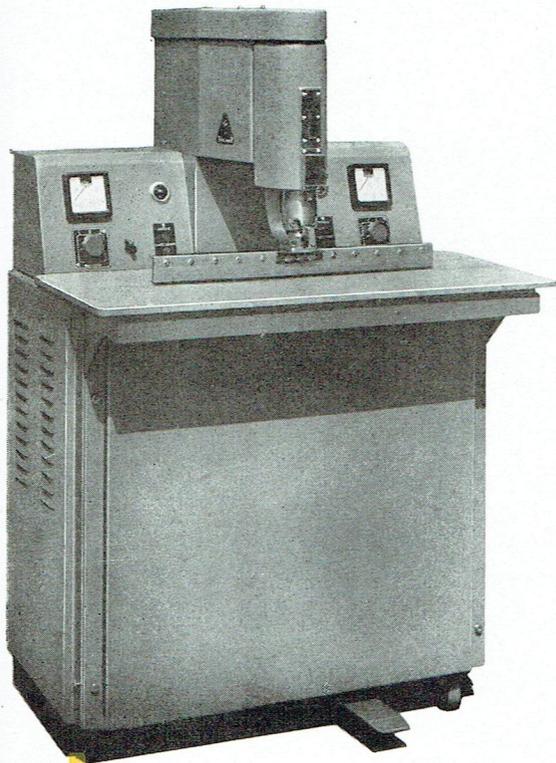
$$\frac{0,555 f k M U^2 \operatorname{tg} \delta}{e^2 d} \cdot 10^{-12} \text{ W} \quad (3)$$

Le but du chauffage par pertes diélectriques est de porter une certaine quantité de matière M à une température T en un temps t . Cette dernière valeur est importante puisque c'est d'elle que dépend la rapidité avec laquelle un échauffement donné est obtenu. Pour déterminer t , il convient de rechercher l'énergie nécessaire pour élever la température de ΔT degrés.

La chaleur spécifique étant C (en cal/g), l'énergie W à fournir pour obtenir l'élevation de ΔT degrés de la température de M grammes de matière est :

$$W = c M \Delta T = 4,18 c M \Delta T \text{ joules} \quad (4)$$

Par (3) et (4) nous pouvons déterminer le temps t en secondes :



Une machine pour la soudure des matières plastiques : la « Nevatronic » qui, avec 3 kW, est la plus puissante de la série des machines électroniques fabriquées par Thimonnier et Cie.

$$t = \frac{W}{P} = \frac{7,5 c. M. \Delta T. e^2. d. 10^{12}}{f. k. M. U^2} \quad (5)$$

Les formules (3), (4) et (5) développées ci-dessus permettent de résoudre avec une bonne approximation la plupart des problèmes de chauffage; elles sont souvent présentées sous forme d'abaques, ce qui facilite leur utilisation pratique.

3°) Influence des différents facteurs

L'examen de la formule (3) montre que la puissance dissipée dépend d'un certain nombre de paramètres. Nous distinguerons principalement ceux indépendants de la matière, tels que tension et fréquence et ceux liés à cette matière, tels que constante diélectrique et angle de pertes.

La tension

La puissance dissipée étant proportionnelle au carré de la tension appliquée, il y a intérêt à travailler à des tensions élevées. Cependant une limitation intervient du fait de la rigidité diélectrique de la matière traitée. Cette rigidité étant exprimée en V/cm, on remplace souvent dans les formules définies précédemment le rapport U/e par H , gradient de potentiel. La rigidité varie suivant une loi complexe et

il est bon, pour un diélectrique donné, de choisir un coefficient de sécurité suffisant pour éviter les amorçages.

La fréquence

Les pertes sont proportionnelles dans certaines limites à la fréquence. Il est à noter que celle-ci intervient également de façon indirecte en modifiant la valeur des coefficients diélectriques et que, par suite, son action est plus importante qu'il n'apparaît lors d'un premier examen.

Plusieurs facteurs interviennent pour limiter la valeur de la fréquence à utiliser; ce sont :

— Les dimensions des éléments constituant le condensateur de travail qui doivent rester faibles devant la longueur d'onde si l'on veut obtenir un chauffage régulier de toute la pièce à traiter. En pratique, on admet pour la plus grande dimension l de ce condensateur une valeur :

$$l < \lambda / 16 \sqrt{k}$$

λ étant la longueur d'onde en mètres et k la constante diélectrique.

— Les caractéristiques des tubes électroniques dont le rendement et, par suite, la tension H.F. qu'ils fournissent baissent quand la fréquence augmente.

A titre indicatif, les fréquences couramment utilisées pour le préchauffage des matières plastiques se situent actuellement entre 20 et 60 MHz.

La constante diélectrique et l'angle des pertes

Ces deux grandeurs caractéristiques sont souvent groupées sous forme d'un produit appelé facteur de pertes. Ce facteur peut varier avec la fréquence, la température et l'humidité.

Les lois de variation sont assez mal connues et il est nécessaire de les déterminer expérimentalement, surtout en ce qui concerne le choix de la fréquence donnant un facteur de pertes élevé.

De ce qui précède, on peut déduire que le facteur de pertes varie au cours de l'opération de chauffage, ce qui entraîne des modifications de la charge du générateur. Ce dernier doit être conçu de façon à éviter que ces variations ne donnent lieu à une surcharge du tube oscillateur ou même à un décrochage des oscillations.

LES GÉNÉRATEURS H.F.

1°) Généralités

L'énergie haute fréquence est fournie par des générateurs à lampes qui s'apparentent par certains côtés à ceux utilisés dans les émetteurs de radiodiffusion. Cependant des différences notables existent entre les deux types d'appareils et il est bon de les rappeler ici.

Tout d'abord, au point de vue conception, un émetteur de radiodiffusion doit être particulièrement stable en fréquence

et fournir une onde aussi pure que possible. Au contraire, dans un générateur à usage industriel, la fréquence peut varier entre certaines limites et le taux d'harmoniques peut être relativement élevé. Dans ces conditions, le générateur n'a pas besoin d'être équipé d'un étage pilote et peut être constitué par un auto-oscillateur. De même, le filtrage de la haute tension peut être supprimé, l'utilisation directe de l'alternatif brut pouvant même être envisagée, tout au moins pour les faibles puissances. Il en résulte donc une plus grande simplicité de réalisation. Par contre, en raison des charges très différentes pouvant être rencontrées et de leurs variations en cours de fonctionnement, des problèmes d'adaptation complexes se posent généralement.

Au point de vue conditions d'utilisation, des différences importantes existent également. En effet, si les émetteurs de radiodiffusion fonctionnent dans des locaux spécialement conçus et sous la surveillance de techniciens qualifiés, les générateurs industriels, au contraire, sont placés dans des conditions toutes différentes. Dans les usines de moulage, par exemple, la température ambiante est élevée et le taux d'humidité important. Le personnel employant ces appareils n'est pas familiarisé avec les opérations de réglage et celles-ci doivent être réduites au strict minimum.

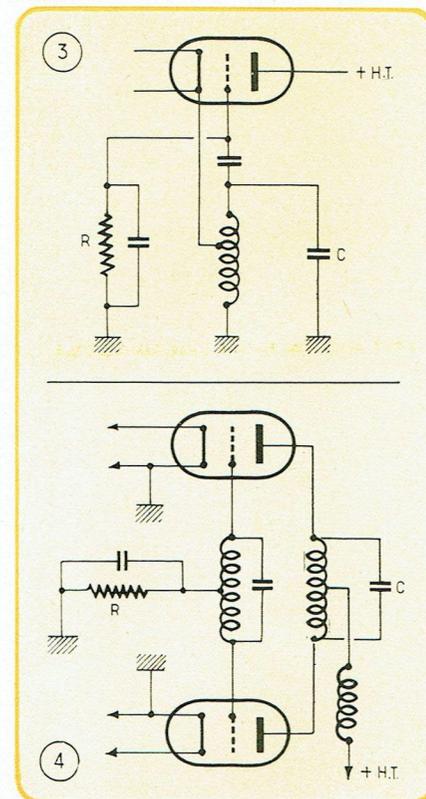


Fig. 3. — Schéma de principe de l'oscillateur à couplage cathodique et alimentation série.

Fig. 4. — Schéma de principe de l'oscillateur Mesny.

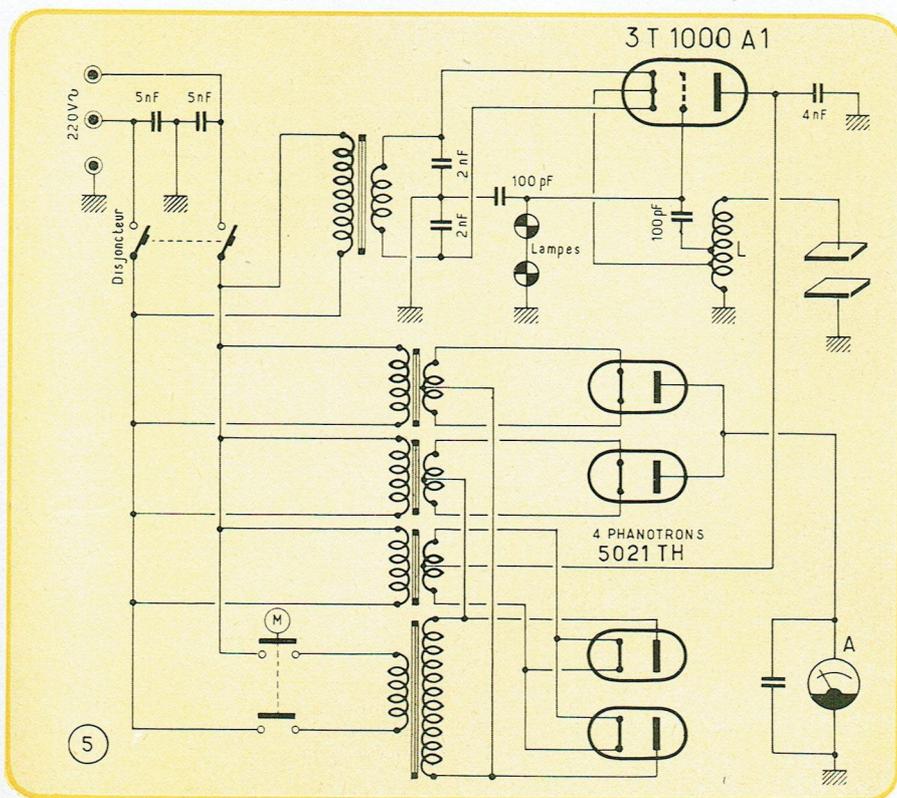


Fig. 5. — Ce préchauffeur de 1 200 W permet de porter à 100° C en une seconde une masse de 500 g de poudre à mouler.

2°) Production des oscillations H.F.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, la production de la H.F. est assurée par des auto-oscillateurs.

Un certain nombre de systèmes classiques sont utilisables et le choix est surtout dicté par des considérations d'ordre pratique : simplicité de réalisation, facilité de réglage, etc... Cependant deux montages conviennent particulièrement et sont très utilisés :

- l'oscillateur E.C.O. (electron coupled osc.) ;
- l'oscillateur Mesny.

L'oscillateur E.C.O., qui est bien connu, est de réalisation très simple et sa condition d'oscillation n'est pas critique. La figure 3 représente un montage à alimentation série.

L'oscillateur Mesny utilise deux tubes montés symétriquement suivant le schéma de principe de la figure 4. Le couplage entre les bobinages grille et anode est réalisé par les capacités internes des tubes. Ce type d'oscillateur permet d'obtenir des fréquences élevées, l'influence des capacités interélectrodes étant relativement réduite.

Dans ces deux montages, la capacité C est constituée en tout ou partie par le condensateur de travail entre les plaques duquel est placée la matière à traiter. La

forme et les dimensions de ce condensateur varient suivant la nature des opérations à réaliser. En dehors du cas des figures 3 et 4 où il constitue la capacité principale du circuit oscillant, il peut être complé à ce dernier, soit par des dispositifs classiques inductances-condensateurs, soit par des lignes de transmission. Ce dernier cas se présente généralement quand le poste de travail est situé à une certaine distance du générateur proprement dit. Des systèmes d'adaptation permettant de charger correctement la ligne doivent alors être utilisés pour limiter les pertes d'énergie en cours de transmission.

La résistance R assurant la polarisation automatique est souvent constituée par un élément non linéaire à coefficient positif (en pratique, une ou plusieurs lampes d'éclairage à filament de tungstène). Cette disposition permet de réduire l'action des variations de la charge.

3°) Schéma d'un générateur H.F. industriel

Nous donnons figure 5 le schéma simplifié d'un générateur C.F.T.H. type TH 1250 monophasé principalement utilisé pour le préchauffage des matières plastiques thermodurcissables.

Cet appareil, d'une puissance moyenne utile de 1,25 kW, est constitué par un

oscillateur E.C.O. à tube triode 3 T 1 000 A1 fonctionnant à une fréquence de 55 MHz environ.

Le circuit oscillant comprend le bobinage L et le condensateur de travail C formé par deux électrodes planes d'écartement réglable et placées à l'intérieur d'un capot de protection.

La résistance de polarisation est constituée par une chaîne de lampes à filament métallique.

L'alimentation haute tension est assurée par un montage en pont comprenant 4 phanotrons 5021 TH ; aucun filtrage n'est prévu. On remarque une minuterie M qui coupe automatiquement le circuit primaire du transformateur haute tension ; ce dispositif réglable de 0 à 120 s permet d'obtenir pour une quantité de matière donnée un cycle de travail constant. Cette minuterie commande également l'ouverture automatique du capot de protection.

Cet appareil est complété par différents accessoires tels que : ventilateur de refroidissement du tube, relais de protection contre les surintensités anodiques, etc...

Un tel préchauffeur permet d'élever de 100°C la température de 500 g de matière plastique en une minute.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

1°) Industrie des matières plastiques

L'importance considérable prise par les matières plastiques au cours de ces dernières années a entraîné la généralisation des procédés utilisant la H.F. Ceux-ci en effet présentent des avantages certains aussi bien techniques qu'économiques.

Rappelons brièvement que les produits employés dans l'industrie des matières plastiques peuvent se classer en deux grandes catégories :

— Les résines thermodurcissables (bakélite par exemple) qui sont moulées et durcissent à chaud.

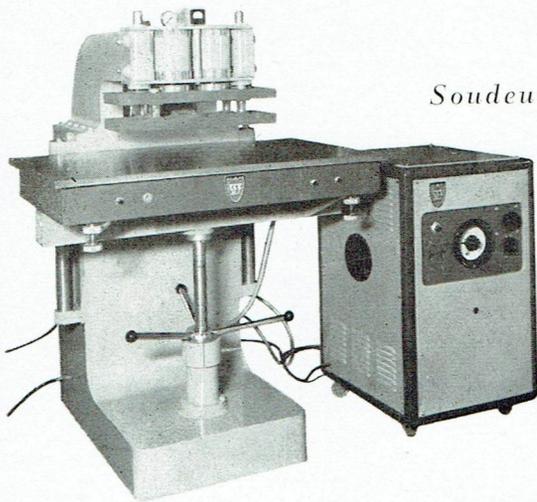
— Les résines thermoplastiques (Plexiglas par exemple) qui sont moulées à chaud et durcissent à froid.

La H.F. peut être utilisée pour effectuer un certain nombre d'opérations telles que préchauffage, chauffage et soudage, qui sont décrites succinctement ci-après.

Préchauffage et chauffage

Les résines thermodurcissables doivent être préchauffées avant moulage, ce qui assure l'évacuation de la vapeur d'eau ou des gaz occlus et l'amélioration des produits finis. Une telle opération se réalise en plaçant la matière sous forme de poudre ou de pastilles entre les plateaux du condensateur de travail. Une élévation de température voisine de 100°C peut être obtenue en un temps de 1 à 2 mn.

Les résines thermoplastiques qui n'émettent pas de vapeurs n'ont pas besoin d'être



Soudeuse électronique

type "Mystère C 80"

Cette machine, de la S.E.F. (Société de l'Électronique Française) est intéressante pour la soudure « au défilé » des matières plastiques. Sa puissance utile est de 4 kW (7 kW alimentation) et sa surface de soudure garantie de 80 cm². Dans la même série, une machine de 7,5 kW assure des soudures de 160 cm².

préchauffées, mais leur mise en forme peut être réalisée avantageusement à l'aide du chauffage H.F. ; dans ce cas, ce sont les plateaux de la presse qui sont utilisés comme armatures du condensateur.

Soudage

L'énergie développée par les pertes diélectriques peut être utilisée également pour assurer le soudage des produits thermoplastiques. Ce mode d'assemblage est particulièrement employé pour la jonction des feuilles souples à base de résines vinyliques.

Le soudage s'effectue à l'aide d'électrodes minces permettant d'obtenir un étroit filet de liaison entre les deux feuilles.

Deux types de machines sont utilisées :

Le type dit à empreinte qui permet d'effectuer en une seule opération soit une « couture » de grande longueur (plusieurs dizaines de centimètres), soit une soudure de forme particulière (boutonnière par exemple) ;

Le type à fonctionnement continu, appelé également machine à coudre électronique. Les feuilles de matière plastique sont entraînées automatiquement à faible vitesse sous une électrode de forme spéciale (molette en général).

Les machines à empreintes peuvent se présenter sous une forme de pinces portatives reliées à un générateur par un câble souple. Un tel système est très utilisé pour la fermeture des emballages étanches.

2°) Industrie du bois

La haute fréquence est principalement utilisée pour le séchage et le collage des bois.

Le séchage

Un gain de temps très important peut être obtenu dans la déshydratation. Les planches à traiter sont placées entre les plateaux d'une presse qui constituent les armatures du condensateur de travail. Très utilisé dans les pays anglo-saxons, ce procédé est surtout réservé en France au séchage des bois précieux.

Le collage

Le séchage de la colle assurant l'assemblage du bois est très long par les procédés classiques, la chaleur pénétrant lentement à travers le bois. Sous l'influence de la H.F., la chaleur prend naissance directement dans la colle (et à son voisinage immédiat) ce qui permet d'obtenir un séchage très rapide, sans déformation, des pièces de bois, celles-ci ne subissant qu'un échauffement peu important. Deux procédés sont surtout utilisés :

— Le chauffage transversal dans lequel le champ électrique est perpendiculaire au plan de collage (fabrication du contreplaqué par exemple).

— Le chauffage longitudinal dans lequel le champ électrique est parallèle au plan de collage (assemblages).

3°) Industries diverses

En dehors des applications déjà citées, la H.F. est utilisée dans un grand nombre d'industries. Citons principalement :

— L'industrie du caoutchouc où elle permet le préchauffage ou le chauffage pendant moulage suivant les mêmes procédés que ceux utilisés pour les matières plastiques.

— L'industrie du verre où elle assure la fusion des matières vitrifiables, le découpage et le soudage du verre.

— L'industrie de l'alimentation où elle se charge de la déshydratation des denrées, de la cuisson des aliments, de la décongélation, etc...

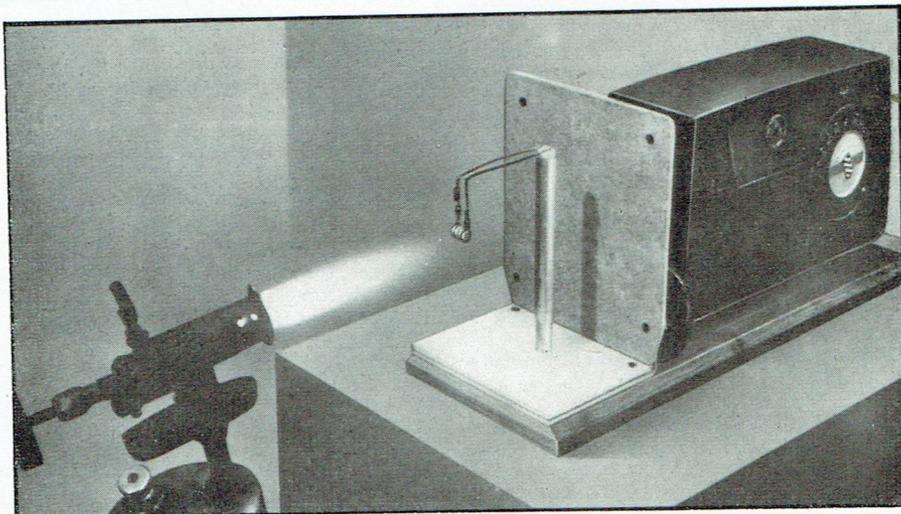
— L'industrie textile où elle permet d'effectuer le séchage des bobines, l'encollage des fils, la déshydratation des laines minérales, etc...

CONCLUSION

Le chauffage par pertes diélectriques est devenu une technique bien au point dont l'utilisation s'étend à des domaines de plus en plus nombreux et variés.

Si l'énergie qu'il utilise est plus coûteuse que celle fournie par les sources classiques, la répartition régulière de la chaleur à l'intérieur de la masse traitée, l'élévation très rapide de la température suffisent, à elles seules, à en généraliser l'emploi.

L. MARLOT.



General Electric vient de dévoiler, aux U.S.A., la création du tube « microminiature » métal-céramique. Il s'agit d'une triode formée par empilement d'électrodes circulaires de titane et d'anneaux de céramique. Cette technique autorise une fabrication très automatisée et assure au tube, du fait des très faibles capacités interélectrodes, d'excellentes performances en H.F. Quant à la tenue aux hautes températures, on peut s'en faire une idée en voyant ici un de ces tubes 6BY 4 fonctionner à 500 °C sans courant de chauffage !

Un FRÉQUENCEMÈTRE électronique

pour tachymétrie,
études de vibrations, etc...



Conception

La possibilité d'obtenir en lecture directe la fréquence d'un signal est extrêmement intéressante en électronique.

Lorsqu'une grande précision est nécessaire, et lorsque les plus hautes fréquences susceptibles d'être mesurées atteignent ou dépassent le mégahertz, les compteurs à décades sont les appareils normalement requis. L'appareil décrit ici n'a pas la prétention de remplacer ces précieux et coûteux instruments. Il se contente d'indiquer avec une précision meilleure que 5 % la fréquence d'un signal compris entre 0 et 100 kHz. Comme tous les appareils de la série **Heathkit** (1), il est livré par le constructeur en pièces détachées, accompagnées d'un manuel abondamment illustré donnant, en anglais, toutes les indications pour le montage et l'étalonnage.

La figure du bas de cette page indique le processus de la mesure : le signal injecté à l'entrée, qui doit être au moins égal à 2 V eff et au plus égal à 300 V eff, est d'abord simultanément amplifié et écrété, de façon à se présenter sous forme d'un signal rectangulaire d'amplitude constante, quelles que soient l'amplitude et la forme du signal d'entrée. Les signaux rectangulaires sont à leur tour appliqués à un étage différentiateur qui les transforme en une succession d'impulsions alternativement positives et négatives. Une diode arrête les impulsions positives et envoie les négatives vers le circuit de mesure, établi de telle sorte que le courant continu dans le galvanomètre soit une fonction linéaire du nombre d'impulsions transmises, donc de la fréquence du signal d'entrée. Il est ainsi possible d'étalonner directement en fréquence l'échelle de l'appareil de mesure.

Le circuit de sortie comporte un commutateur à sept positions permettant la déviation totale du galvanomètre pour les fréquences suivantes : 100 et 300 Hz, 1, 3, 10, 30 et 100 kHz.

L'impédance d'entrée est de 250 k Ω à 1 kHz.

L'appareil est alimenté par secteur alternatif 50 à 60 Hz, 105 à 125 V, 35 W. Il mesure 32 x 18 x 19 cm et pèse 6 kg.

Utilisation

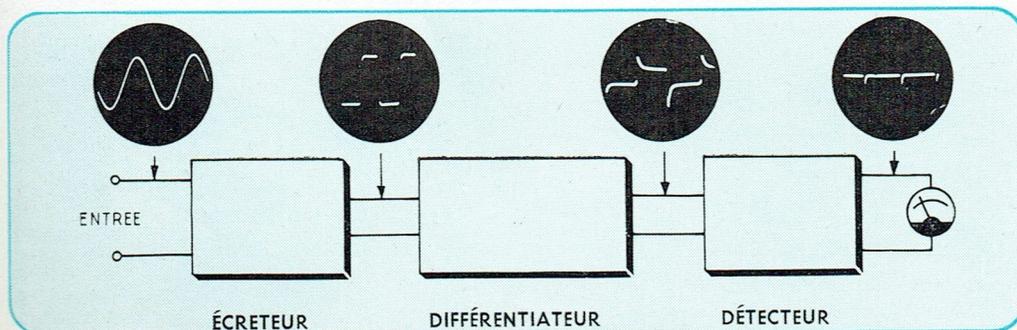
Pour déterminer la fréquence d'un signal inconnu, il suffit, après avoir vérifié que sa tension efficace est bien comprise entre 2 et 300 V, de l'appliquer aux deux bornes d'entrée. Le sélecteur de sensibilités sera orienté sur la gamme procurant la déviation la plus grande possible de l'aiguille. La précision obtenue est surtout fonction de l'étalonnage, qui a dû être effectué gamme par gamme, en partant de la plus basse et en ajustant un à un les rhéostats de 200 Ω . La source de référence sera un bon générateur B.F., ou à la rigueur le secteur.

Pour connaître la fréquence d'un mouvement ou d'une vibration mécanique, il faut faire appel à l'un des capteurs bien connus des électroniciens. Intercaler un préamplificateur si la tension délivrée n'atteint pas 2 V eff. Le microphone à contact (2) constitue un excellent transducteur n'exigeant qu'un minimum de préamplification. Une chaîne d'amplification B.F. plus poussée autorisera l'utilisation d'un microphone ordinaire et procurera la possibilité d'auscultation à distance, ce qui peut être précieux, par exemple, pour le dépistage d'un bruit d'origine mal connue. Dans un moteur d'automobile ou une boîte de vitesses, la connaissance de la fréquence de la composante fondamentale d'un bruit aidera à découvrir l'organe défectueux.

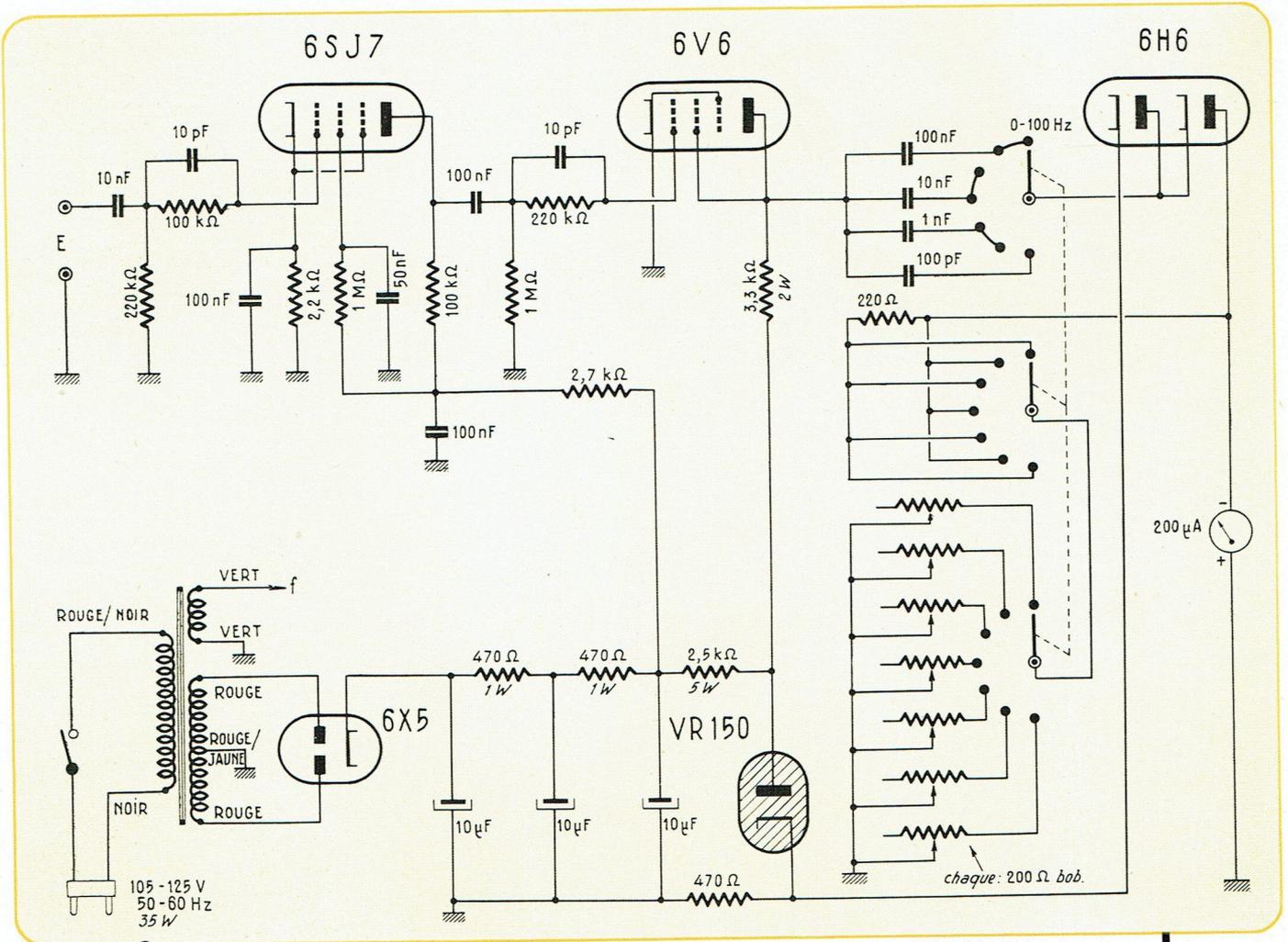
Une boîte à lumière (tube de carton abritant une ampoule cadran) et une cellule photoélectrique suivie d'un amplificateur rudimentaire transformeront le fréquencemètre en un tachymètre particulièrement intéressant si l'appareil étudié (micromoteur, etc.) ne peut pas fournir la puissance nécessaire à l'entraînement d'un « lance-tops » classique. Si l'arbre tournant est brillant, un trait de peinture noire fournira le signal lumineux. Dans le cas contraire, on appliquera une marque de peinture blanche, ou mieux, un léger miroir pouvant être obtenu par argenture d'une lamelle couvre-objet pour préparations microscopiques.

(1) Importés par **Rocke International**, Bureau de Liaison, 113, rue de l'Université, Paris (7^e) (INV. 99-20).

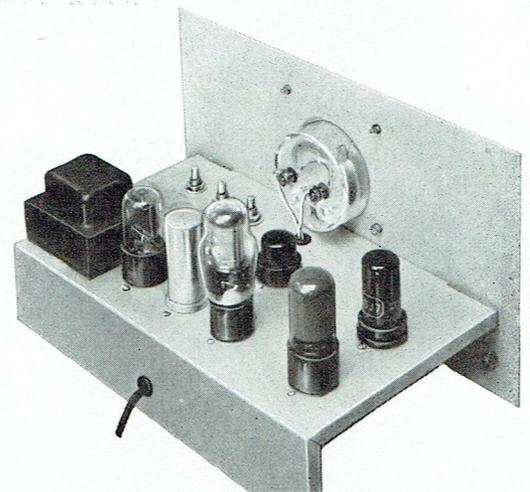
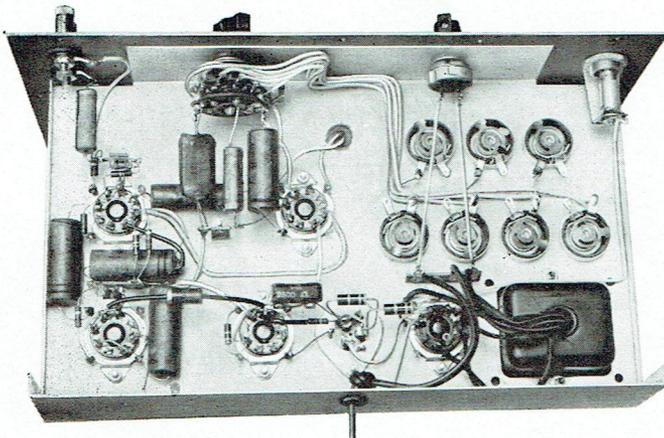
(2) Des modèles piézo sont fabriqués notamment par **Herbay**, 14, av. Valvein, Montreuil-sous-Bois (Seine) (AVR. 04-40).



Le fréquencemètre procède par écrêtage du signal d'entrée, différentiation, et comptage des impulsions obtenues.



Le FRÉQUENCEMÈTRE Heathkit AF-1. Le secondaire H.T. du transformateur d'alimentation doit délivrer 2×220 V eff. La haute tension est de 250 à 280 V avant filtrage, de 220 à 240 V après filtrage et de 140 à 160 V aux bornes du VR 150



A travers la Presse

ALLUMAGE ÉLECTRONIQUE POUR MOTEURS A EXPLOSION

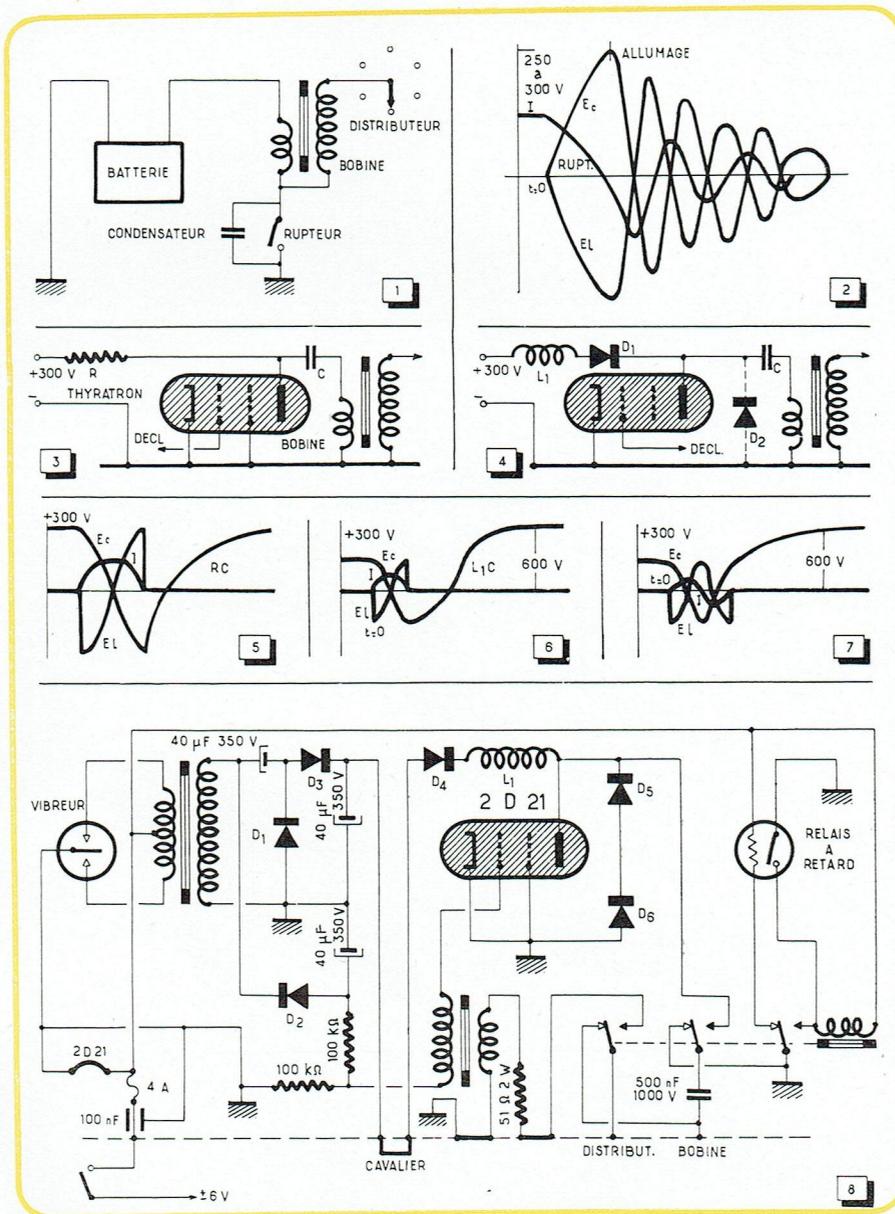
Harry W. Lawson Junior, Radio and Television News, Chicago, juillet 1955, p. 62-63-90-91-.

Pourquoi vouloir électronifier un dispositif robuste, efficace et ayant fait ses preuves depuis plusieurs décades ? Nous allons le savoir en considérant la figure 1, qui représente le schéma du dispositif classique d'allumage par bobine. Un rupteur, entraîné par l'arbre à cames du moteur, interrompt périodiquement le passage du courant de la batterie dans le primaire d'une bobine comportant au secondaire un très grand nombre de tours de fils. Un condensateur est disposé aux bornes du rupteur, de façon à absorber une partie des courants de rupture qui ont tendance à se traduire par un petit arc nuisible à la bonne conservation des vis dites platinées qui équipent en pratique le rupteur. L'ensemble du primaire et du condensateur forme un circuit oscillant, ce qui explique que le courant au moment de la rupture ait l'aspect que montre la courbe I de la figure 2. La même figure montre, en fonction du temps, la forme des tensions aux bornes du condensateur (E_c) et de la bobine (E_b). On remarque que l'allumage, qui se produit au maximum d'amplitude de ces tensions, survient, par rapport à l'ouverture des contacts, au bout d'un temps non négligeable. Pour les grandes vitesses de rotation du moteur, ce temps peut représenter jusqu'à 20° ou plus de rotation de l'arbre à cames, d'où une des raisons de l'existence des dispositifs manuels ou automatiques d'avance à l'allumage.

Le procédé électronique décrit ici a pour objet la réduction du temps entre rupture et allumage. Il est en gros conforme au schéma de la figure 3. On retrouve la bobine et le condensateur, chargé cette fois à partir d'une source de haute tension par une résistance R et déchargé par un thyatron dont la tension de grille sera commandée par le rupteur. Les courbes de la figure 5 montrent que la variation de tension aux bornes du primaire de la bobine est beaucoup plus rapide, ce qui signifie que l'étincelle suivra presque immédiatement la rupture. On remarque également que la tension aux bornes du condensateur remonte lentement à la valeur de 300 V correspondant à celle de la source d'alimentation.

En remplaçant la résistance de charge par une bobine et en ajoutant le redresseur D_1 , on peut faire en sorte que la tension remonte plus rapidement aux bornes du condensateur et, qui plus est, atteigne en fin de charge une valeur double de celle d'alimentation. L'étincelle suivante sera ainsi plus intense, donc plus chaude (fig. 6).

Enfin, en ajoutant un second redresseur D_2 (fig. 4), on va remédier à l'inconvénient résultant du fait que le thyatron ne conduit le courant que pendant une demi-période de la décharge oscillante, et on permettra ainsi au courant dans le circuit L-C de suivre la seconde demi-période (fig. 7), d'où une charge encore plus rapide du condensateur comme le montre la courbe E_c , ce qui signifie la possibilité d'obtenir la seconde étincelle plus vite.



Avec un allumage classique (fig. 1), l'étincelle éclate un certain temps après l'action du rupteur (fig. 2). En provoquant la décharge du condensateur par le thyatron (fig. 3), on réduit considérablement ce temps (fig. 5). Des perfectionnements au schéma (fig. 4 et 8) permettent une « récupération » du courant primaire et autorisent une plus grande fréquence d'éclatement, donc des régimes plus élevés du moteur.

La figure 8 indique le détail du schéma adopté en pratique. La haute tension est obtenue à partir de la batterie à l'aide d'un vibreur et d'un transformateur pour filaments (6,3 V — 3 A) connecté à l'envers. La haute tension alternative est redressée par des redresseurs au sélénium prévus pour 300 V et 100 mA (des redresseurs identiques sont utilisés en D_1 , charge du condensateur,

et en D_5 et D_6 , retour du courant d'oscillation). Le thyatron est un modèle bien connu 2 D 21. Il est « allumé » par un transformateur (pièce prévue pour la B.F. et connue aux U.S.A. sous la référence Stancor A-3850) à partir du courant traversant le primaire de la bobine. Un relais retardé (10 à 30 s) permet de n'appliquer la haute tension au thyatron que lorsque son filament est chaud,

précaution classique en ce qui concerne les tubes à gaz. Pendant la période de chauffage, un relais rétablit les connexions de telle sorte que l'allumage ait lieu par le procédé classique. Cette disposition est d'autant plus précieuse qu'au démarrage, le gros appel de courant du démarreur fait baisser la tension de la batterie à une valeur qui ne permettrait peut-être pas l'allumage électronique.

M.B.

LE MAGNISTOR

Funk-Technik, Berlin, octobre 1955, n° 19, p. 570

En parlant d'amplificateur magnétique, on pense en général à un engin pesant plusieurs kilogrammes et réservé à la commande de machines. Or, grâce aux récents progrès faits dans le domaine des ferrites, l'amplificateur magnétique semble devenir un concurrent sérieux du tube électronique et du transistor. La **Potter Instrument Company** vient de mettre sur le marché un amplificateur magnétique qui ressemble déjà extérieurement à un tube électronique. Il comporte un culot à broches et contient un tore de ferrite spéciale, dite « rectangulaire » (c'est-à-dire à courbe d'hystérésis rectangulaire).

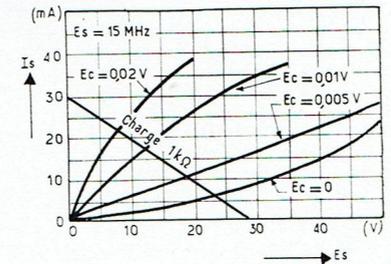
Ce tore comporte un enroulement excitateur et un enroulement de commande. Le premier est parcouru par un courant H.F. sinusoïdal dont la fréquence peut être comprise entre 100 kHz et 15 MHz. L'excitation peut également être faite par des impulsions dont la fréquence peut atteindre 10 MHz.

L'impédance de l'enroulement excitateur varie dans un rapport de 500 sous l'influence du courant circulant dans l'enroulement de commande. Il est possible de tracer un réseau de caractéristiques de l'amplificateur

qui correspond au réseau I_a/U_a d'un tube électronique. Le réseau publié ci-contre indique une variation du courant de sortie de 11 mA pour une variation de 0,01 V de la tension de commande, soit une pente de 1 100 mA/V. La droite de charge pour 1 000 Ω tracée dans le réseau de caractéristiques permet de chiffrer l'amplification en tension à 1 100.

Ces chiffres paraissent fantastiques ; mais, à notre avis, on ne peut tirer profit de l'énorme amplification de tension du Magnistor que dans certains cas spéciaux assez rares. En effet, il est évident que l'impédance d'entrée de l'amplificateur doit être assez réduite. Il serait donc beaucoup plus raisonnable de parler d'une amplification de courant ou de puissance, comme on le fait dans le cas du transistor.

Une autre sorte de Magnistors a été mise au point pour des applications dans le domaine des machines à calculer. Ces pièces possèdent 2 enroulements de commande ; en faisant traverser l'un ou l'autre par une impulsion, on obtient deux états magnétiques différents. L'impédance du troisième enrou-



La pente du Magnistor, qui est un amplificateur magnétique de taille réduite, est supérieure à 1 ampère par volt.

lement est très élevée pour l'un de ces états, et très faible pour l'autre. L'information transmise par les impulsions de commande reste emmagasinée indéfiniment, même quand on coupe le courant d'alimentation.

H.S.

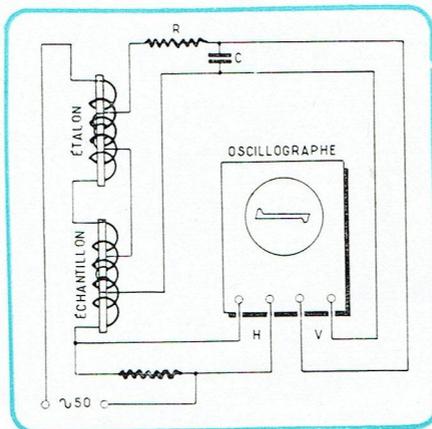
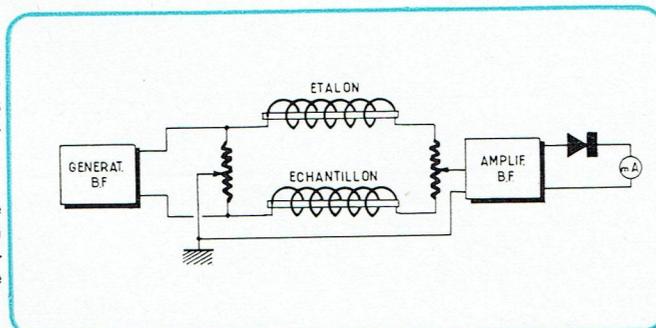


Fig. 1. — Comparaison de deux échantillons métalliques d'après leurs propriétés magnétiques.

Fig. 2. — Contrôle de tiges et tubes en métaux non magnétiques par courants de Foucault.



CONTROLE NON DESTRUCTIF DES TIGES ET TUBES MÉTALLIQUES

W. Scheuble, *Elektronik*, Munich, octobre 1955, p. 241 à 243

La courbe d'hystérésis obtenue, sur l'écran d'un oscilloscope cathodique, avec un matériau magnétique dépend essentiellement de la section de l'échantillon et de sa perméabilité. Des corps étrangers inclus dans le matériau examiné, des fentes, poches, déformations, etc. peuvent donc être déterminés par le relevé de la courbe d'hystérésis.

Afin que le contrôle puisse être effectué par un personnel non spécialisé, on utilise la méthode de compensation illustrée par la figure 1. Une tension alternative est appliquée à deux bobines primaires, connectées en série. Dans la première de ces bobines, on glisse une pièce étalon ; l'échantillon à

contrôler passe dans la seconde. Les deux enroulements secondaires, concentriques par rapport aux bobines primaires, sont également connectés en série ; la tension de différence prenant naissance à leurs bornes est appliquée à l'oscilloscope de la manière habituelle.

Si l'étalon et l'échantillon possèdent les mêmes propriétés magnétiques, on observe une ligne horizontale droite sur l'écran de l'oscilloscope. De faibles différences entre les matériaux se traduisent par un dédoublement de la ligne ; des bosses à ses extrémités indiquent un défaut grave.

Pour des tiges en matériau non magnétique, on peut utiliser la méthode des courants de Foucault illustrée par la figure 2. Les deux bobines qui reçoivent l'étalon et l'échantillon sont montées en pont avec deux résistances ; ce pont est attaqué par un générateur B.F. Quand les matériaux ne sont pas homogènes, les deux bobines présentent des impédances inégales, et une tension apparaît à la sortie du pont. Amplifiée et redressée, cette tension actionne un galvanomètre indiquant une différence éventuelle. En discriminant la phase, on peut définir le sens de cette différence. Enfin, on peut analyser séparément le déphasage et la variation apparente de la résistance ; on peut ainsi voir si la différence est due aux dimensions de l'échantillon (variation du couplage) ou à la conductivité (variation de la résistance ohmique). — E.C.

AMPLIFICATEUR DE SERVOMÉCANISME

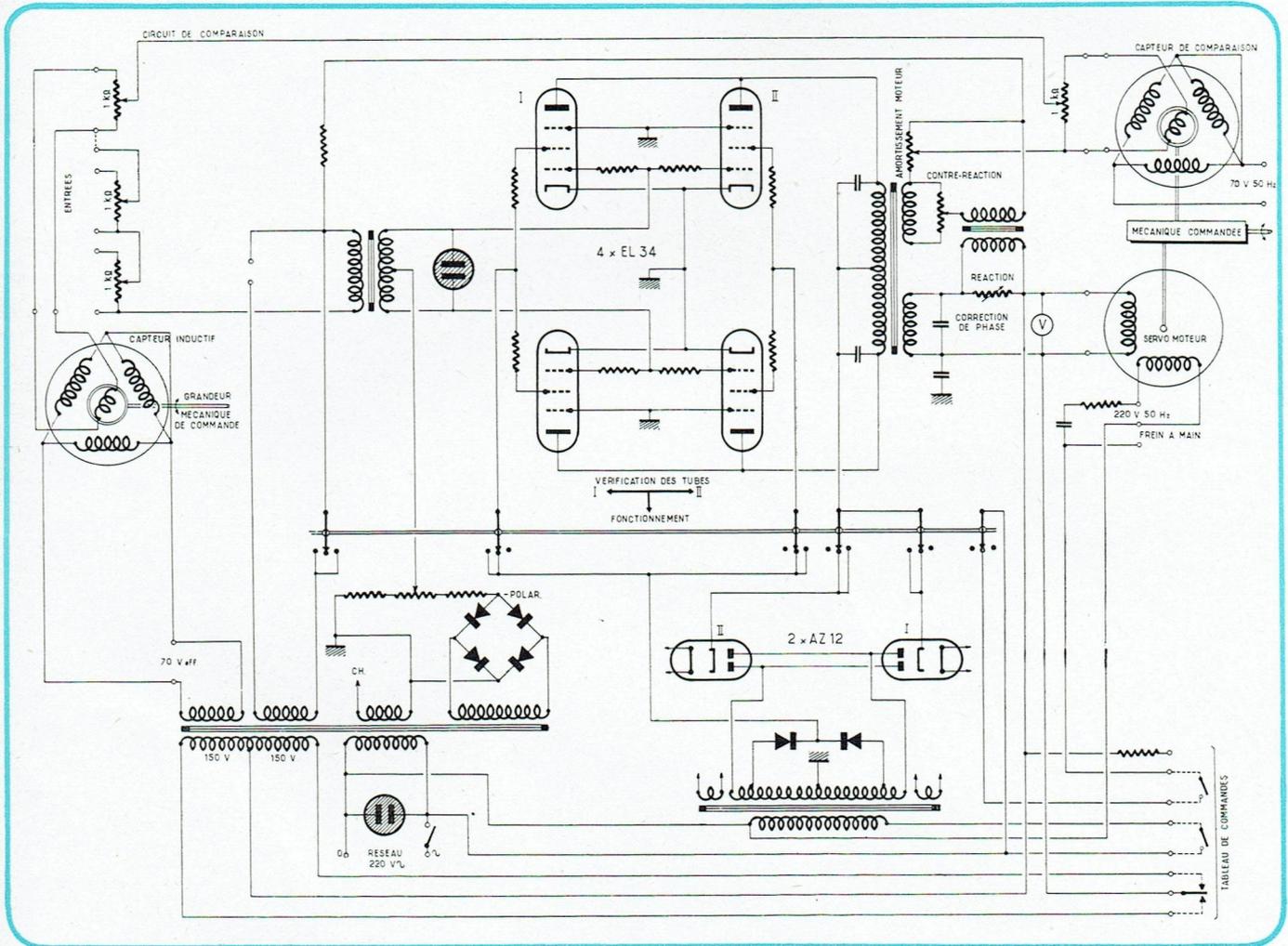
Elektronik, Munich, octobre 1955, p. 239-240.

L'amplificateur décrit est commandé par un capteur qui traduit une grandeur mécanique en tension électrique. Le capteur utilisé est constitué comme un moteur à champ tournant ; le stator comporte les trois enroulements habituels ; l'enroulement unique du

d'une pièce à exécuter). Il est connecté en pont avec le capteur de comparaison qui contrôle en quelque sorte le travail du servo-moteur sur le dispositif (admission de gaz, outil de tour, etc.) entraîné par ce dernier. La tension de diagonale de ce pont est

prévu pour qu'on puisse vérifier très rapidement l'état des deux jeux de tubes.

Du point de vue électrique, l'amplificateur possède la particularité de travailler à la fois avec une contre-réaction parallèle et une réaction série. Par cet artifice, égale-



Un excellent amortissement de l'organe commandé est obtenu dans cet amplificateur d'asservissement par l'emploi simultané d'une réaction et d'une contre-réaction.

rotor est ouvert et connecté aux circuits extérieurs par deux rubans flexibles. Deux enroulements du stator sont connectés à une tension alternative monophasée ; sur l'enroulement rotor, on recueille une tension qui dépend de la position de ce dernier. Le déplacement angulaire du rotor est limité à 65°.

L'ensemble comporte deux de ces capteurs inductifs. Le capteur de commande est couplé avec l'indicateur mécanique (ruban de bimétal, manomètre, balance, voire gabarit

conduite aux bornes de l'amplificateur qui commande le servo-moteur. Ce dernier tend ainsi toujours à compenser la différence de position entre les deux capteurs.

L'amplificateur proprement dit ne comporte qu'un seul étage symétrique classe B équipé de deux paires de tubes de puissance. Une seule paire serait suffisante pour la dissipation demandée ; la seconde a été prévue pour que le fonctionnement ne soit pas interrompu au cas où un tube tomberait en panne. Un commutateur à 6 circuits est

ment utilisé dans des amplificateurs B.F. très poussés, on peut obtenir une résistance de sortie nulle, voire suffisamment négative, pour compenser partiellement la résistance ohmique de la charge. Il en résulte un excellent amortissement de l'organe commandé. Ainsi, il suffit, dans le cas de notre servo-moteur, de 50 ms pour changer son sens de rotation, et cela pour des vitesses initiales et finales de 2 500 tr/mn ! Ajoutons encore que ce moteur consomme 60 W et délivre un couple de 30 kgm. B.C.

LE PROTOTYPE MÉCANIQUE

QUI A MIS AU POINT

Le UGON 2

BREVETÉ S.G.D.G.



GRANDEUR
RÉELLE

RELAIS SUBMINIATURE

- 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



VOUS PRÉSENTE

*toujours dans les
mêmes dimensions de
RELAIS SUBMINIATURE*

LE UGON 3 QUALITÉS HF

entre excitation et commutation : plus petit que 5 pf
entre contact ouvert et le reste : plus petit que 1 pf

LE UGON 4 POLARISÉ

mêmes caractéristiques que le UGON 3 mais
avec une excitation de 500 microwatts seulement
(seuil de sensibilité)

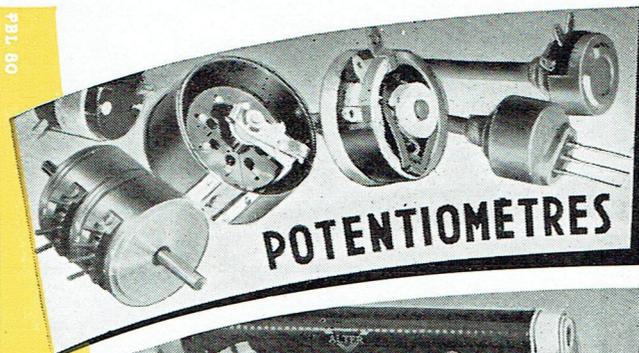
et d'autres à l'étude
(Modèles spéciaux sur demande)



LE PROTOTYPE MÉCANIQUE

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

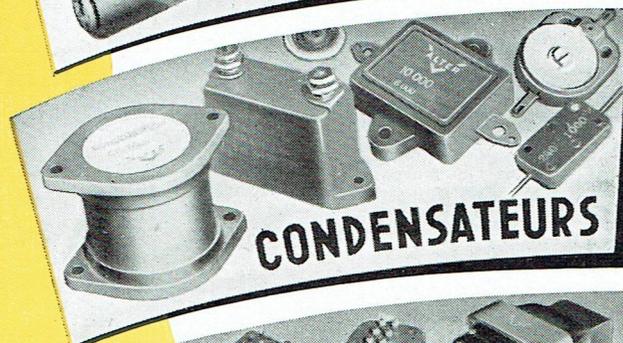
08 TEL



POTENTIOMETRES



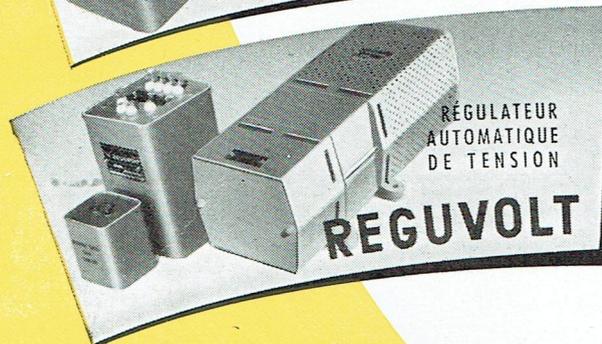
RESISTANCES



CONDENSATEURS



TRANSFORMATEURS



REGUVOLT

M.C.B et VERITABLE ALTER

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

L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE

vue par

"ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE"

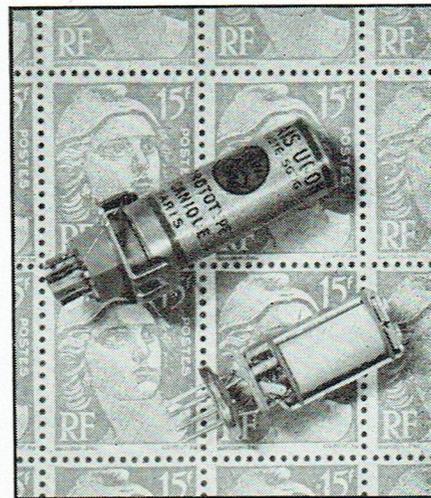
RELAIS SENSIBLES SUBMINIATURES UGON

(ÉTABLISSEMENTS LE PROTOTYPE MÉCANIQUE)

Il est inutile d'insister sur l'importance des relais électro-magnétiques dans toutes les installations de commandes automatiques, mais il faut noter également que pour de multiples applications on a besoin de relais d'encombrement minime et, en même temps, très sensibles. Nous pensons que l'utilisateur éventuel trouvera son bonheur parmi les principaux modèles UGON, dont nous résumons ci-dessous les caractéristiques essentielles :

Relais UGON 2 (puissance d'excitation de 6 mW avec bobinage haute ou basse impédance, de 13.500 ohms à 0,05 ohm). Son diamètre est de 10 mm, sa hauteur de 25 mm et son poids 5,7 g. Il peut assurer plus de 1 million de coupures sous 24 V-0,5 A en courant alternatif (avec dispositif anti-étincelle) à une cadence de 50 coupures par seconde (contacts en métaux frittés). Sous faible charge, la cadence de fonctionnement peut atteindre environ 1 000 c/s. A noter que les bobinages peuvent supporter une surcharge permanente de 1 watt sans détérioration. Ses faibles capacités capacitifs en H.F. sont à remarquer : 4 pF entre l'excitation et les circuits commutés ; 0,7 pF entre le contact inutilisé et le reste. Il est entièrement tropicalisé (verre et métal) et monté sur brochage normal subminiature rond.

Relais UGON 4. Ce modèle est polarisé. Il a les mêmes dimensions, le même poids, les mêmes bobinages et le même pouvoir de coupure que le modèle UGON 2, mais avec une excitation normale d'environ 300 microwatts.



FRÉQUENCEMÈTRE-HÉTÉRODYNE T.H.F.

(ÉTABLISSEMENTS FÉRISOL)

Dans le domaine des T.H.F. et U.H.F. on utilise couramment divers systèmes d'ondemètres à absorption, constitués par des circuits à constantes réparties : lignes coaxiales, cavités, etc.

Cependant, cette méthode exige l'emploi de sources délivrant une certaine puissance, et de plus, la plage de mesures est limitée à la gamme, nécessairement assez étroite, couverte par le dispositif résonnant.

Au contraire, l'utilisation d'un fréquencesmètre-hétérodyne procure une sensibilité plus élevée et la plage de fréquences utilisable avec un oscillateur couvrant une gamme donnée peut être considérablement étendue par l'utilisation des harmoniques, celles de la fréquence inconnue et celles de l'oscillateur local lui-même.

Le fréquencesmètre T.H.F. HS 102 comprend : un oscillateur local, couvrant en fondamentale la gamme de 100 à 200 MHz ; un étage mélangeur, où s'effectue le battement entre la fréquence de l'oscillateur local et la fréquence inconnue ; un étage oscillateur à quartz (5 MHz) pour la vérification de l'étalonnage de l'oscillateur local ; un étage B.F. amplifiant les battements à fréquence audible après détection.

L'alimentation se fait entièrement sur secteur alternatif, la haute tension de l'oscillateur étant stabilisée par un tube au néon.



NOUVEAUX APPAREILS DE MESURE

(COMPAGNIE GÉNÉRALE DE MÉTROLOGIE)

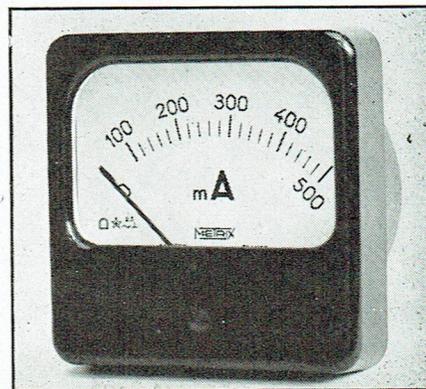
Depuis très peu de temps la Compagnie Générale de Métrologie (Metrix), spécialisée dans les appareils de mesure que nos lecteurs connaissent bien, fabrique des appareils de tableau dont la photographie ci-contre montre la présentation très moderne.

Ces appareils existent aussi bien en type magnétoélectrique (à cadre mobile), avec ou sans redresseur, qu'en type ferromagnétique. Les premiers, munis d'un équipement ultra léger et d'un aimant ticonal très puissant, répondent à toutes les prescriptions des normes UTE : classe de précision 1,5, amortissement, tenue en température etc. Les seconds, dotés d'un équipement en alliage à haute perméabilité et particulièrement sensible, se situent dans la classe de précision 2,5.

En ce qui concerne les dimensions, quatre modèles existent actuellement :

50 carré (hors tout : 63 × 63 mm) ; 100 carré (hors tout : 120 × 120 mm) ;
80 carré (hors tout : 95 × 95 mm) ; 110 rectangulaire (hors tout 120 × 106 mm).

Les sensibilités s'étendent de 50 μ A à 50 A ou de 10 mV à 750 V.



CONDUCTIMÈTRE ÉLECTRONIQUE (ÉTABLISSEMENTS J. TACUSSEL)

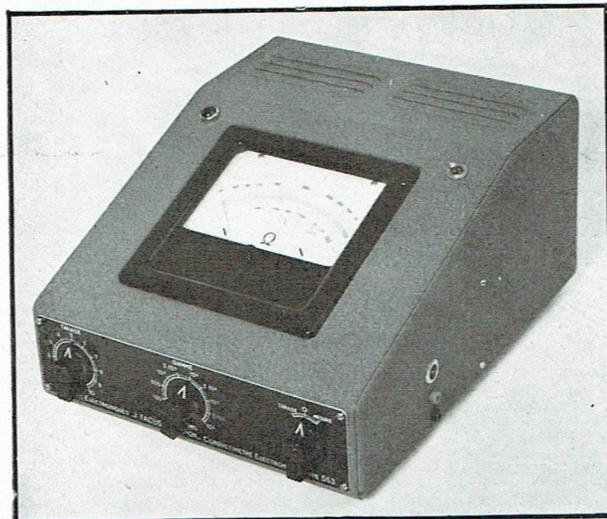
Cet appareil, à lecture directe, a de multiples applications dans des domaines très variés : contrôle de l'eau distillée, de l'eau de condensation, de l'eau d'alimentation de chaudières, de l'eau de source (ordinaire ou minérale), de l'eau potable, etc. ; contrôle de fin de réaction ou de fin de lavage ; contrôle de la pureté du papier, des huiles, des tissus par détermination des électrolytes solubles résiduels.

L'appareil comporte une cellule de mesure, constituée par deux électrodes en métal platiné et alimentée à travers une résistance étalon par une source de tension alternative stabilisée. Un amplificateur de courant alternatif à gain constant, suivi d'un redresseur et d'un instrument indicateur, permet de mesurer la tension aux bornes de la cellule, tension qui est proportionnelle au rapport de la résistance de la cellule à la résistance étalon.

La stabilité du montage permet la commande d'appareils d'enregistrement, d'alerte ou de régulation.

Il est possible d'utiliser, au lieu des étalons intérieurs, une autre cellule de mesure plongeant dans une solution-type, pour les mesures par comparaison.

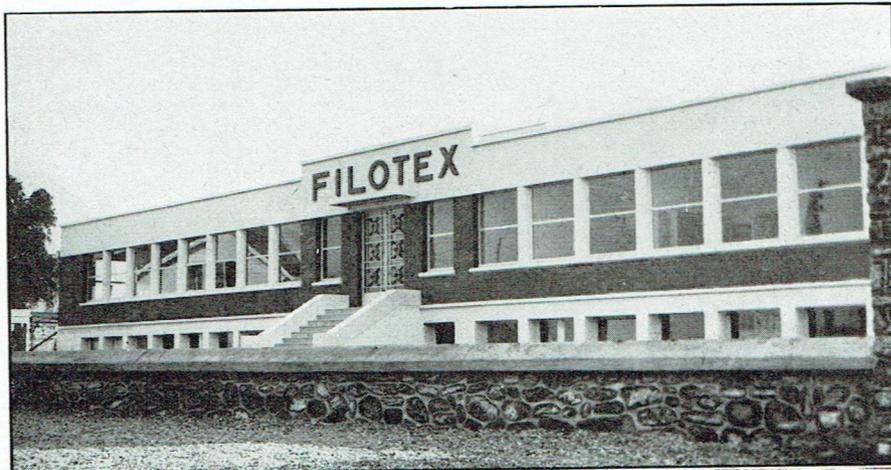
Les résistances mesurables sont comprises entre 1 ohm et 10 mégohms et les mesures sont effectuées à la fréquence du réseau (50 Hz) sous une tension inférieure à 0,5 V (valeur de crête).



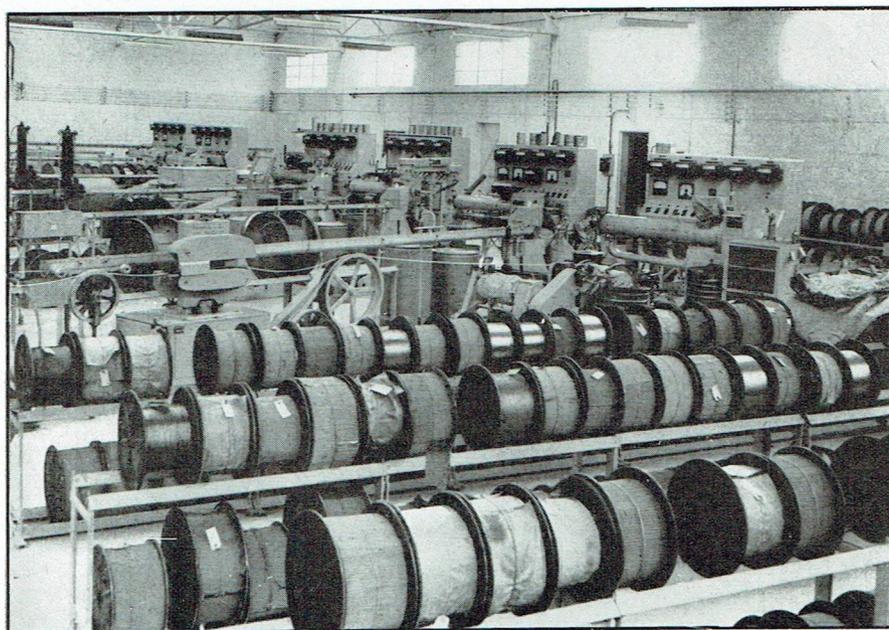
LA NOUVELLE USINE FILOTEX

Commencés en février 1955, les travaux d'édification de la nouvelle usine **Filotex** ont permis sa mise en fonctionnement le 22 août de la même année, sans que la production n'ait subi d'autre interruption que celle due aux congés annuels. Nous avons eu dernièrement l'occasion de visiter les 4 000 m² de surface couverte dans lesquels un personnel de 116 travailleurs produit désormais, en moyenne, 4 000 km de fils et câbles par mois.

Tout a été conçu et réalisé dans cette nouvelle usine pour un circuit rationnel de la fabrication, depuis l'entrée des matières premières en passant par les différents stades de la production et des contrôles pour finir par l'emballage des produits finis. Tout a été mis en œuvre pour le meilleur rendement dans les meilleures conditions de travail : disposition judicieuse des différents postes, éclairage très étudié, chauffage, ventilation, couleurs des machines et des murs.



La façade et une partie du vaste hall de la nouvelle usine Filotex.



Les fils et câbles produits par **Filotex**, dont la section va de 0,1 à 1 000 mm², utilisent les isolants les plus variés : polyéthylène, superpolyamide, chlorure de vinyle, caoutchouc silicone, laine de verre, téflon, amiante, etc... Câbles à conducteurs multiples, coaxiaux, tresses et gaines sortent de machines modernes dont certaines, les boudineuses, sont pourvues de dispositifs de régulation électronique de température, et subissent en cours et en fin de fabrication les contrôles mécaniques et électriques les plus sévères.

La production de **Filotex** est destinée au matériel de télécommunications : émetteurs et récepteurs de radio et de télévision, radars, etc., ainsi qu'à l'aviation. Nous avons appris qu'elle est utilisée dans l'appareillage électrique et radioélectrique d'une grande partie des avions construits en France, parmi lesquels sont à citer les « Caravelle », « Mystère Dassault », « Nord-2500 », « Fouga », « Vautour ». On ne saurait trouver de meilleures références.

À côté de la production et de ses circuits, nous ne saurions négliger les laboratoires de chimie où sont vérifiées les matières premières, les compounds d'isolement, où sont effectués les essais de tenue à la température, à l'humidité, aux acides, à l'eau de mer et les laboratoires électriques où ont lieu les essais sous très haute tension, mesures d'isolement, etc. N'omettons pas enfin les services commerciaux, dont les clairs bureaux ont vue sur la vaste cour extérieure.

Nous félicitons sincèrement le fondateur et directeur de cette belle usine : M. **Perelberg**.

Premier Bilan

IL Y A UN AN nous préparions le premier numéro d'Electronique Industrielle. Nous destinions cette Revue aux promoteurs et aux utilisateurs de la nouvelle technique, autrement dit, à ceux qui conçoivent les méthodes et réalisent l'appareillage électronique, d'une part, et, d'autre part, à ceux qui s'en servent dans les domaines les plus divers de l'industrie.

La nouvelle Revue devait donc, dans notre esprit, être un organe de documentation visant à étendre le champ des applications de l'électronique et à convertir en sa faveur ceux des industriels qui, jusqu'à présent, se sont montrés réfractaires à son égard.

Dans quelle mesure avons-nous atteint les buts visés ?

★

LES LECTEURS ET LES ABONNES qui, en 10 mois, sont venus se grouper autour de notre Revue constituent la meilleure réponse à cette question. Leur nombre et — surtout — leur qualité dépassent tous les espoirs que nous pouvions raisonnablement concevoir.

En parcourant les fichiers de nos abonnés, nous y voyons non seulement l'élite des techniciens de l'électronique, mais encore tous les grands noms, toutes les marques connues de tous les domaines de l'industrie, qu'il s'agisse de la métallurgie, de l'automobile, de l'électricité, de la chimie, de la mécanique de précision, de la verrerie, des textiles, du papier, etc... Comme disait le chef de notre service des abonnements : « On a l'impression de parcourir la Cote Desfossés... »

Voilà qui témoigne de l'intérêt incontestable et vraiment mérité que toute l'industrie porte à l'électronique. Si certains chefs d'entreprise se méfient encore des méthodes électroniques, du moins cherchent-ils à se tenir au courant de leur développement. Et, en les documentant objectivement, nous sommes sûrs que, tôt ou tard, ils feront appel à l'électronique.

Nous n'osions pas non plus, au moment de la naissance de notre Revue, espérer qu'elle pénétrerait si rapidement dans tant de grandes Administrations apparemment très fermées, dans tant de Laboratoires, Bibliothèques et Ecoles où sont formés ceux qui, demain, vont œuvrer dans la technique qui nous est chère.

A quoi donc est dû cet incontestable succès dépassant de loin nos espérances ?

LE CONTENU ET LA PRESENTATION de la Revue en sont certainement la raison. Nous avons bénéficié de la collaboration des meilleurs spécialistes ; et, par leur variété, leur caractère essentiellement pratique et souvent inédit, les études publiées dans ces pages ont été vivement appréciées de tous.

Si le premier numéro — nous l'avons dit à l'époque — ne répondait pas exactement à nos désirs, Electronique Industrielle a vite trouvé sa voie, et le présent cahier est bien conforme au programme tracé et aux suggestions que les lecteurs ne nous ont pas ménagées.

Car, dès le début, un contact parfait s'est établi entre ceux qui nous lisent et ceux qui écrivent dans ces pages. Et c'est grâce à cet échange constant d'idées que nous pouvons vous présenter une revue vivante. Les questions posées ici sous le titre de « SOS » ont, en particulier, suscité une véritable émulation et nous ont valu des réponses avisées que nous avons publiées pour le plus grand bénéfice de tous les lecteurs.

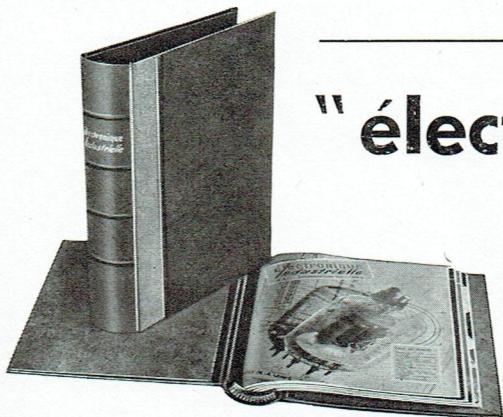
Nous savons, de surcroît, combien sont appréciées les analyses concises et pourtant très substantielles de la presse mondiale, de même que les tableaux synoptiques publiés sur les pages détachables au milieu de chaque numéro.

Il suffit de parcourir la table des matières de la première année, insérée dans ce numéro, pour se rendre compte de l'abondance et de la variété des sujets traités.

★

AU SEUIL DE LA SECONDE ANNEE que nous abordons avec une confiance justifiée, nous tenons à remercier tous ceux qui nous aident à poursuivre et à développer l'œuvre entreprise : les auteurs qui enrichissent ces pages de leurs idées et de leur expérience, les lecteurs et abonnés qui nous apportent leur soutien massif et nous font part de leurs critiques, encouragements et suggestions, les annonceurs qui ont compris dès le début que notre Revue porte leur message publicitaire dans les milieux les plus intéressants.

L'équipe rédactionnelle qui assure la publication d'Electronique Industrielle est fière de ce que, tous, vous lui avez permis d'accomplir et ne ménagera pas ses efforts pour faire encore mieux à l'avenir.



Pour conserver votre collection de
"électronique industrielle"
utilisez les élégantes

RELIURES SPÉCIALES

avec dos en simili-cuir rouge, impression du titre
en dorure à chaud, armature à fixation instantanée

CONTENANCE : 2 Années

PRIX : à nos bureaux, 500 francs ★ Par poste : 550 francs

ÉDITIONS RADIO, 9, rue Jacob, PARIS-6^e • Ch. P. 1164-34

TABLE DES MATIÈRES

1955-1956

(NUMÉROS 1 à 6)

d'Électronique Industrielle

	N°	Page		N°	Page
Electronique au service de la métrologie (L'), par J. Henry	1	4	Régulation automatique des débits de liquides, par M. Le	4	119
Amplificateur classe D, par J.-P. Ehmichen	1	5	Chevallier et M. Leleu	4	123
Réalisation d'un potentiomètre asservi, par F. Haas	1	11	Photodiodes et phototransistors au germanium, par J.-P.	4	126
Exposition de Physique et Salon de la Chimie, par			Vasseur	4	128
J.-P. Ehmichen	1	15	Tubes relais à cathode froide (Utilisation)	4	133
Amplificateurs magnétiques (Les), par W. Sorokine	1	21	Tubes pour H.F. industrielle, par A. Besson	4	136
Comportement des transistors à jonctions en régime sous-			Photorésistances au sulfure de cadmium, par J. Henry	4	137
alimenté, par H. Schreiber	1	25	Nouvelle photodiode au germanium	4	141
Radioéléments artificiels (Les) I. - La fabrication, par			Le contrôle rapide des états de surface, par F. Lafay	4	153
C. Fisher	2	45	Radioéléments artificiels (Les) II. - La mesure, par	4	159
Détecteurs électroniques de métaux, par J.-F. Dusailly	2	51	B. Grinberg	4	162
Amplificateurs magnétiques (suite), par W. Sorokine	2	63	Avenir des applications industrielles de l'électronique, par	5	171
Grains d'électronique	2	68	M. Sollima	5	171
Salon de la Pièce Détachée, par J.-P. Ehmichen	2	69	Radioéléments artificiels (Les) III. - Les applications, par	5	191
A la 52 ^e Exposition de Physique, par J.-P. Ehmichen	3	79	P. Lévêque	5	194
Cellules photo-électriques dans l'industrie, par J.-P. Ehmichen	3	83	Amplificateurs magnétiques (suite), par W. Sorokine	5	197
Electronique à la Foire de Hanovre, par H. Schreiber	3	87	Usinage par étincelles, par Albert Martin	5	202
Détecteurs électroniques de métaux (suite), par J.-F.			Régulateur automatique de débit à cellules photorésistan-	6	205
Dusailly	3	88	tes, par M. Le Chevallier et M. Leleu	6	209
Quand l'électronique s'établit en province, par Marthe			Régulateurs automatiques de tension à embrayage, par V.	6	213
Douriau	3	93	Gavreau et M. Miane	6	217
Conception et fonctionnement d'un viscosimètre à ultra-			Les contrôles radiologiques apportent la qualité par la	6	217
sons, par B. Thirion	3	101	sécurité, par F. Lafay	6	217
Télévision industrielle à bord d'une unité de la Marine			Contrôle automatique des pièces détachées fabriquées en	6	217
Canadienne	3	103	série, par A. Jamet	6	217
Réalisation d'un potentiomètre asservi, par F. Haas	3	104	Tubes compteurs Geiger-Müller, par J. Bourciez	6	217
Amplificateurs magnétiques (suite), par W. Sorokine	3	107	Gammamètre portatif 3 G 4, par H. Gilloux	6	217
			Chauffage H.F. par pertes diélectriques, par L. Marlot	6	217
			Fréquence-mètre électronique AF-1	6	217

PAGES DÉTACHABLES

Code des couleurs (Le) (Résistances et condensateurs)	1	18	Cellules photo-électriques (Tableau), par J. Henry	4	134
Autotransformateurs à rapport variable, par J. Henry	2	59	Condensateurs au polystyrol, par J. Henry	5	167
Stabilisateurs de tensions alternatives, par J. Henry	3	97	Tubes de Geiger-Müller disponibles en France, par J.	6	206
			Bourciez	6	206

IDÉES ET TECHNIQUES NOUVELLES

A TRAVERS LA PRESSE

Tubes électroniques auto-chauffants	1	17	Régulation automatique de la température d'un apparte-	2	75
Recherche des défauts dans les lignes électriques à l'aide			ment	3	92
d'impulsions	1	20	Ouvre-porte électronique pour garage	3	92
Interrupteur électronique de puissance	1	29	Relais temporisé simple 0,1 seconde à 3 heures	3	92
Thermostat électronique	1	29	Appareil de mesure à lecture étalée	3	92
Mesure du coefficient de température des condensateurs			Transistor jonction suralimenté	3	111
en H.F.	1	30	Télémètre par variation de fréquence	3	113
Diodes « micro-jonction » à fil d'or	1	30	Trochotron coaxial RYG 10	4	145
Amplificateur magnétique à harmoniques pairs	1	31	Le Mémotron	4	146
Voyant indiquant le passage d'un courant	1	31	Le Typotron	4	146
Exploration des radiations gamma de la haute atmosphère			Contrôleur automatique de cotes	4	147
par sonde portée par ballon	1	31	Relais photo-électriques	5	177
Tube commutateur photo-électrique	1	32	Base de temps photo-électrique	5	177
Transistor détecteur-amplificateur pour l'analyse chimique	1	33	Régulation automatique d'un moteur continu	5	181
Multivibrateur stable	1	33	Réaction dans un amplificateur B.F. à transistors	5	181
Minuterie électronique	1	33	Nouveau filtre sélectif	5	181
Utilisation d'une triode symétrique auto-chauffante pour la			Commutateur à transistors	5	182
stabilisation de tension	1	34	Base de temps dilatée	5	182
Transformateur d'images électro-optique	1	34	Oscillogrammes en couleurs	5	182
Indicateur de déplacement longitudinal des axes	1	34	Contrôle ultrasonique de tôles et feuillards	5	183
Amplificateur à diodes	2	55	Oscillographie des phénomènes transitoires	5	183
Base de temps déclenchée... et déclenchante	2	56	Commande photo-électrique d'une machine à couper le	5	184
Base de temps circulaire	2	58	papier	5	184
Détecteur de spires en court-circuit	2	62	Vibreur photo-électrique	5	184
Machines coupant les fils à une longueur prédéterminée	2	74	Allumage électronique pour moteurs à explosion	6	219
Ignitron à électrode d'arc vibrante	2	74	Magnistor	6	220
Amplificateur à courant continu à transistors	2	74	Contrôle non destructif des figes et tubes métalliques	6	220
Condensateurs ajustables de grande valeur	2	74	Amplificateur de servomécanisme	6	221
Positionnement électronique d'une machine par comptage	2	74	Dispositif de télémètre	6	222
Déphaseur à grand angle pour applications industrielles	2	75	Générateur à formes d'ondes multiples	6	222

LAMELEC

LABORATOIRE DE MÉCANIQUE ÉLECTRONIQUE
S.A.R.L. Capital 15.000.000 F
31, Rue Cousté - CACHAN (Seine) - ALÉ. 35-53



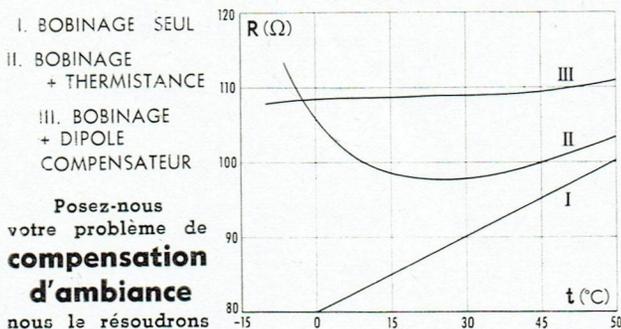
QUARTZ OSCILLATEURS

QUARTZ
pour
ULTRA-SONS

THERMISTANCES



Compensation d'un bobinage Cu
en fonction de la température



C.I.C.E. 128, rue de Paris, MONTREUIL - Avr. 22-54

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

- VADE MECUM DES LAMPES DE T.S.F.**, par Ph. Brans. — Documentation contenant tous les tubes français et étrangers. Édition 1952. 416 pages grand format 1.250 fr.
- VADE MECUM DES TUBES RADIO EQUIVALENTS**, par P.-H. Brans. — Tables de comparaison et de remplacement de tous les tubes radio. 304 pages grand format (1953) 1.080 fr.
- CONTROL-SYSTEM DYNAMICS**, par W.R. Evans (en américain). — Analyse mathématique des servomécanismes linéaires et non-linéaires accompagnée d'exemples pratiques et de problèmes. 282 pages (1954) 2.750 fr.
- TUBES ELECTRONIQUES** (Bibliothèque technique Philips).
Vol. I : **BASES DE LA TECHNIQUE DES TUBES DE T.S.F.**, par J. Deketch. — Technologie, caractéristiques et emploi des tubes. 550 pages. Relié toile 1.860 fr.
- Vol. II : **CARACTERISTIQUES ET SCHEMAS DE MONTAGE DES TUBES RECEPTEURS ET AMPLIFICATEURS** (1933-1939). 434 pages 1.250 fr.
- Vol. III : **CARACTERISTIQUES ET SCHEMAS DE MONTAGE DES TUBES RECEPTEURS ET AMPLIFICATEURS** (1940-1941). 220 pages 750 fr.
- Vol. IV : **UTILISATION DU TUBE ELECTRONIQUE DANS LES APPAREILS RECEPTEURS ET AMPLIFICATEURS**. Tome I : Amplification haute et moyenne fréquence détection. 450 pages 1.860 fr.
- Vol. V : Tome II : Amplification B.F. Etage de sortie. Alimentation. 450 pages (1952) 2.500 fr.
- DIELECTRIQUES SOLIDES**, par R. Jonaust. — Propriétés des isolants : théorie des phénomènes et leur signification pratique. 84 pages grand format 600 fr.
- INDUKTIVITÄTEN**, par H. Hertwig (en allemand). — Calcul, technologie et mesures de self-inductions de toutes sortes pour toutes fréquences. 142 pages (1954) 1.130 fr.
- MATIERES PLASTIQUES EN ELECTROTECHNIQUE** (Les), par M. Bohn. — Technologie des matières plastiques isolantes ; leur emploi en électricité et radio. 420 p. 1.620 fr.
- PROPRIETES ELECTRIQUES DES RESINES SYNTHETIQUES** (Les), par J. Granier. — Technologie des isolants modernes avec tableaux et courbes. 186 pages 650 fr.
- TRANSFORMATEURS RADIO**, par C. Guilbert. — Calcul et réalisation des transformateurs d'alimentation, des transformateurs B.F. et des inductances de filtrage. Conseils sur l'utilisation des transformateurs. 64 pages 240 fr.
- COMMANDE ELECTROMAGNETIQUE ET ELECTRONIQUE DES MACHINES-OUTILS**, par A. Fouillé et J. Canuel. — Traité détaillé et pratique de la technique moderne de l'outillage automatique. 340 pages (1952) 3.120 fr.

Catalogue TECHNOS 1956

Notre nouveau catalogue donne, sur ses 24 pages, une documentation complète et unique sur l'ensemble de la littérature technique de nos spécialités. Son classement méthodique par matières permet de trouver instantanément toutes les documentations existant, en langue française ou étrangère, sur les sujets radio, électronique, télévision, hyperfréquences, etc...

CATALOGUE COMPLET SUR SIMPLE DEMANDE

L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE VUE PAR ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE

Phasemètre électronique (Sexta)	1	37	Temporisateur industriels (Rocke International)	3	115
Relais électromagnétiques adaptés à l'électronique (ACRM)	1	37	Potentiomètres de précision (LEGPA)	4	148
Balayage en spirale (Derveaux)	1	38	Matériel pour la mesure d'impédances (Radiophon)	4	148
Fréquencemètres-chronomètres électroniques à compteurs d'impulsions (Rocher Electronique)	1	38	Installation pour la mesure des pertes diélectriques (Férisol)	4	149
Nouveaux tubes professionnels (La Radiotechnique)	1	39	Synchroscope 252 A	4	149
Potentiomètre au carbone moulu aggloméré (Variohm) ..	1	39	Fluctuomètre (L.E.A.)	4	149
Myke-à-trol, appareil permettant de réaliser toutes les commandes automatiques (Rocke International)	1	39	Mise au point des mécanismes d'horlogerie jusqu'à 8 000 tours/minute	5	185
Appareils de mesure pour l'électronique (Métrix)	1	40	Relais sensibles subminiatures Ugon (Le Prototype Mécanique)	6	223
Générateur V.H.F. de service type 925 (Métrix)	3	115	Fréquencemètre-hétérodyne T.H.F. (Férisol)	6	223
Compteur électronique pour appareils à corde vibrante (Télémac)	3	115	Nouveaux appareils de mesure (Métrix)	6	223
Double triode de puissance E 6080 (S.F.R.)	3	115	Conductimètre électronique (J. Tacussel)	6	224
			La nouvelle Usine Filotex	6	224

ÉDITORIAUX

Ce premier numéro, par E. Aisberg	1	1	Ce deuxième numéro	2	44
Quatre questions	1	2	Le contact est établi	3	78
Message de Bienvenue de Lee de Forest, père de l'électronique	1	3	Sécurité	4	118
Panorama de l'électronique	2	41	Le petit bout de charbon... ..	5	152
			Photogravure électronique	6	188

S. O. S.

N° 1. — Question : Equipement d'une station-service auto ..	3	78	N° 3. — Question : Vérification en série des condensateurs ..	5	166
Réponses : L'électronique au service de l'automobile ..	4	122	Réponse : Voir l'article à la page 202 de ce numéro. Un article ultérieur apportera quelques compléments au sujet du contrôle de l'angle de pertes.		
Quelques « aides » électroniques pour le garagiste, par Gianfranco Pennisi	5	178			
N° 2. — Question : Comment contrôler le centrage d'un conducteur dans un fil isolé ?	4	118			

JOURNEES INTERNATIONALES DE CALCUL ANALOGIQUE

Au cours de cette manifestation qui a eu lieu à Bruxelles du 26 septembre au 1^{er} octobre 1955, M. F.H. Raymond a proposé la création d'une **Association Internationale pour le Calcul Analogique**. Un bureau provisoire a été nommé pour assurer la fondation de cette association. Le Professeur Hoffmann en a accepté la présidence.

EXPOSITIONS

- ★ Le Salon National de la Pièce Détachée de Paris aura lieu du 2 au 6 mars prochain.
- ★ Une Exposition Internationale de l'Automatisme a eu lieu à Chicago du 14 au 17 novembre 1955.
- ★ Une Exposition Internationale de l'Industrie Atomique se tiendra à Amsterdam au cours de l'été 1957. Des contacts ont déjà été pris avec la Belgique, le Canada, la Norvège, l'Angleterre, la France et les Etats-Unis.

COLLOQUE ET EXPOSITION SUR L'AUTOMATIQUE

M. F.H. Raymond, Président de l'Association des Ingénieurs Electroniciens, Président de la 8^e Section (Electronique Appliquée) de la Société des Radioélectriciens, a pris l'initiative d'un colloque qui sera consacré à l'automatisme et se déroulera du 18 au 24 juin prochain. Dans l'esprit de l'initiateur, l'**automatique** est la science des automatismes, alors que le terme récemment introduit d'**automation** serait l'application de l'automatique à la production industrielle.

CECI EST A LIRE

Le programme provisoire comprend notamment les points suivants :

Définition de l'automatique. — Ses concepts théoriques actuels. — Ses domaines d'application. — Relations entre l'automatique et la production. — Définition de l'automation. — Ses bases théoriques. — La structure « fonctionnelle » et « technologique » des automatismes de production. — Leurs domaines d'application et leur influence sur la production.

Toutes les personnes et tous les organismes qui s'intéressent à ce problème et qui peuvent épauler l'initiative de M. F.H. Raymond, sont priés de se faire connaître, le plus rapidement possible, en écrivant au Secrétariat du Colloque sur l'Automatique, Chaire de la Mécanique, Conservatoire National des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, Paris (3^e).

ELECTRONIQUES ET MECANIQUE

Le 5 novembre dernier, à la Salle Chaleil, une journée d'études consacrée à la synthèse entre mécanique et électronique a été organisée par la Société Française des Mécaniciens, la Société des Radioélectriciens et l'Association des Ingénieurs Electroniciens. Elle a débuté par un brillant exposé de M. Maurice Ponte traitant de l'objet de la session et plaçant dans leur vraie perspective les relations entre la mécanique et l'électronique. La discussion qui a suivi a

montré combien l'auditoire était en particulier intéressé par les idées que le conférencier a énoncées au sujet de la formation de techniciens et des ingénieurs. Ensuite, M. Minorski a traité de la mécanique et électronique dans l'évolution moderne de la mécanique non linéaire. L'après-midi, M. Avril a fait un exposé sur les apports de l'électronique à la métrologie, M. Languier a parlé de commande électronique et servomécanismes et M. Raymond, en traitant des relations entre l'automatisation et l'électronique, a défini la science nouvelle de l'automatisme.

MESURE ET CONNAISSANCE

Les journées d'études « Mesure et Connaissance » ont eu lieu du 5 au 9 décembre 1955 à la Maison de la Chimie. Elles ont été consacrées à la notion même de la mesure sous ses différents aspects dans tous les domaines de la connaissance, en vue d'en dégager la signification. C'est pour la première fois que ce sujet a été débattu sur une échelle aussi étendue. Une trentaine de communications ont attiré une assistance nombreuse. Et les discussions qui ont suivi ont démontré l'intérêt suscité par ce sujet.

INSTITUT SUPERIEUR D'ELECTRONIQUE DE PARIS

Cet Institut, dont nous avons déjà eu l'occasion de parler, a pu procéder à une sélection extrêmement sévère pour sa première année, puisque, sur près de 250 candidats, il en a accepté 84. L'Ecole Branly a ainsi débuté brillamment et le travail se poursuit de la façon la plus satisfaisante.

THERMISTANCES
 DIODES AU GERMANIUM
 PHOTODIODES
 TRANSISTORS
 PIÈCES DÉTACHÉES
 pour transistors
 REDRESSEURS PLATS

SIEMENS

CONDENSATEURS

- chimiques
- au Styroflex
- papier métallisé

RÉSISTANCES

FERRITES

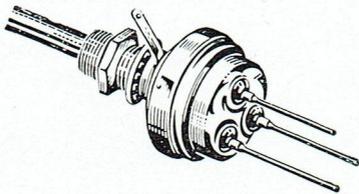
TUBES

CABINES BLINDÉES

Demandez documentation

R. KENIGSBERG 82, rue d'Hauteville, PARIS-10^e - Pro. 95-12

POTENTIOMÈTRES



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

Variohm 

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

PUBL. RAPHY

LE MATÉRIEL DE QUALITÉ
**CABLES
 PERENA**

CABLES H.F.-H.T.
 COAXIAUX
 MICRO-CABLAGE
 GAINÉ
 Tous fils spéciaux
 sur devis

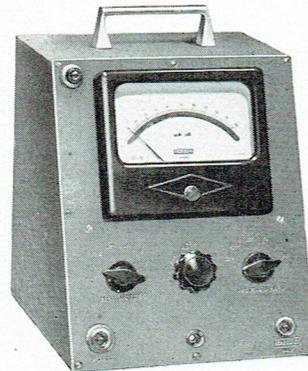


O.I.P.R.

GAMME
 COMPLÈTE DE
 FICHES COAXIALES
 DE QUALITÉ!

PERENA 48^{BD} VOLTAIRE 48
 PARIS 11^e - Tél. VOL 48-90+

HAUTES PERFORMANCES



FONCTION E
 depuis 1 mV à 50 kV.
FONCTION I
 depuis 10⁻¹² A à 1 A.
FONCTION R
 depuis 0,1 Ω à 10¹⁵ Ω.
FONCTION C
 depuis 0,01 pF à 10⁹ μF.
FONCTION Sdq
 300.000 signaux seconde
 pendant 60 minutes.
VARIATION DE TENSION :
 100 mV sur 1 000 V.
PERTE DE CHARGE :
 50 mV sur 500 V.
 etc, etc.

MILLI-MICRO
 (0,001 μA à 1 A)

CARACTÉRISTIQUES DE BASE DU MONTAGE ÉLECTRIQUE

(Btè S.G.D.G. France Etranger)
 R d'entrée en fonction E 10¹³ Ω
 R d'entrée en fonction I nulle
 R d'entrée fonction C, R, Sdq nulle
 Courant grille 10⁻¹³ A

DOCUMENTATION ET DÉMONSTRATION SUR DEMANDE

EMOUZY

63, rue de Charenton
 PARIS-12^e
 Tél. DIDerot 07-74

Fondé en 1915

FOURNISSEUR DES GRANDS LABORATOIRES OFFICIELS ET PRIVÉS

TOUTE LA RADIO

BULLETIN
D'ABONNEMENT
à découper et à adresser à la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

9, Rue Jacob, PARIS-6^e

EL. 6 ★

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. (Etranger 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 :

TELEVISION

BULLETIN
D'ABONNEMENT
à découper et à adresser à la

SOCIÉTÉ DES ÉDITIONS RADIO

9, Rue Jacob, PARIS-6^e

EL. 6 ★

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. (Etranger 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

EL. 6 ★

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. (Etranger 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

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

Plusieurs entreprises nous ont signalé qu'elles étaient à la recherche d'agents techniques radio, électronique, télévision. Les techniciens que cette proposition intéresse éventuellement sont priés d'écrire à la revue n° 836.

DIVERS

70 km Ouest Paris, usine 1000 m² couverts plus terrain 1000 m², H.T. transf. 30 kW, B.T., gaz, eau, main-d'œuvre sur place. Ets Jeuffroy, Ezy (Eure). Tél. 1 Ezy.

IMPORTANTE SOCIÉTÉ
DE RÉPUTATION MONDIALE RECHERCHE
POUR LABORATOIRES DE ZURICH (Suisse)

INGÉNIEURS-ÉLEC TRO- NICIENS OU PHYSICIENS

de premier ordre, spécialisés dans les domaines suivants : Calculateurs électroniques, circuits impulsionnels à relais ou à transistors, circuits à éléments ferromagnétiques ou ferroélectriques. Les candidats devront faire preuve d'esprit inventif et être capables de poursuivre leurs recherches jusqu'à réalisation effective. Ecrire avec curriculum vitæ détaillé, à n° 19311. Publicité SWEERTS, 36 ter, rue de la Tour-d'Auvergne, Paris, qui transmettra.

TOUTE LA RADIO N° 202

Prix : 150 Francs Par Poste : 160 Francs

- ★ Le théorème de Thévenin : aussi facile à appliquer que la loi d'Ohm, la transformation de Thévenin permet, dans bien des cas, une grande simplification des calculs.
- ★ Installation des auto-radio : pose de l'antenne ; câblage ; réglage.
- ★ Un récepteur de trafic à double changement de fréquence : description par Ch. Guilbert (F3LG) d'un récepteur de hautes performances pour la réception des bandes amateurs. Toutes indications sont données pour l'exécution du bloc de bobinages.
- ★ Un oscilloscope professionnel : le modèle TT de Lérés. Présentation complète, comprenant le schéma avec toutes les valeurs des éléments.
- ★ Revue de la presse mondiale, comportant notamment le schéma d'un récepteur de poche à transistors et la description d'un nouveau dispositif d'entraînement pour magnétophone.

BASSE FRÉQUENCE ET HAUTE FIDÉLITÉ

- ★ Lutherie électronique : l'Ondioline. — Dans cette quatrième partie de son étude, Georges Jenny, inventeur de l'Ondioline, donne à ceux qui voudront construire son instrument, des conseils pratiques pour le montage.
- ★ Le bruit de fond dans l'enregistrement magnétique. — R. Miquel termine ici une étude extrêmement fouillée sur un des problèmes capitaux qui se posent aux utilisateurs de rubans magnétiques.
- ★ Etude et réalisation des filtres de coupure pour deux haut-parleurs. — Un article qui condense en deux pages le processus de calcul et les données de réalisation pratique (à partir d'abaques) d'un filtre à bobines à air pour la séparation des signaux de graves et d'aiguës.

RADIO CONSTRUCTEUR

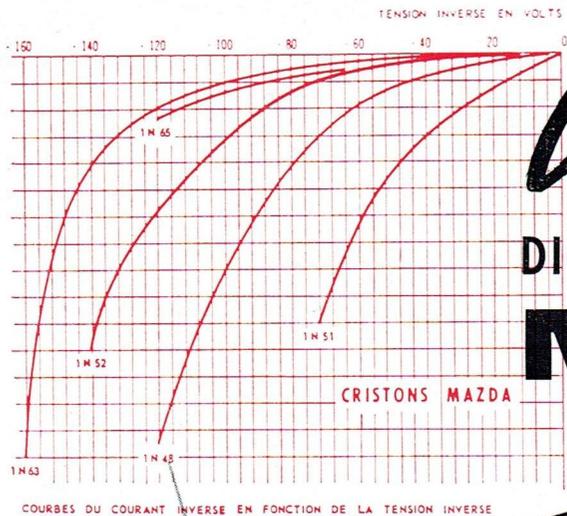
Prix : 120 Francs Par Poste : 130 Francs

- ★ Différents schémas antifading. Schémas pratiques de C.A.V. retardée.
- ★ Utilisation pratique de la penthode EF 86.
- ★ Un amplificateur B.F. de haute fidélité.
- ★ Un générateur B.F. à résistances-capacités, 30 à 30 000 Hz.
- ★ Détectrice à réaction de conception originale.
- ★ Un voltmètre électronique simple pour la mesure des tensions continues, B.F., H.F. et V.H.F.
- ★ Commande à distance d'un récepteur radio (tonalité et puissance).
- ★ Un bon amplificateur B.F. pour électrophone.
- ★ Tableau aide-mémoire des filtres RC.
- ★ Sensibilité normale d'un récepteur radio.

TV

- ★ Téléviseur ECO, à 14 lampes et tube de 43 cm (suite).
- ★ Détection vidéo et circuits de correction mixte.
- ★ Dépannage du téléviseur Radiola RT 3626.

Notre prochain numéro,
sera celui de
MARS-AVRIL
Et, en attendant...
nos meilleurs vœux
pour 1956



Cristons

DIODES AU GERMANIUM

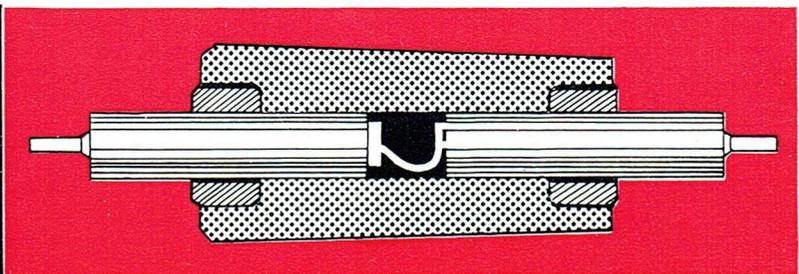
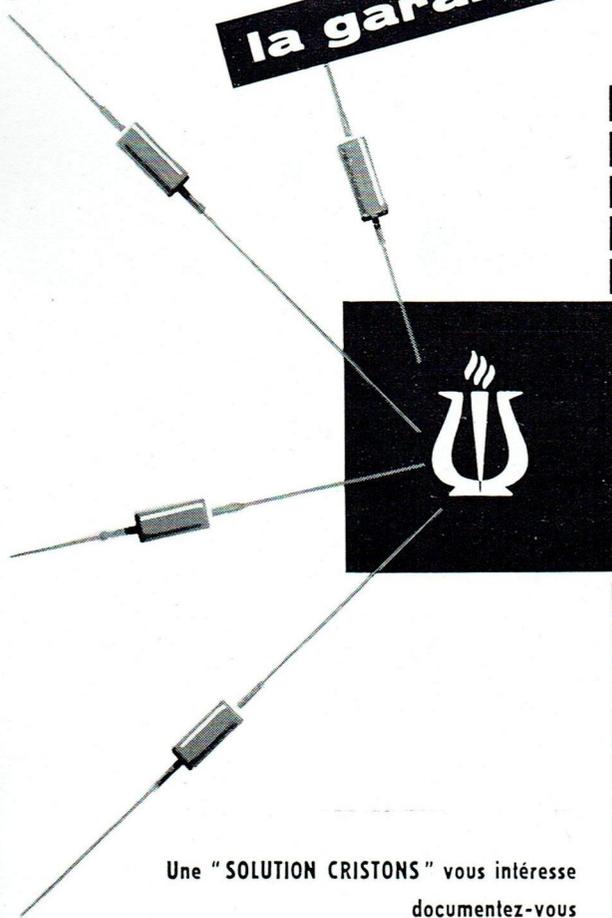
MAZDA

la garantie d'une technique éprouvée

Techniciens, chaque fois que vous avez un problème qui pose un de ces impératifs :

- 1) consommation réduite.
- 2) encombrement réduit.
- 3) longue durée d'utilisation.
- 4) constance des performances

rappelez-vous que les CRISTONS MAZDA sont à votre disposition

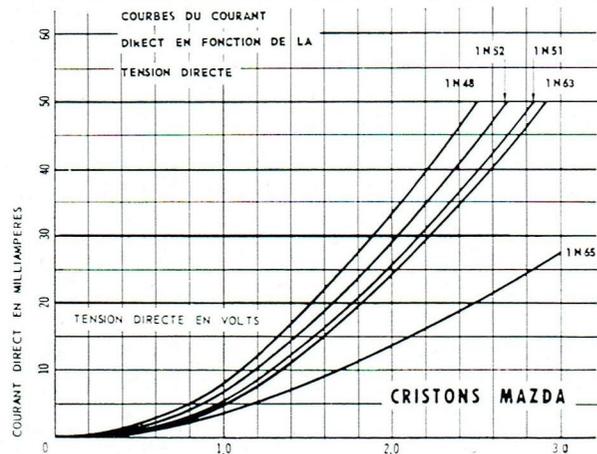


Une " SOLUTION CRISTONS " vous intéresse
documentez-vous

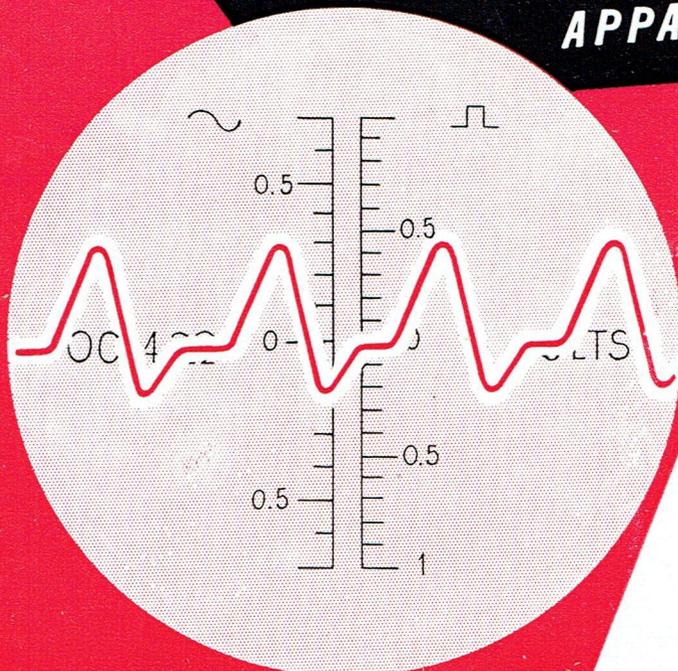
COMPAGNIE DES LAMPES
SERVICE DES LIAISONS TECHNIQUES
29, RUE DE LISBONNE, PARIS 8^e

NOM

ADRESSE



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 oscillographiques pour l'étude des phénomènes transitoires - Etc... Tous oscillographes spéciaux sur cahier des charges.

★ NOTICE TECHNIQUE SUR DEMANDE



PUBL. AJAX 22 B



CONSTRUCTIONS
RADIOÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES DU CENTRE

19, RUE DAGUERRE, SAINT-ETIENNE (LOIRE)
TÉLÉPHONE : E2 39-77 (3 lignes groupées)

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