

L'ONDE ÉLECTRIQUE

35^e ANNÉE - N° 343
OCTOBRE 1955

International

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



NUMÉRO
Spécial
CONSACRÉ
À
L'ÉNERGIE
NUCLÉAIRE
I. Piles atomiques
et Radio-isotopes

Homologation C.C.T.U.
Catégorie III n° 54.01



POUR DURER
UN CONDENSATEUR AU MICA
DOIT ÊTRE ÉTANCHE

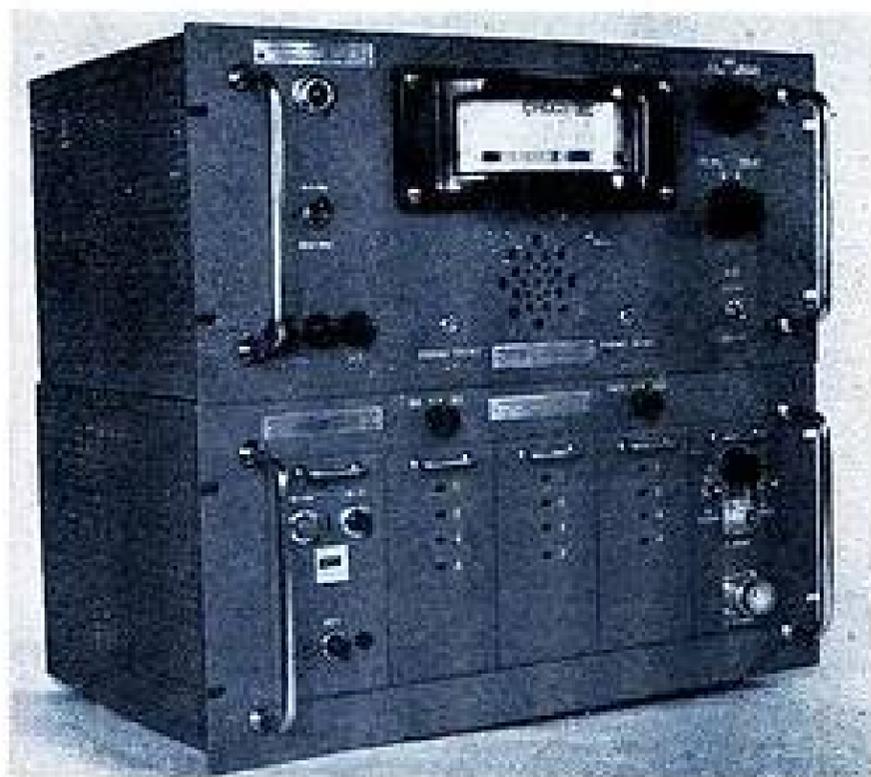
ADOPTÉZ

STÉAFIX

STÉAFIX et C^{IE} - 17, RUE FRANCOEUR, - PARIS-18^e - MON. 02-93, 61-19

MATERIEL D'ETUDES ET DE RECHERCHES POUR L'ENERGIE NUCLEAIRE

Licence Commissariat à l'Énergie Atomique



PRÉAMPLIFICATEURS
POUR COMPTEUR
G. M.

LE

ENSEMBLES DE
COMPTAGE A SCIN-
TILLATION INTÉ-
GRATEURS ÉCHELLES
ETC...



LABORATOIRE INDUSTRIEL D'ÉLECTRICITÉ

41, AVENUE ÉMILE-ZOLA - MONTREUIL-SOUS-BOIS - TÉL. : AYRON 39-20

L'ONDE ÉLECTRIQUE

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

Vol. XXXV

OCTOBRE 1955

N° 343

ÉDITIONS CHIRON, 40, rue de Seine, PARIS-6^e. — C.C.P. Paris 53-35

Abonnements : 1 an : France : 2.500 F ; Étranger : 2.800 F — Prix de ce N° : 400 F

Publicité : M. R. DOMENACH, Agent exclusif, 161, bd Saint-Germain, PARIS-6^e, Tél. LIT. 79-53

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ET SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

I. Les piles atomiques
et les radio-isotopes

SOCIÉTÉ DES RADIOÉLECTRICIENS

10, Avenue Pierre-Larousse, Malakoff (Seine). — Tél. ALÉSIA 04-16 — C.C.P. Paris 697-38

NOTIONS FONDAMENTALES RELATIVES AUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES

PAR

M. SURDIN

*Service des Constructions Electriques
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay*

TABLE DES MATIÈRES

- I. — Introduction.
- II. — Rappel de quelques notions fondamentales de radioactivité.
 - II.1. — Constante radioactive.
 - II.2. — Période.
 - II.3. — Vie moyenne.
 - II.4. — Les filiations.
 - II.5. — Le curie.
- III. — Réactions nucléaires.
 - III.1. — Section efficace.
 - III.2. — Libre parcours moyen.
 - III.3. — Sections efficaces totales et partielles.
 - III.4. — Sections efficaces pour les neutrons.
 - III.5. — Mesure du flux de neutrons.
- IV. — Fission nucléaire.
 - IV.1. — Fission nucléaire par neutrons thermiques.
 - IV.2. — Produits de fission.
 - IV.3. — Décroissance des produits de fission.
 - IV.4. — Neutrons prompts.
 - IV.5. — Neutrons retardés.
 - IV.6. — Energie libérée à la fission.
- V. — Généralités sur les réacteurs nucléaires.
 - V.1. — Réaction en chaîne.
 - V.2. — Dimensions critiques.
 - V.3. — Le facteur de multiplication.
 - V.4. — Contrôle du réacteur.
 - V.5. — Sécurité.
- VI. — Eléments de la théorie des réacteurs nucléaires.
 - VI.1. — Ralentissement des neutrons.
 - VI.2. — Diffusion des neutrons.
 - VI.3. — Libre parcours de transport.
 - VI.4. — Le Laplacien.
 - VI.5. — L'équation de diffusion.
 - VI.6. — Longueur de diffusion.
 - VI.7. — L'albedo.
 - VI.8. — Mesures de la longueur de transport et du libre parcours moyen de diffusion.
 - VI.9. — Dimensions critiques d'un réacteur.
 - VI.10. — Dimensions critiques d'un réacteur muni d'un réflecteur.
 - VI.11. — Le facteur de multiplication effectif.
 - VI.12. — Théorie à plusieurs groupes.
 - VI.13. — Détermination expérimentale des dimensions critiques.
- VII. — Etude de la cinétique des réacteurs.
 - VII.1. — Le contrôle d'un réacteur nucléaire.
 - VII.2. — L'effet des neutrons retardés.
 - VII.3. — Etude en régime variable.
 - VII.4. — Etalonnage des plaques de réglage.
 - VII.5. — Effet de température.
 - VII.6. — Empoisonnement d'un réacteur par les produits de fission

I. — Introduction.

Actuellement la principale activité du Commissariat à l'Energie Atomique est l'étude et la construction des réacteurs nucléaires destinés à la production de l'énergie. Pour cette raison, et malgré le fait que le présent numéro de l'Onde Electrique soit consacré tout particulièrement à l'électronique nucléaire, il nous a paru intéressant de donner aux électroniciens quelques notions fondamentales relatives aux réacteurs nucléaires. Leur contrôle est le

domaine de l'électronicien, toutefois, pour bien contrôler ces réacteurs il faut comprendre leur mode de fonctionnement.

Dans l'étude qui suit nous nous sommes bornés à exposer principalement les notions fondamentales relatives à la théorie générale et à la cinétique des réacteurs à uranium naturel et à neutrons thermiques. Ces notions doivent permettre à l'électronicien d'étudier avec profit les autres articles de ce numéro de l'Onde Electrique et, en particulier,

PROTECTION

Le NOUVEAU
DOSIMÈTRE
INDIVIDUEL "PHY"

modèle

DE POCHE



modèle

BRACELET



★ PROTÉGÉ
PAR 3 BREVETS

1° Défense Nationale
2° Huzar
3° La Physiotecnie

Lecture directe sur large cadran
Chargeur statique incorporé à double effet
Sans pile, sans usure ni entretien

- Instrument indispensable pour la protection de tous ceux qui séjournent en milieu radio-actif.
- Offre la possibilité de mesurer instantanément les intensités dangereuses de rayonnement.
- Permet de connaître en quelques secondes la durée limite de séjour permis dans un lieu radio-contaminé.
- Renseigne à tout instant avec une grande précision sur les doses qui ont irradié son porteur.
- Testé par le "bureau of Standards" de Washington
- Résiste aux chocs et vibrations, à l'immersion, tient sa charge pendant des semaines et ne présente aucune fuite après de très fortes irradiations.
- Adopté par les Ministères de la Défense Nationale et de l'Intérieur, par le Commissariat à l'Énergie atomique, l'Industrie radio-active, les laboratoires nucléaires et de radiologie médicale.

LA PHYSIOTECHNIE

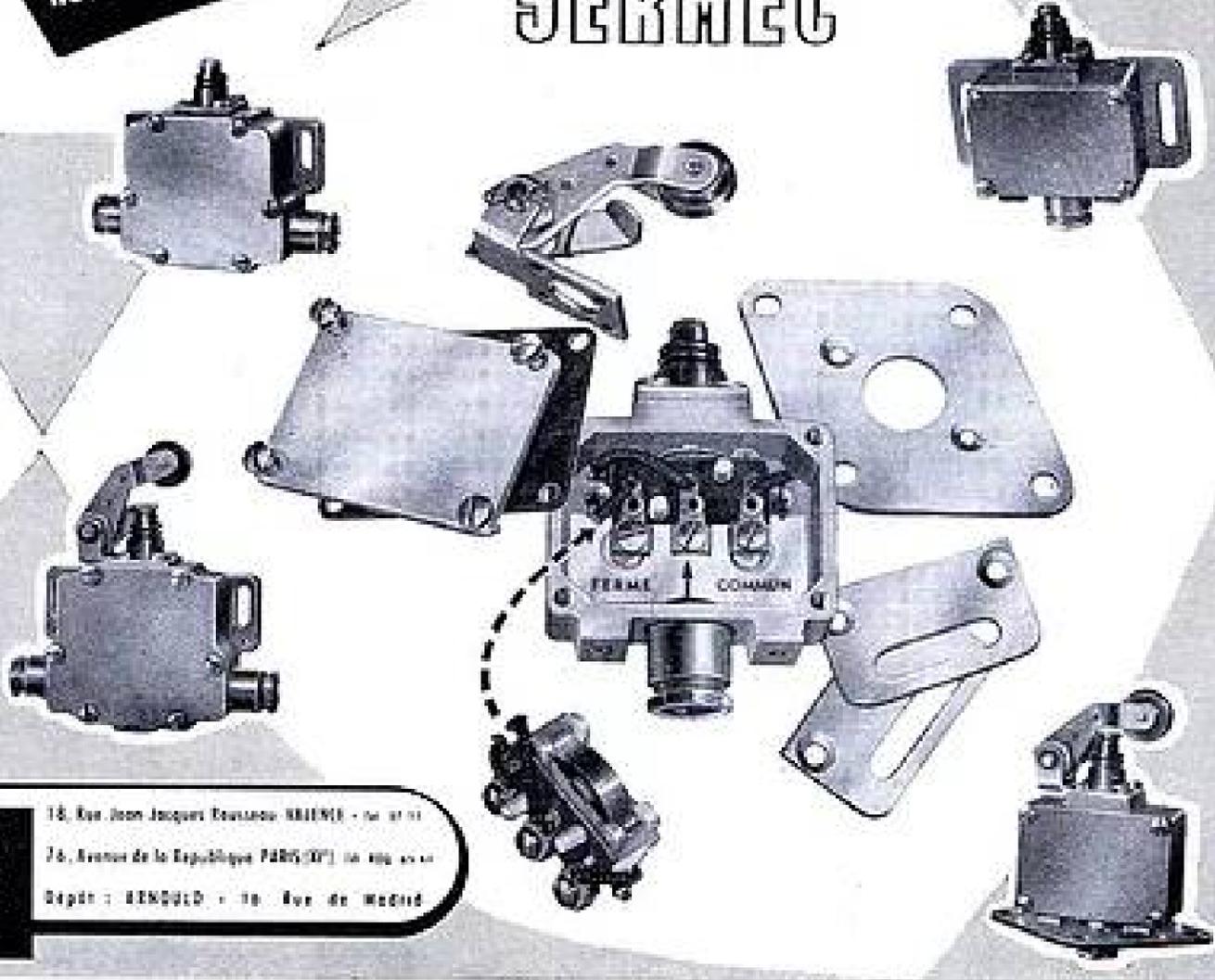
USINE - 34, Avenue Aristide-Briand - ARCUEIL (Seine) • Tél. ALE. 59-72

Étanchéité

NOUVEAUX INTERRUPTEURS BLINDÉS ÉTANCHES

SERMEC

dans tous les milieux :



SERMEC
Société à Responsabilité Limitée au Capital de 20.500.000 F.

18, Rue Jean Jacques Rousseau - NANTES - tel. 27 11
76, Avenue de la République - PARIS (20^e) - tel. 400 44 11
Dépôt : BENOÎT - 10, Rue de Madrid

LES CAHIERS DE L'ONDE ELECTRIQUE

PROPRIÉTÉS ESSENTIELLES DES TRANSISTONS

par J. M. MOULON
*Ingenieur des Télécommunications
au Centre National d'Etudes des Télécommunications*

Un volume de 38 pages 21 x 31 cm : 600 F port compris

ÉDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6^e

LES CAHIERS DE L'OPERATEUR RADIO

G. de MAXIMY
Ingenieur

L'IONOSPHERE ET LA PRÉVISION DES FRÉQUENCES EN TÉLÉCOMMUNICATIONS

(propagation des ondes décimétriques)

Un ouvrage de 56 pages et 27 figures. Prix : 750 F

ÉDITIONS CHIRON, 40, RUE DE SEINE, PARIS-6^e

*...Monsieur Édouard Belin
se mit à la disposition
de ses auditeurs
et de ses auditrices
pour leur montrer en
détail le mécanisme
de son appareil.....*



LES ÉTABLISSEMENTS
ÉDOUARD BELIN

296, AVENUE NAPOLEON BONAPARTE - RUEIL-MALMAISON - MAL. 05-54 - WAG. 93-63

ENREGISTREMENT MAGNÉTIQUE

SIGNAL/BRUIT DE FOND

59db!

TYPE 38/19 B.



DIGNE DE LA
RADIODIFFUSION TÉLÉVISION FRANÇAISE

ceux qui concernent le contrôle des réacteurs et l'application des machines analogiques à l'étude de la cinétique.

Le lecteur qui désire approfondir ses connaissances théoriques et pratiques relatives à d'autres types de réacteurs, en particulier : les réacteurs à neutrons rapides, les réacteurs reproducteurs de combustible (breeder), l'étude de l'utilisation du combustible nucléaire à la production de l'énergie, pourra consulter les ouvrages spécialisés cités dans la bibliographie.

II. — Rappel de quelques notions fondamentales de radioactivité.

II.1. — CONSTANTE RADIOACTIVE.

La désintégration d'une substance radioactive est soumise aux lois du hasard. Ainsi, à un instant donné, la probabilité de désintégration d'une substance est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs présents à cet instant. Soit N_0 le nombre initial de noyaux d'une substance radioactive, N le nombre des noyaux présents à l'instant t , le nombre de désintégration par unité de temps $-\frac{dN}{dt}$ est proportionnel au nombre N des noyaux radioactifs présents, soit :

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N, \quad (\text{II.1-1})$$

la constante de proportionnalité λ est appelée la constante radioactive ; elle est une propriété de la substance considérée.

Intégrons (II.1-1), il vient :

$$-\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t \lambda dt$$

$$\text{d'où} \quad N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{II.1-2})$$

Eq. (II.1-1) s'écrit encore :

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \quad (\text{II.1-3})$$

La probabilité relative de désintégration pendant l'intervalle de temps dt est :

$$-\frac{dN}{N_0} = \lambda e^{-\lambda t} dt \quad (\text{II.1-4})$$

Une source comportant une substance radioactive est caractérisée par la nature et l'énergie du rayonnement émis et par son activité. L'activité est pro-

portionnelle au nombre de désintégrations par seconde ; le coefficient de proportionnalité dépend du rendement du détecteur pour l'énergie de la radiation émise et de la géométrie relative de la source et du détecteur.

II.2. — PÉRIODE.

Souvent la décroissance de l'activité d'une substance radioactive est donnée par sa période ; c'est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux présents se désintègrent. Posons $N = \frac{N_0}{2}$ pour $t = t_{1/2}$ dans l'équation (II.1-2).

$$\text{On a :} \quad \lambda t_{1/2} = \ln 2 = 0,693$$

$$\text{d'où} \quad t_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (\text{II.2-1})$$

II.3. — VIE MOYENNE.

La vie moyenne est la durée de vie probable d'un noyau avant désintégration. La probabilité relative de désintégration pendant l'unité de temps étant $-\frac{dN}{N_0}$, la vie moyenne est donnée par :

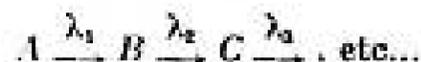
$$\theta = -\int_0^{\infty} t \frac{dN}{N_0} = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}, \quad (\text{II.3-1})$$

puisque la désintégration est un phénomène statistique et que chaque noyau peut avoir une vie comprise entre 0 et ∞ .

Si l'on trace le logarithme de l'activité en fonction du temps on obtient une droite dont la pente donne la vie moyenne. Les techniques actuelles ont permis de mesurer des périodes de corps radioactifs allant de 10^{-8} s. à 10^{10} années.

II.4. — LES FILIATIONS.

Certaines substances radioactives en se désintégrant donnent naissance à d'autres substances radioactives. Symboliquement on désigne une filiation par :



Si au temps $t = 0$ seule la substance mère était présente, le nombre de noyaux N_n du $n^{\text{ème}}$ descendant évolue en fonction du temps suivant l'équation :

$$\frac{N_n}{N_0} = C_1 e^{-\lambda_1 t} + C_2 e^{-\lambda_2 t} + \dots + C_n e^{-\lambda_n t} \quad (\text{II.4-1})$$

avec :

$$C_1 = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{(\lambda_2 - \lambda_1) (\lambda_3 - \lambda_1) \dots (\lambda_n - \lambda_1)}$$

$$C_2 = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{(\lambda_1 - \lambda_2) (\lambda_3 - \lambda_2) \dots (\lambda_n - \lambda_2)}$$

$$C_3 = \dots$$

N_0 est le nombre d'atomes de la substance mère pour $t = 0$.

Ainsi, pour une filiation double aboutissant à un produit stable on a :

$$N_1 = N_0 e^{-\lambda_1 t}$$

$$N_2 = N_0 \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}). \quad (II.4-2)$$

Si la période de la substance mère est très longue par rapport à celle du descendant ($\lambda_2 \gg \lambda_1$) on a :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (II.4-3)$$

on dit alors qu'il y a équilibre de régime.

Si l'on prend le cas de filiations multiples où la période de la substance mère est très longue comparée à toutes les périodes des descendants, comme par exemple pour les chaînes d'uranium et du thorium on a :

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \lambda_3 N_3 = \dots, \quad (II.4-4)$$

on dit alors qu'il y a équilibre radioactif. Dans ce cas la quantité d'une espèce radioactive est inversement proportionnelle à sa constante radioactive. Comme λ_1 est très petit, N_1 reste pratiquement constant et à l'équilibre la quantité relative de chaque descendant reste constante.

Dans le cas où la période du descendant est plus grande que celle de la substance mère, il n'y a pas d'équilibre ; la substance mère se désintègre et disparaît alors que l'activité du descendant croît, passe par un maximum, puis décroît.

Le temps t_m qui s'écoule entre l'instant où la préparation d'une substance mère a été faite et l'instant où l'activité du descendant passe par son maximum s'obtient en cherchant le maximum de (II.4-2). On obtient :

$$t_m = \frac{\ln(\lambda_2/\lambda_1)}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (II.4-5)$$

II.5. — LE CURIE.

Le curie est l'unité de radioactivité. C'est la quantité d'une substance radioactive produisant $3,7 \cdot 10^{10}$ désintégrations par seconde. Le millicurie et le microcurie valant respectivement $3,7 \cdot 10^3$ et $3,7 \cdot 10^6$ désintégrations par seconde sont souvent utilisés.

III. — Réactions nucléaires.

III.1. — SECTION EFFICACE.

Le rendement d'une réaction nucléaire est généralement exprimé en termes de section efficace, qui a les dimensions d'une surface.

Soit un faisceau de particules monocinétiques, animées de la vitesse v , présentant une densité de n particules par cm^3 , la probabilité qu'un noyau déterminé soit l'objet d'une réaction de la part de ces particules, dans l'unité de temps est : $n v \sigma$, où σ est la section efficace pour la réaction considérée, $n v$ est souvent appelé le flux, il est donné en nombre de particules / cm^2 / s. Dans un milieu contenant N noyaux par cm^3 , la probabilité d'interaction, par seconde et par cm^2 , du faisceau de particules avec l'ensemble des noyaux est $N \cdot n \cdot v \cdot \sigma$.

Etudions la traversée d'un écran de matière : soit I_0 et I l'intensité d'un faisceau de particules avant la traversée d'un écran de matière et à la sortie de cet écran. Soit σ la section efficace d'interaction d'une particule considérée avec les noyaux constitutifs de l'écran (supposés tous de la même espèce).

Supposons d'abord l'écran suffisamment mince pour qu'on puisse négliger l'affaiblissement du faisceau au cours de la traversée. On peut écrire $I = I_0 = n v$, c'est le flux à l'entrée de l'écran, et pour l'affaiblissement à la traversée de l'épaisseur dx d'écran :

$$-dI = n v \sigma N dx = I \sigma N dx$$

d'où :

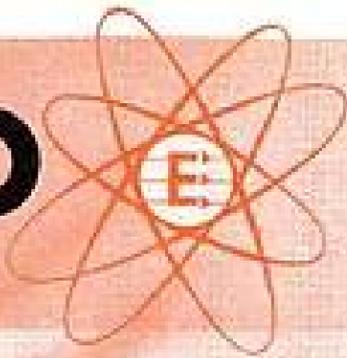
$$\frac{dI}{I} = -N \sigma dx \quad (III.1-1)$$

Pour un écran épais il suffit d'intégrer l'équation précédente, d'où :

$$I = I_0 e^{-N \sigma x} \quad (III.1-2)$$

σ est la section efficace d'un noyau de l'écran, c'est la surface d'arrêt que présente ce noyau pour le projectile considéré ; on l'appelle souvent la section efficace microscopique. Comme le diamètre des noyaux les plus lourds est de l'ordre de 10^{-12} cm il n'est pas surprenant de trouver des sections efficaces de l'ordre de 10^{-24} cm^2 . Comme l'expérience a donné des σ de cet ordre, on a adopté comme unité de section efficace une surface de 10^{-24} cm^2 que l'on appelle le barn. Une section efficace de 1,2 $\cdot 10^{-23}$ cm^2 est égale à 12 barns. La section efficace de 10^{-3} barn est appelé le millibarn.

EKCO



ELECTRONICS LIMITED
Grande-Bretagne

- Amplificateurs linéaires - N 567, N 568
- Appareil de mesure des résistances élevées - N 535
- Alimentation stabilisée - N 570
- Détecteur pour recherche minéralogique N 533
- Détecteurs-contrôleurs de radio-activité N 569, MRS 2, N 571, N 554, N 555
- Intégrateur - N 522
- Échelles de comptage - N 526, N 529, N 530
- Compteurs de scintillations - N 550, N 559 A, N 559 B
- Electromètre à lame vibrante - N 572
- Compteurs GM
- Cristaux pour scintillateurs
- Appareillage auxiliaire pour manipulations et laboratoire
- Jauges d'épaisseur à simple et double canaux - N 504



Agent exclusif
France et U.F.
DÉMONSTRATION-VENTE
ENTRETIEN - RÉPARATION

JOUAN

S. A. AU CAP. DE 108.000.000 DE FRF

113, boulevard Saint-Germain
PARIS-6° - Tél. : ODÉon 91-46

Collection de
HAUTE TECHNIQUE

- H. ABERDAM. - Amplificateurs à large bande, 212 p. 3.145 F
- L. BOE. - Dipôles et quadripôles, 148 p. 1.525 F
- L. G. BRAINERD. - Technique des ultra-hautes fréquences, 610 p. . . 3.145 F
- L. CHRÉTIEN. - Traité de réception de la télévision, 240 p. . . . 2.025 F
- V. JEAN-LOUIS. - L'ingénieur du son en radio, cinéma, TV. . . . 3.145 F
- R. METIER. - Les abaques à points alignés. 2.545 F
- R. MESNY. - Radioélectricité générale :
- I. - Circuits et propagation (broché seulement). 1.400 F
- II. - Tubes - Emission et réception (broché seulement). . . 1.700 F
- C. MONTGOMERY. - Technique des mesures en micro-ondes :
- I. - Sources d'énergie - Mesures de puissance - Mesure de fréquence, 520 p. 3.445 F
- II. - Impédances - Ondes stationnaires - Atténuateurs - Rayonnements 530 p 3.645 F
- P. MOURMANT. - Le calcul graphique des circuits série-parallèle 2.245 F
- A. ROBERTS. - Balises radar (Radar Beacons) 640 p. 3.345 F

LES VARISTANCES (thermistances, résistances non-linéaires, redresseurs secs) et leur emploi par J. SUCHET
1.545 F

Ouvrages reliés pleine toile, décor bronze (prix port compris)

Éditions Chiron

40, rue de Seine - PARIS-VI
Dan 47-56 - C.C.P. Paris 53-35

CHATHAM ELECTRONIC CORPORATION



Tubes

ÉLECTRONIQUES

2050W — Thyatron renforcé JAN pour usage industriel et services durs en général.

684 — Thyatron pour circuit de balayage linéaire.

6A57G — Double triode de puissance pour tension réglée. Pas de courant grille. Caractéristiques tenues à $\pm 10\%$. Amélioration de la dérive de courant plaque.

5R4WG — Redresseuse bi-plaque, renforcée JAN pour services très durs.

3B2B — Redresseuse mono-plaque au Xénon pour services industriels. Utilisée dans une température ambiante : - 75° à 90° C. 10.000 Volts inverses - Courant moyen 250 mA.

OD3W — Régulateur renforcé JAN pour services industriels.

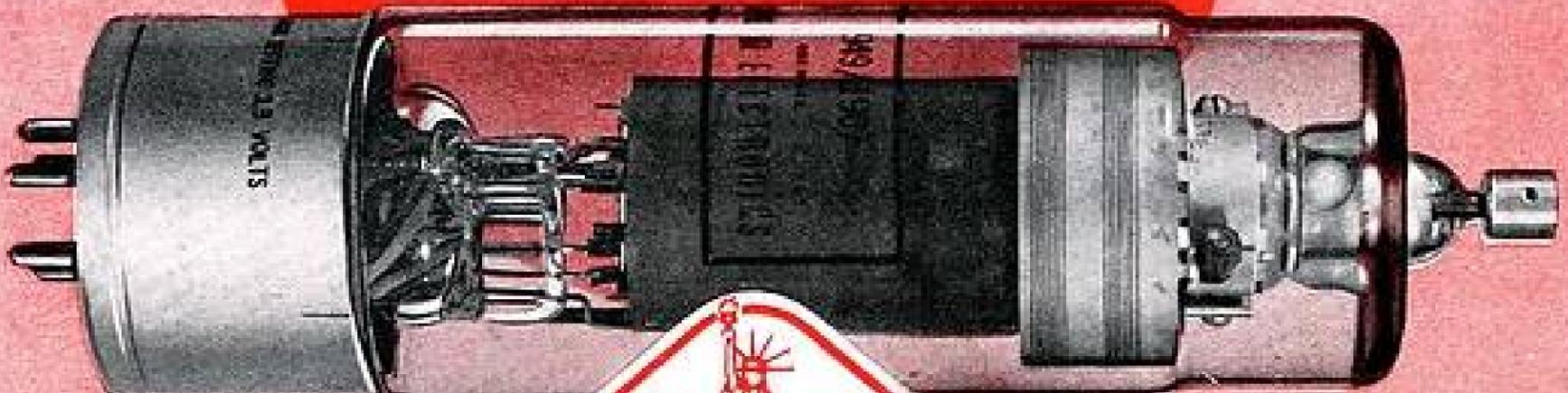
OB2 — Régulateur miniature. Très robuste, bonne régulation.

394 A — Thyatron à vapeur de mercure et d'Argon, pour le fonctionnement en redresseuse à grille contrôlée. Chauffage 2,5 V. - 3,2 A. - Tension inverse 1250 V. Courant moyen anode 640 mA.

YC1258 — Thyatron miniature à hydrogène. Polarisation nulle pour génération d'impulsion d'une puissance de crête jusqu'à 10 KW.



5949/1907 — Thyatron à réservoir d'hydrogène. Polarisation nulle pour génération d'impulsion d'une puissance de crête jusqu'à 6,25 méga-watts.



SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE
SOCIÉTÉ ANONYME CAP. 10.000.000 DE FR.

LIAISON FRANCE-AMÉRIQUE

ADR. TÉL. SILFAMERIFA

2, BOULEVARD PEREIRE - PARIS 17^e - TÉL. : CARNOT 33-67

Agence Publières-Domenach

La quantité $N\sigma$ est la section efficace de tous les noyaux contenus dans un cm^2 de l'écran, on l'appelle la section efficace macroscopique Σ du matériau ; Σ est donné en cm^{-1} . Pour un élément de densité ρ et de poids atomique A , on a :

$$\Sigma = \frac{\sigma\rho N_0}{A}, \quad (\text{III.1-3})$$

où N_0 est le nombre d'Avogadro.

III.2. — LIBRE PARCOURS MOYEN.

L'équation (III.1-1) peut s'écrire encore sous la forme :

$$-\frac{dI}{dx} = I_0 \Sigma e^{-\Sigma x}, \quad (\text{III.2-1})$$

le taux d'absorption des particules incidentes décroît exponentiellement avec l'épaisseur de l'écran. Théoriquement il faut disposer d'un écran infiniment épais pour absorber la totalité du rayonnement incident.

La distance moyenne parcourue par la particule avant de provoquer une réaction spécifiée est appelée le libre parcours moyen l .

Le libre parcours moyen s'obtient en sommant les parcours de toutes les particules incidentes et en divisant la somme ainsi obtenue par le nombre de particules incidentes. On a :

$$l = \frac{\int_0^{\infty} x I_0 \Sigma e^{-\Sigma x} dx}{I_0} = \frac{1}{\Sigma}. \quad (\text{III.2-1})$$

Pour un écran dont l'épaisseur est $l = \frac{1}{\Sigma}$

l'atténuation est $\frac{I}{I_0} = \frac{1}{e}$ c'est-à-dire que le libre parcours moyen est l'épaisseur d'un écran qui réduit l'intensité de radiation d'un facteur e .

Dans la pratique on donne souvent l'épaisseur d'un écran réduisant le rayonnement par un facteur 2 ou 10. On a alors :

$$l_{1/2} = \frac{\ln 2}{\Sigma} = \frac{0,693}{\Sigma} = 0,693 l$$

$$l_{1/10} = \frac{\ln 10}{\Sigma} = \frac{2,303}{\Sigma} = 2,303 l$$

III.3. — SECTIONS EFFICACES TOTALES ET PARTIELLES.

Dans ce qui précède on a évoqué l'interaction des particules incidentes avec les noyaux de l'écran,

sans préciser le processus considéré. Notons ici que pour chaque réaction la section efficace dépend du processus nucléaire utilisé et de l'énergie de la particule incidente.

Si l'on considère que toute interaction des particules avec les noyaux de la cible conduit à la disparition d'une particule du faisceau, la section efficace ainsi définie sera la section efficace totale. Toutefois, on peut définir des sections efficaces spécifiques correspondant aux processus suivants : capture radiative (capture avec émission d'un rayonnement électromagnétique), diffusion élastique, diffusion inélastique, fission, etc...

Les sections efficaces usuelles pour les neutrons sont : la section efficace totale σ_t , la section efficace de capture σ_c , la section efficace de diffusion σ_d (élastique et inélastique) et la section efficace de fission σ_f . Les sections efficaces macroscopiques correspondantes sont : Σ_t , Σ_c , Σ_d , et Σ_f .

III.4. — SECTIONS EFFICACES POUR LES NEUTRONS.

Depuis sa découverte le neutron a été le projectile de choix. Son avantage sur les autres projectiles : protons, deutérons, particules α , etc..., réside dans le fait que sa charge est nulle. En effet, on sait que le neutron est une particule de masse atomique unité et de charge nulle. Lancé contre un noyau il n'est pas repoussé par la barrière de potentiel électrostatique comme le serait un projectile chargé ; il peut, par conséquent, pénétrer plus facilement dans le noyau.

Les valeurs absolues des sections efficaces pour les neutrons dépendent de l'énergie cinétique du neutron et du noyau considéré.

Les sections efficaces de capture pour tous les nuclides peuvent, en général, être classées dans les trois groupes suivants :

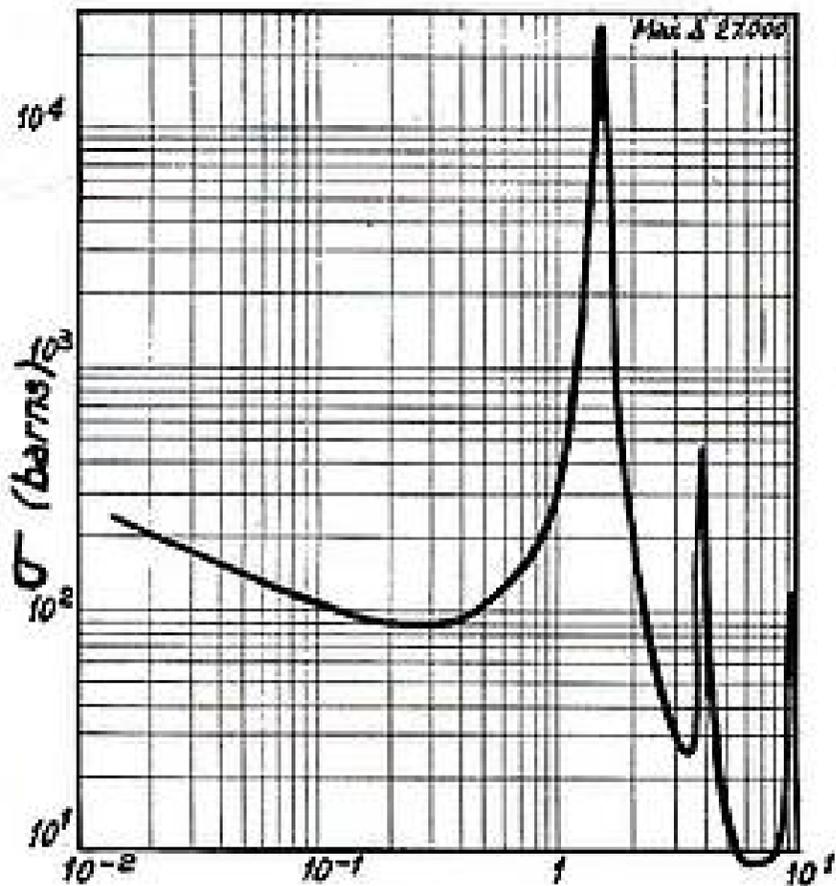
(a) Pour les neutrons dont l'énergie est inférieure à 0,3 eV, c'est-à-dire comprenant les neutrons thermiques, la section efficace de capture de presque tous les nuclides croît d'une façon inversement proportionnelle à la vitesse des neutrons, c'est la région dite en $1/v$. Notons que $1/v$ est proportionnel au temps de séjour du neutron au voisinage du noyau, c'est aussi la mesure de la probabilité d'interaction.

Il ne faut pas s'étonner de constater que les sections efficaces dans la région en $1/v$ atteignent 10^4 fois la section géométrique du nuclide. En effet, le neutron est accompagné d'une onde de Broglie dont la longueur d'onde dépend de l'énergie de la particule. Ainsi, la longueur d'onde correspondant à un neutron dont l'énergie est 1 eV, est de l'ordre de 10^{-8} cm ; on comprend alors qu'il puisse y avoir une interaction dans une région plus grande que celle donnée par le diamètre du nuclide qui est de l'ordre de 10^{-12} cm.

(b) Pour les neutrons dont les énergies sont comprises entre 0,1 et quelques milliers de eV, beaucoup de nuclides, en particulier ceux ayant une masse élevée, présentent des résonances où les sections efficaces de capture peuvent devenir très importantes. Dans la plupart des cas, ces résonances résultent d'une capture radiative. Toutefois, plusieurs exceptions sont connues, les plus importantes sont celles conduisant à la fission du nuclide.

La largeur de la courbe de résonance est fonction de la durée de vie du nuclide à l'état excité (c'est le temps qui s'écoule entre l'instant de l'absorption du neutron et l'instant de l'émission du rayonnement électromagnétique, pour une capture radiative). Si la durée de vie est longue la résonance est étroite, le maximum correspond à une section efficace très élevée. Si la durée de vie est courte, la courbe de résonance est plate et le maximum correspond à une section efficace relativement plus élevée.

(c) Pour les neutrons d'énergies supérieures à la région de résonance et inférieurs à 1 MeV les sections efficaces sont inférieures à quelques barns. Dans la région des énergies supérieures à 1 MeV les sections efficaces de capture sont de quelques millibarns, elles sont, généralement, négligeables devant les sections efficaces de diffusion. (Fig. III.4-1).



Energie des Neutrons en électron-volts

FIG. III-4-1. — Section efficace totale de l'indium.

Les sections efficaces de diffusion élastique sont pratiquement constantes pour tous les nuclides et pour les neutrons épithermiques, ayant des énergies cinétiques comprises entre 1 et 300 eV. A très basses énergies on constate des fluctuations dans les sections efficaces de diffusion qui sont dues aux effets de structure cristalline ou de liaison chimique. Aux énergies très élevées les sections efficaces deviennent faibles.

Les neutrons thermiques, dont l'énergie est de 0,025 eV, correspondant à l'énergie d'agitation thermique à la température ambiante ($kT = 0,025$ eV) et dont la vitesse est de 2200 m/s, ont une importance spéciale, en particulier pour tous les réacteurs ayant un modérateur. C'est pour cette raison que les sections efficaces de la plupart des nuclides ont été mesurées dans cette région d'énergie avec une grande précision.

La détermination de la section efficace totale peut s'effectuer en mesurant la transmission des neutrons à travers un écran composé du nuclide à étudier. L'équation (III.1-2) nous donne :

$$\sigma_t = \frac{1}{Nx} \ln \frac{I_0}{I} \quad (\text{III.4-1})$$

où x est l'épaisseur de l'écran, I_0 et I sont donnés par un détecteur sans écran et avec écran interposé, respectivement.

Pour effectuer ces mesures, il faut prendre la précaution de bien canaliser le faisceau de neutrons afin d'obtenir une bonne géométrie. L'autre difficulté réside dans l'obtention de faisceaux intenses de neutrons monocinétiques.

Un réacteur nucléaire fournit des faisceaux intenses de neutrons dans la région thermique mais ces neutrons ne sont pas monocinétiques. Pour sélectionner parmi ces neutrons ceux tombant dans une bande étroite d'énergie donnée on a utilisé deux méthodes : la méthode du spectromètre à cristal et la méthode du temps de vol. La première est basée sur la propriété de l'onde de De Broglie accompagnant le neutron et dont la longueur d'onde est fonction de l'énergie du neutron. Pour les neutrons thermiques, les longueurs d'ondes sont de même ordre que celles des rayons X. Si l'on interpose sur le parcours d'un faisceau de neutrons un cristal, les particules seront diffusées dans des directions différentes suivant leur énergie (exactement comme dans le cas des rayons X). On aura ainsi séparé dans l'espace les neutrons appartenant à des groupes d'énergies différentes.

La méthode du temps de vol consiste à moduler mécaniquement dans le temps le faisceau des neutrons sortant d'un réacteur. Cette modulation est obtenue en faisant tourner une roue absorbante, munie d'une fente à sa périphérie, devant une fente fixe ; la cible se trouvant à une distance déterminée de la roue. Les neutrons appartenant aux groupes de différentes vitesses partent en même temps de la fente, mais les plus rapides arrivent plus tôt à la cible. On a ainsi séparé dans le temps les neutrons appartenant à des groupes d'énergies différentes.

III.5. — MESURE DU FLUX DE NEUTRONS.

La mesure du flux de neutrons thermiques se fait généralement soit par la méthode d'activation d'un détecteur, soit par la méthode du compteur pro-

MAXIMUM de Performances et de Qualité,
pour un
MINIMUM d'Encombrement et de Poids!

L'OSCILLOGRAPHHE *portatif*

CRC

OC-504

**MULTIPLIE LES POSSIBILITÉS
DE CONTRÔLE ET DE MESURE OFFERTES PAR LES
APPAREILS DE SERVICE PORTATIFS**

Ampli vertical :

Bande passante 20 Hz - 1,1 MHz.
Sensibilité 15 mV eff/cm.
Atténuateurs progressif et décimal.

Base de temps :

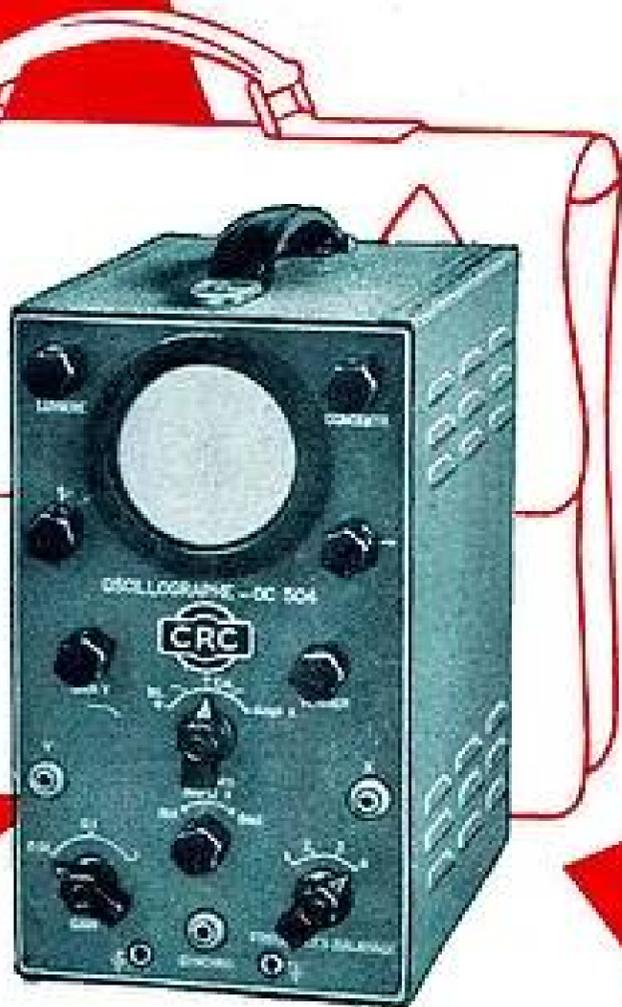
Durée 0,1 s à 20 μ s.
Balayage déclenché sans retour préalable
sur front positif ou négatif et balayage
relaxé.
Allumage automatique du spot.
Synchronisation par signal positif ou
négatif.

Ampli horizontal :

Bande passante 20 Hz - 500 kHz.
Sensibilité 0,5 V eff/cm.

Appareil tropicalisé selon les
normes CCTU.
Lampes normalisées NATO.
Bloc d'alimentation amovible.
Accessibilité parfaite à tous les
éléments.

★ NOTICE TECHNIQUE SUR DEMANDE



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

RADIOÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES DU CENTRE

CONSTRUCTIONS

19, RUE DAGUERRE, SAINT-ÉTIENNE
Téléphone : E 2 39-77 (3 lignes groupées)



**Cristaux d'iodure de
sodium activés à
l'iodure de Thallium
pour compteurs à
scintillations**

QUARTZ & SILICE

Société Anonyme au Capital de 109.900.000 frs
8, RUE D'ANJOU • PARIS

ATOMIC



INSTRUMENT
COMPANY
CAMBRIDGE 39
MASS. USA.

HAUTE TENSION

Stabilité EXCEPTIONNELLE...



ALIMENTATION
HAUTE TENSION
RÉGULÉE

ATOMIC
MODÈLE
312

COMPARAISON DES COURBES DE DÉRIVE
DES ALIMENTATIONS EN HAUTE TENSION

ALIMENTATION RÉGULÉE TYPE "NF"

ALIMENTATION RÉGULÉE TYPE "50 PÉRIODES"

ALIMENTATION NOUVEAU MODÈLE 312

HORAIRE de la journée exprimé en heures

8 h. matin

10

12

2

4

6 h. soir

Tension secteur
régulée coupée

115 V ——— 125 V

Indépendante de la durée ou des
fluctuations de la tension secteur
**POUR COMPTAGE PRÉCIS
DE SCINTILLATIONS**

- Alimentation Haute Tension Modèle 312 permet une régulation au plus haut degré et une stabilité exceptionnelle sur de longues durées.
- La dérive est pratiquement éliminée, donnant une précision maximum des essais successifs pour le **comptage de scintillation de précision** et autres applications similaires.
- On peut disposer d'une tension de sortie positive ou négative sur panneau avant sur simple commutation.

**Alimentation haute tension régulée
"ATOMIC" modèle 312**

Résumé des spécifications modèle 312 - 1500 V.
Stabilité 0,02% par jour.

Régulation: 0,01% pour une variation de la
tension réseau de 100 à 130 V.

Gamme: moins de 200 V. à plus de 1400 V. en
17 positions.

Courant max. 1 millamp. positif ou négatif.

Autres fabrications

- Amplificateurs linéaires. - Alimentations haute tension, compteurs de scintillation, compteurs d'impulsion, appareils de coïncidence et anti-coïncidence. - Analyseurs différentiels de hauteur d'impulsion. - Accessoires.

AGENT EXCLUSIF FRANCE & U. F.

ETS RADIOPHON

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



Tableau III.4-1

Sections efficaces de capture des neutrons thermiques pour quelques noyaux

Noyaux	${}^6\text{Li}$	${}^9\text{Be}$	${}^{10}\text{B}$	B naturel	Graphite	Oxygène	${}^{27}\text{Al}$	Λ	Fe	Cd	${}^{135}\text{Xe}$
Sections efficaces σ_c en barns	910 (n, α)	$9 \cdot 10^{-3}$	3990 (n, α)	750	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-3}$	0,22	0,62	2,43	2400	$3,5 \cdot 10^4$

proportionnel ou de la chambre d'ionisation. La première méthode consiste à disposer des feuilles de détecteurs aux endroits où l'on veut mesurer le flux, ces détecteurs absorbant des neutrons deviennent radioactifs; on les retire et l'on mesure leur activité qui est proportionnelle au flux de neutrons et à la section efficace de la réaction particulière utilisée.

La deuxième méthode du compteur proportionnel ou de la chambre d'ionisation utilise la réaction nucléaire suivante :



le ${}^{10}\text{B}$ absorbant un neutron donne naissance à une particule α et un atome ionisé de Li ayant une énergie totale de 2,4 MeV. Si cette réaction se produit dans un milieu gazeux compris entre deux surfaces métalliques auxquelles on applique une tension continue, les particules ionisées α et Li ionisent le gaz, en dépensant l'énergie de 2,4 MeV. Le courant des ions ainsi créé, collecté par les électrodes, est proportionnel au flux de neutrons à l'endroit où se trouve la chambre. Le compteur proportionnel fournit un nombre d'impulsions par unité de temps proportionnel au flux de neutrons qui le traverse; la chambre d'ionisation fournit un courant continu proportionnel au flux.

Toutefois, pour calculer le flux avec précision à partir de ces mesures, on doit faire plusieurs corrections. En effet, en général, les neutrons ne sont pas monocinétiques et dans de nombreux cas la distribution énergétique des neutrons est maxwellienne. Dans ce cas, il convient de procéder à une correction tenant compte de cette distribution. En particulier dans la région où la capture du détecteur est en $1/\nu$, la section efficace moyenne pour une distribution maxwellienne est plus faible que celle correspondant aux neutrons monocinétiques de même température, car l'énergie moyenne de la distribution maxwellienne est plus grande que l'énergie la plus probable.

La deuxième correction à appliquer est due au fait qu'à l'endroit où se trouve le détecteur, du fait de l'absorption des neutrons, il se crée un défaut ou une dépression dans la distribution spatiale des neutrons. Pour retrouver la vraie distribution spa-

tiale il faut majorer le résultat en fonction de la section efficace macroscopique du détecteur.

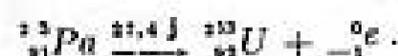
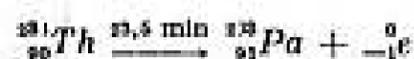
IV. — Fission nucléaire.

IV.1. — FISSION NUCLÉAIRE PAR NEUTRONS THERMIQUES.

Si l'on bombarde une cible d'uranium naturel par des neutrons thermiques on observe la fission du noyau d'uranium en deux noyaux ayant des masses rapprochées, se situant vers le milieu du tableau de Mendeleev, en même temps 2,5 neutrons, en moyenne, sont émis par fission.

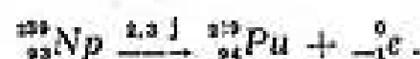
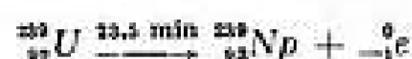
Très rapidement on s'est aperçu que l'uranium 235 était susceptible de subir une fission soit par neutrons lents soit par neutrons rapides, alors que l'isotope 238 ne fissionnait que par les neutrons rapides.

Si l'uranium 235 est le seul élément se trouvant dans la nature qui soit fissile par neutrons lents, il est possible de créer deux autres éléments fissiles par neutrons lents, à savoir : ${}^{233}\text{U}$ et ${}^{235}\text{Pu}$ qui sont produits à partir de ${}^{232}\text{Th}$ et ${}^{238}\text{U}$ par des réactions nucléaires appropriées. On a, en effet



On obtient de l'uranium 233, fissile par neutrons lents, en bombardant ${}^{232}\text{Th}$ (dont des minerais abondants se trouvent dans la nature) par des neutrons rapides.

De même si l'on bombarde par des neutrons rapides une cible de ${}^{238}\text{U}$ on obtient



Le ^{239}Pu , matériau fissile, est un émetteur α de très longue période (21 000 ans).

Nous nous sommes arrêtés aux fissions provoquées par neutrons thermiques, on doit noter, cependant, que les neutrons rapides sont susceptibles de provoquer des fissions, mais souvent avec des sections efficaces plus faibles que celles correspondant aux neutrons thermiques.

Tableau IV.1-1

Sections efficaces pour neutrons thermiques des isotopes ^{235}U , ^{238}U , U naturel et ^{239}Pu

Sections efficaces en barns	isotope			
	^{235}U	^{238}U	U naturel	^{239}Pu
fission	580	0	4,18	750
capture radiative	107	2,57	3,5	315
diffusion	9,0	8,3	8,3	

IV.2. — PRODUITS DE FISSION.

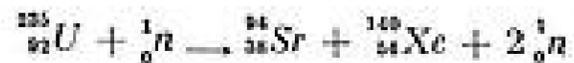
On appelle ainsi les fragments résultant de la fission des noyaux. En général le nombre des fragments lors de la cassure d'un noyau de ^{235}U peut

composent pas toujours de mêmes éléments, leur nature dépend de l'état énergétique du noyau d'uranium à l'instant de la fission.

On peut tracer une courbe de rendement moyen de produits de fission ; cette courbe donne pour un mode particulier de fission le pourcentage des fissions produisant un élément donné. Comme il a été dit plus haut, excepté dans de très rares cas, on obtient deux fragments ; ainsi les courbes de la figure IV-2-1 sont données pour ces fissions donnant deux fragments.

IV.3. — DÉCROISSANCE DES PRODUITS DE FISSION.

La plupart des produits de fission sont radioactifs β et, par une chaîne de décroissance, aboutissent à un corps stable. On remarque sur la fig. IV.2-1 que les deux produits de fission les plus probables pour ^{235}U sont le strontium et le xenon. Dans ce cas on a les réactions suivantes :



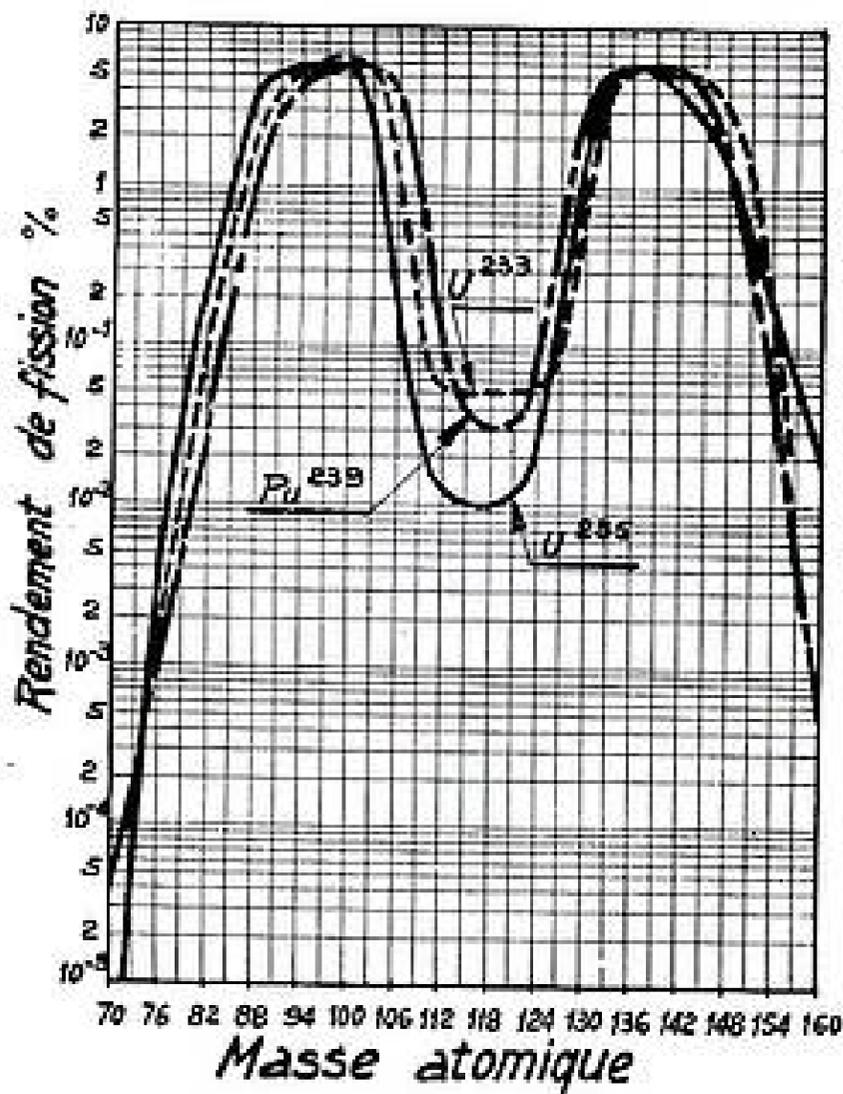
Par de nombreuses expériences on a pu mettre en évidence un grand nombre de produits de fission et identifier leurs chaînes de décroissance. Outre les produits radioactifs β on a mis en évidence des émetteurs γ , et c'est pour cette raison que des blindages importants doivent être utilisés quand on manipule ces produits.

Dans un réacteur les produits de fission représentent un empoisonnement, car plusieurs d'entre eux, le xenon 135 et le samarium 149 ont des sections efficaces de capture très élevées pour les neutrons. Au fur et à mesure de leur accumulation ils absorbent de plus en plus de neutrons disponibles empêchant ainsi le bon fonctionnement du réacteur.

IV. 4. — NEUTRONS PROMPTS.

La plupart des neutrons produits lors de la fission sont émis dans un intervalle de temps très court, de l'ordre de 10^{-12} s après la fission ; ces neutrons sont appelés les neutrons prompts. Moins d'un pour cent de neutrons sont émis un temps appréciable après la fission, ce sont les neutrons retardés.

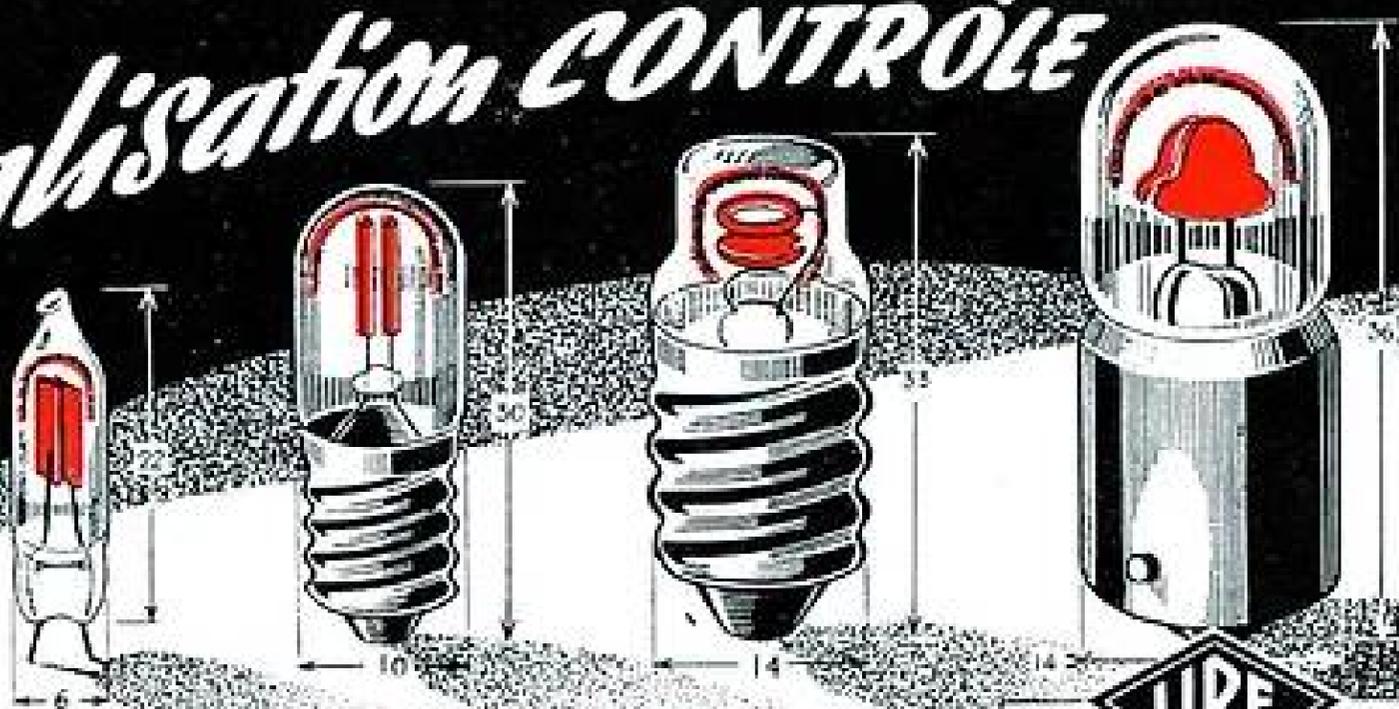
Le nombre de neutrons émis dépend du mode particulier de la fission, ou encore de l'état énergétique dans lequel se trouve le noyau de l'uranium au moment de la fission. Dans certains cas il n'y a pas de neutrons émis, dans d'autres, un, deux, trois et même plus sont émis, de sorte que le nombre moyen n'est pas un entier.



(Fig. IV-2-1 — Rendement des produits de fission ^{235}U , ^{239}Pu et ^{238}U)

être quelconque ; cependant la probabilité pour que ce nombre dépasse deux est très faible. C'est pour cette raison que l'on dit en général que le noyau de ^{235}U fissionne en deux noyaux de masses rapprochées. En fait, les fragments de fission ne se

Signalisation **CONTRÔLE**



NÉON L.I.R.E.

LABORATOIRE INDUSTRIEL
ET DE RECHERCHES ELECTRONIQUES

69, RUE DES GALVENTS — CLAMART (SEINE) — TÉL. : MIC 46-19



DEMANDEZ
notre documentation
complète

Agence DOMENACH

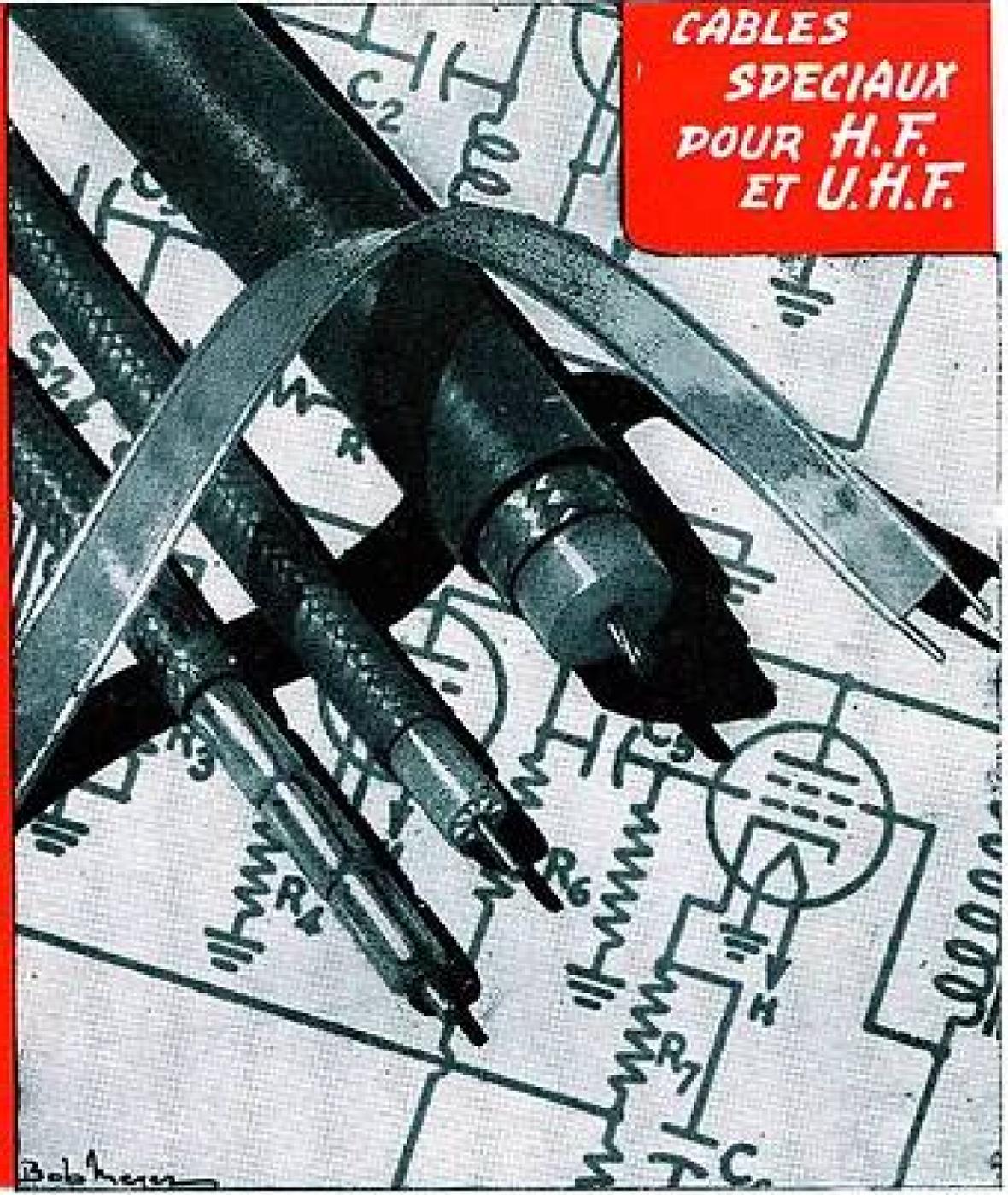


LES CABLES DE LYON

MANUFACTURE
DE FILS ET CABLES
ÉLECTRIQUES
DE LA C^{ie} GÉNÉRALE
D'ÉLECTRICITÉ

170 Av. JEAN JAURÈS
LYON

USINES A:
LYON-BEZONS-CALAIS



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

LES GRANDES MARQUES

Américaines

BOONTON RADIO CORP.

G-MÈTRE 192-A



Pour mesures de :

- Valeurs de conductance d'isolants à très faible perte;
- Q faible capacité à haut isolement;
- Capacité de produits isolants et condensateurs;
- Résistance HF de résistances de grande valeur;
- Impédance dynamique de circuits résonants.



SIERRA ELECTRONIC CORP.

VOLTMÈTRES SÉLECTIFS



Modèles 101 A - 103 A - 104 - 108 A

Couvrant les fréquences de 3 à 300 kc/s - Niveau de - 80 à + 42 dB - Sélectivité de 3 dB de \pm 300 à 750 c/s - Contrôle des tensions dans les équipements à courant porteur.



Mc JONES ELECTRONICS C°

MICROMATCH série 720



Mesureur de faible puissance à lecture directe pour émetteurs ou oscillateurs de fréquence locale - Puissance mesurable 4 watts maximum - Fréquence de 1 à 1000 Mc/s - Taux d'ondes stationnaire environ 1,1 - Précision absolue \pm 10 % sur toute l'échelle.



RADIO CORP. OF AMERICA

PHOTOMULTIPLICATEURS



Modèles : 1P21 - 1P22 - 1P28 - 931 - 5819 - 6199 - 6328 - 6342.

Sensibilité maximum : entre 3400 et 4800 Angstroms.

Amplification : de 6×10^4 à 2×10^6 .



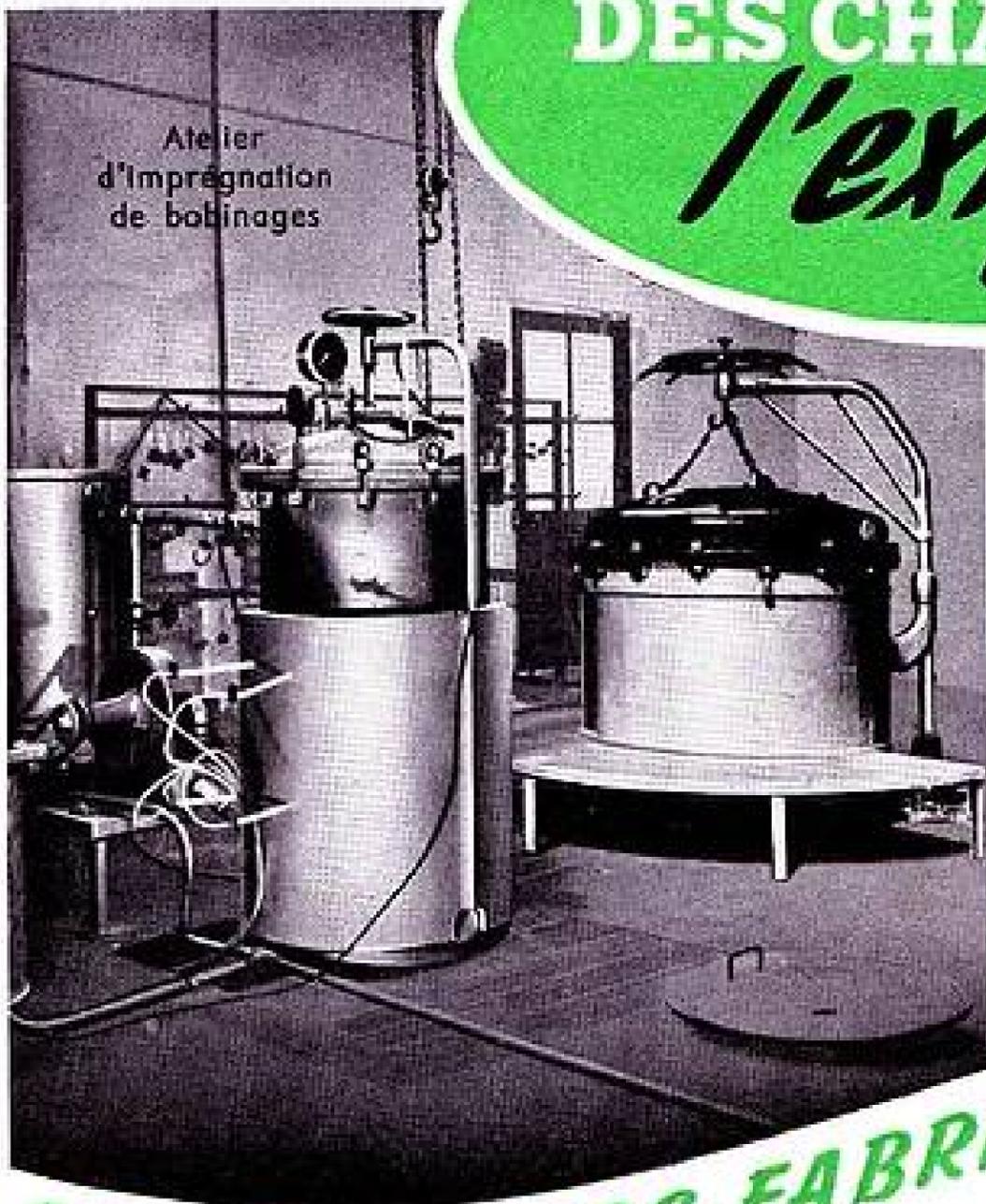
DISTRIBUTEURS OFFICIELS FRANCE ET U.F.

RADIO-EQUIPEMENTS

65, r. de Richelieu
PARIS 2°
RIC. 49-88

LE CAHIER DES CHARGES *l'exige!*

Atelier
d'imprégnation
de bobinages



Imprégnation
sous vide
aux résines
synthétiques

Imprégnation
fini marine

PROTÉGEZ VOS FABRICATIONS CONTRE
LES
MOÏSSISURES

Tous nos traitements répondent aux normes CCTU 407 et sont agréés par les grandes administrations françaises et étrangères.

- ★ **PREMIER DÉPARTEMENT** : Revêtement tropicaux de toutes pièces détachées (Organiques et inorganiques)
Ex. : Bakélite, ébonite, bois, cuir, métaux, stéatite, etc...
- ★ **DEUXIÈME DÉPARTEMENT** : Imprégnation sous vide de bobinages
(Transformateurs, selfs, machines tournantes de petite et de grosse puissance)
- ★ **DÉPARTEMENT TEXTILES** : Traitement fongicide, ignifugeant et imperméabilisant
Ex. : Bâches, cables, cordes, sangles, etc...
- ★ **MATIÈRES PLASTIQUES** : Protection de tous matériaux et matériels contre les agents chimiques (principalement accessoires utilisés dans l'industrie de revêtements électrolytiques) - bacs, montages, supports de fixation, tuyauterie, ventilation, etc.

SIPM

212-214, RUE GALLIENI — BOULOGNE-SUR-SEINE
TÉLÉPHONE : MOLITOR 71-17

Comme en plus de la fission il peut y avoir une capture radiative, tous les neutrons capturés par des noyaux fissiles ne conduisent pas à la fission.

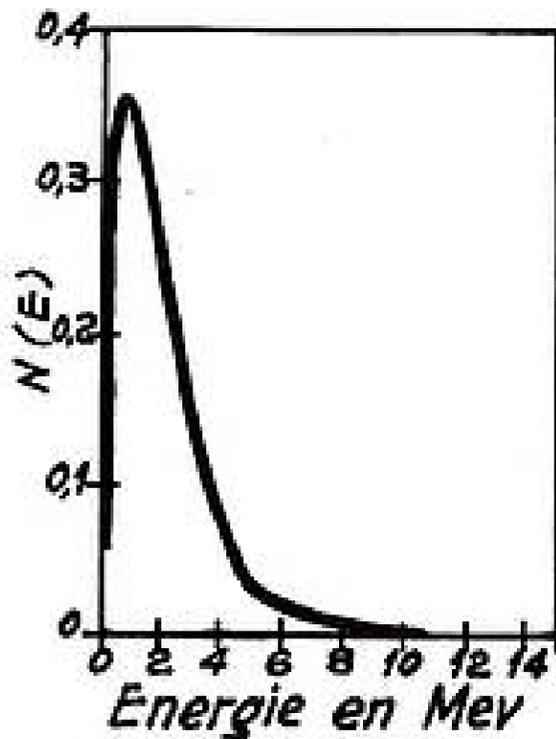


FIG. IV-4-1. — Spectre énergétique normalisé des neutrons de fission

Soit ν le nombre moyen de neutrons rapides émis par fission thermique d'un isotope fissile (^{235}U , ^{239}Pu) et soit γ le nombre moyen de neutrons rapides émis par capture d'un neutron thermique par le matériau fissile, on a

$$\gamma = \frac{\sigma_f}{\sigma_f + \sigma_c} \nu. \quad (\text{IV.4-1})$$

où σ_f et σ_c sont respectivement les sections efficaces de fission et de capture radiative du matériau fissile.

Tableau IV.4-1

	^{235}U	^{239}Pu	U naturel
ν	$2,5 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,1$	2,5
σ_f	580	750	4,18
σ_c	107	315	3,5
γ	2,11	2,11	1,32

Pour l'uranium naturel on utilise la formule

$$\gamma = \frac{\sigma_{f235} N_{235}}{(\sigma_{f235} + \sigma_{c235}) N_{235} + \sigma_{238} N_{238}} \nu. \quad (\text{IV.4-2})$$

où N_{235} et N_{238} sont les nombres des noyaux par unité de volume de ^{235}U et ^{238}U , respectivement.

Etant donné le grand nombre des différents modes possibles de fission, les énergies des neutrons prompts couvrent une large bande. On trouve que le spectre de neutrons de fission pour ^{235}U ou ^{239}Pu peut être représenté par :

$$n(E) dE = \sqrt{\frac{2}{\pi e}} \text{sh} \sqrt{2E} \exp(-E) dE, \quad (\text{IV.4-3})$$

où $n(E)$ est le nombre de neutrons d'énergie E dans l'intervalle unité ; donc $n(E) dE$ représente le nombre de neutrons dont l'énergie est comprise dans l'intervalle E et $E + dE$. L'énergie la plus probable est de l'ordre de 1 MeV et l'énergie moyenne de l'ordre de 2 MeV ;

Pour les grandes énergies l'équation précédente devient :

$$n(E) dE = \frac{1}{\sqrt{2\pi e}} \exp(-E - \sqrt{2E}) dE. \quad (\text{IV.4-4})$$

IV.5. — NEUTRONS RETARDÉS.

Une faible fraction des neutrons créés lors de la fission est émise un temps notable après la fission. On peut classer ces neutrons, au moins dans cinq groupes distincts,

Les neutrons de chacun de ces groupes sont émis avec une période propre ; comme dans le cas de substances radioactives l'émission de ces neutrons décroît exponentiellement. Le tableau IV.5-1 donne la période, l'énergie et le rendement relatif de chaque groupe de neutrons pour ^{235}U , ^{238}U et ^{239}Pu . Ces données sont valables pour les fissions thermiques ; elles sont basées sur un total de 100 neutrons émis y compris les neutrons prompts et retardés.

Tableau IV.5-1

Période $t \frac{1}{2}$ seconde	Energie keV	Rendement relatif par 100 neutrons émis		
		^{235}U	^{238}U	^{239}Pu
0,43	420	0,085	0,018	0,119
1,52	620	0,241	0,062	0,126
4,51	430	0,213	0,086	0,105
22,0	560	0,166	0,058	0,014
55,6	250	0,025	0,018	
Rendement total : ..		0,730	0,242	0,364

Les neutrons retardés sont d'une importance capitale dans le fonctionnement d'un réacteur nucléaire ; ils fournissent le moyen de contrôler le réacteur.

IV.6. — ÉNERGIE LIBÉRÉE A LA FISSION.

La plus grande partie de l'énergie libérée par la fission est emportée par les fragments de fission sous forme d'énergie cinétique. Le tableau suivant donne la répartition de l'énergie entre les différents produits :

Tableau IV.6-1

Répartition de l'énergie entre les différents produits de fission de U^{235} par neutrons thermiques

Energie cinétique des fragments de fission	167 MeV
Energie cinétique des neutrons de fission	5 "
Energie du rayonnement β émis par les fragments de fission	5 "
Energie du rayonnement γ	
5 MeV sont émis lors de la fission	11 "
6 MeV sont émis après coup par les fragments de fission	
Energie du rayonnement γ émis après capture radiative des neutrons	
Total	198 MeV

En définitive chaque fission est accompagnée d'une libération de 198 MeV soit

$$1,6 \times 198 \cdot 10^{-6} = 3,168 \cdot 10^{-4} \text{ erg.}$$

Cette énergie, quel que soit son aspect initial, se dégrade rapidement et devient de la chaleur. Les produits de fission et les β sont freinés dans l'uranium même, la chaleur correspondante apparaît dans l'uranium.

Les γ constituent un rayonnement plus pénétrant. Ceux qui sont émis dans l'uranium n'y sont que partiellement absorbés. Dans le cas d'un réacteur le reste se dégrade dans le modérateur ou le réflecteur ; de même, l'énergie cinétique des neutrons est principalement cédée au modérateur.

V. — Généralités sur les réacteurs nucléaires.

V.1. — RÉACTION EN CHAÎNE.

Le choix du combustible nucléaire est limité aux trois isotopes qui sont fissiles par neutrons lents, à savoir : ^{235}U , ^{239}Pu et ^{233}U . En effet, bien qu'il existe d'autres isotopes, tels que ^{238}U , qui sont fissiles par neutrons rapides, ces isotopes ne peuvent pas être utilisés dans un réacteur, car l'énergie moyenne des neutrons de fission n'est pas assez élevée pour entretenir la réaction. Des trois isotopes utilisables seul ^{235}U se trouve dans la nature ; l'uranium naturel contient 0,7 % de ^{235}U , le reste étant du ^{238}U avec des traces de ^{234}U .

Il est impossible d'obtenir une réaction en chaîne dans une masse métallique d'uranium naturel, car ^{238}U a des sections efficaces de capture radiative présentant des résonances très aiguës comme l'indique la figure V.1-1.

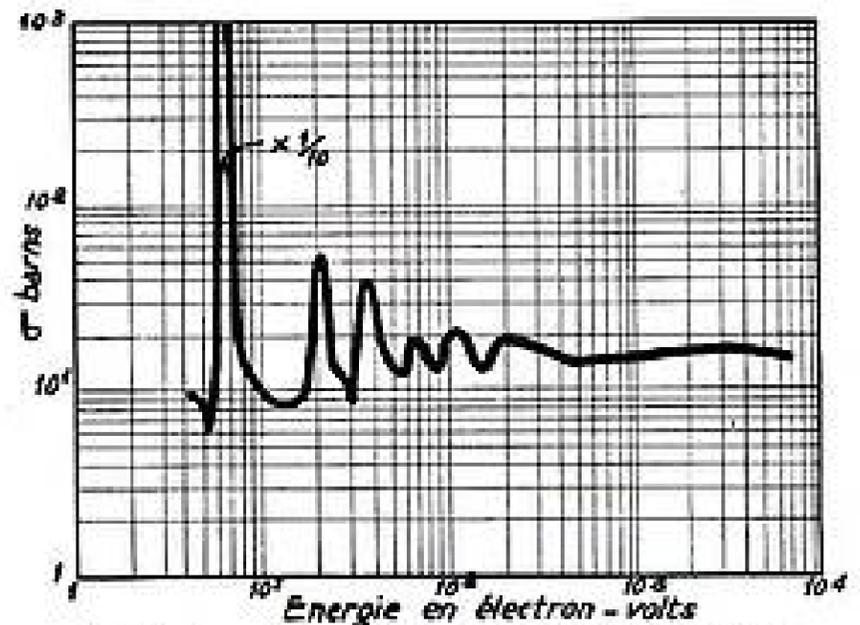


FIG. III-4-2. — Section efficace totale de l'uranium naturel

Les neutrons émis au moment de la fission ont une énergie de l'ordre de 2 MeV ; pour cette énergie l'uranium naturel a une section efficace de diffusion de l'ordre de 4 barns et une section efficace de fission de 0,01 barns, environ. La plupart des neutrons de fission sont ralentis jusqu'à ce qu'ils atteignent des énergies correspondantes à la région de résonance de ^{238}U , pour être capturés rapidement, avant d'avoir eu une chance de fissionner ^{235}U .

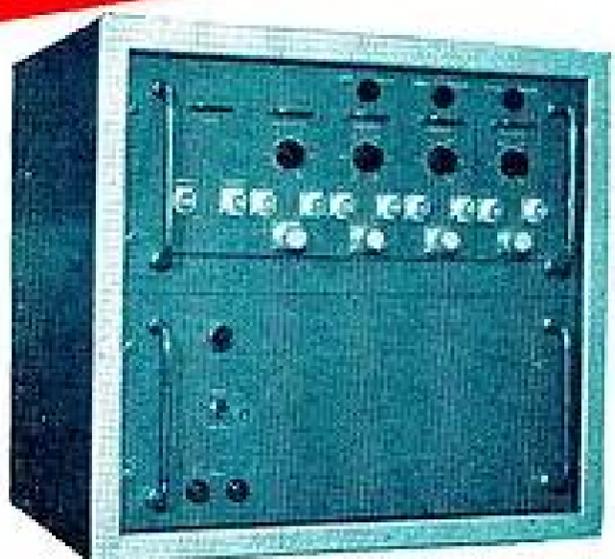
Une première solution, évitant cette difficulté, consiste à séparer complètement les isotopes de l'uranium de façon à n'utiliser que ^{235}U . Dans ces conditions le réacteur peut fonctionner soit avec des neutrons lents soit avec des neutrons rapides.

Une autre solution consiste à mélanger l'uranium naturel avec des éléments légers et peu capturants tels que le deutérium de l'eau lourde, le beryllium ou le carbone qui constituent alors le modérateur du réacteur. Le ralentissement des neutrons par diffusion dans le modérateur est alors très efficace, et la vie moyenne des neutrons à l'état rapide est considérablement abrégée. Il en résulte que, dans cette phase, les chocs sur l'uranium sont rares. Le neutron atteint une énergie voisine de celle de l'agitation thermique des molécules constituant le milieu ; il diffuse alors comme un gaz. Au cours de la diffusion, le neutron peut rencontrer un noyau de ^{235}U et provoquer une fission, il peut également subir une capture radiative par ^{238}U et ^{234}U ou dans le modérateur. Les probabilités de ces différents phénomènes sont telles que la réaction en chaîne est possible pour un choix convenable du rapport de la masse d'uranium à la masse du modérateur.

Si l'uranium et le modérateur formaient un mélange homogène, le neutron en cours de ralentissement aurait de grandes chances, à cause de la capture

**SÉLECTEUR DE
COINCIDENCES ET
ANTICOINCIDENCES**

**COINCIDENCES
AND ANTICOINCIDENCES
SELECTOR**



Licence du Commissariat à l'Energie Atomique
A 491

ANALYSE SÉLECTIVE :
* ELIMINATION DU BRUIT DE FOND
ET DES RAYONNEMENTS PARASITES.
* GONIOMÈTRE NUCLÉAIRE.
* APPAREIL DE LABORATOIRE.

SELECTIVE ANALYSIS :
* BACKGROUND NOISE AND
OTHER UNWANTED RADIATIONS.
* DIRECTIVE LOCALISER OF NUCLEONIC
RADIATIONS.
* LABORATORY SET.

**APPAREIL PORTABLE
DE PROSPECTION, TYPE G.B.M.**

**LIGHT PORTABLE
PROSPECTIONAL UNIT G.B.M.**



A 484

RECHERCHE ET PROSPECTION

MINERALS SEARCH AND

**DES
MINÉRAIS
ÉLÉMENTS
ET PRODUITS
RADIO-ACTIFS**

**PROSPECTION RADIOACTIVE
PRODUCTS AND ELEMENTS**

Rochas

électronique

S. A.

**TROPICALISATION ET
ÉTANCHÉITÉ INTÉGRALES**

**ENTIRELY TROPICAL
AND RELIABLE SEALING
(WATERPROOF)**

**FREQUENCIMÈTRES — TACHYMÈTRES
CHRONOMÈTRES — PERIODEMÈTRES A
COMPTEURS D'IMPULSIONS**

**Modèles
Models**

**FREQUENCYMETERS — TACHOMETERS
CHRONOMETERS — PERIODEMETERS BY
PULSE COUNTING**

de 10⁻⁶ Hz à 25 Mhz !

10⁻⁶ Hz up to 25 Mhz !

T C P	Modèle 100 KHz
T C	1 Mhz
T C P	1 Mhz
T C P	25 Mhz

A 477
A 478
A 479
A 561

F T C P	100 KHz Model
F T C	1 Mhz
F T C P	1 Mhz
F	25 Mhz

**Tous équipements de bancs
d'essais et de Laboratoires**

**The hole range of laboratories
and testing boards equipments**

- * AERONAUTIQUE
- * AUTOMOBILE
- * ELECTRONIQUE

- * AERONAUTICS
- * CAR INDUSTRIE
- * ELECTRONICS

51, Rue Racine — MONTROUGE (Seine)
ALE. 00-07
00-03

DÉPARTEMENT

TÉLÉMESURE * TÉLÉCOMMANDE
TÉLÉSIGNALISATION

SEULE
SOLUTION
A TOUS VOS
PROBLEMES

La Quantification

Ag. PUBLITEC-DOMENACH



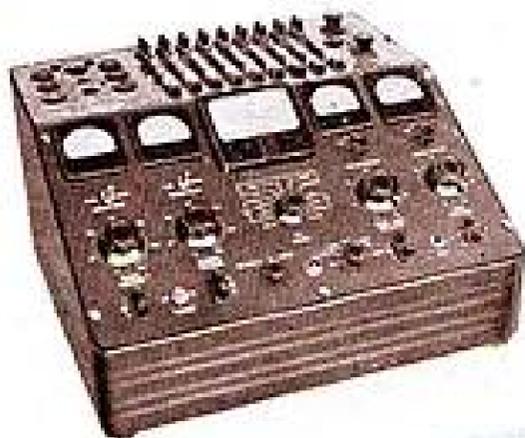
SERVICE COMMERCIAL, TÉL. : NORD 29-57

214, FAUBOURG SAINT-MARTIN - PARIS-10^e - TELEPHONE : BOTZARIS 97-98

NEW LONDON INSTRUMENT Company INC. U.S.A.

ÉQUIPEMENTS DE MESURES ÉLECTRONIQUES
DE PRÉCISION

Ag. PubliDinec-Domenach



ANALYSEUR DE PENTE TYPE 901

Gammes 100, 500, 1 000, 5 000, 10 000 et 50 000 micromhos.
Précision des mesures $\pm 5\%$.
Chauffage 0 à 125 V A_0 ou 0,3 V =
Anode 0-200 μ A, 20 mA, 200 mA / 300 V
Ecran 0-500 μ A, 5 mA, 50 mA / 300 V,
Grille et Supres. 100-0-100 μ A,
1-0-1 et 10-0-10 mA, 0 \pm 3, 15 et 150 V =
Commande 0,01, 0,05 et 0,1 V A_0



GÉNÉRATEUR AM TYPE 162

9 gammes 10 Kc à 50 Mc.
Sortie 0,1 V à 0,1 μ V / 50 ohms
ou 1 V / 500 ohms sur toute la g.
Modulation AM Int. ou Ext.
Scintillation ≤ 50 p.
Atténuateur en H. Var. contin.
Quartz étalon Points repérés.
Distorsion $< 7\%$ avec mod. 50 %.
Cadran de précision. Étanche.



GÉNÉRATEUR TYPE 183 SIGNAUX CARRÉS 10 c. à 1 Mc.

Sortie : H. Imp. 100 V / 1 000 ohms.
Basse Imp. 10 V / 100 ohms.
Montée : 0,05 μ s en haute Imp.
0,02 μ s en basse Imp.
Atten. par bonds 0,20, 40, 60 db
progressif 20 db.
Synchro. entrée 3 V. Sortie 5 V.
Forme Indépend. de l'Atténuateur.



ÉTALON DE FRÉQUENCE TYPE 701

Fréquence fondamentale 1 Mc.
Échelle de fréq. 1^o par 10 Kc,
100 Kc ou 1 Mc de 10 Kc à 50 Mc.
2^o Sortie sinus. 100 Kc-20 V / 50 Ω .
Tension de sortie > 200 μ V / 50 Ω
à 20 Mc > 10 μ V / 50 ohms à 50 Mc
Stabilité 10^{-7} système spéc. en
fonction de la température.
Fréq. fond. ajustable à 1 Mc ± 10 c.



GÉNÉRATEUR UHF & TV TYPE 130A

Balayage en fréq. 450 à 900 Mc.
Sortie : haute 0,25 à 1 V / 75 ohms
basse approx. ≈ 20 db.
Stabilité $< 0,1$ db / Mc de balay.
Bande de balayage 0 à > 40 Mc.
Balayage 60 Htz sinusoïdal.
Sortie synchro. pour plaque dir.
Retour effaçable Compagnie une base
de référence à niveau 0



GÉNÉRATEUR FM TYPE 100 C

Gamme 27 à 230 Mc, une seule g.
Sorties 0,1 V à 0,1 μ V / 25 ohms
0,02 V à 0,02 μ V / 9 ohms,
en direct impéd. 50 ohms.
Excur. en fréq. 2 sous gammes
0 à 30 Kc. & 0 à 250 Kc.
à 1 Kc $< \pm 5\%$.
Atténuateur à piston $\pm 10\%$.
Distorsion $< 2\%$ à 250 Kc à 1 Kc.
Cadran différentiel ± 100 Kc.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 10.000.000 FRF

SILFA

LIAISON FRANCE-AMÉRIQUE
ADR. TÉL. SILFAMERIFRA

2, BOULEVARD PEREIRE - PARIS 17^e - TÉL. : CARNOT 33-67

résonante, d'être absorbé par ^{238}U et la réaction en chaîne serait impossible à réaliser. Si au contraire, on réalise une structure hétérogène, les neutrons peuvent alors se ralentir dans le modérateur sans rencontrer sur leur trajet de noyaux d'uranium 238. Ils ont ainsi plus de chances de parvenir à l'état de neutrons thermiques et ils seront efficaces pour produire d'autres fissions. Dans un tel assemblage hétérogène la réaction en chaîne est possible pour un choix convenable du rapport de la masse d'uranium à la masse du modérateur.

V.2. — DIMENSIONS CRITIQUES.

Les neutrons seront perdus pour la réaction en chaîne s'ils s'échappent par la surface extérieure de la structure considérée plus haut. Comme le nombre de neutrons s'échappant à l'extérieur est proportionnel à la surface et que le nombre de neutrons créés est proportionnel au volume du réacteur, plus les dimensions du réacteur seront grandes, plus petite sera la fraction des neutrons perdus. Quand les dimensions de l'assemblage sont justes suffisantes pour entretenir la réaction en chaîne on dit que le réacteur a les dimensions et une masse critiques.

Les dimensions critiques d'un réacteur dépendent de beaucoup de variables ; comme la sphère a un rapport surface/volume le plus faible, un réacteur sphérique utilisera le minimum de combustible. Les dimensions critiques peuvent être réduites si on entoure le réacteur d'un réflecteur, dont le rôle est de réfléchir les neutrons perdus par fuite et de les renvoyer dans le réacteur. Un corps léger, peu capturant, tel que le deutérium, le beryllium ou le graphite peuvent composer un réflecteur. Par ailleurs, les dimensions critiques seront augmentées par la présence dans le réacteur de matériaux dont les sections efficaces de capture pour les neutrons sont élevées. Ces matériaux peuvent être des matériaux de structure, le fluide de refroidissement, etc...

V.3. — LE FACTEUR DE MULTIPLICATION.

Prenons un assemblage hétérogène d'uranium et d'un modérateur de dimensions infinies et suivons un neutron au cours de son ralentissement. Considérons tout d'abord un neutron qui vient d'être émis lors d'une fission ; son énergie en moyenne est de l'ordre de 2 MeV, il a une probabilité faible, mais non négligeable, de provoquer une fission avant que son énergie ait décliné de façon appréciable. En général ce neutron se ralentira, son énergie deviendra inférieure au seuil de fission rapide de ^{238}U . Quand ce neutron atteint une énergie de quelques eV il peut rencontrer, malgré la structure hétérogène, un noyau de ^{238}U . Dans ce cas, il y a une forte probabilité pour qu'il soit capturé. Si le neutron échappe à cette « trappe » il continuera à se ralentir jusqu'à ce que sa vitesse soit celle de l'agitation thermique ; le neutron est alors un neutron thermique. Il peut être capturé par l'uranium ou par

un autre matériau du réacteur (modérateur, réfrigérant, matériau de structure, etc...).

Soit f la probabilité pour que le neutron thermique soit capturé dans l'uranium (f est le facteur d'utilisation thermique). Parmi les neutrons capturés par l'uranium les uns sont perdus, les autres conduisent à une fission. En moyenne un neutron capturé par l'uranium donne naissance à η neutrons rapides, η est un nombre caractéristique du combustible utilisé ($\eta = 1.32$ pour l'uranium naturel). Soit p la probabilité pour que le neutron échappe à la « trappe » au cours de son ralentissement ; le

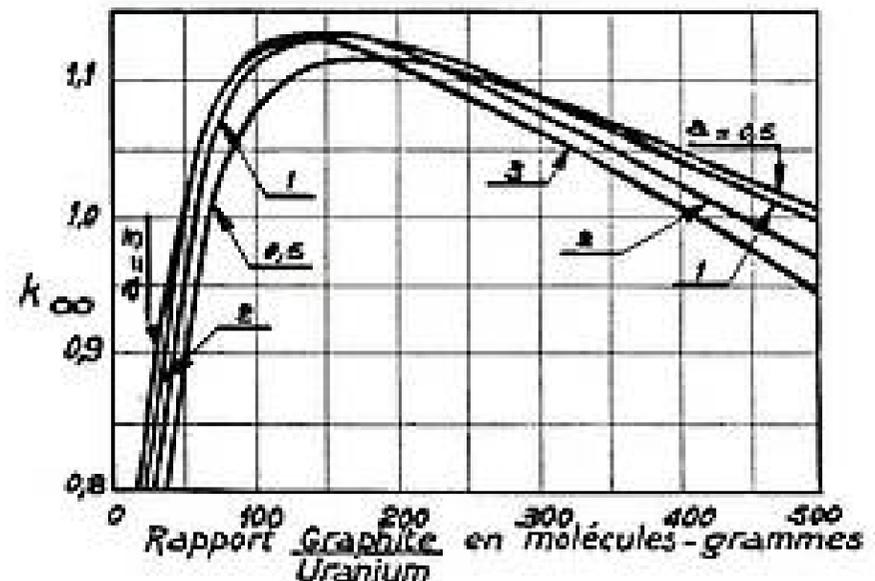


FIG. V-3-1. — Facteur de multiplication k_{∞} pour un réacteur à uranium naturel et graphite $a =$ rayon des barres d'U en cm.

neutron dont nous avons suivi la vie a donné naissance à k_{∞} neutrons, avec

$$k_{\infty} = \varepsilon \eta p f, \quad (\text{V.3-1})$$

où ε (légèrement supérieur à 1) rend compte de quelques fissions produites par les neutrons rapides. Le neutron met environ 10^{-3} s pour accomplir le cycle décrit ci-dessus.

Dans le raisonnement précédent on a supposé le milieu infini, en fait il a des dimensions finies et le neutron a une probabilité $(1-F)$ de s'échapper, soit en cours de ralentissement, soit une fois thermique. Donc, finalement, notre neutron a donné naissance à

$$k_{eff} = \varepsilon \eta p f \cdot F \quad (\text{V.3-2})$$

neutrons.

k_{eff} est appelé le facteur de multiplication effectif. Il n'y a évidemment, de réaction en chaîne divergente que si ce nombre est au moins égal à 1.

Comme η est une constante de l'uranium et que ε l'est pratiquement aussi, pour augmenter k_{eff} il faut rendre p/F le plus grand possible. On augmente la probabilité de capture f du neutron thermique par l'uranium en augmentant la proportion

d'uranium, mais alors le neutron risque davantage d'être capturé au cours de son ralentissement par ^{235}U , donc on diminue p . On conçoit qu'il y ait une disposition optimum de l'uranium dans le modérateur qui rende le produit pf maximum ; cette condition est généralement obtenue quand $p = f$.

On ne peut plus alors augmenter k_{eff} qu'en réduisant les fuites des neutrons hors du milieu. Pour cela on entoure le milieu multiplicateur d'un réflecteur constitué par une substance non absorbante. Parmi les neutrons s'échappant du milieu multiplicateur une partie y sera renvoyée après des chocs sur les noyaux du réflecteur. Malgré tout, les neutrons fuient ; on réduit leur pourcentage en augmentant les dimensions du milieu multiplicateur. La réaction en chaîne ne peut avoir lieu qu'à partir des dimensions minima. Ces dimensions dépendent, entre autres, du modérateur utilisé. Un réacteur à eau lourde utilise quelques tonnes d'uranium naturel et quelques tonnes de D_2O . Dans un réacteur à graphite il y a quelques dizaines de tonnes d'uranium et quelques centaines de tonnes de graphite.

Dans la réalisation pratique d'un réacteur, afin de pouvoir entretenir la réaction en chaîne, il faut prendre des précautions pour conserver un neutron sur les 2,5 émis en moyenne lors de la fission. La faible marge qui apparaît dans le bilan impose l'élimination de toute cause supplémentaire de disparition de neutrons. Les réacteurs exigent donc des matériaux d'une très grande pureté. Par exemple, le graphite employé, dont on a vu les quantités importantes nécessaires, doit subir un traitement spécial qui l'amène à l'état dit « nucléairement pur ».

V.4. — CONTRÔLE DU RÉACTEUR.

Afin d'éviter l'élévation inconsidérée de la puissance du réacteur, qui amènerait avec elle une élévation excessive de la température des matériaux de structure, qui pourrait à son tour amener la destruction du réacteur, il faut pouvoir contrôler la réaction. Ce contrôle se fait en introduisant dans le réacteur un corps qui absorbe les neutrons : du cadmium ou du bore, en général. On modifie le facteur de multiplication en agissant sur la position de la plaque ou la barre absorbante à l'intérieur du réacteur. Pour « démarrer » le réacteur il faut que k_{eff} soit supérieur à 1 ; alors la réaction en chaîne se développe à partir des fissions spontanées de l'uranium et la puissance croît exponentiellement. Quand la puissance atteint le niveau désiré, on introduit l'absorbant jusqu'à ce que $k_{eff} = 1$. La puissance reste alors, en principe constante. Nous avons vu que le cycle du neutron s'effectue en 10^{-2} — 10^{-4} s le contrôle paraît donc difficile. Toutefois, étant donné que 0,73 % des neutrons sont émis avec un retard important, pouvant atteindre plusieurs secondes, la montée exponentielle peut être rendue aussi lente que l'on désire*. Le contrôle du réacteur s'effectue simplement par mouvement télécommandé de plaque de cadmium ou de barres contenant du bore.

* A condition que $k_{eff} < 1,073$. Pour la justification de cette condition voir VII.3.

Tableau V.4-1

	^{235}U	^{238}U	^{239}Pu
Nombre de fissions spontanées par s et par kg de combustible	0,3	6,9	10

V.5. — SÉCURITÉ.

Pour prévenir toute montée trop brutale de la puissance, il faut pouvoir arrêter rapidement le réacteur. Ceci se fait par introduction rapide dans le réacteur de barres de cadmium, ou de bore, ou d'un autre corps très absorbant. Les barres sont normalement retenues hors du milieu multiplicateur par un électro-aimant. Le courant parcourant cet électro-aimant est coupé automatiquement dès que la puissance atteint une certaine valeur, les barres tombent sous l'effet de la pesanteur et, quelquefois, aidées par pistonnage à l'air comprimé, pour accélérer la chute.

V.6. — CLASSIFICATION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES.

Les réacteurs nucléaires peuvent être classés de plusieurs manières différentes ; par exemple : suivant le type de combustible, modérateur ou réfrigérant utilisés, suivant les énergies des neutrons produisant les fissions : neutrons lents ou thermiques quand leurs énergies sont inférieures à 0,1 eV, neutrons intermédiaires ou de résonance pour des énergies comprises entre 1 et 1 000 eV et neutrons rapides pour des énergies supérieures à 1 000 eV.

On classe souvent les réacteurs en deux catégories suivant la distribution du combustible et du modérateur : les réacteurs homogènes et hétérogènes.

Dans ce qui suit nous allons classer les réacteurs suivant leur utilisation.

(a) Réacteurs laboratoires :

Ces réacteurs sont utilisés comme source de neutrons pour la recherche en physique nucléaire, ou en « génie atomique » et pour la fabrication des radio-isotopes. Pour ces utilisations il est avantageux de disposer de réacteurs fournissant un flux élevé de neutrons.

Le flux de neutrons est proportionnel à la puissance unitaire ; en effet, le nombre de fissions par tonne d'uranium est donné par $N_f = \emptyset \cdot \Sigma_f$, où \emptyset est le flux et Σ_f la section efficace de fission macroscopique par tonne d'uranium. Pour l'uranium naturel $\Sigma_f = 10 \text{ cm}^2/\text{T}$ et, puisque 1 fission par seconde = $3,2 \cdot 10^{-11}$ watts, on a :

Puissance unitaire en

$$\text{MW/T} = 3,2 \cdot 10^{-11} \cdot 10 \emptyset = 3,2 \cdot 10^{-10} \emptyset \quad (\text{V.6-1})$$

où \emptyset est donné en n/cm²/s.

ÉLECTRONIQUE ET APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

ALIMENTATIONS



APS : + 200 — 2.500 V - 800 μ A - Stabilité : 1 pour 1.000.
APNS : \pm 200 — 2.500 V - 800 μ A - Stabilité : 1 pour 1.000.
APN3. Très haute stabilité - \pm 200 — 2.500 V - 3 à 10 mA - Stabilité et dérive : 2 pour 10.000 - Ronflement < 30 mV.
APN5K : Mêmes caractéristiques que APN3, mais gamme supplémentaire 2.500 — 5.000 V - 1 mA.
AHS. : Stabilité et dérive : 2 pour 10.000 - Ronflement 5 mV. ;
AHS. 1. : 250 volts — 200 mA., AHS. 2. : 100 à 300 V - 150 mA.
Toutes alimentations stabilisées sur demande.

AMPLIFICATEURS



AL1 : Amplificateur linéaire gain 10.000 - Entrée : + et - -
Sortie : 150 V linéaire - Circuit de blocage incorporé.
AL2 : Gain 1.000 - Entrée : + et - - Sortie : linéaire 150 V.
ALD : Amplificateur linéaire à gain de 1.000 - Entrée : + et - - Discriminateur incorporé - Seuil : 6 à 106 V.
ADM : Amplificateur rapide gain 100 - Temps de montée : 0,03 μ Seconde -
Sortie \pm 5 volts.

SÉLECTEURS



SAI-1 : Sélecteur d'amplitude à un canal - Bande 1,5 V — 3 V. —
4,5 V, déplaçable de 10 à 110 volts - Temps d'analyse : 1 μ S.
SAI.1.T : Sélecteur comme le modèle SAI.1 avec déplacement de la
bande, pour tracé automatique de spectres.
ASR + SAI.1.L. : Ensemble de sélection de précision comprenant
amplificateur à seuil et sélecteur d'amplitude.

ÉCHELLES

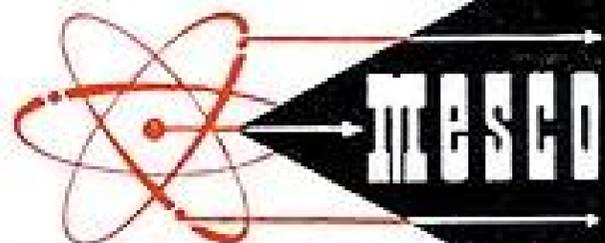


NUD3. : Echelle de 1.000 - Pouvoir de résolution : 5 μ Sec
ECG4. : Echelle de 10.000 - Pouvoir de résolution : 0,8 μ Sec.
NUD3M : Echelle NUD3 avec minuterie.
NUD3P : Echelle de 1.000 avec comptage automatique par précompte,
prétemps, et passeur d'échantillon.

ENSEMBLE DE COMPTAGE

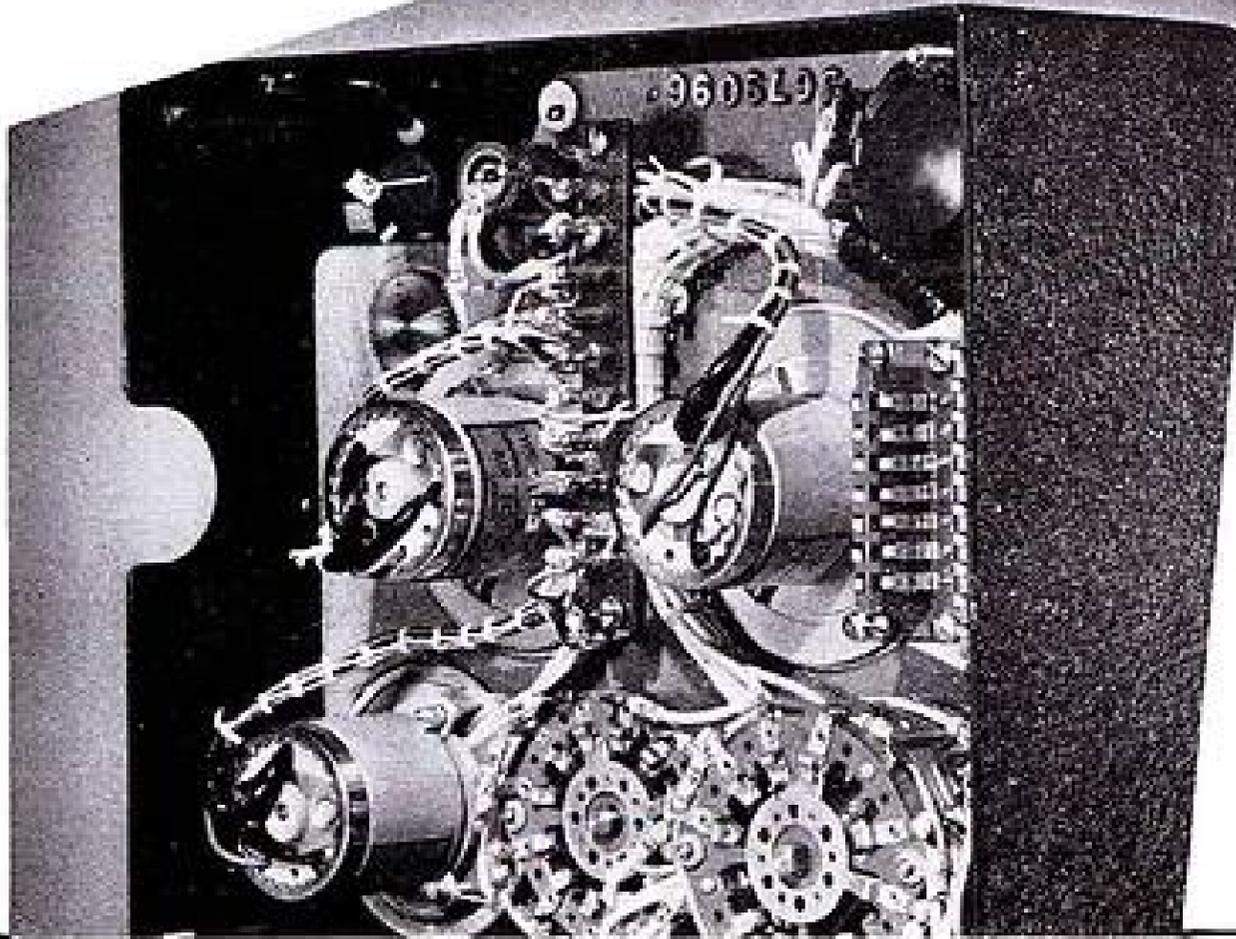


Armoires ou baies comprenant des tiroirs aux cotes du rack standard (hautes-tensions, échelles, intégrateurs, amplificateurs, discriminateurs, sélecteurs).
Photo-ensemble : APNS + NUD3P + AL1



14, RUE RENÉ COCHE, VANVES (Seine) - MIC. 44-99 et 14-27

COMPTEURS GEIGER-MULLER - SONDES A SCINTILLATIONS - GAMMAMÈTRES - GAMMAPHONES



POUR TOUS LES PROBLÈMES DE CONTRÔLE A DISTANCE

AIR-EQUIPEMENT fabrique en grande série, sous licence Bendix, les AUTOSYNS de haute précision Eclipse Pioneer.

Ces appareils, réalisés avec des moyens de production et de contrôle les plus modernes, sont d'une précision remarquable. Leur utilisation doit contribuer à résoudre de façon parfaite, tous les problèmes de contrôle à distance et d'observisme posés par les installations les plus diverses.

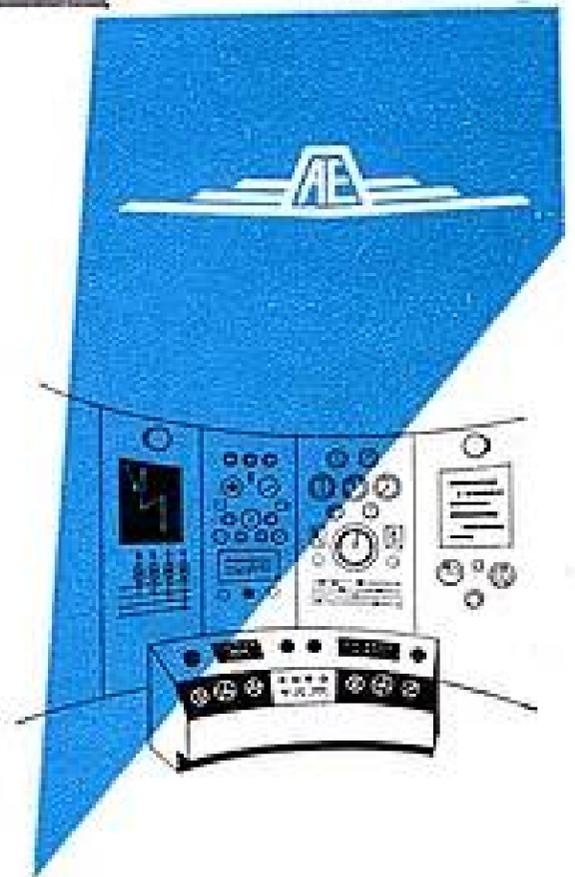
**TRANSMETTEURS TYPES 89005/1 et 89006/1
RÉCEPTEURS TYPE 89007/1**

Alimentation.....	26 Volts 400 c/s
Consommation	100 milliampères
Puissance	0,45 watt
Impédance d'entrée.....	45 + j 225 ohms
Tension de sortie de stator.....	11,8 volts
Résistance du rotor.....	16 ohms
Résistance du stator.....	6,7 ohms
PRÉCISION Transmetteur	20 minutes
Récepteur	45 minutes
Diamètre extérieur.....	36 millimètres
Longueur.....	54,4 millimètres
Poids.....	135 grammes

AUTOSYN
(licence Bendix)

AIR-EQUIPEMENT

18, RUE BASLY, ASNIÈRES (SEINE) - TÉL. GRE. 45-80



Remettez à vos Agents Techniques
cet outil indispensable...

LES DÉCIBELS

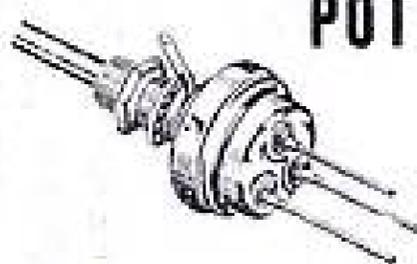
- Table universelle à 3 décimales
- Comment les utiliser
- Comment les calculer
- Tableau des phones
- Graduation des appareils de mesure.

par Lucien **CHRÉTIEN**, ingénieur E.S.E.

Une plaquette de 40 pages 15 x 24 cm.
300 francs port compris.

AUX
ÉDITIONS CHIRON, 40, r. de Seine, Paris-6

Le numéro de Mars-Avril de
L'ONDE ÉLECTRIQUE sur la
Pièce détachée Professionnelle
est un outil pour vos techniciens
— 462 pages dont 272 de texte —
Prix : 600 F. — 40, rue de Seine, Paris-6



POTENTIOMÈTRES

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

Variohm



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

Publ. RAPI

Equipements pour l'Electronique
et les Hyperfréquences

ATTÉNUATEURS CALIBRÉS, ONDEMÈTRES
etc...



CONNECTEURS COAXIAUX POUR TOUS
CABLES NORMALISÉS
HOMOLOGUÉS PAR L'ARMÉE DE L'AIR.

AMEP

(NOUVEAU SERRE-CABLE BREVETÉ S. G. D. G.)

CATALOGUE SUR DEMANDE

L'APPAREILLAGE MÉCANIQUE
ÉLECTRIQUE ET PLASTIQUE
13, Square Henry-Paté — PARIS-16^e — AUT. 64.97

Servomécanismes
Mesures...



POTENTIOMÈTRES DE PRÉCISION

- * Dissipation élevée 4 W
- * Linéarité $\pm 10^{-3}$
- * Couple de frottement très faible.

Matériel utilisé en aéronautique



LABORATOIRES DE PHYSIQUE APPLIQUÉE
25, RUE GANNERON - PARIS 18^e - BAT. 70-49

Pour un réacteur laboratoire on a avantage à choisir un modérateur à eau lourde. En effet, ici la puissance apparaît comme un sous-produit gênant qu'il faut évacuer. Plus la puissance totale est faible, plus le capital investi dans les échangeurs, les soufflantes, etc... est faible. Or, comme le réacteur à eau lourde diverge avec 3 tonnes d'uranium alors qu'il faut 30 tonnes pour un réacteur à graphite, la puissance totale à évacuer pour un même flux est 10 fois, environ, plus élevée pour un réacteur au graphite que pour un réacteur à eau lourde.

(b) Réacteurs de production de plutonium :

Dans un réacteur à neutrons thermiques, pour un noyau fissile détruit, γ noyaux de plutonium sont formés lors de la capture d'un neutron thermique ou en ralentissement par ^{235}U ; γ est le facteur de conversion. La masse de plutonium formée est proportionnelle à la masse de ^{235}U détruit, donc à l'énergie totale fournie par la réaction. La production de plutonium est d'environ 1 mg par 24 kWh.

Le plutonium étant un métal chimiquement différent de l'uranium son extraction à partir des barres irradiées dans un réacteur se fait par des procédés relativement peu coûteux employés dans l'industrie chimique, alors que l'extraction de ^{235}U à partir de l'uranium naturel n'est possible que par les méthodes très onéreuses de diffusion ou de séparation électromagnétique.

Dans un réacteur de production on cherche à améliorer le facteur de conversion, à obtenir la puissance la plus élevée et à réaliser un montage mécanique tel, que le remplacement des barres actives soit aisé.

Le plutonium peut aussi être obtenu dans des réacteurs à neutrons rapides. Il est généralement formé dans ^{235}U qui sert également de réflecteur.

(c) Réacteurs de puissance :

Ces réacteurs sont destinés à la production d'énergie. Comme nous l'avons vu au chapitre IV.6, pendant la réaction, l'énergie est libérée sous forme thermique, dont plus de 80 % dans les barres actives. L'énergie thermique est extraite des barres par un réfrigérant qui sert à faire de la vapeur utilisée dans des turbines. Le modérateur et le réflecteur sont généralement réfrigérés par un système indépendant.

Plusieurs types de refroidissement ont été utilisés, par exemple :

— refroidissement par gaz sous pression en circuit fermé. Le réacteur de Saclay, le premier à utiliser ce type de refroidissement, emploie le CO_2 sous 7 kg/cm² de pression, en circuit fermé. Le gaz échange sa chaleur avec de l'eau de ville dans un échangeur. Les réacteurs G_2 et G_3 de Marcoule destinés à la production d'énergie et de plutonium seront munis d'un système analogue.

— refroidissement par l'air à la pression atmosphérique.

— refroidissement par l'eau de ville, comme par exemple dans les réacteurs de Hanford (USA) ou NRX (Canada).

— refroidissement par l'eau lourde, comme dans le cas du réacteur norvégien et le réacteur de Châtillon.

— refroidissement par métaux fondus, comme dans le cas du « breeder » d'Idaho (USA).

Afin de diminuer le prix de revient du kWh, on a envisagé la construction de réacteurs à double fonction : production d'énergie et production de plutonium.

VI. — Éléments de la théorie des réacteurs nucléaires.

Dans le présent chapitre nous allons développer succinctement la théorie élémentaire d'un réacteur. Les considérations qui suivent sont applicables aux réacteurs hétérogènes à neutrons thermiques.

VI.1. — RALENTISSEMENT DES NEUTRONS.

Dans un chapitre précédent nous avons vu que l'énergie moyenne des neutrons émis lors de la fission est de 2 MeV. Pour que ces neutrons deviennent efficaces dans la production d'autres fissions on est amené à les ralentir par chocs élastiques sur un modérateur, jusqu'à ce qu'ils aient la vitesse thermique. La compréhension du processus de ralentissement paraît donc essentielle pour comprendre le fonctionnement d'un réacteur à neutrons thermiques.

Nous allons esquisser cette étude en supposant que le neutron et le noyau du modérateur sont assimilables à des sphères rigides, que les chocs sont élastiques et que le noyau du modérateur est au repos avant le choc. D'autre part, étant donné que la masse A du noyau du modérateur est généralement supérieure à la masse du neutron prise comme unité, la vitesse communiquée au noyau est faible.

Soit v_0 la vitesse du neutron avant le choc, v_1 et V_1 les vitesses après le choc du neutron et du noyau du modérateur, respectivement.

Dans le système du centre de gravité on a :

$$\frac{v_1}{V_1} = \frac{A}{1} \quad \text{conservation de la quantité du mouvement}$$

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{AV_1^2}{2} = \frac{Av_0^2}{(A+1)^2} \quad \text{conservation de l'énergie} \quad (\text{VI.1-1})$$

Les deux vitesses \vec{v}_1 et \vec{V}_1 sont colinéaires et de sens opposés. La perte maximum d'énergie du neutron est obtenue pour un choc frontal, on a alors :

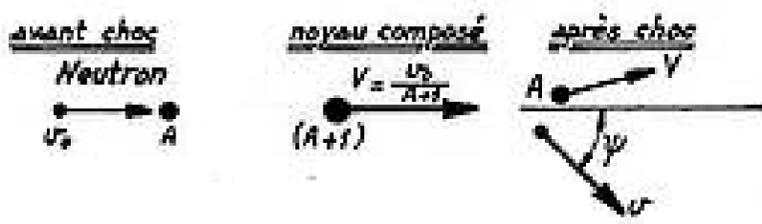
$$\alpha = \frac{E}{E_0} = \frac{(A-1)^2}{(A+1)^2} \quad (\text{VI.1-2})$$

E_0 et E sont les énergies du neutron avant et après diffusion. Si le modérateur contient de l'hydrogène, c'est-à-dire un corps de poids atomique égal à celui du neutron, ce dernier sera complètement arrêté, l'atome d'hydrogène repart après le choc avec la vitesse v_0 du neutron.

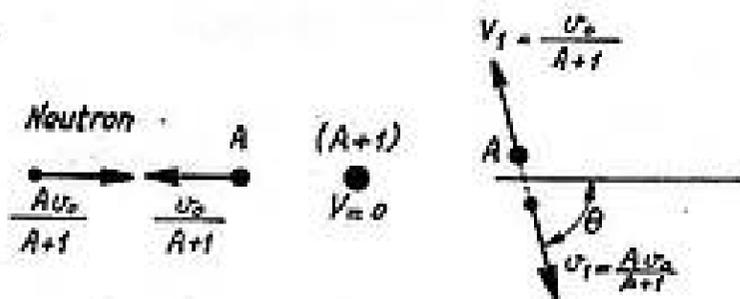
L'angle que fait le vecteur v_0 avec la ligne des centres des deux particules peut varier entre l'incidence rasante et zéro (choc frontal), la perte d'énergie, en moyenne, est inférieure à α .

Dans le cas de diffusion isotrope il est intéressant de calculer la valeur moyenne de la différence entre les logarithmes naturels des énergies avant et après le choc :

$$\xi = \overline{\ln E_0 - \ln E} = \overline{\ln \frac{E_0}{E}} = \overline{\ln \frac{E}{E_0}} \quad (VI.1-3)$$



Système du laboratoire



Système du centre de gravité

FIG. VI.1-1.

En effectuant ces calculs on obtient :

$$\xi = 1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln \alpha \quad (VI.1-4)$$

Pour un modérateur dont $A > 10$ on a :

$$\xi = \frac{2}{A + 2/3} \quad (VI.1-5)$$

Il s'en suit que dans le cas de diffusion isotrope le neutron perd en moyenne la même fraction d'énergie à chaque choc. Quand la vitesse du neutron a été réduite à celle de l'agitation thermique le neutron a des chances égales de perdre ou de gagner de l'énergie au modérateur, sa vitesse reste dans la région des vitesses thermiques jusqu'à sa capture.

Plus ξ est élevé moins il faut au neutron de chocs pour aboutir à la vitesse thermique. Toutefois, il faut encore que la section efficace de diffusion du modérateur ne soit pas nulle. Le produit $\xi \Sigma_d$ est appelé le pouvoir de ralentissement macroscopique d'un modérateur. Il représente le pouvoir de ralentissement de tous les noyaux contenus dans 1 cm³ du modérateur. Il faut, d'autre part, que la section efficace de capture thermique Σ_c soit faible ; le rapport $\xi \Sigma_d / \Sigma_c$ est appelé le rapport modérateur de la substance utilisée.

Tableau VI.1-1

Propriétés diffusantes des quelques substances

Substance	ξ	Nombre de chocs de 2 MeV à 0,025 eV	Rapport modérateur
Hydrogène	1,00	18	66
Deuterium	0,725	25	> 12000
Helium	0,425	43	94
Lithium	0,268	67	Très faibl.
Beryllium	0,208	87	160
Bore	0,171	105	Très faibl.
Carbone	0,158	114	169
Azote	0,136	132	0,7
Oxygène	0,120	150	487
Fluor	0,102	177	> 34
Uranium	0,0084	2150	
H ₂ O	0,927	19	72
D ₂ O	0,510	35	12000

VI.2. — DIFFUSION DES NEUTRONS.

L'équation fondamentale qui régit la diffusion des neutrons dans le modérateur est l'équation de transport de Boltzmann, basée sur la théorie cinétique des gaz. Pour simplifier le traitement mathématique nous allons nous placer dans le cas où la distribution angulaire des neutrons est isotrope, ou bien dans le cas où elle est indépendante de l'énergie et de la position dans le modérateur. Dans ces conditions l'équation de Boltzmann est remplacée par l'équation classique de la diffusion.

Considérons un élément de surface ΔS situé dans le plan xy . Supposons le plongé dans un grand volume de modérateur dans lequel diffusent les neutrons et examinons le courant de neutrons à travers ΔS dans la direction oz . Soit Σ_d la section efficace macroscopique de diffusion du modérateur et supposons que la section efficace de capture soit négligeable. Soit r la distance et θ l'angle que fait le vecteur r avec l'axe oz .

L'élément annulaire de volume dV est donné par :

$$dV = 2\pi r \sin \theta r d\theta dr \quad (VI.2-1)$$

CIRCUIT EN POTS

CIRCUIT EN L

FERRITES

ferromagnétiques

A HAUTE STABILITÉ

Agence Publitec-Domenach

CARACTÉRISTIQUES

- ★ Perméabilité élevée 2.400 (Fermalite).
- ★ Coefficient de température minimum.
- ★ Coefficient de pertes faible.
- ★ Homogénéité des matériaux.

AVANTAGES

- ★ Réalisation d'inductances et transformateurs de haute qualité.
- ★ Faible encombrement
- ★ Economique.
- ★ Montage rapide.
- ★ Gamme de fréquence étendue.

Type FERRITE	PROPRIÉTÉS	APPLICATIONS		
FERRITES DOUX FERMALITE	Perméabilité initiale moyenne	Bobines d'inductance (circuit à entrefer)	Transformateur (circuit sans entrefer)	
	1002	1750	1 KHz à 500 KHz	
	1003	1250	200 KHz à 300 KHz	
	2001	2400	1 KHz à 20 MHz	
	2002	2400	Bobines Papiers et Bobines basse fréquence	
3001	1500	Transformateur de puissance H-F		
FERMILITE		Bobines d'inductance	Transformateurs	
	1101	800	0,2 à 2 MHz	1 KHz à 20 MHz
	1102	250	1 à 7 MHz	1 KHz à 50 MHz
	1103	100	5 à 15 MHz	1 KHz à 70 MHz
	1104	30	10 à 60 MHz	1 KHz à 100 MHz
1105	15	50 à 120 MHz	1 KHz à 200 MHz	

pour H	ID (mm)	B _r G	B _c G	α	F _r G	H _c m	APPLICATIONS
4303		3340	3080	0,92	0,7		Mémoire
4303		2800	2570	0,92	1,4		
4304		2500	2300	0,93	1,4		
4401		3660	3360	0,92	0,55		
4402		3500	3220	0,92	0,60		Commande et Amplis magnétiques
4001		4000	3520	0,90	0,60		
		B _r G	H _c G	B.H. 10 ⁻⁴ max. G. cm			
5202		2000	1500	1,3			Amplis à champ rétroactif et/ou bases propres mécaniques

LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES
89, Rue de la Faisanderie

ET TÉLÉPHONIQUES
PARIS-16° TRO. 45-50

MARCONI INSTRUMENTS LTD

VOLTMÈTRE ÉLECTRONIQUE

Type TF. 1.041 — 20 c/s à 700 Mc/s

Cet instrument précis et très stable permet des mesures de tension dans la gamme de fréquences de 20 c/s à 700 Mc/s. Il permet également les mesures de tensions en courant continu et les mesures de résistance. Les mesures de tensions en continu se font en asymétrique ou symétrique.



☆

CARACTÉRISTIQUES

Mesures de tensions en alternatif :

0 - 300 V en 6 gammes.

20 c/s - 700 M c/s.

Capacité d'entrée : $< 2_{\mu\text{F}}$

Mesures de tensions en continu :

0 - 1000 V en 7 gammes.

Impédance d'entrée 40 Mégohms.

Mesure de résistance :

0,2 ohm à 500 Mégohms en 7 gammes.

LELAND RADIO IMPORT CO

M. BAUDET, 6, RUE MARBEUF, PARIS 8 - TÉL. ÉLY. 11.25

*Pour matériel
professionnel*

CONDENSATEURS

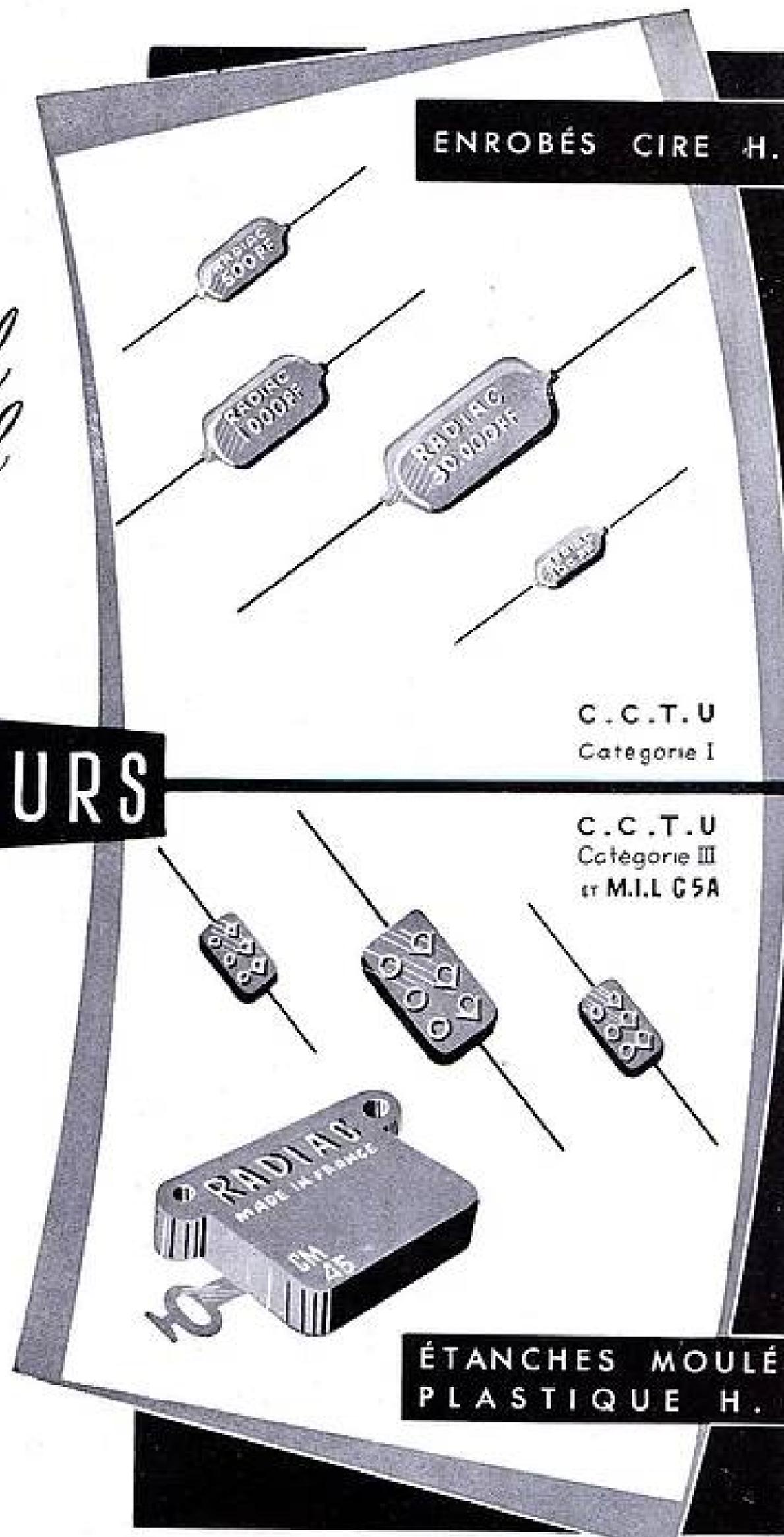
MICA ARGENTÉ

TENSION DE SERVICE JUSQU'À 5 KV

RÉSISTANCE D'ISOLEMENT
SUPÉRIEURE À 100.000 MÉGOHMS

TANGENTE DE L'ANGLE DE PERTE
À 1 KC ET 1 MC INFÉRIEURE À $1 \cdot 10^{-3}$

TOLÉRANCES ÉLECTRIQUES
LIVRABLES : 10% - 5% - 2% - 1% - 0,5%



ENROBÉS CIRE H.

C.C.T.U
Categorie I

C.C.T.U
Categorie III
et M.I.L G5A

ÉTANCHES MOULÉS
PLASTIQUE H.

RADIAC S.A.

SERVICE C^u : 79, R. DU Fbg POISSONNIÈRE - PARIS 9^e - PRO. 39-5

Dans cet élément de volume le nombre de chocs par seconde est donné par $\varnothing \Sigma_d dV$, où \varnothing est le flux de neutrons. Si la diffusion est isotrope, la probabilité pour qu'un neutron, diffusé dans l'élément de volume dV , passe par ΔS est :

$$\Delta S \cos \theta / 4\pi r^2. \quad (\text{VI.2-2})$$

Cependant un neutron se dirigeant vers ΔS a une certaine probabilité d'être diffusé avant d'at-

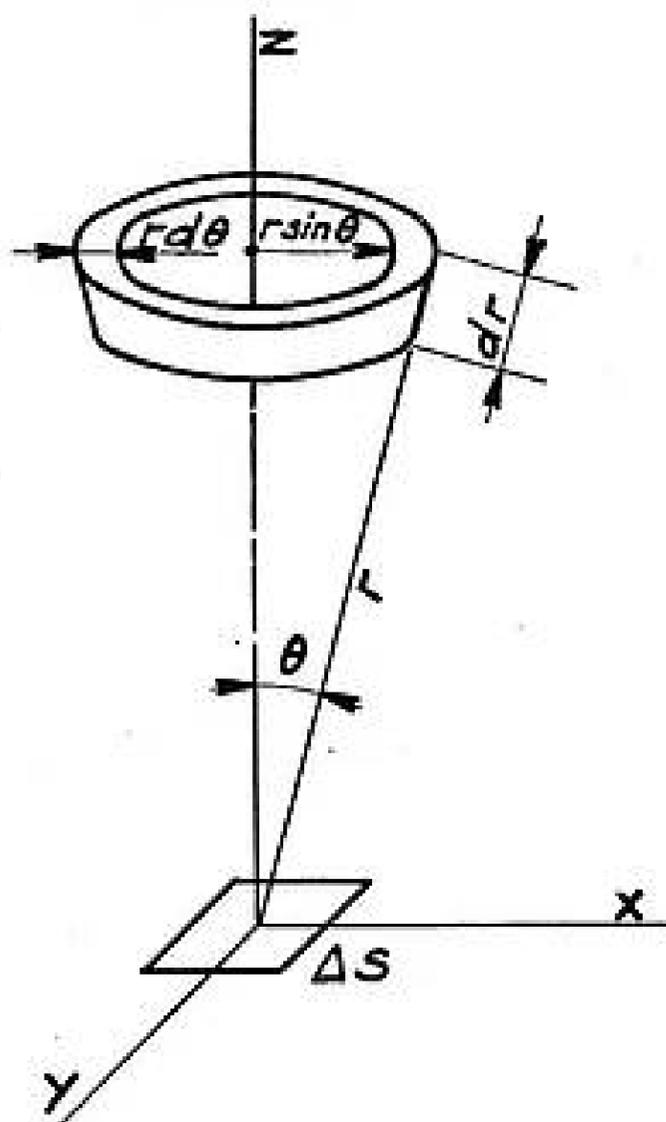


Fig. VI.2-1.

teindre ΔS il faut donc multiplier (VI.2-2) par e^{-r/λ_d} , de sorte que le nombre de neutrons diffusés dans l'élément de volume dV et passant par ΔS est :

$$dn = \varnothing \Sigma_d 2\pi r^2 \sin \theta d\theta dr \frac{\Delta S \cos \theta}{4\pi r^2} e^{-r/\lambda_d}, \quad (\text{VI.2-3})$$

Soit J le courant de neutrons dans la direction des z négatifs, exprimé en neutrons/cm²/s on a :

$$J = \frac{n}{\Delta S} = \int_0^\infty \int_{\theta=0}^{\theta=\pi/2} \frac{\varnothing \Sigma_d}{2} \sin \theta \cos \theta e^{-r/\lambda_d} dr d\theta. \quad (\text{VI.2-4})$$

Si l'on suppose un flux uniforme donc \varnothing constant, on obtient en intégrant :

$$J = \frac{\varnothing}{4}. \quad (\text{VI.2-5})$$

Par raison de symétrie le courant dans la direction des z positifs sera aussi $\varnothing/4$, et le nombre total de neutrons/cm²/s passant à travers une surface placée dans un champ neutronique à flux uniforme est égal à $\varnothing/2$.

Dans le cas où le flux n'est pas constant suivant la direction perpendiculaire à la surface, pour poursuivre les calculs il faut connaître la façon dont \varnothing varie dans cette direction. Dans le cas choisi, la direction étant celle de oz , si on se contente d'un développement de la fonction \varnothing en série de Mac-Laurin autour de $z = 0$, et en ne prenant que le premier terme, on obtient :

$$\begin{aligned} J_+ &= \frac{\varnothing}{4} - \frac{1}{6\Sigma_d} \left(\frac{\partial \varnothing}{\partial z} \right)_0 \\ J_- &= \frac{\varnothing}{4} + \frac{1}{6\Sigma_d} \left(\frac{\partial \varnothing}{\partial z} \right)_0 \end{aligned} \quad (\text{VI.2-6})$$

où J_+ et J_- sont les courants dans les directions des z positifs et négatifs, respectivement.

Le courant résultant est donné par :

$$J = J_+ - J_- = -\frac{1}{3\Sigma_d} \left(\frac{\partial \varnothing}{\partial z} \right)_0 = -\frac{\lambda_d}{3} \left(\frac{\partial \varnothing}{\partial z} \right)_0. \quad (\text{VI.2-7})$$

Cette expression reste encore valable quand on prend le terme suivant du développement de Mac-Laurin $\left(\frac{\partial^2 \varnothing}{\partial z^2} \right)$ car les contributions de ce terme aux courants J_+ et J_- sont de même signe. Ces contributions se compensent quand on fait le bilan de ce qui traverse la surface ΔS .

VI.3. — LIBRE PARCOURS DE TRANSPORT.

Pour obtenir l'équation précédente on a admis que le neutron parcourt une distance $\lambda_d = \frac{1}{\Sigma_d}$ entre deux chocs élastiques successifs. Cette hypothèse n'est valable que si la diffusion est isotrope.

Si l'on considère le cas où la diffusion n'est pas isotrope, soit λ_d le libre parcours moyen de diffusion défini plus haut et λ_t le libre parcours de transport, c'est-à-dire la distance effective parcourue par un neutron entre deux chocs ; dans le cas d'une diffusion non isotrope on a :

$$\lambda_t = \frac{\lambda_d}{1 - \overline{\cos \psi}} \quad (\text{VI.3-1})$$

où $\overline{\cos \psi}$ représente l'angle moyen de diffusion. Dans le cas d'une diffusion isotrope $\overline{\cos \psi}$ est nul.

Dans le système du laboratoire on a :

$$\overline{\cos \psi} = \frac{2}{3A} \quad (VI.3-2)$$

Toujours dans le cas d'une diffusion non isotrope dans l'équation donnant le courant neutronique on doit remplacer λ_d par λ_t , on a donc :

$$J = -\frac{\lambda_t}{3} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial z} \right)_0 \quad (VI.3-3)$$

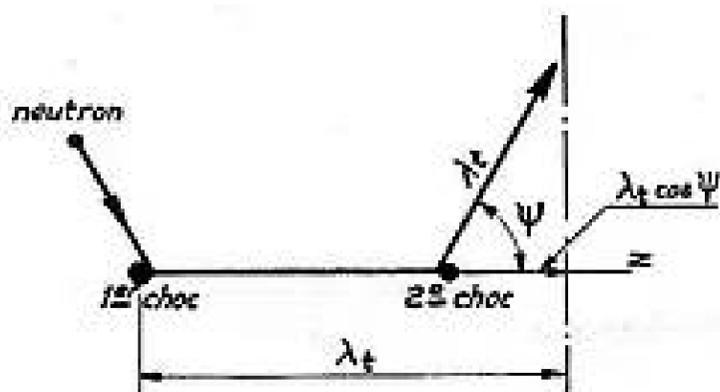


FIG. VI-3-1

VI.4. — LE LAPLACIEN.

Si l'on considère un élément de volume $dx dy dz$ et que l'on calcule le nombre de neutrons sortant de cet élément de volume dans la direction Ox on a :

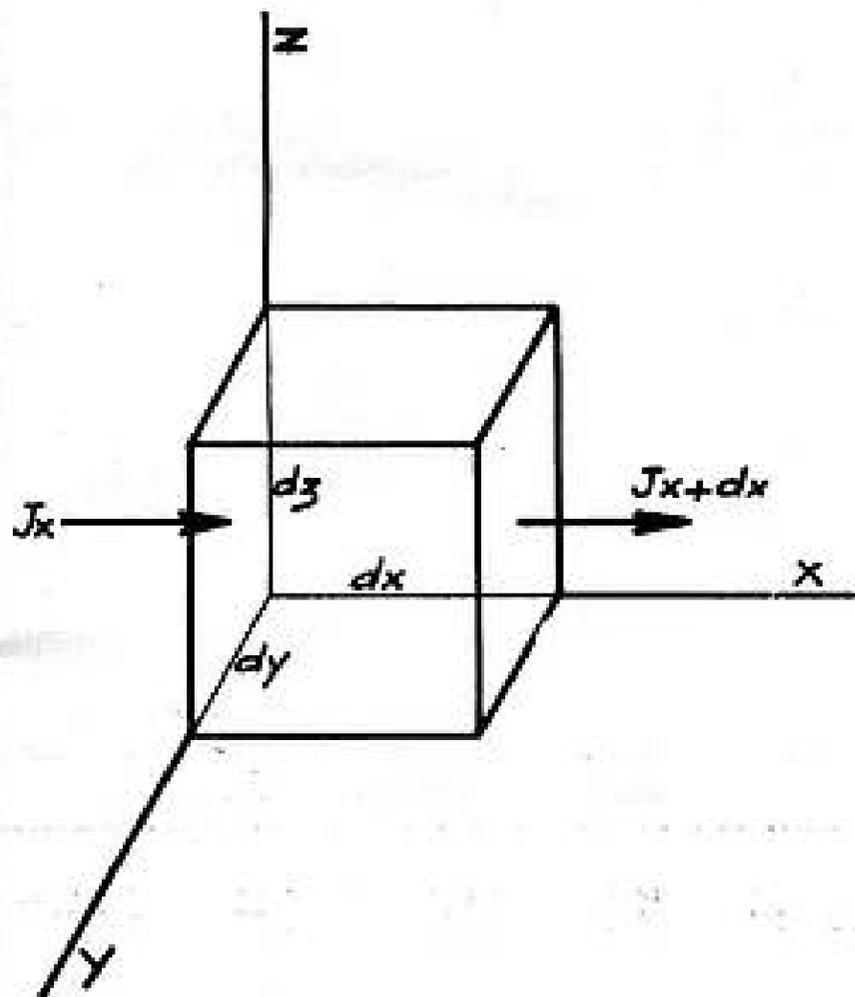


FIG. IV-4-1.

$$F_x = dJ_x dy dz = \frac{dJ}{dx} dx dy dz = -\frac{\lambda_t}{3} \left(\frac{d^2 \vartheta}{dx^2} \right) dx dy dz. \quad (VI.4-1)$$

La fuite totale de neutrons dans les trois directions est donnée par :

$$F = \frac{F_x + F_y + F_z}{dx dy dz} = -\frac{\lambda_t}{3} \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} \right) = -\frac{\lambda_t}{3} \nabla^2 \vartheta \quad (VI.4-2)$$

où le symbole ∇^2 est l'opérateur Laplacien.

VI.5. — L'EQUATION DE DIFFUSION.

Considérons un réacteur homogène et soit, à l'instant t , la densité des neutrons supposés monocinétiques. La variation de n en fonction du temps est donnée par :

$$\frac{dn}{dt} = \text{production} - \text{fuite} - \text{capture}. \quad (VI.5-1)$$

A l'équilibre $\frac{dn}{dt} = 0$ et on a :

$$\text{Production} = \text{fuite} + \text{capture}.$$

Soit S le taux de production de neutrons/cm²/s l'équation (VI.5-1) s'écrit alors :

$$\frac{dn}{dt} = S + \frac{\lambda_t}{3} \nabla^2 \vartheta - \vartheta \Sigma_c, \quad (VI.5-2)$$

où $\vartheta \Sigma_c$ est le nombre de neutrons perdus par capture.

Posons $\frac{\lambda_t}{3} v = D$; D étant le coefficient de diffusion et comme d'autre part $\vartheta = nv$, l'équation (VI.5-2) s'écrit encore :

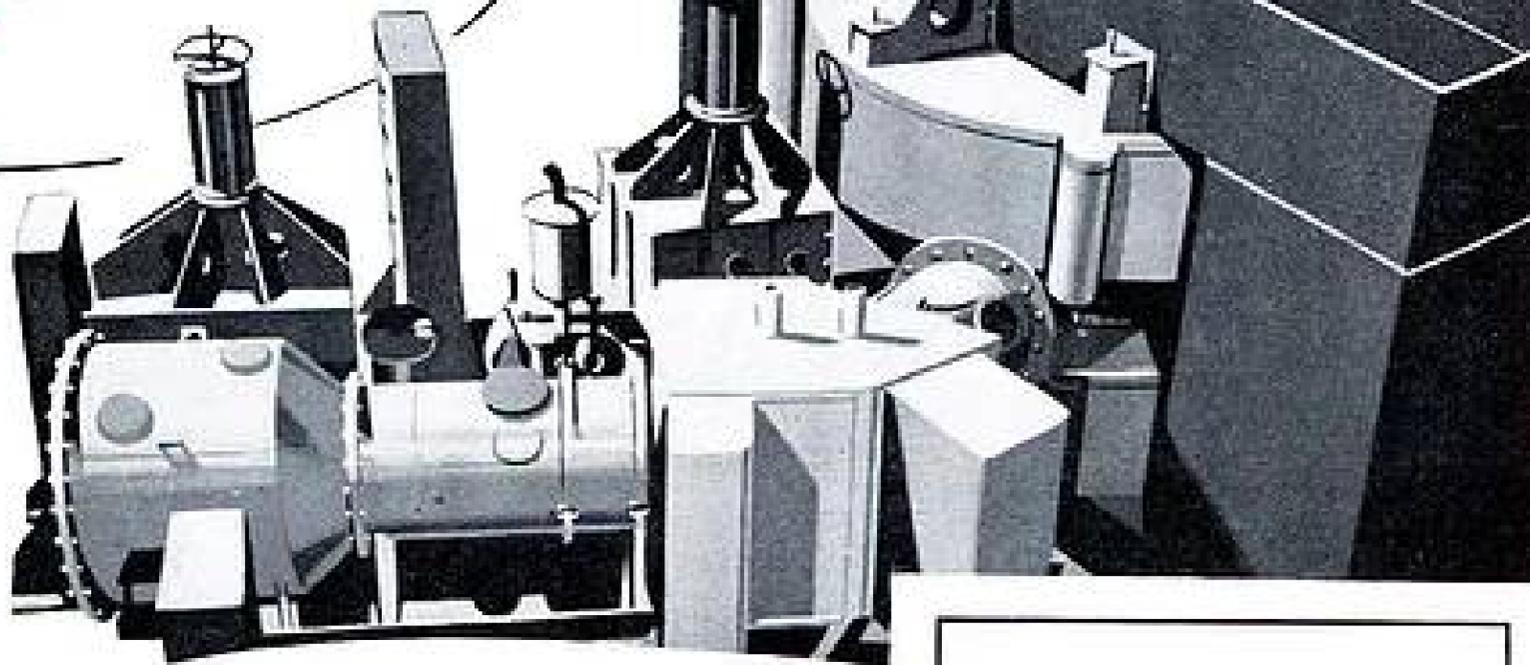
$$\frac{dn}{dt} = S + D \nabla^2 n - n \Sigma_c v. \quad (VI.5-3)$$

Cette formule n'est valable, avec une certaine précision, que pour des neutrons monocinétiques et à des distances supérieures à quelques libres parcours moyens de diffusion de toute perturbation telle que : fortes sources, corps absorbant ou interface de deux matériaux différents.

VI.6. — LONGUEUR DE DIFFUSION.

Considérons une source plane émettant s neutrons thermiques/cm²/s dans un milieu infini homogène ne contenant pas d'autres sources. A

**En voici
la preuve!**



La gamme étendue d'équipements PHILIPS pour la Recherche Nucléaire et ses applications est à l'avant-garde du progrès. Elle comprend :

- Les nouveaux générateurs H. T. du type compact, avec soupapes au sélénium et tubes accélérateurs d'ions, jusqu'à 300 kV.
- Les mêmes en tank d'acier sous pression, permettant de résoudre tous les problèmes d'encombrement et de s'affranchir des conditions atmosphériques, jusqu'à 2.000 kV.
- Les générateurs H. T. classiques à soupapes à gaz ou au sélénium. Tubes accélérateurs d'ions de conception nouvelle, de grande accessibilité, à régime élevé, jusqu'à 1.400 kV.

Tous ces équipements peuvent être fournis avec une stabilisation exceptionnelle, des valeurs d'ondulation très faibles et des sources d'ions et cibles variées.

- Accélérateurs linéaires d'électrons jusqu'à 30 MeV.
- Cyclotrons.
- Synchro-Cyclotrons pour l'accélération de deutons, protons ou particules α , jusqu'à 300 MeV ; intensité du faisceau très élevée.
- Séparateurs électro-magnétiques d'isotopes.
- Echelles de comptage, indicateurs de taux de radiation, dosimètres et détecteurs de radiation pour laboratoires et services de sécurité. Tubes Geiger.
- Isotopes radioactifs (produits par pile atomique ou cyclotron).
- Générateurs d'impulsions de haute tension, jusqu'à 3,5 MV, avec enregistreur.

Les Synchrocyclotrons PHILIPS pour un encombrement réduit fournissent des performances remarquables. L'illustration représente le Synchrocyclotron d'Amsterdam en service depuis plusieurs années déjà et utilisé en permanence pour des recherches nucléaires et la production d'isotopes radioactifs.

Energie : 30 MeV pour deutons, 60 MeV pour particules α . Courant ionique garanti de 30 μ A.

Les Laboratoires de développement PHILIPS spécialisés dans le domaine nucléaire, se tiennent à votre disposition pour toute étude d'équipement à réaliser en vue de répondre à des besoins particuliers.

PHILIPS
Equipelement nucléaire



PHILIPS-INDUSTRIE

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

ENSEMBLE
Simulateur
DE PILE ATOMIQUE
ATOMIC PILE SIMULATOR EQUIPMENT



CALCULATrice ANALOGIQUE
ANALOG COMPUTER

CALCULATrice ANALOGIQUE "DJINN" TYPE 30 AS P.

La version "simulateur de pile" du "DJINN" équipé de 30 amplificateurs et de 64 potentiomètres, permet, grâce à un panneau d'interruptions spécialement adapté, d'étudier tous les problèmes de maintenance et de contrôle des réacteurs nucléaires, en particulier :

- 1) Problèmes de cinétique de pile en tenant compte de 6 groupes de neutrons retardés (pour des barres de sécurité et de compensation)
- 2) Problèmes de stabilité automatique en tenant compte des effets de température
- 3) Problèmes d'implémentation au zéro et de saturation

D'autre part, le circuit "mémoire" adapté sur le "DJINN" permet une vérification à un instant donné du bon fonctionnement du simulateur.

Précision dynamique : 0,3 %

MODEL 30 AS P "DJINN" ANALOG COMPUTER

This "reactor pile simulator" version of the "DJINN" computer features an interruption panel of special design for the study of every problem relating to the operation and the testing of nuclear reactors. The 30 AS P model is equipped with 30 amplifiers and 64 potentiometers, it provides, in particular, the means for studying:

- 1) Core problems arising from pile operation, considering 6 delayed neutron groups (compensation and safety bar calculations)
- 2) Automatic control problems, in relation to temperature effects
- 3) Zero and saturation problems

Another feature of the "DJINN" calculator is its "memory" circuit which provides instantaneous checks of correct simulator operation

Dynamic accuracy : 0,3 %



MEUBLE DE MESURES TYPE O.O.3 E.I.
MODEL O.O.3 E.I. MEASURING CABINET

MEUBLE DE MESURES TYPE O.O.3 E.I.

Destiné à compléter le "DJINN", ce meuble de mesures contient :

- 1) Un système de blocs de temps à déclenchement par contact de commande le démarrage et l'arrêt de l'actif à un instant donné avec une précision de 1/10.000 de seconde.
- 2) Un dispositif à chambre claire adapté sur un oscillographe cathodique à balayage lent permettant de reproduire directement sur papier millimétré le régime de la machine.
- 3) Des appareils enregistreurs type MIC et HONEYWELL pour l'enregistrement de phénomènes lents.

MODEL O.O.3 E.I. MEASURING CABINET

Designed to complete the "DJINN" computer, this cabinet features :

- 1) A delay-line time base which enables the timing of the starting and stopping of the computer with an accuracy of 1/10.000 sec.
- 2) A light-chamber device mounted on a slow-sweep Cathode Ray Oscilloscope, for the direct recording on graph paper of computer operation.
- 3) Recorder instruments of the MIC and HONEYWELL type, for the recording of slow phenomena.



APPAREILS DE MESURE
ET DE *Contrôle*
POUR TOUTES RADIATIONS
INSTRUMENTS FOR THE MEASURING AND TESTING OF ALL TYPES OF RADIATIONS

DAMMASCOPE NUMÉRIQUE TYPE 60. G.

Source étendue : 3 millions de Comptes/60
Lecture sur voltmètre quantifié.
Précision : 4 chiffres significatifs.

Toutes applications aux mesures et aux contrôles de dosage, de volume, dans tous les cas où la mesure doit être faite sans perturber le milieu.



DAMMASCOPE NUMÉRIQUE
NUMERICAL DAMMASCOPE



**NUMÉRIQUE DAMMASCOPE
MODEL 60-C**

Emploi source : 3 millions de Comptes/60
Quantité de mesure lue : 4 chiffres significatifs

Accuracy : 4 significant figures

For all density and volume measurements, and checks and whatever measurements must be carried out without disturbing the medium.



CHAMBRE D'IONISATION PORTATIVE
PORTABLE IONIZATION CHAMBER

CHAMBRE D'IONISATION PORTATIVE "Babylog"
TYPE B 11 - LICENCE C.E.A.

Appareil destiné à la protection de personnes.
Volume de la chambre d'ionisation : 200 cm³
Capacité d'ionisation mesurée : 10⁻¹¹ à 10⁻¹² amp.
Gamme de mesure de l'appareil de lecture : 0,01 à 10 1/2R.
Alimentation sur pile : Automatique / 250 heures

**PORTABLE IONIZATION CHAMBERS
MODELS AND 2 C.E.A. PATENT**

Safety equipment for personnel
Volume of Ionization Chamber : 200 cm³
Measurable ionization currents : 10⁻¹¹ to 10⁻¹² A.
Single scale Reading range : 0,01 to 10 1/2R.
Dry battery operation : operating capacity : 250 hours





APPAREILS DE MESURES *nucléaires*



COMPTEURS ÉLECTRONIQUES 524 B

Compteur à lecture directe instantanée de fréquences de 10 cps à 220 Mcs. — Intervalles de temps 1 μ s. à 100 jours. — Périodes de 0 à 10 Kc. — Piloté par quartz stabilisé. — Précision 1/1.000.000%. — Accouplé au déterminateur d'harmoniques 540 B, la gamme de lecture des fréquences est étendue à 12.000 Mcs.



AMPLIFICATEURS 460 A/B

Pour travaux nucléaires et recherches en S. H. F. — Très large bande de 200 Mcs — Amplifiant sans distorsion des signaux de moins de 0,01 μ s, avec un gain de 20 dB.

5 amplificateurs peuvent être montés en cascade à gain total 90 dB.



VOLTMÈTRE A LAMPES 410 B

Appareil de base de laboratoire à usages multiples — Capacité d'entrée 1,5 μ pf avec résistance 100 Megohms. Mesures de tension : en HF jusqu'à 700 Mcs — en continu jusqu'à 1000 volts.

Résistances de 0,20 ohms à 500 Megohms. Précision de \pm 3 % de l'échelle utilisée.

Distributeur exclusif France et U. F.

RADIO-EQUIPEMENTS

65, r. de RICHELIEU
PARIS-2°
RIC. 49-88

l'équilibre $\frac{dn}{dt} = 0$ et l'équation de diffusion s'écrit :

$$\frac{\lambda_t}{3} \frac{d^2\phi}{dx^2} - \phi \Sigma_c = 0. \quad (\text{VI.6-1})$$

Posons $K^2 = \frac{3\Sigma_c}{\lambda_t}$, l'équation (VI.6-1) s'écrit :

$$\frac{d^2\phi}{dx^2} - K^2\phi = 0 \quad (\text{VI.6-2})$$

La solution générale de l'équation (VI.6-2) s'écrit :

$$\phi = A_1 e^{Kx} + A_2 e^{-Kx}. \quad (\text{VI.6-3})$$

On doit poser $A_1 = 0$ car K est positif et le flux à l'infini doit être fini, la solution devient :

$$\phi = A_2 e^{-Kx}, \quad \frac{d\phi}{dx} = -A_2 K e^{-Kx}. \quad (\text{VI.6-4})$$

Par raison de symétrie la source émet autant de neutrons dans la direction des x positifs que dans celle des x négatifs, soit $s/2$ dans chaque direction. On a :

$$J = -\frac{\lambda_t}{3} \left(\frac{d\phi}{dx} \right) = \frac{A_2 K \lambda_t}{3} e^{-Kx} \quad (\text{VI.6-5})$$

Pour $x = 0$ $J = s/2$, donc $s/2 = \frac{A_2 K \lambda_t}{3}$

d'où : $A_2 = \frac{3s}{2K\lambda_t}$ (VI.6-6)

et, enfin :

$$\phi = \frac{3s}{2K\lambda_t} e^{-Kx} \quad (\text{VI.6-7})$$

Le flux décroît exponentiellement avec la distance à partir de la source. La distance à partir de la source

pour laquelle le flux est tombé à $1/e$ de sa valeur à la source est appelée la longueur de diffusion ; on a :

$$L^2 = \frac{1}{K^2} = \frac{\lambda_t}{3\Sigma_c} = \frac{\lambda_t \lambda_c}{3} \quad (\text{VI.6-8})$$

VI.7. — L'ALBEDO.

Dans un chapitre précédent nous avons vu que pour diminuer les dimensions d'un réacteur on l'entoure d'un réflecteur dont la mission est de renvoyer les neutrons qui s'échappent du milieu actif. L'efficacité d'un réflecteur est donnée par son coefficient de réflexion ou albedo. C'est le rapport du nombre de neutrons réfléchis au nombre de neutrons entrant dans le réflecteur. Soit J_+ et J_- les courants neutroniques sortant et entrant dans le réacteur à la surface du réflecteur, on a :

$$\text{Albedo} = \frac{J_-}{J_+} = \frac{\phi/4 + \lambda_t/6 \frac{d\phi}{dx}}{\phi/4 - \lambda_t/6 \frac{d\phi}{dx}} \quad (\text{VI.7-1})$$

Dans le cas du problème plan du paragraphe précédent, on avait :

$$\phi = A_2 e^{-Kx}, \quad \frac{d\phi}{dx} = -KA_2 e^{-Kx}$$

d'où :

$$\text{Albedo} = \frac{3 - 2K\lambda_t}{3 + 2K\lambda_t} \quad (\text{VI.7-2})$$

Ainsi, plus λ_t est faible et plus L est grand, plus vite l'albedo s'approche de 1. L'albedo est fonction de la forme et des dimensions géométriques du réacteur. Il est d'autant plus grand que l'épaisseur du réflecteur est plus grande. L'albedo d'un réflecteur ayant une épaisseur égale à deux longueurs de diffusion ne diffère que de quelques % de celui d'un réflecteur infini.

Dans le tableau VI.7-1 on a réuni des propriétés diffusantes de quelques modérateurs. La vie moyenne

Tableau VI.7-1
Propriétés diffusantes de quelques modérateurs

Modérateur	Densité g/cm ³	N.10 ⁻²¹ molécules g/cm ³	L cm	λ_t cm	λ_c cm	σ_t barns / molécule	$\sigma_c \cdot 10^{-3}$ barns / molécule à 2200 m/s	Albedo réflec- teur infini	τ_0 seconde
H ₂ O	1,00	0,0334	2,85	0,48	51,2	62,9	660	0,82	2,1.10 ⁻¹⁴
D ₂ O	1,10	0,0331	171	2,45	36700	12,6	0,93	0,97	0,15
Be	1,85	0,1235	20,8	1,43	906	5,65	10,1	0,89	4,3.10 ⁻¹³
Graphite	1,60	0,0803	50,8	2,55	2820	4,54	4,65	0,93	1,2.10 ⁻¹³

τ_0 du neutron est le temps qui s'écoule entre la naissance et la capture du neutron :

$$\tau_0 = \frac{1}{\Sigma_c v}$$

VI.8. — MESURE DE LA LONGUEUR DE DIFFUSION ET DU LIBRE PARCOURS MOYEN DE TRANSPORT.

Pour différentes raisons les meilleures valeurs de L et λ_t sont celles obtenues expérimentalement. En effet, les valeurs calculées sont sujet à caution car, en général, les neutrons ne sont pas monocinétiques, d'autre part pour les neutrons thermiques le noyau diffusant ne peut être considéré comme une particule libre à cause de la structure cristalline ou les liaisons chimiques.

La mesure de la longueur de diffusion s'effectue de la façon suivante : un faisceau parallèle de neutrons, issus d'un réacteur ou fournis par une source de $RaBe$, est envoyé perpendiculairement à la face

Soit S_0 l'intensité de la source de neutrons supposés monocinétiques en neutrons/cm²/s, ω la pulsation du volet. L'intensité de la source en fonction du temps est donnée par l'expression :

$$S = S_0 + \delta S e^{i\omega t} \quad (VI.8-1)$$

L'équation de diffusion pour la géométrie de la figure VI.8-1 s'écrit :

$$\frac{dn}{dt} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - \Sigma_c v n \quad (VI.8-2)$$

Prenons une solution de la forme :

$$n = \bar{n} + \delta n = A_1 e^{K_0 x} + A_2 e^{-K_0 x} + (\delta A_1 e^{K_0 x} + \delta A_2 e^{-K_0 x}) e^{i\omega t} \quad (VI.8-3)$$

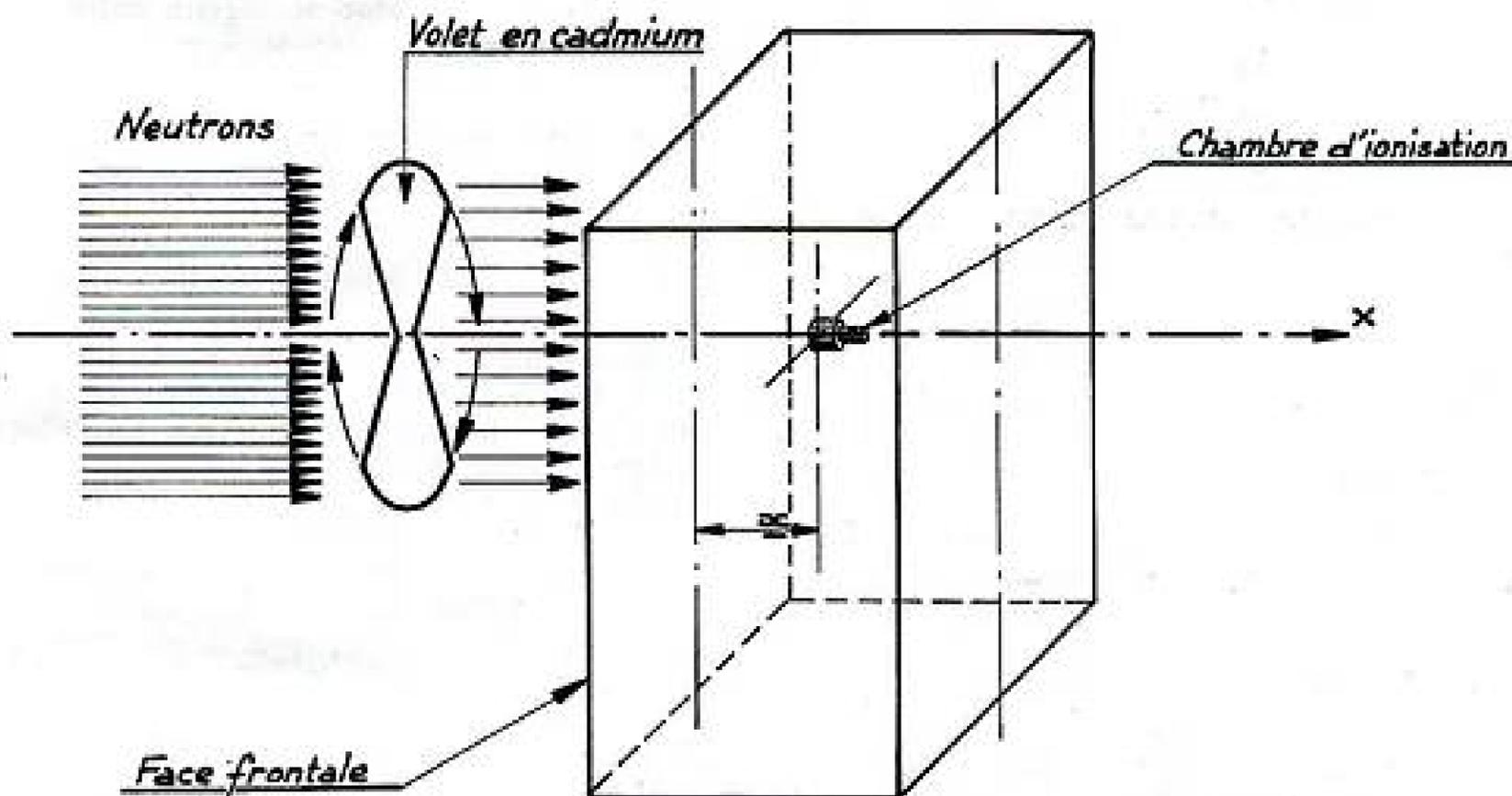


FIG. VI.8-1. — Mesure du libre parcours moyen de transport par la méthode de la modulation

frontale d'un parallélépipède formé par le matériau à étudier. A l'aide de détecteurs placés en différents points du parallélépipède on mesure les densités locales de neutrons. Si l'on trace la courbe donnant le logarithme de la densité de neutrons en fonction de la distance du détecteur à partir de la face frontale, on trouve une droite dont la pente est $-1/L$.

Connaissant Σ_c (mesuré par les méthodes décrites en III.5) on peut déduire λ_t .

Une méthode ingénieuse, mise au point au C.E.A., permet de mesurer directement λ_t . On utilise le montage décrit plus haut mais dans le cas présent la source de neutrons est pulsée périodiquement, en interposant sur le parcours du faisceau un obturateur rotatif en matériau absorbant.

Comme dans le cas étudié en VI.6, on a $A_1 = 0$; la solution prend la forme :

$$n = \bar{n} + \delta n = A_2 e^{-K_0 x} + \delta A_2 e^{(i\omega t - K_0 x)} \quad (VI.8-4)$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{d(\delta n)}{dt} = \delta A_2 i \omega e^{(i\omega t - K_0 x)}$$

L'équation (VI.8-2) s'écrit alors :

$$D \frac{\partial^2 \bar{n}}{\partial x^2} - \bar{n} \Sigma_c = 0 \quad (VI.8-5)$$

$$D \frac{\partial^2 (\delta n)}{\partial x^2} - \delta n v \left(\Sigma_c + \frac{i \omega}{v} \right) = 0$$

STRATIFIÉS de VERRE

POUR
L'ÉLECTRONIQUE

Usinage de toutes pièces sur plans en tissu de verre textile Silicone.

★ Plaquette pour condensateurs.

★ Support pour transfos.

★ Barrette relais.

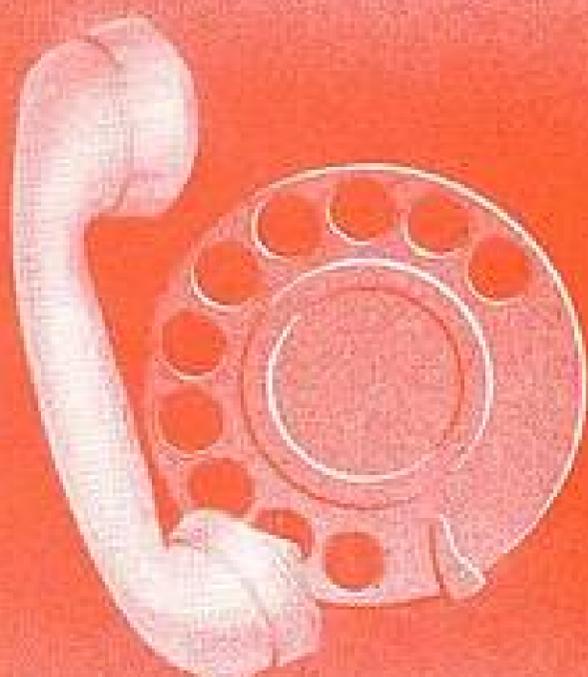
★ Manchons repères imprimés.
● Tous coloris.
● Inscription à la demande.

★ Pièces en araldite sur plans

Ag. Publieditec-Domenach

COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES

2, RUE DE L'INGÉNIEUR ROBERT-KELLER
PARIS XV^e
VAU. 38-70



POSTES TÉLÉPHONIQUES
ET D'INTERCOMMUNICATION

•
ÉQUIPEMENTS TÉLÉGRAPHIQUES
ET TÉLÉPHONIQUES A
COURANTS PORTEURS

•
CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES
ET TÉLÉGRAPHIQUES
PUBLICS ET PRIVÉS

•
TÉLÉCOMMANDE

•
RADIODIFFUSION SONORISATION

Société des Anciens Établissements :

BERGER

28, RUE DU DOCTEUR
ÉMILE ROUX - SARNOIS (S.-et-O.)
TÉLÉPHONE : ARG. 21-64

RECHERCHE - ÉTUDE - CONTRÔLE - AUTOMATISME

RÉGULATION - ENREGISTREMENT - PROTECTION



LES APPAREILS DE MESURES

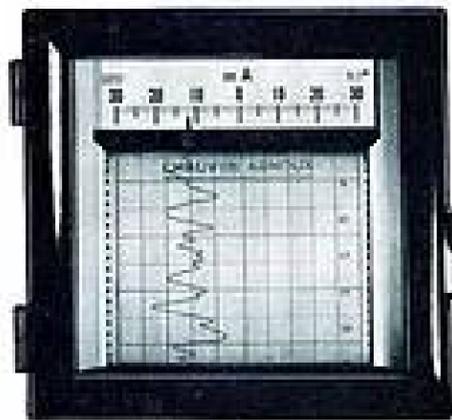
C. 95 **C.,60**
5x75mm 60x60mm

SPÉCIAUX POUR ÉLECTRONIQUE
ET TÉLÉCOMMUNICATIONS

VOLTMÈTRES - MILLIAMPÈRÈMÈTRES
MICROAMPÈRÈMÈTRES - MILLIVOLTMÈTRES
TOUS MODÈLES ET TOUS CALIBRES
POUR LES COURANTS ET TOUTS PRÉLÈVÉS

TYPES ÉTANCHES TYPES TROPICAUX

LE SCRIPT 240
UN ENREGISTREUR ULTRA MODERNE
PETIT BOÎTIER 240mm
LARGE DIAGRAMME 130mm
DEUX COURANTS - TENSION - PRÉMINES
MODÈLES JUMELÉS A 2 ÉQUIPAGES



LE RELAIS GK
Système breveté américain
3 et 5 Pôles inverseurs 10 A



LE RELAIS MK
COMPACT ET SURPUISSANT
4 Pôles inverseurs 5 A



LE MICRO-RELAIS RK
SPÉCIAL POUR L'ÉLECTRONIQUE
4 Pôles inverseurs 1,3 A



LE POLYTRON

UN COMBINÉ PORTATIF MULTIPLE
A HAUTES PERFORMANCES

37 CALIBRES DIRECTS
500 OHMS - TENSION - RESISTANCE - CAPACITÉ
DOUBLE PROTECTION AUX SURCHARGES
BOÎTIER MÉTALLIQUE INCASSABLE

LE KILOVOLTÈMÈTRE
POUR LE CONTRÔLE PERMANENT DES
HAUTES TENSIONS EN TÉLÉVISION

2 CALIBRES 15 ET 30 KILOVOLTS
CONSUMMATION MINIME : 7,5 MICROS
BONDAGE INTERNE - INVERSEUR DE POLARITÉ



UN APPAREIL DE CONTRÔLE
TYPE **COMPACT 0,5**

AMPLIFICATEUR - VOLTMÈTRE - WARMUP
POUR LABORATOIRES ET PLATEFORMES
CLASSE 0,5

COURANT CONTINU ET ALTERNATIF
UTILISABLES JUSQU'A 300 PÉRIODES
INDICÉES AVEC CHANGEMENT
DE LEUR TRANSFORMATEUR MP.

CHAUVIN ARNOUX

Le Constructeur National d'Appareils Mesureurs

CHAUVIN ARNOUX

Le Constructeur National d'Appareils Mesureurs

LE PLUS HAUT

Standard de Qualité
EN
CONDENSATEURS..

CONDENSATEURS
POUR TÉLÉVISION

CONDENSATEURS
ELECTROLYTIQUES AU
PAPIER - TUBULAIRES
ANTI PARASITES
TÉLÉPHONIQUES - BLINDÉS

CONDENSATEURS
POUR FLUORESCENCE
A DÉCHARGE - FILTRES
- DE DÉMARRAGE -
POUR L'AMÉLIORATION DU
FACTEUR DE PUISSANCE

CONDENSATEURS
ÉMISSION - RÉCEPTION
MICA - CÉRAMIQUE
TÉLÉPHONIE POUR H.T.
A GAZ - AVIATION - ETC...

CONDENSATEURS · RHEOSTATS · RESISTANCES

SAFCO

TRÉVOUX

40 RUE DE LA JUSTICE PARIS-20
TÉLÉPHONE : MEN. 96-20

USINES A PARIS · SAINT-OUEN · TRÉVOUX

La dernière équation est équivalente à l'équation (VI.6-1) mais ici la section efficace macroscopique de capture est augmentée de $\frac{i\omega}{v}$. Remarquons que ce terme additif est en $1/v$ comme l'est d'ailleurs Σ_c .

A partir de (VI.8-4) on tire l'expression suivante donnant la longueur de diffusion L^* :

$$L^* = \frac{1}{K^*} = \sqrt{\frac{\lambda_t}{3 \left(\Sigma_c + \frac{i\omega}{v} \right)}} \quad (\text{VI.8-6})$$

Posons $K^* = K_R + iK_I$, la solution (VI.8-4) s'écrit :

$$\delta n = \delta A_1 e^{-K^* x} \cdot e^{i(\omega t - K_I x)}, \quad (\text{VI.8-7})$$

c'est l'expression d'une onde se propageant dans la direction de l'axe des x avec une vitesse :

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{K_I}, \quad (\text{VI.8-8})$$

et dont l'amplitude s'atténue suivant l'expression $e^{-K_R x}$.

Choisissons la pulsation ω de sorte que $\frac{\omega}{v} \gg \Sigma_c$ ou encore $2\pi f \gg \Sigma_c v$; or $\Sigma_c v = \frac{1}{\tau_0}$, donc $2\pi f \gg \frac{1}{\tau_0}$.

Dans le graphite on a :

$$\tau_0 = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ s, donc } f \gg \frac{10^2}{1,2 \cdot 2\pi} = 14 \text{ c/s}$$

Dans ce cas on a :

$$L^* = \sqrt{\frac{\lambda_t}{3 \frac{i\omega}{v}}} = \frac{1}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{\lambda_t v}{3\omega}} = \frac{\sqrt{2}}{1+i} \sqrt{\frac{\lambda_t v}{3\omega}} \quad (\text{VI.8-9})$$

$$\text{d'où : } K_R = \sqrt{\frac{3\omega}{2\lambda_t v}}, \quad K_I = \sqrt{\frac{3\omega}{2\lambda_t v}}. \quad (\text{VI.8-10})$$

Pour des pulsations suffisamment élevées et tenant compte des conditions aux limites, la solution de l'équation de diffusion prend la forme :

$$\delta n = \frac{\delta S (1-i)}{2 \sqrt{\frac{2\lambda_t v \omega}{3}}} e^{-\sqrt{\frac{3\omega}{2\lambda_t v}} x} e^{(i\omega t - \sqrt{\frac{3\omega}{2\lambda_t v}} x)} \quad (\text{VI.8-11})$$

Une chambre d'ionisation détectant des neutrons thermiques, placée à une distance x de la face fron-

taile fournira un courant électrique dont le logarithme du module sera proportionnel à $\ln |\delta n|$

$$\ln |I_{ion}| \propto \ln |\delta n| = \ln \frac{S_0}{2 \sqrt{\frac{\lambda_t v \omega}{3}}} - \sqrt{\frac{3\omega}{2\lambda_t v}} x, \quad (\text{VI.8-12})$$

et dont la phase est :

$$\phi = \phi_0 - \sqrt{\frac{3\omega}{2\lambda_t v}} x. \quad (\text{VI.8-13})$$

Si l'on trace la courbe donnant $\ln |\delta n|$ en fonction de x pour une pulsation ω constante on peut déduire λ_t .

VI.9. — DIMENSIONS CRITIQUES D'UN RÉACTEUR.

Considérons tout d'abord un réacteur homogène sans réflecteur, en état de régime stable, c'est-à-dire au sein duquel la densité de neutrons est constante dans tous les points.

L'équation de diffusion s'écrit alors :

$$S + D\nabla^2 n - n\Sigma_c v = 0. \quad (\text{VI.9-1})$$

Pour simplifier le problème on suppose que la naissance, la diffusion et la capture se font sans que le neutron ait changé d'énergie, ceci revient à considérer les propriétés d'un groupe énergétique de neutrons. Si k_{∞} est le facteur de multiplication du combustible pour un réacteur de dimensions infinies, la capture de chaque neutron crée des neutrons de fission de sorte que l'intensité de la source est :

$$S = k_{\infty} n v \Sigma_c. \quad (\text{VI.9-2})$$

L'équation de diffusion s'écrit alors :

$$k_{\infty} n v \Sigma_c + D\nabla^2 n - n v \Sigma_c = 0$$

ou encore :

$$\nabla^2 n + \chi^2 n = 0 \quad (\text{VI.9-3})$$

χ est appelé le laplacien-matière :

$$\chi^2 = \frac{(k_{\infty}-1) v \Sigma_c}{D} = \frac{(k_{\infty}-1) \Sigma_c}{\lambda_t} = \frac{k_{\infty}-1}{L^2} \quad (\text{VI.9-4})$$

La solution de l'équation (VI.9-3) dépend des conditions géométriques du système ; pour une géométrie donnée et connaissant les propriétés des matériaux utilisés on peut déterminer les dimensions critiques.

Transitron

GERMANIUM : Diodes "gold, bonded"
(soudées à l'or)

Types standard, subminiature pour toutes applications

Transistors à jonction PNP

Transistors de puissance jusqu'à 10 W

SILICIUM : Diodes à jonction à très grande résistance inverse et haute conductance de 6 V. 250 V. fonctionnement 150° C

Diodes soudées pour les applications haute fréquence et "switching", circuits à impulsion, détecteurs, discriminateurs et autres circuits analogues jusqu'à 500 mc.

Redresseurs de petite, moyenne et grande puissance de 1 amp. à 40 amp. en crête et de 50 Volts à 400 V. inverse en crête.



LIGNES A RETARD SOLIDE
ULTRA SONIQUES. APPLICATIONS :
RADAR, MACHINES
A CALCULER, TÉLÉVISION.

POTENTIOMÈTRES DE PRÉCISION MICROPOT 10 TOURS

Série 1100 pour applications courantes

Série 205 pour applications militaires plus spécialement.

Série 900 pour toutes applications où une solidité et une précision exceptionnelles sont indispensables.

Démultiplicateurs spéciaux à lecture directe 3600°
Servomoteurs spéciaux...



THE GEORGES-W.
BORG EQUIPMENT
CORPORATION

DIODES AU SILICIUM pour très haute fréquence.

MAGNÉTRONS, DUPLEXER, TUBES TR-ATR.

GUIDE D'ONDES ET ÉQUIPEMENTS DE MESURES pour les bandes de fréquence centrées de 9.375, 16.000 et 24.000 mc.



MICROWAVE
ASSOCIATED
INCORPORATED

RELAIS THERMIQUES DIFFÉRÉS

de 2 secondes à 120 secondes :

Inverseur unipolaire,

compensé de -55° C à +85° C

faible encombrement,

action rapide,

étanche.



CURTISS-WRIGHT
CORPORATION

Équipements complets pour essais de semi-conducteurs et alimentation à transistors — Contrôleurs de transistors — Contrôleurs de souffle — Alimentation à transistors régulés. Alimentation miniaturisée — Convertisseurs de courant — Générateurs de bruit...



ELECTRONIC
RESEARCH
ASSOCIATED Inc.

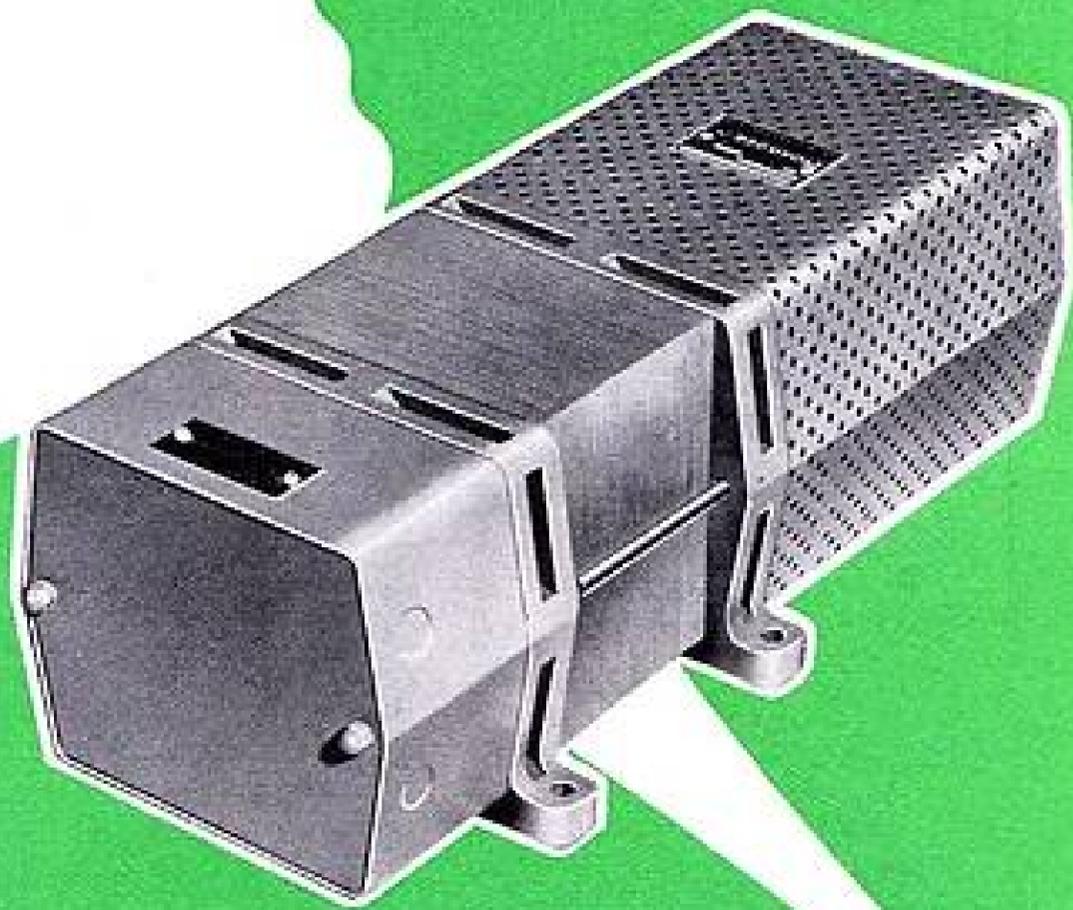
Agent exclusif

SACI-ELECTRONIQUE

12, RUE LE CHATELIER — PARIS-17^e — GAL. 05.23 et 24

REGUVOLT

REGULATEUR
automatique
DE TENSION



correction instantanée

SANS TUBE ÉLECTRONIQUE . SANS PIÈCES MOBILES
SANS ENTRETIEN

MCB & VERITABLE ALTER

11, Rue Pierre-Lhomme, COURBEVOIE (Seine) - DÉF. 20-90

A titre d'exemple nous allons traiter le cas d'un réacteur ayant la forme d'un parallélépipède rectangle d'arêtes x_0 , y_0 et z_0 .

L'équation VI.9-3 s'écrit alors :

$$\frac{\partial^2 n}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 n}{\partial z^2} + \chi^2 n = 0. \quad (\text{VI.9-5})$$

Par raison de symétrie :

$$n_x = n_{-x}, n_y = n_{-y} \text{ et } n_z = n_{-z};$$

pour $x = y = z = 0$, n est maximum donc.

$$\frac{dn}{dx} = \frac{dn}{dy} = \frac{dn}{dz} = 0.$$

D'autre part, $n = 0$ pour $x = \pm \frac{x_0}{2}$; $y = \pm \frac{y_0}{2}$

et $z = \pm \frac{z_0}{2}$. La solution de l'équation (VI.9-5) prend alors la forme :

$$n = A \cos \frac{\pi x}{x_0} \cos \frac{\pi y}{y_0} \cos \frac{\pi z}{z_0}. \quad (\text{VI.9-6})$$

Posons $B^2 = \left(\frac{x_0}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{y_0}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{z_0}{\pi}\right)^2.$

B est appelé le Laplacien géométrique, il ne dépend que de la forme et des dimensions du réacteur.

- Si $B < \chi$ le réacteur diverge
- $B = \chi$ le réacteur est critique
- $B > \chi$ le réacteur converge, car il y a trop de pertes.

Le volume critique minimum est obtenu pour un réacteur cube, c'est-à-dire quand $x_0 = y_0 = z_0$, et le volume critique minimum = $\frac{161}{B^3}$

L'équation (VI.9-6) donne en chaque point du réacteur la distribution de la densité neutronique, donc aussi celle du flux. Comme la production de chaleur en chaque point est proportionnelle au flux et à la section efficace du combustible, on conçoit que la puissance du réacteur sera limitée par la production locale maximum de chaleur, c'est-à-dire par la température maximum que peuvent supporter les matériaux du réacteur. Une distribution non uniforme du flux veut dire que la puissance du réacteur sera limitée par la température au centre.

Quand on désire utiliser avec un meilleur rendement les régions périphériques du réacteur, on a recours à l'aplatissement artificiel de son flux.

Ainsi, l'utilisation d'un réflecteur permet de remonter le flux sur la périphérie et accroître le rapport entre le flux périphérique et le flux au centre. Un autre artifice, consiste à charger le réacteur en combustible vers la périphérie et disposer un absorbant, par exemple le thorium 232, au centre. C'est une des méthodes utilisées pour produire de l'uranium 233.

VI. 10. — DIMENSIONS CRITIQUES D'UN RÉACTEUR MUNI D'UN RÉFLECTEUR.

L'utilisation d'un réflecteur permet de diminuer les dimensions critiques et d'économiser ainsi du combustible, ce dernier étant d'ailleurs mieux utilisé à cause de l'aplatissement du flux que l'on obtient.

Pour déterminer les dimensions critiques d'un réacteur à réflecteur, en utilisant la théorie à un groupe, il faut résoudre un système de deux équations de diffusion, une pour le réacteur, l'autre pour le réflecteur.

On a

$$\begin{aligned} \nabla^2 n_p + \frac{k_{\infty}-1}{L_p^2} \cdot n &= 0 \\ \nabla^2 n_r - \frac{1}{L_r^2} \cdot n &= 0 \end{aligned} \quad (\text{VI.10-1})$$

Les indices p et r sont relatifs au réacteur et au réflecteur respectivement. Les conditions aux limites dépendent de la forme géométrique du réacteur et du réflecteur. Dans tous les cas sur l'interface réacteur-réflecteur le flux et les courants de neutrons doivent être égaux, on a donc

$$\begin{aligned} n_p &= n_r \\ D_p \frac{\partial n_p}{\partial r} &= D_r \frac{\partial n_r}{\partial r} \end{aligned}$$

VI.11. — LE FACTEUR DE MULTIPLICATION EFFECTIF ; LA RÉACTIVITÉ.

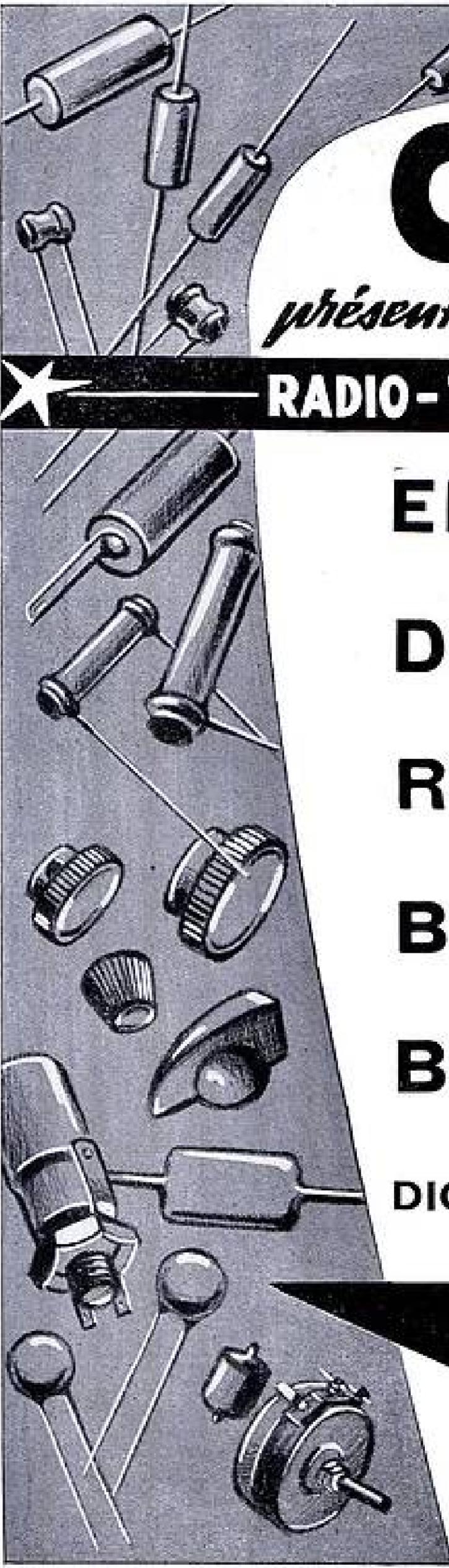
Considérons un réacteur ayant des dimensions finies, pour tenir compte des neutrons perdus en dehors du réacteur on doit utiliser ici le facteur de multiplication effectif k_{eff} qui s'obtient de la manière suivante :

Le nombre de neutrons perdus en dehors du réacteur est donné par

$$DX^2 N = - \int_{\text{réacteur}} D \nabla^2 n dV = B^2 D \int_{\text{réacteur}} n dV = B^2 N D$$

où $N = \int_{\text{réacteur}} n dV$ est le nombre total des neutrons

thermiques dans le réacteur.



CANETTI

présente son matériel de classe pour

★ **RADIO - TÉLÉVISION - ÉLECTRONIQUE**

ERIE

Ceramicons & Trimmers
Résistances isolées

DUCATI

Condensateurs Mica
Electrolytiques
C.V. miniatures

RELIANCE

Potentiomètres doubles
bobinés et graphite

BELTON

Condensateurs
Papier miniatures

BRIMAR

Lampes & Tubes
cathodiques

DIODES ★ TRANSISTORS ★ FERRITES

DISTRIBUTEURS EXCLUSIFS :
J.E.CANETTI & C^{ie}
16, r. d'Orléans. NEUILLY-s-Seine
Tél : MAI. 54-00 (4 lignes)





GRANDE SÉRIE

TUBES COMPTEURS
GEIGER - MULLER



POUR DÉTECTION DE FAIBLES
OU FORTS RAYONNEMENTS
de 0,05 milliröntgen heure
à plus de 20 Röntgen heure



- ROBUSTESSE
- DURÉE DE VIE ILLIMITÉE
- FAIBLE TENSION DE SEUIL
- FAIBLE ENCOMBREMENT



C^{IE} G^{LE} DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Siège Social : 79, Boulevard Haussmann - PARIS 8^e
DIRECTION COMMERCIALE 23, RUE DU MAROC, PARIS-19^e COM.99-21

Ag. PUBLIDITEC - GOMENACH



C'est un "MICROCONTACT"

(Marque déposée)

qui résoudra avec précision, sécurité et
aux moindres frais, vos problèmes

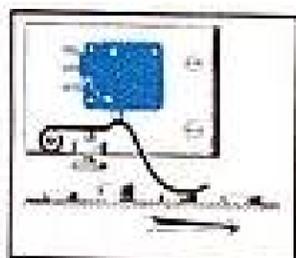
d'AUTOMATISME *électrique*

La plus large gamme européenne d'interrupteurs
à action brusque, "préfabriqués" ou "sur mesure".

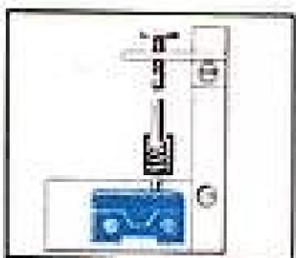
Procédé ACRO Mfg Co — Production CEM

Quelques domaines d'application :

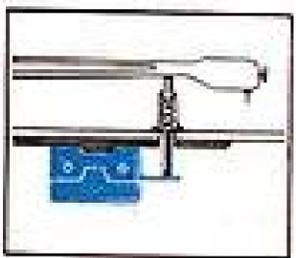
- Équipement électrique de véhicules
- Matériels radio-électriques
- Appareils électro-acoustiques et optiques
- Appareils de mesure, signalisation, contrôle
- Machines comptables, statistiques, d'imprimerie
- Machines-outils, machines textiles
- Appareils électro-domestiques
- Jeux électriques etc...



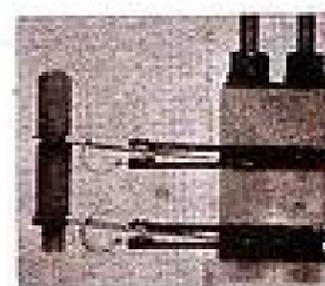
Détection de surintensité permettant d'éviter la surposition de pièces alimentant une machine, un poste de contrôle automatique.



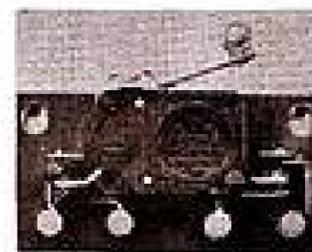
Contrôle et régulation automatique d'un appareil de chauffage par thermostat utilisant la dilatation d'une tige calibrée.



Mise en route et arrêt automatique d'un appareil reproducteur de sons. Le microcontact est actionné par le plongeur servant de support au bras de pick-up.



Modèle spécial établi pour un constructeur de machines-outils.



Modèle spécial à deux Microcontacts créé pour un constructeur de variateurs mécaniques de vitesse.



Modèle spécial adapté par un constructeur de tourne-disques.

IL S'AGIT DE *Kilowatts* ... FIEZ-VOUS A

Renvoyez-nous ce BON après l'avoir agrafé à votre papier à lettres, et précisez, si possible, l'utilisation de ce matériel.

Je suis intéressé, sans engagement de ma part :

• par votre documentation • par une visite • par une démonstration

Rayer la mention inutile.

CM-53-01



C^{ie} Electro-Mécanique
37, RUE DU ROCHER, PARIS (8^e)

Or, puisque la vie moyenne des neutrons thermiques est donnée par $\tau_0 = \frac{1}{v\Sigma_c} = \frac{L^2}{D}$, pendant le temps dt :

Le nombre de neutrons perdus en dehors est donné par $\frac{B^2 N L^2}{\tau_0} dt$

le nombre de neutrons perdus par capture est donné par $\frac{N}{\tau_0} dt$

et le nombre créé par fission est donné par $k_{\infty} \frac{N}{\tau_0} dt$.

Le facteur de multiplication effectif est alors donné par l'expression

$$k_{eff} = \frac{\text{nombre de neutrons créés}}{\text{nombre total de neutrons perdus}} = \frac{k_{\infty}}{1 + B^2 L^2} \quad (\text{VI.11-1})$$

Cette expression n'est valable que dans l'hypothèse où les neutrons sont monocinétiques.

La réactivité dk_{eff} d'un réacteur est définie par

$$dk_{eff} = \frac{k_{eff} - 1}{k_{eff}} \quad (\text{VI.11-2})$$

L'unité de réactivité dk_{eff} qui est un nombre, petit généralement est $1 \cdot 10^{-5} = 1 \text{ p.c.m.} = 1 \text{ pour cent mille}$.

Utilisant le facteur de multiplication effectif, nous pouvons écrire le bilan des neutrons dans un réacteur sous la forme

$\frac{dN}{dt} = \text{nombre total de neutrons créés} - \text{nombre de neutrons perdus}$, d'où

$$\frac{dN}{dt} = S + \frac{k_{eff} N (1 + L^2 B^2)}{\tau_0} - (1 + L^2 B^2) \frac{N}{\tau_0}$$

$$\frac{dN}{dt} = S + (k_{eff} - 1) \frac{N}{\tau} \quad (\text{VI.11-3})$$

où

$$\tau = \frac{\tau_0}{1 + L^2 B^2} \quad (\text{VI.11-4})$$

est la vie moyenne d'un neutron thermique pour un réacteur ayant des dimensions finies.

VI.12. — THÉORIE À PLUSIEURS GROUPES.

L'équation de diffusion (VI.9-3) a été obtenue en supposant que tous les neutrons sont monocinétiques. En fait les propriétés des matériaux utilisés dans le modérateur et le réflecteur sont différentes pour les neutrons de différentes vitesses, de sorte que les calculs basés sur la théorie à un groupe ne sont qu'approximatifs. Une meilleure approximation peut être obtenue si on divise les neutrons en deux ou plusieurs groupes et que l'on considère le comportement de chaque groupe dans le modérateur et dans le réflecteur.

Dans la théorie à deux groupes, un groupe comprend les neutrons thermiques, l'autre tous les neutrons d'énergie supérieure.

Si l'on utilise des valeurs moyennes convenablement choisies pour les propriétés physiques relatives aux neutrons du deuxième groupe on obtient de très bons résultats.

Les calculs des dimensions critiques d'un réacteur peuvent être faits avec une précision encore plus grande si l'on augmente le nombre d'intervalles d'énergie parmi lesquels les neutrons sont répartis. Ainsi, utilisant des machines à calculer électroniques, on a effectué des calculs de dimensions critiques dans le cas de la théorie à 40 groupes. Toutefois, pour une géométrie simple, on peut obtenir avec une bonne approximation les dimensions critiques en se limitant à la théorie à deux groupes.

VI.13. — DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DES DIMENSIONS CRITIQUES.

Puisque la théorie ne peut fournir que des valeurs approximatives des dimensions critiques d'un réacteur, on fait appel à l'expérience pour une détermination plus précise. Pour cela on utilise généralement deux méthodes :

La première est applicable aux petits réacteurs et, en particulier, aux réacteurs à eau lourde. Le réacteur est construit d'après les données théoriques et on étudie l'approche de la taille critique en élevant le niveau d'eau dans la cuve. On augmente ainsi la quantité de combustible utilisé et au fur et à mesure de cette croissance, le nombre de neutrons

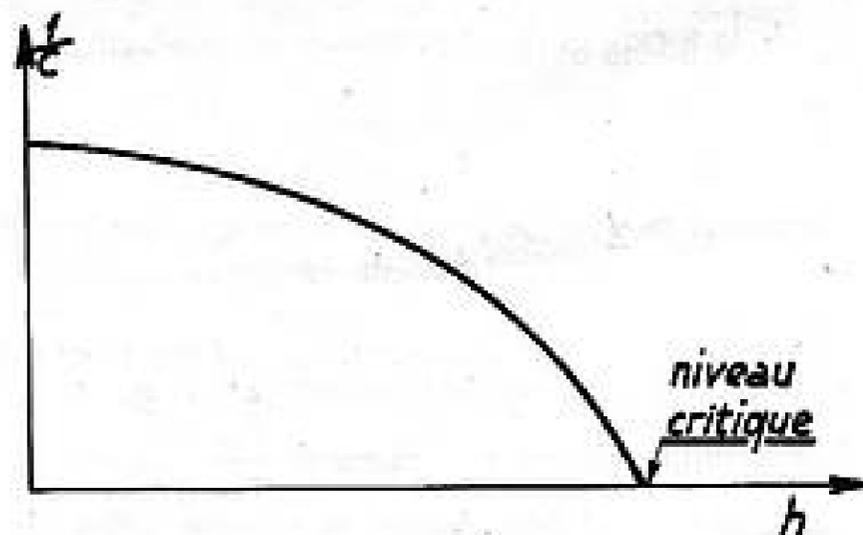


FIG. VI-13-1. — Détermination du niveau critique

obtenus à partir des neutrons initiaux (provenant des fissions spontanées, des neutrons cosmiques, ou d'une source artificielle de neutrons) croît jusqu'à ce que l'ensemble devienne critique. L'approche du niveau critique et sa valeur précise sont obtenues en traçant la courbe donnant l'inverse du taux de comptage fourni par un compteur à neutrons en fonction du niveau d'eau.

Soit C le taux de comptage relatif (c'est-à-dire le taux de comptage rapporté au taux correspondant aux neutrons initiaux pris comme unité), h le

niveau d'eau, h_c le niveau critique, l'étude théorique de l'expérience donne la relation suivante :

$$\frac{1}{C} = \frac{h_c^2}{h^2} - 1. \quad (\text{VI.13-1})$$

Quand le niveau critique est atteint C devient très grand et son inverse $1/C$ tend vers zéro ; la courbe donnant $1/C$ en fonction du niveau h coupe l'axe des abscisses en un point correspondant au niveau critique.

Lors de l'expérience plusieurs précautions doivent être prises. En particulier, le système de sécurité doit être prêt à fonctionner, car le niveau critique peut être atteint rapidement.

Dans le cas des réacteurs ayant des dimensions importantes, comme les réacteurs à graphite, il n'est pas pratique d'utiliser la méthode précédente. Pour étudier les dimensions critiques de tels réacteurs on procède à une expérience dite exponentielle. Pour ce faire on construit un réacteur dont les dimensions sont de l'ordre du $1/3$ de celles déterminées par la théorie, mais dont le réseau est celui du réacteur final. Un tel assemblage ne peut devenir critique, mais en utilisant une source artificielle de neutrons, un état stationnaire de distribution neutronique est créé. De la mesure de l'activation de détecteurs placés en différents points de l'assemblage on déduit la distribution du flux.

Cette distribution n'est pas celle qu'on obtiendrait dans le réacteur ayant les dimensions définitives ; cependant pour un grand assemblage sous-critique à une distance suffisante de la périphérie et de la source de neutrons la densité neutronique peut être représentée approximativement par l'équation.

$$\nabla^2 n + \chi^2 n = 0 \quad (\text{VI.13-2})$$

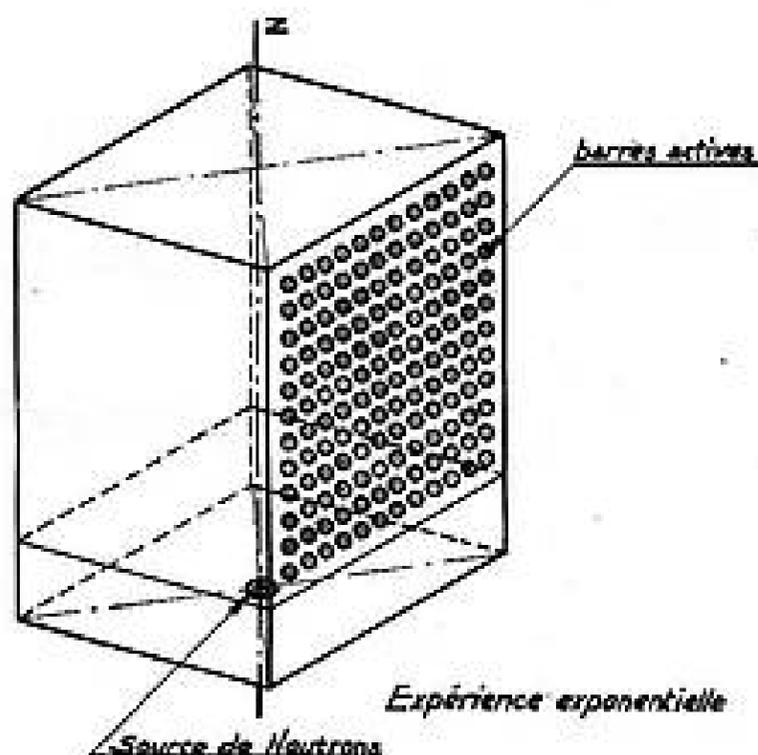


FIG. VI-13-2. — Expérience exponentielle.

Prenant l'origine des coordonnées au centre de la face inférieure pour des distances supérieures à deux longueurs de diffusion de la source et de la face supérieure de l'empilement, la solution de l'équation (VI.13-2) est

$$n = A \cos \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{b} e^{-mz} \quad (\text{VI.13-3})$$

où a et b sont les dimensions du bloc dans les directions x et y , et A une constante.

La valeur de m est donnée par l'équation

$$m^2 = \left(\frac{\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{\pi}{b}\right)^2 - \chi^2 \quad (\text{VI.13-4})$$

Les mesures des densités neutroniques à l'aide de détecteurs dans la direction des z déterminent m . Si l'on trace le log de l'activité en fonction de z on trouve une droite de pente $-m$; utilisant l'équation (VI.13-4) on déduit χ^2 .

VII. — Etude de la cinétique des réacteurs.

VII.1. — LE CONTROLE D'UN RÉACTEUR NUCLÉAIRE.

Dans un paragraphe précédent (V-3) nous avons vu que la durée totale du cycle du neutron était de l'ordre de 10^{-2} s. Si l'on ne considère que les neutrons prompts cette durée se décompose comme suit :

Le temps de génération, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre la capture et l'émission par ^{235}U , est de 10^{-14} s,

le temps de ralentissement est de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-1} s,

et le temps de diffusion qui est de l'ordre de 10^{-2} s.

Considérons un réacteur en état de régime ayant une réactivité nulle ($k_{eff} = 1$) et supposons que la réactivité a subi un accroissement δk_{eff} , par exemple parce qu'on a retiré une barre de réglage, la densité des neutrons en un point quelconque du réacteur commence à croître. Or, k_{eff} est par définition le rapport des populations neutroniques de deux générations successives, ainsi pour chaque neutron présent au temps $t = 0$, après une génération on aura $(1 + \delta k_{eff})$ neutrons, puis $(1 + \delta k_{eff})^2$ après la deuxième génération et après p générations on aura $(1 + \delta k_{eff})^p$ neutrons présents pour chaque neutron initial.

Soit n_0 la densité des neutrons à l'instant $t = 0$, la densité des neutrons après p générations est alors

$$n = n_0 (1 + \delta k_{eff})^p \quad (\text{VII.1-1})$$

Comme δk_{eff} est petit devant l'unité et p très grand on peut écrire

$$n = n_0 e^{\delta k_{eff} p}. \quad (\text{VII.1-2})$$

ALVAR

ELECTRONIC

6bis, rue du Progrès, Montreuil - PARIS
AVRON 03-81

DÉTECTION - AMPLIFICATION ENREGISTREMENT DES COURANTS FAIBLES

Consultez-nous

pour vos problèmes d'enregistrements et
de comptages.



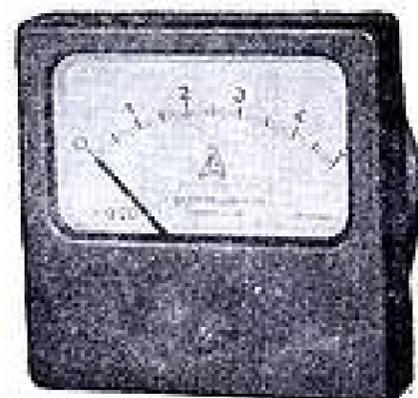
F. GUERPILLON & C^{ie}

Société à responsabilité limitée au capital de 27 millions

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

BUREAUX
ET
ATELIERS
64, Av. A. Briand
MONTROUGE
(Seine)

Tel. Alésia + 29 85
(3 lignes)



Pour la BELGIQUE :

S^{TE} BELGE GUERPILLON

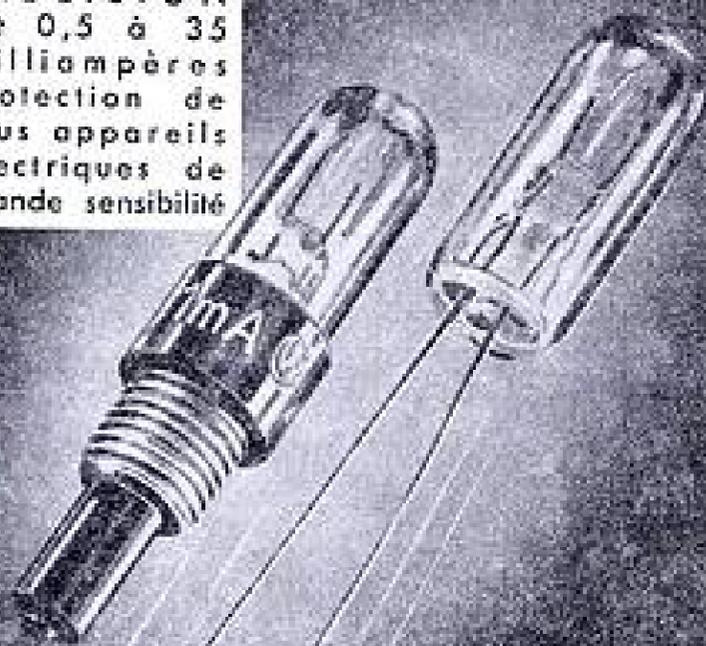
11, Rue Bara, à BRUXELLES - MIDI - Tél. 21-06-01

APPAREILS

DE TABLEAUX DE CONTROLE ET DE LABORATOIRE
APPAREILS SPÉCIAUX TROPICALISÉS

Nouveau catalogue franco sur demande
PUBL. RAPPY

**ULTRA
FUSIBLE**
DE HAUTE
PRÉCISION
De 0,5 à 35
Milliampères
Protection de
tous appareils
électriques de
grande sensibilité



WICKMANN
WERKE

REPRESENTANT EXCLUSIF
A. JAHNICHEN et C^{ie}

27, R. de TURIN, PARIS-8 - Tél. EUR. 59-09 +

LE MATÉRIEL DE QUALITÉ
CABLES
PERENA

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



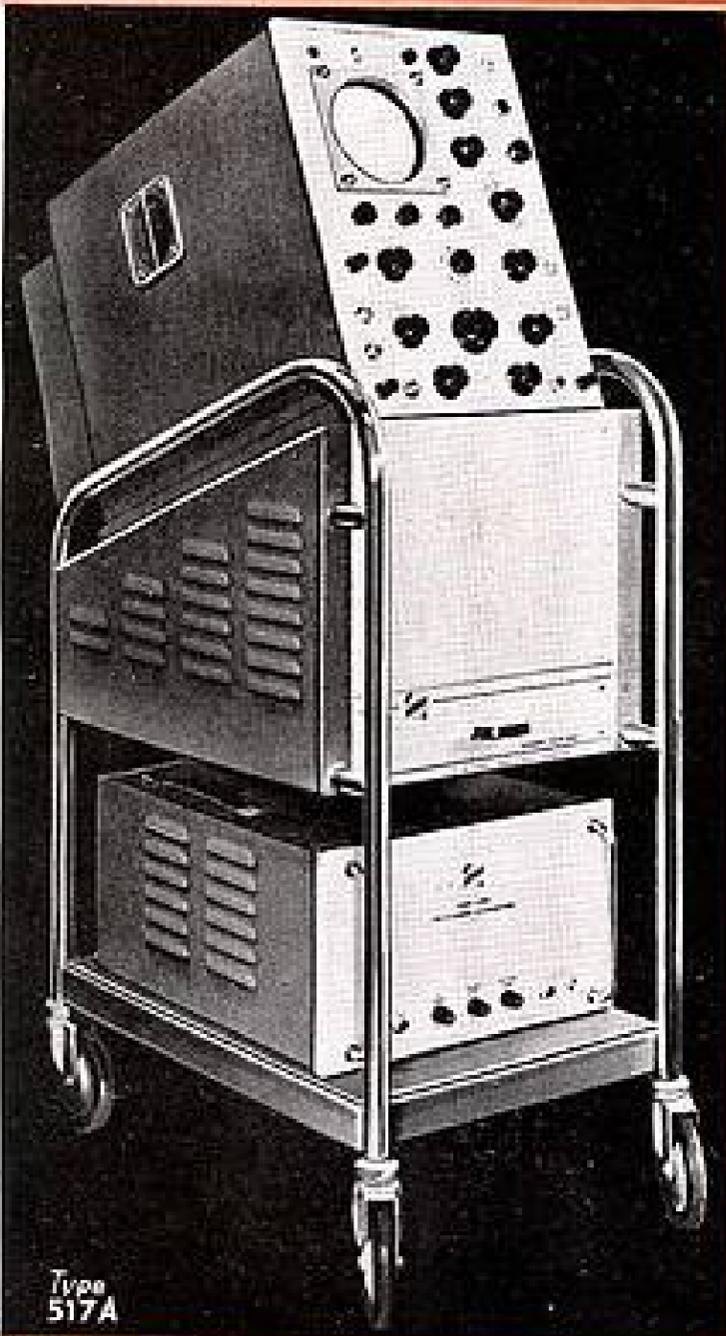
GAMME
COMPLÈTE DE
FICHES COAXIALES
DE QUALITÉ!

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



Tektronix =
PORTLAND, OREGON (U.S.A.)

*Performances
inégalées*



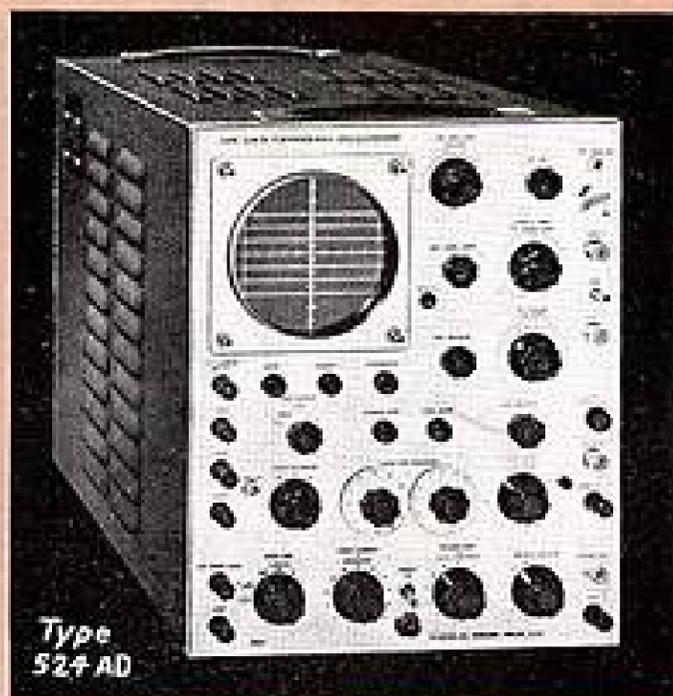
Type 517A



OSCILLOSCOPES

Une gamme déjà complète

Le Type 517 A est tout spécialement désigné pour les études nucléaires



Type 524AD

TYPE	BALAYAGE HORIZONTAL		DÉFLEXION VERTICALE			TUBE CATHODIQUE		UTILISATION
	VITESSE VARIABLE DE	A	TEMPS DE MONTÉE	LARGEUR DE BANDE	SENSIBILITÉ en volt/division ou volt/centimètre	Type	Potentiel accélér.	
310	0.1 mic/sec/division	0.6 sec/division	0.09 microsec.	DC à 4 mc 2c à 3.5 mc	0.1 volt/div. 0.01 volt/div.	3 WP2	1,85 KV	Modèle portable Emploi général Maintenance
315D	0.1 mic/sec/division	1 seconde/division	0.07 microsec.	DC à 5mc 5c à 5mc	0.1 à 50 v/div. 0.01 à 50 v/div.	3WP2	1,85 KV	Modèle portable Emploi général Radar
515	0.05 mic/sec/centimètre	6 secondes/centimètre	0.023 microsec.	DC à 15mc	0.1 à 50 v/cm	5" Tektronix SPÉCIAL	4 KV	Emploi général au Laboratoire
517A	0.01 mic/sec/centimètre	20 mic/sec/centimètre	0.007 microsec.	DC à 57mc	0.05 à 400 v/cm (avec sandes)	TS4P11	24 KV	Phénomènes ultra-rapides Radar-Photos Etudes nucléaires
524AD	0.1 mic/sec/centimètre	0.01 seconde/centimètre	0.04 microsec.	2c à 10mc DC à 10mc	0.015 à 50 v/cm 0.15 à 50 v/cm	SABP1	4 KV	Etude des signaux de Télévision



DISTRIBUTEUR EXCLUSIF POUR LA FRANCE ET L'UNION FRANÇAISE
RELATIONS TECHNIQUES INTERCONTINENTALES

S.A.R.L. au Capital de 10.000.000 de francs

145, Avenue Malakoff * PARIS-16^e - Téléphone : PASsy 08-36 KLÉber 54-82

ALL U.S.A. Tous renseignements auprès de MAURICE I. PARISIEN & Co, Electronics & Industrial Engineering, 1860 BROADWAY, NEW-YORK 23, N. Y.



Soit t la durée de p générations et θ celle d'une génération on a

$$p = \frac{t}{\theta} \quad (\text{VII.1-3})$$

d'où

$$n = n_0 e^{\delta k_{eff} t / \theta}$$

On appelle la constante de temps du réacteur le temps T nécessaire pour que la densité neutronique augmente d'un facteur e , on a alors

$$T = \theta / \delta k_{eff} \quad (\text{VII.1-4})$$

et

$$n = n_0 e^{t/T} \quad (\text{VII.1-5})$$

On appelle le « temps de doublement » $t_{1/2}$ le temps nécessaire pour que la densité neutronique soit doublée.

$$\log \frac{n}{n_0} = \log 2 = t_{1/2} / T$$

d'où

$$t_{1/2} = 0,693 T.$$

Supposons $\delta k_{eff} = 0,005$ et comme $\theta \approx 10^{-3}$ s on obtient $T = 0,2$ s ; par conséquent, une seconde après un brusque accroissement de réactivité ($\delta k_{eff} = 0,005$) la puissance du réacteur est multipliée par un facteur :

$$\frac{n}{n_0} = e^2 \approx 150.$$

VII.2. — L'EFFET DES NEUTRONS RETARDÉS.

L'accroissement considérable de la puissance du réacteur, résultant d'un faible accroissement de réactivité rend le contrôle du réacteur pratiquement impossible. Heureusement, à cause des neutrons retardés, le raisonnement du paragraphe précédent n'est pas applicable.

Du fait qu'il existe des groupes de neutrons dont le retard à l'émission (par rapport aux neutrons prompts) est de l'ordre de plusieurs secondes, la vie moyenne des neutrons est beaucoup plus longue que $\theta = 10^{-3}$ s, et comme la constante de temps du réacteur est proportionnelle à la vie moyenne, elle peut devenir très longue et le contrôle aisé.

Le tableau VII.2-1 donne les valeurs relatives aux différents groupes de neutrons retardés de ^{235}U .

On en tire :

$$\text{vie moyenne résultante} = \frac{9,22}{100} + 0,001 \approx 0,1 \text{ s.}$$

(neutrons
retardés)
(diffusion
thermique)

Tableau VII.2-1
Neutrons retardés de ^{235}U

Rendement en %	Période en s	Vie moyenne sec	(Rendement) x (Vie moyenne).
0,025	55,6	80,2	2,00
0,166	22,0	31,7	5,26
0,213	4,51	6,50	1,38
0,241	1,52	2,18	0,53
0,085	0,43	0,62	0,05
99,270	Prompts	0	0,0
100			9,22

Dans ces conditions, la constante de temps du réacteur pour un $\delta k_{eff} = 0,005$ devient

$$T = \frac{0,1}{0,005} = 20 \text{ s.}$$

Cette constante de temps est suffisamment longue pour que le contrôle du réacteur soit aisé.

Pour un réacteur à ^{239}Pu ou à ^{235}U les vies moyennes résultantes sont de 0,055 s et 0,04 s, respectivement, inférieures à celle correspondant à ^{235}U .

VII.3. — ÉTUDE EN RÉGIME VARIABLE.

Considérons un réacteur en état de régime stable et retirons rapidement une barre de contrôle, ce qui correspond à un accroissement brusque de la réactivité ; la densité neutronique commence à croître immédiatement. La croissance initiale de la densité est très rapide ; au temps zéro elle correspond à celle des neutrons prompts. Au fur et à mesure que la densité croît, la vitesse de croissance devient plus faible car l'influence de différents groupes de neutrons retardés se fait sentir. La production de neutrons prompts dépend de l'état actuel du flux, mais la production des neutrons retardés dépend de la concentration de leurs ascendants, laquelle est déterminée par les valeurs anciennes du flux. Après un certain temps un équilibre s'établit entre la production et la décroissance des ascendants des neutrons retardés, la vitesse de croissance de la densité neutronique devient constante.

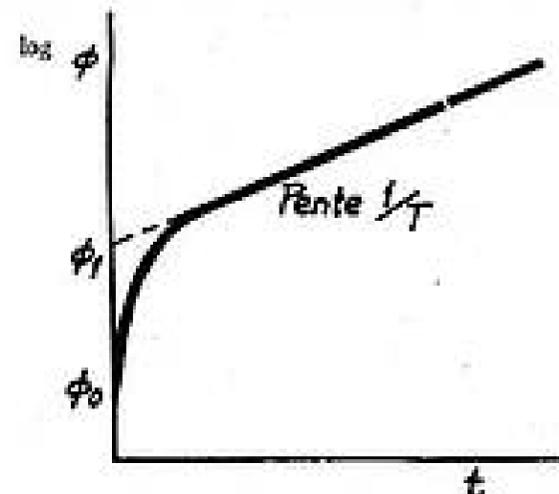


FIG. VII-3-1. — Variation du flux après un accroissement de réactivité

La courbe de la figure VII.3-1 donne la variation du logarithme de la densité neutronique en fonction du temps après un accroissement brusque de la réactivité.

Pour obtenir les équations cinétiques d'un réacteur on doit ajouter dans l'équation de diffusion les termes relatifs aux neutrons retardés.

A chaque fission dont la fréquence est proportionnelle à la densité des neutrons n , des neutrons prompts sont émis, soit $k_{\infty} (1 - \beta)$ leur nombre. Des noyaux instables de constante radioactive λ_i sont formés simultanément avec une probabilité β_i . Ces noyaux subissent une transformation radioactive bêta suivie d'une émission de neutrons retardés. La fraction totale de neutrons retardés par fission est alors $\beta = \sum_i \beta_i$ et il existe à l'instant t une concentration c_i , en nombre de noyaux/cm³, de noyaux émettant des neutrons retardés avec une probabilité $\lambda_i dt$. Le bilan par unité de volume s'écrit :

$$\frac{dn}{dt} = D \nabla^2 n \left\{ k_{\infty} (1 - \beta) - 1 \right\} \frac{n}{\tau_0} + \sum_{i=1}^p c_i \lambda_i + S \quad (VII.3-1)$$

$$\frac{dc_i}{dt} = k_{\infty} \beta_i \frac{n}{\tau_0} - c_i \lambda_i$$

la deuxième équation régit la loi de décroissance des ascendants des neutrons retardés. Intégrons les équations (VII.3-1) dans tout le volume du réacteur et tenons compte des résultats obtenus dans (VII.11) on obtient :

$$\frac{dN}{dt} = k_{eff} (dk_{eff} - \beta) \frac{N}{\tau} + \sum_{i=1}^p C_i \lambda_i + S \quad (VII.3-2)$$

$$\frac{dC_i}{dt} = k_{eff} \beta_i \frac{N}{\tau} - C_i \lambda_i$$

Considérons quelques cas particuliers :

(a) *signal saut* :

Supposons qu'on applique à un réacteur en état de régime un signal saut de réactivité, c'est-à-dire

$$\delta k = 0 \quad \text{pour } t < 0$$

$$\delta k = dk_0 \quad \text{pour } t > 0.$$

Au temps $t = 0$ le réacteur étant en état de régime stable les sources S sont négligeables, posons $S = 0$. Les concentrations des ascendants des neutrons retardés avant l'application du signal sont des valeurs à l'équilibre, on a donc

$$\frac{dN_0}{dt} = \frac{dC_{i0}}{dt} = 0.$$

Pendant un temps très court devant les vies moyennes des neutrons retardés, immédiatement après l'application du signal, on a

$$C_{i0} = k_{eff} \frac{\beta_i}{\lambda_i \tau} N_0 \quad (VII.3-3)$$

$$\sum_i C_{i0} \lambda_i = k_{eff} \frac{\sum_i \beta_i}{\tau} N_0 = k_{eff} \frac{\beta N_0}{\tau}$$

Seuls les neutrons prompts suivent le signal et les équations (VII.3-3) prennent la forme simplifiée suivante :

$$\frac{dN}{dt} = k_{eff} (dk_0 - \beta) \frac{N}{\tau} + k_{eff} \frac{\beta N_0}{\tau} \quad (VII.3-4)$$

$$\frac{dC_i}{dt} = 0$$

N atteint rapidement la valeur $N = \frac{\beta}{dk_0 - \beta} N_0$.

avec une constante de temps $T_0 = \frac{\tau}{k_{eff} (dk_0 - \beta)}$.

Prenons le cas d'un réacteur à graphite avec $\tau = 10^{-3}$ s ; $\beta = 730.10^{-4}$

pour $dk_0 = + 200.10^{-4}$; $\frac{N_0}{N} = 1,38$; $T_0 = 0,19$ s

$dk_0 = - 2000.10^{-4}$; $\frac{N_0}{N} = 0,27$; $T_0 = 0,036$

Le deuxième cas ($dk_0 = - 2000.10^{-4}$) montre qu'on ne peut réduire immédiatement la densité neutronique dans un rapport plus petit que $\frac{\beta}{\beta - dk_0}$; ce cas se produit lors de la chute des barres de sécurité et on en déduit la nécessité de réaliser des anti-réactivités très grandes ($|dk_0| \gg \beta$).

Supposons maintenant que notre signal saut est $dk_0 > \beta$. La constante de temps T_0 devient positive et on a

$$\frac{dN}{dt} > k_{eff} (dk_0 - \beta) \frac{N}{\tau}$$

La densité croît alors plus vite que la loi exponentielle

$$N = N_0 e^{k_{eff} (dk_0 - \beta) t / \tau} \quad (VII.3-5)$$

Si l'on prend, par exemple $dk_0 = 1000.10^{-4}$, pour un réacteur à graphite on obtient $T_0 = 0,37$ s.

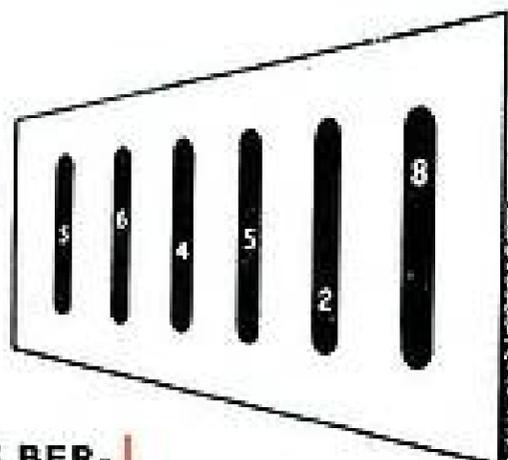
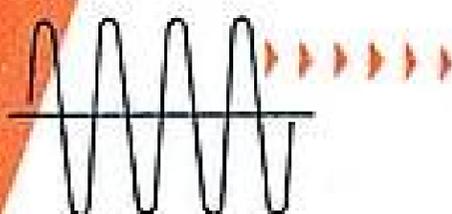
La puissance, proportionnelle à N , est alors multipliée par un facteur 1 000 en moins de 3 secondes. Cette situation est dangereuse car le réacteur devient incontrôlable. Il faut donc éviter qu'un réacteur

pour vitesse, précision et lecture facile

exigez

Berkeley

INSTRUMENTS A LECTURE DIRECTE DES DIZAINES



LES COMPTEURS ÉLECTRONIQUES BERKELEY opèrent à partir de contacts de fermeture, cellules photoélectriques, pickups magnétiques ou stylets ou tout autre moyen pouvant produire un potentiel positif d'au moins 1 v. Modèle 5001, en boîte renforcée avec couvercle transparent exécute jusqu'à 100 comptes par seconde. Modèle 410, 10.000 comptes par seconde. On peut fournir des modèles comptant jusqu'à 1.000.000 par seconde.

Applications :
Comptage d'objets manufacturés, feuilles empilées, mouvements, résultats mécaniques, physiques ou optiques.



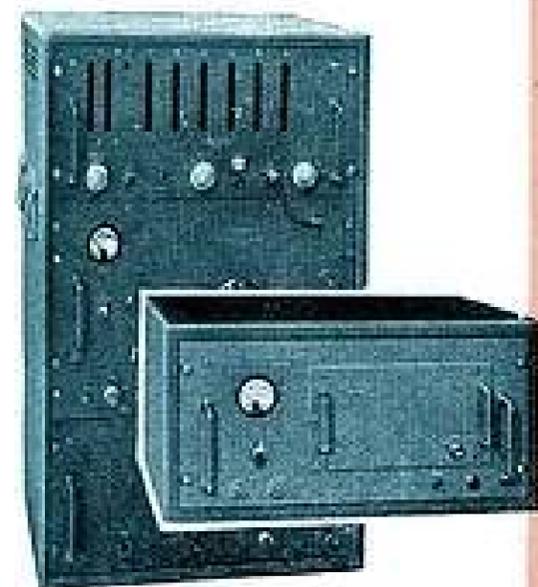
LES COMPTEURS BERKELEY A RÉGLAGE PRÉALABLE émettent un signal de sortie lorsque le nombre du compte désiré est atteint. La fixation préalable est accomplie en actionnant le bouton poussoir approprié de chaque colonne de dizaines. Remise au départ manuelle ou automatique. Vitesse de compte maximum : 40.000 par seconde. Gamme de modèles standard allant de 2 colonnes Modèle 5422 à 6 colonnes Modèle 5426. On peut fournir des modèles à double réglage préalable

Applications :
Comptage et contrôle des objets pour l'emballage, bobineuses, coupures de billets ou tiges à la longueur voulue, contrôle de survitesse, générateur à retardeur de temps, etc.



LE BERKELEY COMPTEUR UNIVERSEL ET CHRONOMÈTRE, instrument à fins multiples, fournit une lecture directe du temps écoulé avec une précision de ± 1 microseconde, mesure de fréquence jusqu'à 1 mégacycle avec précision de ± 1 cycle, période de mesure à partir de 0 cycle et au dessus avec précision de ± 1 microseconde et comptant jusqu'à 1 mégacycle. Modèle 5510.

Applications :
Tachymétrie de précision, Mesure de pression, des débits des liquides, vélocité, viscosité, élasticité, mesure d'intervalle de temps, calibrage de chronomètres, réglage de relais, obturateurs, etc.



LE BERKELEY ÉQUIPEMENT MESURANT LA FRÉQUENCE couvre toute la gamme de mesure de fréquence et comprend le premier système moniteur enregistreur utilisable commercialement. Cet ensemble indique sous forme de dizaines des fréquences jusqu'à 515 Mcs ayant un niveau d'entrée de 100 millivolts ou plus. Précision ± 1 cycle \pm stabilité cristal. Modèle 5556, 20 cycles 100 Kcs. Modèle 5570, 0 à 42 Mcs. Ensemble complet comprenant convertisseur jusqu'à 515 Mcs, amplificateur sélectif et sortie de lecture imprimée. Prix sur demande.

Applications :
Essai et contrôle des filtres et cristaux, calibrage et essai des oscillateurs, création et essai de télémesure, ensemble émetteur-récepteur, central émetteur.

BERKELEY Instruments Nucléaires

La gamme complète des instruments nucléaires Berkeley comprend mesureurs à décades, compteurs vitesse et calculateurs, ensemble complet de compteurs de scintillation et ensemble complet d'accessoires.

LE CALCULATEUR EASE* BERKELEY

Équipement Electronique d'Analogie Simulée.

Calculateur de précision. Equipement simulateur pour la solution rapide des problèmes comportant des équations différentielles et pour la simulation de tous systèmes dynamiques. Bas prix, compact et facile à manier.

Description et renseignements complets et prix sur demande adressés à :

Représentant et Distributeur pour la France :

MEGEX

105, QUAI BRANLY — Paris-15^e

Tél. SEG. 36-93

Berkeley

division

BECKMAN INSTRUMENTS INC.
2200 WEIGHT AVE., RICHMOND, CALIF.

RELAIS CLASSIQUES ET Spéciaux



AG. PUBLICITEC.COMENACH



RELAIS DE TÉLÉCOMMANDE
ou de signalisation
DE TÉLÉCOMMUTATION
d'antennes ou de circuits H.F.
(normaux ou coaxiaux)
DE DÉMARRAGE DE MOTEURS
ou commutatrices (nus ou en coffret)
DE PROTECTION
haute et moyenne tension

ETS S. GAILLARD

12 BIS, RUE DES PAVILLONS, CHATILLON S/BAGNEUX - ALÉ. 33-96

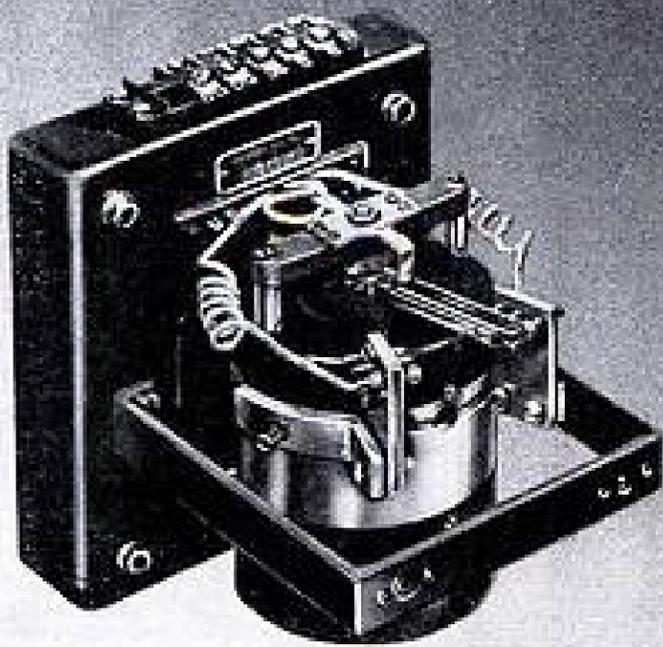
PLUS DE 400 MODÈLES DIFFÉRENTS EN SERVICE

APPAREILS ÉLECTRIQUES DE MESURE

RELAIS GALVANOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ

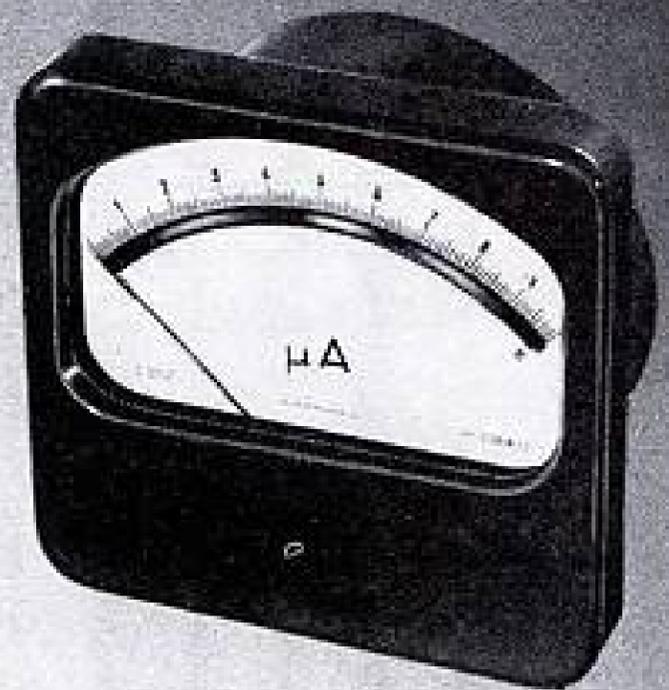
Courant de commande depuis $3\mu\text{A}$

à minimum et maximum
symétrique (0 central)
différentiel
régulateur



APPAREILS ÉTANCHES, ANTICHOCS

Microampèremètres depuis $2\mu\text{A}$
Millivoltmètres depuis 1mV (sur cadre)
Ampèremètres - Voltmètres, etc....



FOURNISSEURS DU C.E.A.
DE LA MARINE, DE L'E.D.F.
DE L'AIR, ETC...

APPAREILS SPÉCIAUX SUR DEMANDE

ALBERT LE BOEUF & FILS

LA GARENNE COLOMBES
CHA. 56-03+

m. Ridant

devienne surcritique en neutrons prompts, c'est-à-dire que l'on doit veiller à avoir toujours $dk_0 < \beta$.

Dans ce cas ($dk_0 < \beta$) après un régime immédiat, les neutrons retardés interviennent dans l'ordre de leurs vies moyennes, il s'établit alors un régime exponentiel décrit plus haut. Soit T la constante de temps de ce régime, sa valeur s'obtient en portant dans les équations (VII.3-2) la solution exponentielle

$$\left. \begin{aligned} N &= N_0 e^{t/T} \\ C_i &= C_{i0} e^{t/T} \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.3-6})$$

On obtient ainsi la relation de Nordheim :

$$dk_0 = \frac{\tau}{T k_{eff}} = \sum_{i=1}^p \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T} \quad (\text{VII.3-7})$$

dk_0 étant donné, cette équation a $(p + 1)$ racines, dont une seule T_1 est positive pour $dk_0 > 0$, les autres racines donnent naissance à des régimes transitoires qui s'éteignent avec le temps. Cet état de choses a déjà été décrit plus haut (voir fig. VII.3-1).

(b) *Variation lente de réactivité :*

On considère ici le cas où la constante de temps du réacteur est très longue comparée aux différentes périodes de neutrons lents $\lambda_i T \gg 1$, la formule de Nordheim s'écrit alors :

$$dk_0 = \frac{1}{T_1 \lambda} \quad (\text{VII.3-8})$$

avec

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\tau}{k_{eff}} + \sum_{i=1}^p \frac{\beta_i}{\lambda_i} \quad (\text{VII.3-9})$$

(c) *Variation périodique de la réactivité :*

Si la réactivité varie suivant une loi sinusoïdale

$$dk = dk_0 e^{i\omega t} \quad (\text{VII.3-10})$$

ou encore

$$k_{eff} = 1 + dk_0 e^{i\omega t},$$

la solution des équations de la cinétique est de la forme

$$\left. \begin{aligned} N &= N_0 + dN e^{i\omega t} \\ C_i &= C_{i0} + dC_i e^{i\omega t} \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.3-11})$$

En portant cette solution dans le système (VII.3-2) on obtient :

$$\frac{dN}{N} = dk_0 \frac{1 - i\omega \sum_{i=1}^p \frac{\beta_i}{i\omega + \lambda_i}}{i\omega \left(\frac{\tau}{k_{eff}} + \sum_{i=1}^p \frac{\beta_i}{i\omega + \lambda_i} \right)} \quad (\text{VII.3-12})$$

Nous allons voir maintenant comment, par des expériences basées sur les considérations précédentes, on peut étalonner les plaques de réglage.

VII.4. — ÉTALONNAGE DES PLAQUES DE RÉGLAGE.

Dans un précédent chapitre (V.4.) nous avons vu que le contrôle d'un réacteur hétérogène s'effectue en introduisant plus ou moins profondément dans le réacteur des plaques d'un absorbant de neutrons. On peut montrer que l'effet produit par un absorbant est proportionnel à sa section efficace totale de capture et au carré de la densité neutronique qui existait avant son introduction dans le volume perturbé. Ceci est dû au fait que le nombre de neutrons supprimés par l'absorbant est proportionnel à la densité locale, mais la disparition d'un neutron réagit d'autant plus sur le facteur de multiplication que sa probabilité de fuite est plus faible, c'est-à-dire qu'il se trouve dans une région où la densité est plus élevée. Ainsi, pour que l'effet d'une plaque ou d'une barre soit maximum il faut la placer au centre.

C'est pour cette raison que dans les petits réacteurs le centre est généralement réservé aux barres de sécurité. Dans les grands réacteurs on installe généralement plusieurs plaques ou barres réparties uniformément dans tout le milieu actif.

Il existe des méthodes théoriques permettant de calculer l'effet des barres absorbantes quand celles-ci sont dans leur position d'effet maximum ; pour connaître l'effet dans toutes les autres positions une étude expérimentale doit être faite. La mesure de l'efficacité d'une barre ou une plaque de réglage peut se faire en utilisant l'une des méthodes suivantes :

a) *La méthode de la divergence :*

Le retrait d'une plaque à partir d'une position pour laquelle le réacteur est à son état de régime provoque un accroissement du facteur de multiplication. Il en résulte une augmentation continue de la densité neutronique, qui atteint un régime exponentiel dont la période dépend de la réactivité ainsi réalisée. En mesurant la période, et en se servant de la formule de Nordheim on peut obtenir la réactivité correspondante par unité de longueur de déplacement de la plaque. Cette opération est répétée pour les différentes positions de la plaque. On doit prendre la précaution d'opérer à faible puissance pour éviter les effets de température.

(b) *La méthode de l'oscillation périodique :*

On communique à la plaque étudiée un mouvement oscillatoire de faible amplitude autour de différentes positions et on mesure la variation de densité neutronique à l'aide d'une chambre d'ionisation. Utilisant l'équation (VII.3-12) on peut déduire la valeur dk_0 correspondante. Des renseignements intéressants le réacteur peuvent être obtenus si pour un dk_0 donné on fait varier la fréquence de l'oscillation, et si l'on étudie les variations de l'intensité et de la phase du signal correspondant.

(c) La méthode sous-critique :

Le réacteur étant en régime sous-critique, on compare l'effet de la plaque à un autre effet préalablement étalonné. La méthode de la divergence est d'un emploi délicat, aussi, dans la pratique, on se borne à étalonner soigneusement un effet par cette méthode, les autres effets lui étant comparés en régime sous-critique.

VII.5. — EFFET DE TEMPÉRATURE.

En général, dans un réacteur une énergie thermique importante est dégagée, et quelle que soit l'efficacité du système de refroidissement, les températures du combustible et du modérateur varient pendant le fonctionnement. Une variation de température agit sur la réactivité au moins pour deux raisons :

(a) il résulte une variation de l'énergie thermique moyenne des neutrons, d'où un changement dans les différentes sections efficaces qui sont fonction de l'énergie des neutrons,

(b) la variation de la densité des matériaux utilisés et des dimensions géométriques du réacteur qui en résultent entraînent une modification des longueurs de diffusion et des fuites.

L'effet de température sur un réacteur est caractérisé par le coefficient de température représentant le changement de réactivité par °C.

Par exemple, la valeur du coefficient ρ (facteur anti-trappe) change avec l'accroissement de température à cause de l'élargissement des bandes de résonance de ^{238}U par effet Doppler. Le coefficient de température dans ce cas est négatif il est de $-2.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, environ.

Dans un réacteur à uranium-graphite le coefficient de température dû au changement dans la longueur de diffusion est de $-5.10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

En général, l'effet global de température est négatif, on doit donc prévoir à la construction un excès de réactivité quand il s'agit d'un réacteur fonctionnant à une température supérieure à la normale.

D'autre part, étant donné son signe l'effet de température est stabilisateur, car un accroissement de puissance conduit à un accroissement de température lequel réduit la réactivité, ce qui tend à ramener la puissance à sa valeur initiale.

VII.6. — EMPOISONNEMENT D'UN RÉACTEUR PAR LES PRODUITS DE FISSION.

Au cours du fonctionnement d'un réacteur on accumule des produits de fission. Si la plupart des produits de fission ont des sections efficaces de quelques barns seulement, quelques uns, et le xenon 135, en particulier, a une section efficace de capture pour les neutrons thermiques de $3,5.10^6$ barns.

Le ^{135}Xe est un noyau instable de période $t_2 = 9,2$ heures qui se forme directement dans la fission de l'uranium pour une proportion de 0,3 % ; mais la source principale de ^{135}Xe résulte de la décrois-

sance de ^{135}Te qui est formé lors de la fission dans une proportion de 5,6 % et qui décroît suivant le schéma ci-dessous.

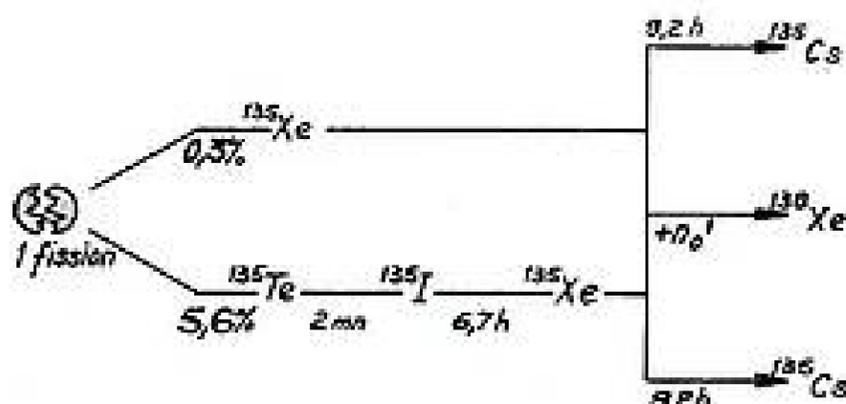


FIG. VII-6-1. — Schéma de formation et de décroissance du ^{135}Xe .

Comme la vie moyenne de ^{135}Te est courte devant celle de l'iode 135, nous supposons que c'est l'iode qui est le produit créé directement lors de la fission. Soit I le nombre des atomes de ^{135}I présents par cm^2 , λ_1 la constante radioactive et ϕ le flux ; la concentration de ^{135}I à un instant quelconque est donnée par :

$$\frac{dI}{dt} = 0,056 \Sigma_f \phi - \lambda_1 I,$$

où l'on néglige les pertes de l'iode par capture de neutrons thermiques et où la proportion de ^{135}I est prise pour 0,056, Σ_f étant la section efficace macroscopique de fission. Après un fonctionnement en régime pendant quelques jours la concentration de l'iode est celle de l'équilibre, $dI/dt = 0$ et on a :

$$I = \frac{0,056 \Sigma_f \phi}{\lambda_1} \quad (\text{VII.6-1})$$

La concentration de ^{135}Xe créée directement par fission suit une loi analogue, on a

$$\frac{dX}{dt} = \lambda_1 I + 0,003 \Sigma_f \phi - \lambda_2 X - \sigma_2 \phi X \quad (\text{VII.6-2})$$

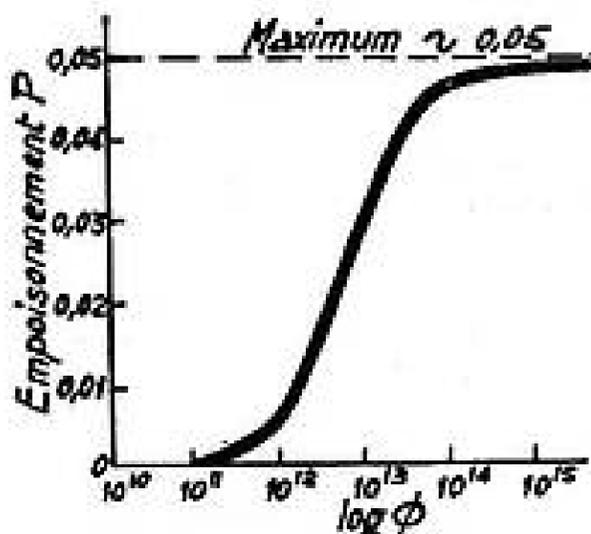


FIG. VII-6-2. — Empoisonnement d'un réacteur par ^{135}Xe en fonction du flux



centraux téléphoniques

* RÉSEAU D'ISTANBUL

L.M.T.

46, QUAI DE BOULOGNE - BOULOGNE-BILLANCOURT (SEINE) - TÉL. : + MOL. 50-00

POUR VOS

calculs

COMPAGNIE DES MACHINES BULL

$$I = \iiint \frac{e^{-(x^2+y^2+z^2)}}{V \sin 2\pi(x+\frac{y}{z})} dx dy dz$$

$$\sum_h \sum_k \sum_p A_{hkl} \cos 2\pi(hx+ky+lz) = P$$

$$\Phi(p) = p \int_0^{\infty} e^{-tp} f(t) dt$$

CALCULATEUR
ELECTRONIQUE
GAMMA

5000 OPERATIONS / SECONDE
400 TUBES ELECTRONIQUES

Systemes d'equations,
Equations differentielles,
Calcul matriciel, Correla-
tions, Quadratures, Analyse
harmonique, Fonct. de
transfert etc... etc...

Linear equations, Differen-
tial equations, Matrix alge-
bra, Correlation, Quadra-
ture, Harmonic analysis,
Laplace transforms

Lineargleichungen, Diffe-
rentialgleichungen, Matri-
zenrechnungen, Korrela-
tionsrechnungen, Quadra-
turberechnungen, Harmo-
nische Analyse, Laplace
Transformationen

ENTRE NATIONAL DE CALCUL ELECTRONIQUE

94, AVENUE GAMBETTA — PARIS-20^e — TELEPHONE MEN. 81-58

★ Une gamme complète d'appareils
pour les applications de la Radioactivité



- ★ Compteurs d'impulsions avec échelles de 1.000, 10.000 et binaires • Intégrateurs alimentation secteur ou piles • Passeur automatique d'échantillons • Matériel de manipulation, de protection
- ★ Tubes de Geiger pour Bêta et Gamma
Compteur à remplissage interne
Compteur 4 PI • Compteurs à scintillation pour mesures d'échantillons ou "in-vivo"
- ★ Jauges d'épaisseur à rayons Bêta
Installations de Gammagraphie
Régulateurs de niveaux

9, PLACE DES ÉTATS-UNIS
PARIS (16^e) • TÉL. PAS. 46-80

SAPHYMO

où

λ_2 est la constante radioactive de ^{135}Xe

σ_2 sa section efficace de capture pour les neutrons lents, $\sigma_2 = 3,5 \cdot 10^6$ barns et le taux de création du xénon par fission est 0,3 %.

Tenant compte de (VII.6-1), à l'équilibre on a

$$X = \frac{0,059 \Sigma_f \theta}{\lambda_2 + \sigma_2 \theta} \quad (\text{VII.6-3})$$

Le rapport du nombre de neutrons absorbés par le poison au nombre de neutrons absorbés par le matériau fissile est appelé l'empoisonnement P . Si Σ_f est la section efficace totale (fission + capture) du combustible on a :

$$P = \frac{\sigma_2 X}{\Sigma_f} = \frac{0,059 \sigma_2 \Sigma_f \theta}{\Sigma_f (\lambda_2 + \sigma_2 \theta)} \quad (\text{VII.6-4})$$

L'empoisonnement par le xénon a pour effet de réduire le facteur d'utilisation thermique. L'importance de cette influence dépend de la section efficace de capture de ^{135}Xe comparée à celle du modérateur, du réfrigérant de l'uranium etc...

Si l'on néglige la capture par le modérateur, la perte de réactivité due à l'empoisonnement par le xénon 135 est pratiquement donnée par P .

Sur la figure VII.6-3 on a représenté la variation de l'empoisonnement en cas d'un réacteur fonctionnant avec un flux moyen de $4 \cdot 10^{13}$ neutrons/cm²/s. Cette courbe se compose de plusieurs tronçons :

a) le démarrage du réacteur est effectué après un arrêt suffisamment long pour permettre à l'iode et au xénon de s'éteindre. Le démarrage s'accompagne d'un accroissement de P qui atteint sa valeur d'équilibre d'autant plus vite que le flux est plus élevé. La variation la plus rapide est atteinte trois heures après le démarrage, elle est alors de 0,05 p.c.m. par seconde. A l'équilibre la diminution de la réactivité est de 2 500 p.c.m.

b) immédiatement après un arrêt provoqué par la chute des barres de sécurité, l'iode, dont la période est longue devant le temps nécessaire à l'arrêt du réacteur, conserve une concentration sensiblement constante. Par contre, la destruction du xénon par capture ayant cessé, la concentration croît rapidement, atteint onze heures après l'arrêt sa valeur maximum (- 7 000 p.c.m.) et repasse par sa valeur d'équilibre 34 heures après l'arrêt.

La vitesse d'accroissement du xénon immédiatement après l'arrêt correspond à une variation de réactivité de 0,35 p.c.m./s. Si l'on désire démarrer de nouveau après la chute des barres et si la réactivité disponible ne permet pas d'attendre le moment où la vitesse d'accroissement du xénon se ralentit sensiblement, il est nécessaire de disposer d'un sys-

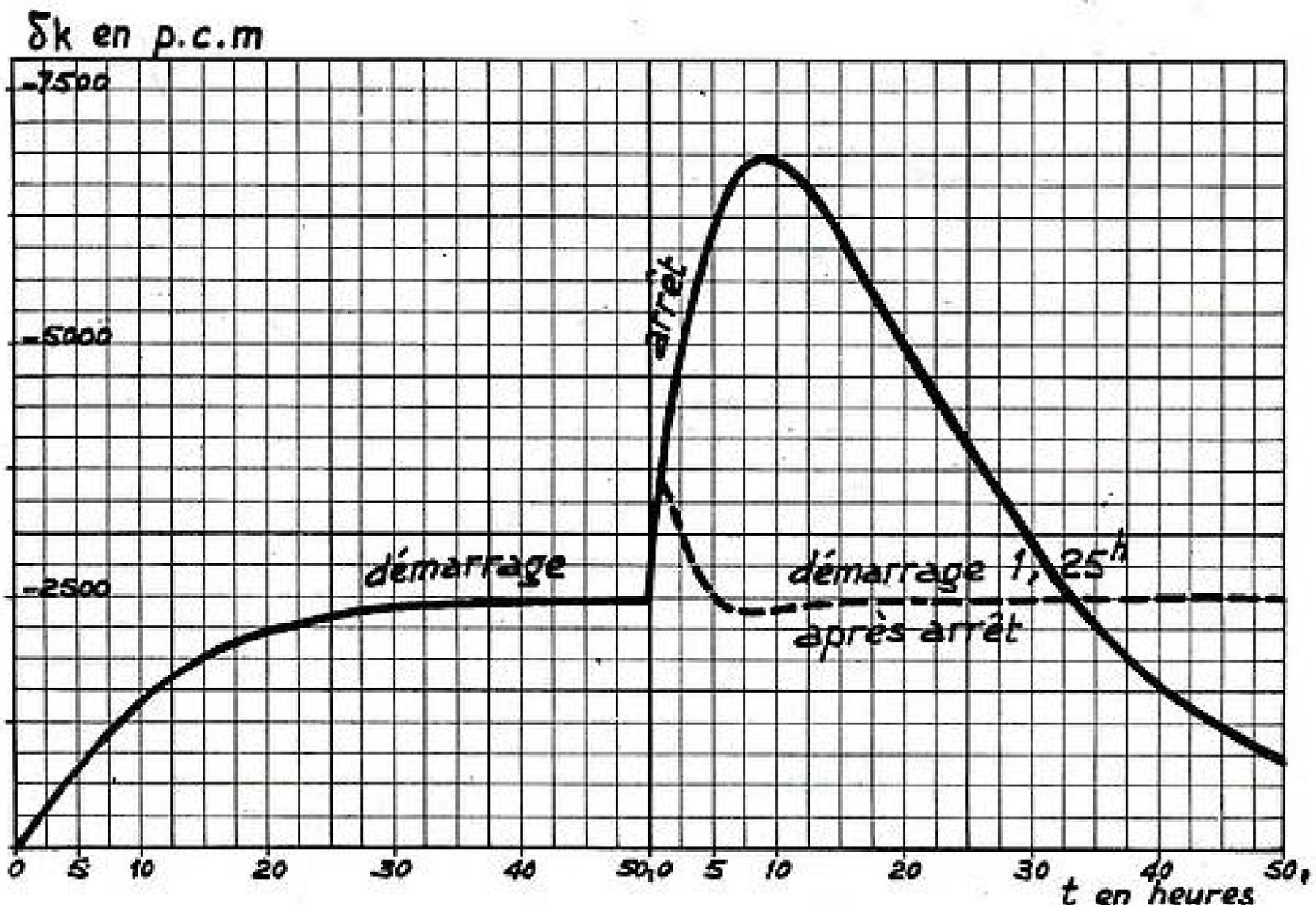


Fig. VII.6-3. — Empoisonnement d'un réacteur par ^{135}Xe , après arrêt

tème de réglage permettant de délivrer plus de 0,35 p.c.m./s. La courbe d'empoisonnement suit alors la courbe pointillée. Dès que la puissance initiale est atteinte à nouveau, la destruction du xénon par capture de neutrons thermiques provoque une diminution rapide de sa concentration.

Les plaques de réglage doivent se déplacer rapidement pour éviter l'emballement du réacteur et une nouvelle chute des barres de sécurité.

Pour compenser la perte de réactivité due à l'empoisonnement par le xénon après quelques jours de marche à grande puissance, on construit les réacteurs avec suffisamment d'excédent de réactivité.

La nécessité de compenser les grandes variations de réactivité qui se produisent au cours du fonctionnement du réacteur, oblige de munir celui-ci

de dispositifs de réglage constitués par des absorbants que l'on déplace dans une région où le flux est variable.

BIBLIOGRAPHIE

- S. GLASTON & M. C. EDLUND. — *The Elements of Nuclear Reactor Theory* — Van Nostrand Co. New-York — 1952.
- R. STEPHENSON. — *Introduction to Nuclear Engineering* — Mc Graw Hill — New York — 1954.
- V. RAJEVSKI. — *Cours de Génie Atomique* — C.E.A. — 1955.
- G. VENDRYES. — *Cours de Génie Atomique* — C.E.A. — 1955.
- J. YVON. — *Cours de Génie Atomique* — C.E.A. — 1955.
- J. RAJEVSKI. — *Les Réacteurs Nucléaires. L'Onde Electrique*, déc. 1953, p. 684.

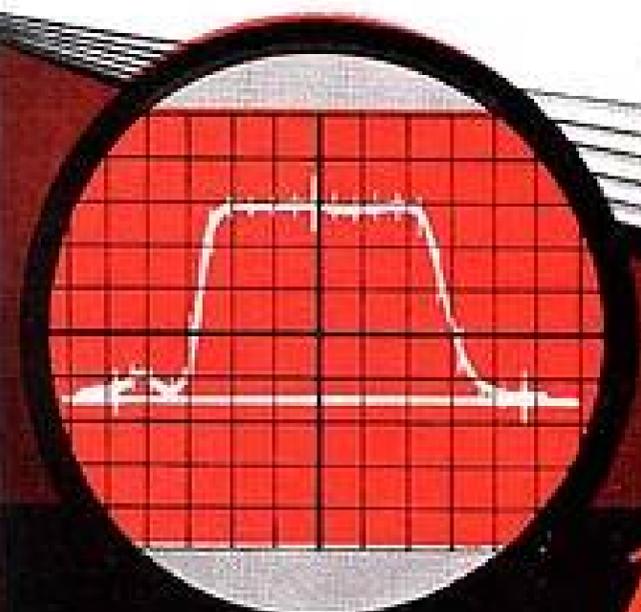
APPAREILS ÉLECTRONIQUES DE MESURE ET DE CONTROLE INDUSTRIEL

Ribet Desjardins



13, RUE PÉRIER
MONTROUGE - SEINE
ALE. 24-40 (5 lignes)

OSCILLOSCOPES
GÉNÉRATEURS
WOBULATEURS
COMMUTATEURS
CONTROLE INDUSTRIEL

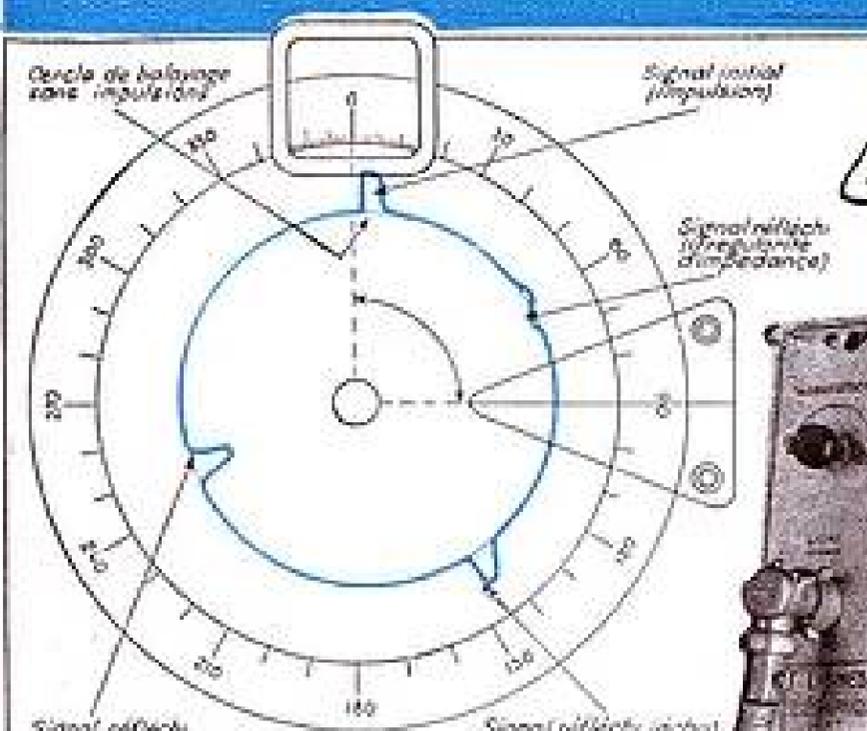


*Un matériel de classe internationale
toujours adapté aux besoins des techniques modernes*

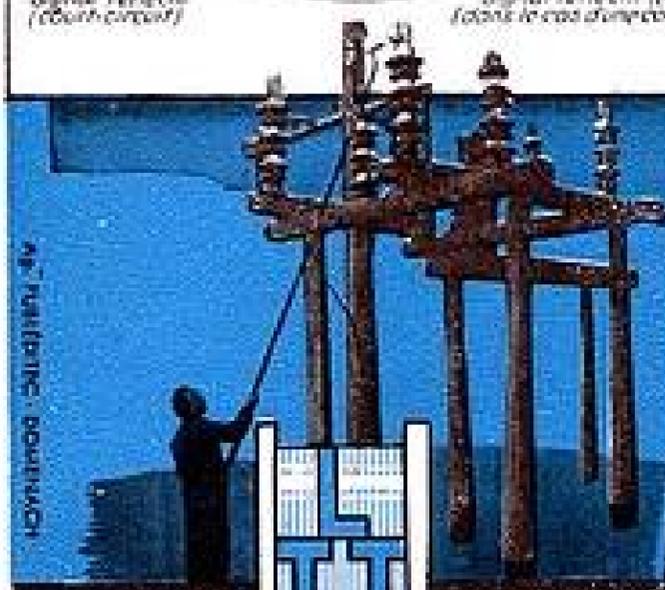
Localisateur DE Défauts

PAR IMPULSIONS

A DIAGRAMME DÉVELOPPÉ
PAR BALAYAGE CIRCULAIRE

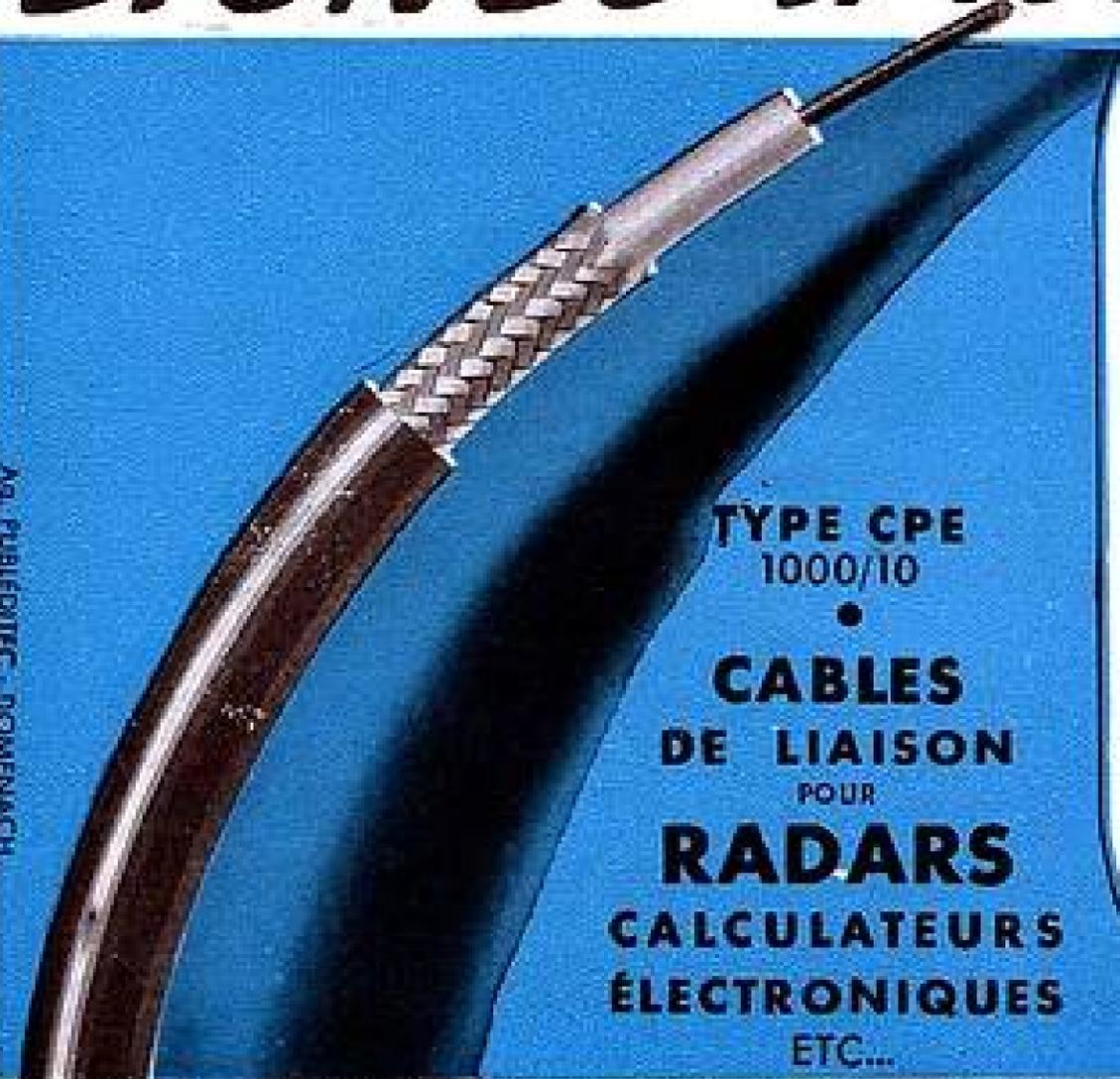


- * LIGNES AÉRIENNES
ÉNERGIE ET
TÉLÉCOMMUNICATIONS
- * CABLES SOUTERRAINS
ÉNERGIE ET
TÉLÉCOMMUNICATIONS
- * CABLES SOUS-MARINS



LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES ET TÉLÉPHONIQUES
89, RUE DE LA FAISANDERIE - PARIS-16^e - TÉLÉPHONE : TRO. 12-71 - 12-85

LIGNES à RETARD...

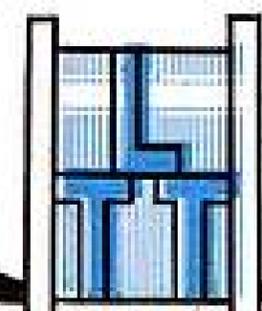


**TYPE CPE
1000/10**
●
**CABLES
DE LIAISON
POUR
RADARS
CALCULATEURS
ÉLECTRONIQUES
ETC...**

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Impédance caractéristique ohms.....	1.000 ± 50
Affaiblissements - décibels par mètre.....	à 1 MHz 0,18
—	à 2 MHz 0,30
—	à 5 MHz 0,46
—	à 10 MHz 0,70
—	à 30 MHz 1,30
Retard micro-sec. par mètre ...	0,12
Puissance maximum watts	100
Tension d'essai continue... volts	15.000

* Câbles de caractéristiques différentes étudiés sur demande.



LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES & TÉLÉPHONIQUES
89 RUE DE LA FAISANDERIE - PARIS-16^e - TÉLÉPHONE : TRO. 12.71 - 12.85 - 45.50

S.I.C

*Tous condensateurs
au papier et électrochimiques*

RADIO. TELEVISION

Emission et Reception

MATERIEL PROFESSIONNEL



S^{TE} INDUSTRIELLE DES CONDENSATEURS

95 à 107 rue Bellevue - Colombes - Charlebourg 29-22

SPECTROMÈTRE A NEUTRONS UTILISÉ A LA PILE DE SACLAY

PAR

M. GALULA, B. JACROT et F. NETTER

*Service de Physique Nucléaire
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay*

L'étude de l'interaction des neutrons avec divers éléments en fonction de la vitesse des neutrons est d'un intérêt particulier pour la construction des réacteurs nucléaires et pour la systématique des réactions nucléaires.

Parmi les techniques utilisées en spectrométrie de vitesse des neutrons, celle à laquelle le Groupe de physique des neutrons consacre son activité essentielle est la spectrométrie de vitesse à temps-de-vol pour neutrons lents.

La source des neutrons est la Pile de Saclay. Mais les faisceaux sortant de la pile comportent des neutrons de vitesses très variées et il faut les sélectionner.

Le spectromètre de vitesse à temps-de-vol est un appareil qui étudie précisément la distribution en intensité des neutrons d'un faisceau sortant de la pile en fonction de leur vitesse. En fait, le passage du faisceau de neutrons à travers une fente est repéré en temps à l'aide d'un système obturateur (dont le principe est une roue absorbante percée d'un trou à la périphérie) ; on laisse aux neutrons une base de parcours suffisante pour que, partis tous de la fente au même instant, ils arrivent sur le détecteur à des instants différents suivant leur vitesse ; la mesure de l'intensité neutronique détectée en fonction du temps de trajet (inversement proportionnel à la vitesse ou à la racine carrée de l'énergie des neutrons) donne la répartition des temps-de-vol donc le spectre des vitesses.

L'appareil est le premier de ce type mis en service en France. Il permet d'explorer non seulement le domaine très important des neutrons thermiques (énergie de quelques centièmes d'électron-volt) mais aussi le début de la région des neutrons en ralentissement. Il est encore capable de donner des renseignements grossiers dans la région de quelques eV à 100 eV. L'appareillage présente deux gammes principales d'utilisation : la gamme rapide au-dessus de 0,1 eV et la gamme lente descendant autant que le permet l'intensité (en-dessous de 10^{-2} eV).

L'obturateur mécanique, construit par la Compagnie Electro-Mécanique, est un volant de 1 mètre de

diamètre, pesant 450 kg, monté sur chariot, portant à sa périphérie une couronne de matériau absorbant à base de carbure de bore (arrêtant tous les neutrons d'énergie inférieure à environ 1 000 eV) et tournant à 3 000 tours/minute.

Trois fentes amovibles permettent de définir, au choix, des impulsions de 20, 80 ou 200 microsecondes de durée.

L'instant de passage de la fente mobile devant la fente fixe limitant le faisceau de neutrons est repéré par un signal optique.

La base utilisée généralement dans les premières mesures est de 7 ou 8 mètres.

Les détecteurs sont des compteurs à $^{10}\text{BF}_3$ ou des chambres d'ionisation à fission.

Un sélecteur en temps, construit par la Division des Constructions Electriques, permet de classer les impulsions produites par les neutrons dans des canaux correspondant aux divers temps-de-vol. Deux gammes de 10 bandes de 10 canaux correspondent à des canaux de largeur 20 ou 200 microsecondes.

L'étalonnage en énergie est contrôlé par l'étude de la résonance de l'indium et de la longueur d'onde critique de Bragg pour le graphite.

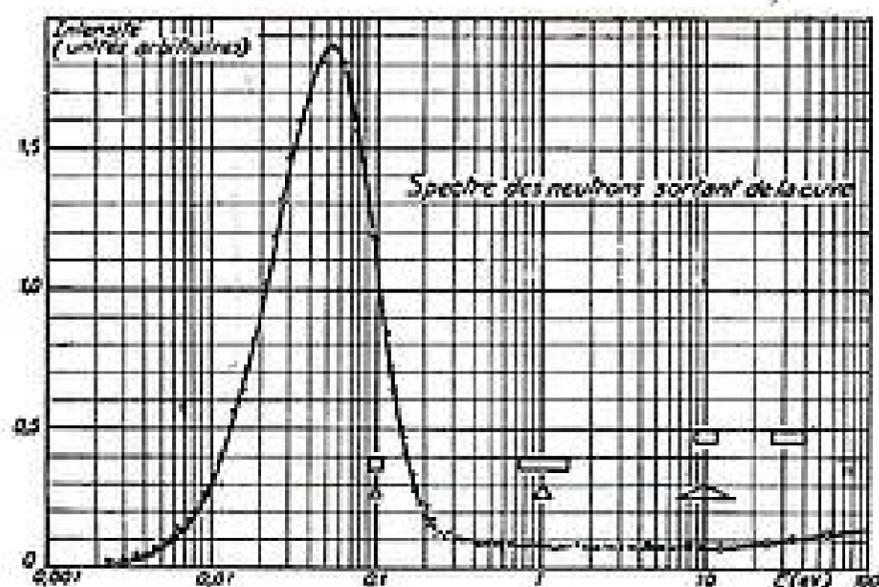


FIG. 1. — Densité des neutrons à la sortie de la cuve de la pile de Saclay en fonction de l'énergie.

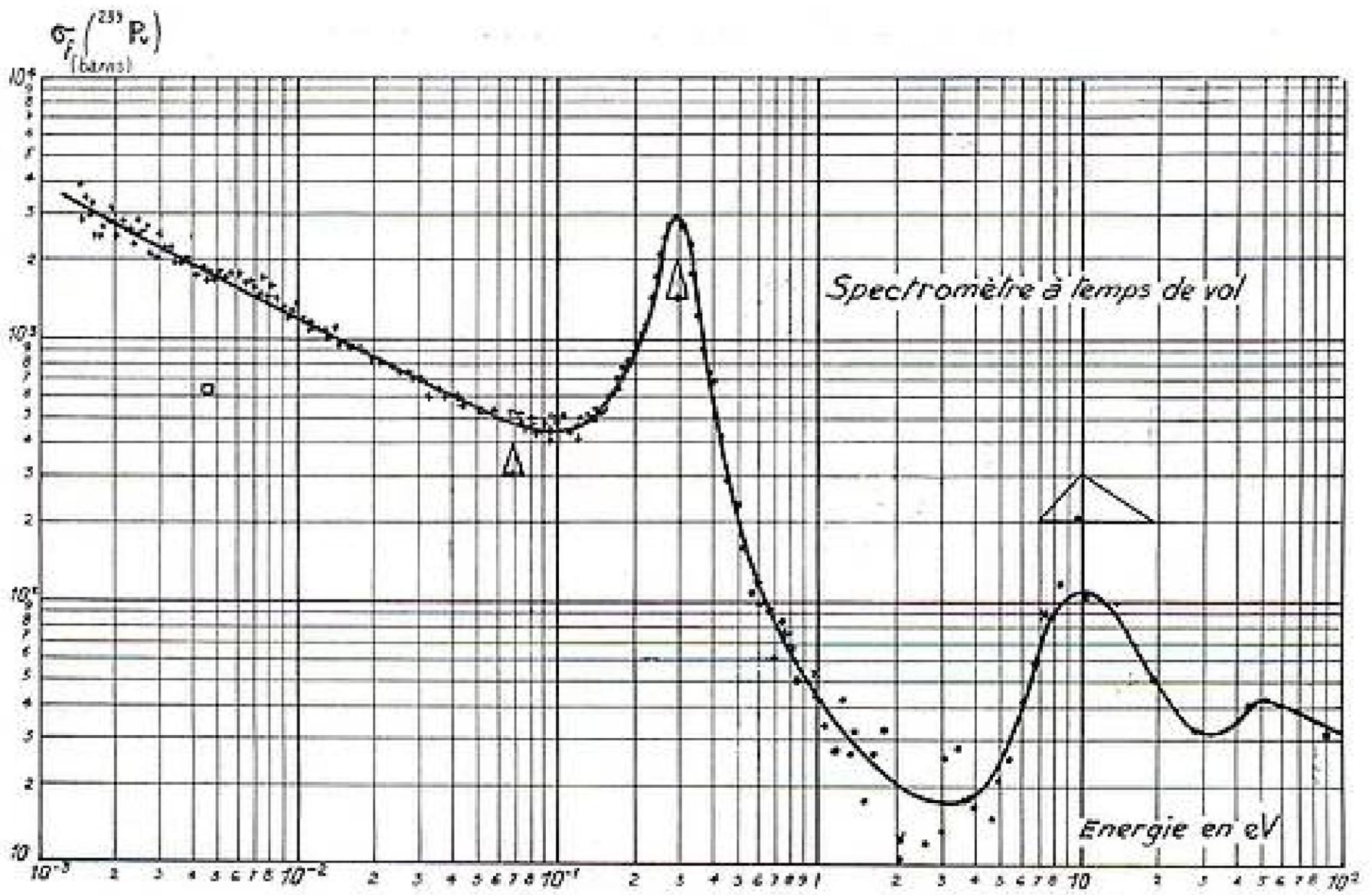


FIG. 2. — Variation avec l'énergie des neutrons de la section efficace de fission de ^{239}Pu

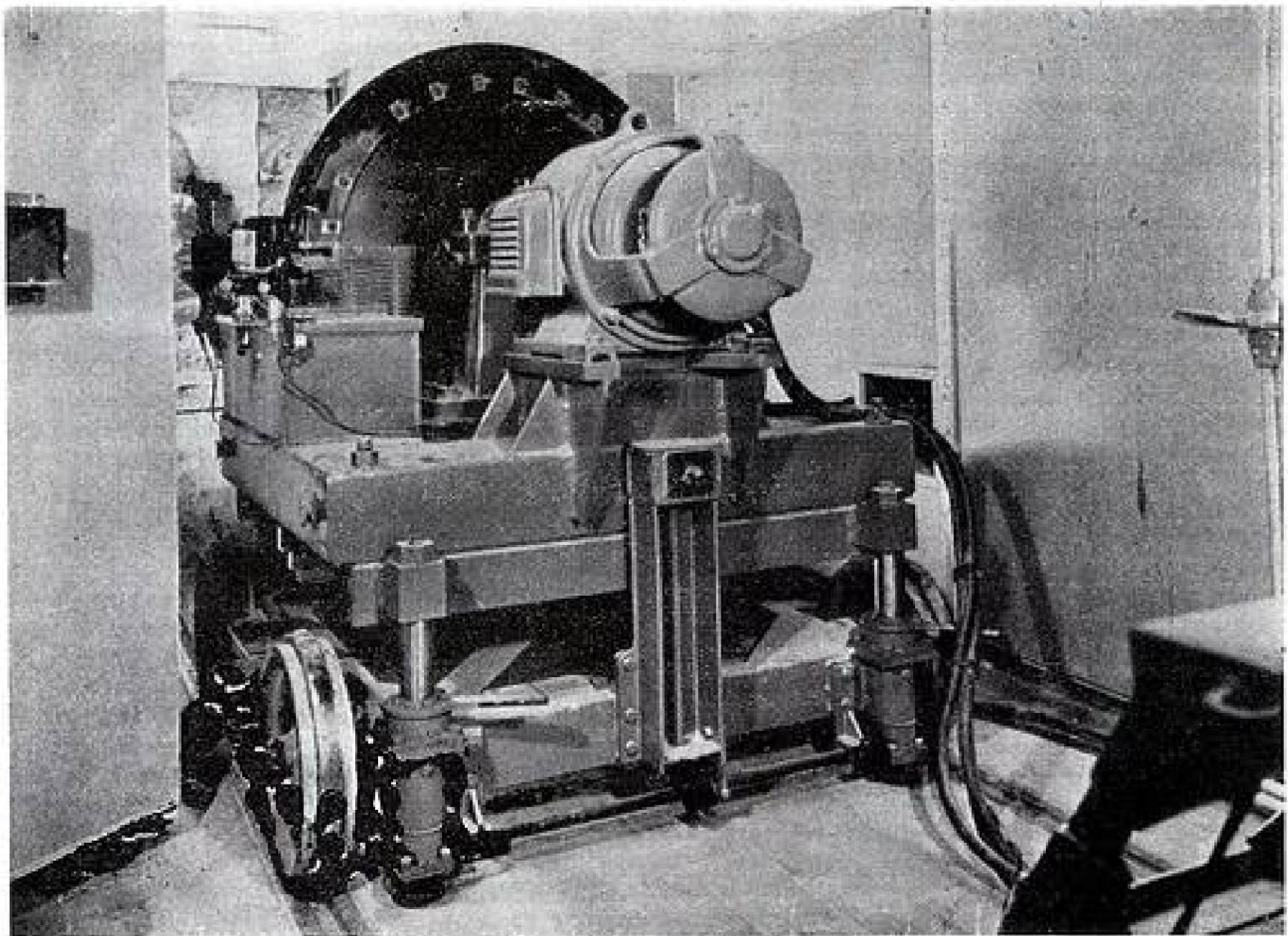


FIG. 3. — Vue générale du système obturateur.

Mesures effectuées.

Le spectre des neutrons sortant d'un canal de la pile débouché depuis la cuve a été étudié entre 0,002 eV et 100 eV.

Le spectre à la sortie du réflecteur et de la colonne thermique a été également déterminé.

L'appareil a été utilisé aussi à des expériences sur les matériaux filtrant les neutrons.

L'essentiel du temps de travail a été consacré à la mesure des variations avec l'énergie des sections efficaces de fission pour les neutrons lents de l'uranium et principalement du plutonium.

Depuis un an, a été mis en service un sélecteur en temps à 100 canaux de largeur 20, 80 ou 200 microsecondes construit par la Division des Constructions Electriques, qui accroît grandement les possibilités du spectromètre.

D'autre part, un dispositif sélecteur de vitesses pour neutrons lents à l'aide d'un secteur de cadmium tournant a été adapté au spectromètre. C'est un filtre mécanique qui élimine les neutrons de vitesse supérieure à une valeur choisie (et en outre réglable) mais en laissant subsister toute l'intensité des neutrons encore plus lents. En effet, les neutrons, pour passer à travers la fente mobile du spectromètre, doivent s'être présentés à la position du filtre mécanique un certain temps auparavant.

Ce filtre mécanique est utilisé, en particulier, dans des expériences sur la diffusion inélastique des neutrons lents par les substances polycristallines et par des monocristaux, ainsi que par des liquides. La réussite des premières expériences (*) dans ce domaine ouvre la voie à toute une série de travaux entrepris actuellement et comportant aussi l'étude des propriétés magnétiques de certains diffuseurs.

(*) B. JACROT, *C. R.*, 1955, 204, 745-7.

APPAREILS DE MESURE POUR TOUTES RADIATIONS

INSTRUMENTS FOR THE MEASURING OF ALL TYPES OF RADIATIONS



AMPLIFICATEUR CONTINU

licence C.E.A.

Ensemble amplificateur et pré-amplificateur. Résistance d'entrée jusqu'à 10^{12} ohms

Sensibilité

50 mV	100 mV
2V.	5V.
200 mV	500 mV
20V.	50V.

Sensibilité en courant: jusqu'à 5×10^{-14} ampères, Précision 1%. Dérive 1 à 3 mV par heure.

D.C. AMPLIFIER - C.E.A. patent

- Amplifier and preamplifier equipment - Input Resistance: up to 10^{12} ohms - Sensitivity - Current Sensitivity: up to 5×10^{-14} A. - Accuracy 1% - Drift: 1 to 3 mV per Hour.

ALIMENTATION 5.000 VOLTS

licence C.E.A.

- Alimentation de compteurs proportionnels
Photo multiplicateurs, chambres d'ionisation

- Réglable de 1000 V. à 5000 V.

- Débit 500 mA

- Régulation 0,2%



5 000 VOLTS POWER SUPPLY - CEA patent

- Proportional Counter Supply
- Photomultipliers, ionization chambers
- adjustable from 1000 V to 5000 V
- Output : 500 mA
- Regulation : 0,2%



VOLTMÈTRE QUANTIFIÉ

Type VQ.1 MH

Gamme de lecture: - 100 volts à + 100 volts

Lecture sur tubes décimaux EIT

Référence: Quartz à 1 mc/s

Echelle: 100 volts = 1.000 unités

MODEL VQ 1 MH QUANTIFIED VOLTMETER

Range: - 100 V to + 100 V
EIT - decade tube reading
Reference: - . 1 Mcs crystal

Scale: 100 volts = 1000 units

ALIMENTATION DE LABORATOIRE

Type CHS 250 A

Alimentation + et -, de haute précision

Résistance interne 0,05 ohms

Stabilité: 1/1.000

Variable par plot entre 8 et ± 250 volts

Débit 200 mA



Réglage fin permettant d'obtenir toutes les valeurs entre ± 5 volts et ± 250 volts.

MODEL CHS 250 A - LABORATORY POWER SUPPLY

High precision + ve and -ve Power Supply
Internal Resistance: 0,05 ohms - Stability: 1/1,000
Adjustable in steps from 0 to ± 250 volts. Fine adjustment providing any setting between ± 5 volts and ± 250 volts.

CHAMBRES D'IONISATION

Les Laboratoires R. DERVEAUX se chargent de l'étude et de la réalisation de tous types de chambres d'ionisation:

- Chambres à rayons X
- Chambres en bakélite BK.3.
- Chambres compensées argon sous pression et carbure de bore.

Compensation comprise entre 2 et 4%.

IONIZATION CHAMBER - The R. DERVEAUX Laboratories will undertake the research & development of all types of ionization chambers. - X-Ray Chambers - BK3 Bakelite Chambers - Argon under pressure or Boron carbide types. - Compensation Range within 2 and 4%.

AMPLIFICATEUR ELECTROMÉTRIQUE SUBMINIATURE

TYPE E.100-10

Courant grille de lampe d'entrée 10^{-11} amp

Gain: 200.000 en continu. Puissance de sortie 1 Watt.



SUBMINIATURE ELECTRONIC AMPLIFIER - MODEL E 100-10

Grid current of input tube 10^{-11} A
DC Gain: 200 000
Power output: 1 Watt

★ Ces appareils représentent quelques spécimens parmi nos réalisations.

These instruments represent some specimens of our various achievements



LABORATOIRES

RENÉ DERVEAUX

SOCIÉTÉ À RESPONSABILITÉ LIMITÉE

CAPITAL 100.000.000 DE FRANCS

DIRECTION GÉNÉRALE ET USINES: PLACE DES FÊTES A BEZONS (S.-E.-O.) TÉL. ARG. 76-40

DIRECTION TECHNIQUE ET SERVICES COMMERCIAUX: 6, RUE JULES SIMON - BOULOGNE/SEINE - TÉL. MOL. 37.00

M.B.M.

LA PIÉZO ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE

6-8, Rue Jenner — SAVIGNY-SUR-ORGE
Tél. 144

- ★ QUARTZ OSCILLATEURS
1 à 25 Mc/s
- ★ QUARTZ POUR ULTRA-
SONS - 500 - 3000 Kcs
- ★ QUARTZ ÉTALONS
STABILITÉ 1×10^{-7}
- ★ QUARTZ SPÉCIAUX
- ★ MONTURES MINIATURES.

DÉLAIS RÉDUITS

SSR RADIO

POUR TOUS LES EMPLOIS
air, mer, terre.
DANS TOUTES CONDITIONS
froid, chaleur, humidité.

les condensateurs au mica
métallisé sous gaine céra-
mique moulée étanche de
la série PRC se sont révélés ... *hors classe*

Tropicalisation intégrale.

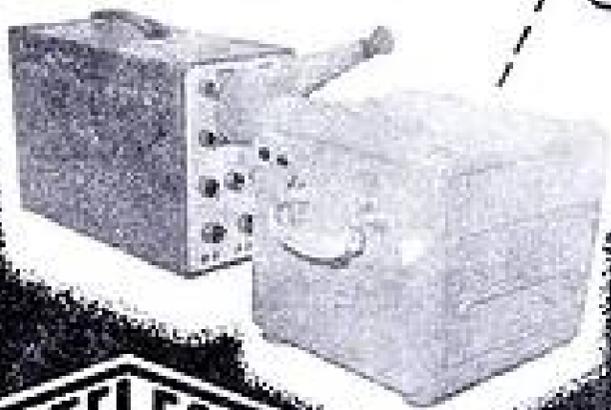
Tous les condensateurs au
mica :
imprégnés sous vide, cire,
ou silicones.
tous les traitements de pro-
tection : polyesters, émail.



ANDRÉ SERF et C^{ie}
Spécialistes depuis 1923
127, Fg du Temple, PARIS. Tél. NOR. 10-17

DÉCUPLEZ LA VALEUR DE VOTRE OSCILLOGRAPHE *

Adjoignez-lui un Enregistreur TELEC,
camera à déroulement continu, qui gar-
dera une trace fidèle de vos courbes ;
film de 35 ou 65 mm. ; 8 vitesses possibles
jusqu'à 6 m/sec.
Autres fabrications : Blocs oscillogra-
phes-enregistreurs contenant à la fois
les tubes oscillographiques et la camera
qui permettent l'enregistrement simultané
de 8 ou 15 courbes sur papier de 160 ou
240 mm.



TELEC

LA TECHNIQUE ÉLECTRONIQUE

24, rue de la Fédération, PARIS 15 - Tél. SUF. 28-96
EXTENSOMÉTRIE - RÉGULATEURS ÉLECTRONIQUES
ANTI-PARASITAGE - FILTRES ANTI-PARASITES - THERMOMÉTRIE

VARIAC

PARTOUT OÙ IL FAUT FAIRE VARIER LA TENSION



FABRIQUÉ EN FRANCE
SOUS LICENCE
GENERAL RADIO CO
IL S'IMPOSE
PAR SES FAIBLES
PERTES A VIDE
SON POIDS ET SES
DIMENSIONS RÉDUITES
SA ROBUSTESSE EN
RÉGIME PERMANENT



ETS RADIOPHON

50 FG POISSONNIÈRE - PARIS - PRO. 58-08



les problèmes

CHOCs et VIBRATIONS

résolus

PAR L'ADOPTION DES TUBES ÉLECTRONIQUES §
SÉRIE "SÉCURITÉ"

DE LA RADIOTECHNIQUE

SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE

Résistance aux mises sous tension et coupures répétées - Stabilité des caractéristiques.

SÉCURITÉ MÉCANIQUE

Résistance aux accélérations et aux vibrations. Insensibilité aux chocs thermiques.

SUBMINIATURES		MINIATURES	
5636	5899	6 AM 6 - S	12 AX 7 - S
5639	5902		
5718	6205		
5719	6206		
5840			
		5749	5654
		6 J 6 W	5725
		12 AU 7 - S	5727



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



DÉTERMINATION DU LIBRE PARCOURS

MOYEN DE TRANSPORT DES NEUTRONS THERMIQUES PAR LA MESURE D'UNE LONGUEUR DE DIFFUSION COMPLEXE⁽¹⁾

PAR

V. RAIEVSKI — J. HOROWITZ

*Service de Physique Mathématique
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay*

Introduction.

La méthode qui va être décrite est l'aboutissement d'une technique utilisée systématiquement à Saclay dans l'étude des milieux où diffusent et se ralentissent des neutrons. Dans cette technique, on remplace les sources constantes utilisées dans les expériences classiques par des sources modulées, à fréquence variable.

Ce procédé est apparu pour la première fois dans la méthode d'oscillation [1] [2] mise au point pour la mesure de la pureté des matériaux utilisés dans la construction des piles. Il est très généralement utilisé actuellement, avec quelques variantes dont le but est surtout l'atténuation du signal dû à la diffusion de matériaux tels que le graphite, le béryllium ou la glucine. Les caractéristiques particulières de la méthode d'oscillation de Châtillon [3], [4] font l'objet de l'article de M. Breton [5].

Le procédé a été ensuite étendu à la mesure de la vie moyenne des neutrons, et de la réactivité, indépendamment, par différents auteurs [6], [7], [8].

Récemment, l'étalonnage des plaques de réglage de la pile de Saclay a été fait également de cette manière [9].

L'objet de cet article est de décrire l'extension de la méthode à la mesure du libre parcours moyen de transport des neutrons thermiques et également d'indiquer les applications possibles à la mesure d'autres grandeurs, telles que la longueur de ralentissement, ou la valeur absolue de la section de capture du bore.

Signalons que A. M. WEINBERG avait déjà étudié théoriquement le cas d'une source modulée

dans un milieu diffusant [10], [11] et envisagé le principe de telles mesures. Enfin, VON DARDEL et SJOSTRAND ont mesuré les sections efficaces de transport et de capture de l'eau ordinaire, par un procédé différent, en utilisant un accélérateur pulsé [12].

Des déterminations de libres parcours moyens de transport ont été effectuées à partir de mesures de longueurs d'extrapolation [13] ; il semble difficile, par cette méthode, d'obtenir une précision supérieure à 5 pour cent. Récemment, KASH et WOODS ont utilisé dans le cas de l'eau lourde une méthode différente [14] ; ils empoisonnent le milieu en introduisant une substance absorbante en quantité connue et ils mesurent la longueur de diffusion ainsi réduite. Ce procédé, bien que précis, semble être limité à l'étude des milieux liquides ou éventuellement poreux. La méthode utilisée à Saclay [15] permet de déterminer le libre parcours moyen de transport à partir de la mesure d'une longueur de diffusion complexe, elle est applicable quel que soit l'état physique du milieu que l'on étudie.

1. — Théorie de la mesure.

Considérons un milieu infini, diffusant et ralentisseur, et soit $f(\vec{r}, E, t)$ la distribution spatiale et énergétique des neutrons un temps t après leur émission d'une source S , en l'absence de capture. Si le milieu a une capture en $1/v$ et si τ_0 est la vie moyenne des neutrons la distribution créée par la source stationnaire S est :

$$g\left(\vec{r}, E, \frac{1}{\tau_0}\right) = \int_0^{\infty} f(\vec{r}, E, t) e^{-\frac{t}{\tau_0}} dt.$$

(1) Texte lu à la Conférence de Genève (8-20 août 1955).

En remplaçant la source stationnaire S par une source modulée $S e^{i\omega t}$ nous obtenons la distribution : $e^{i\omega t} g(\vec{r}, E, \frac{1}{\tau_0} + i\omega)$ où :

$$g(\vec{r}, E, \frac{1}{\tau_0} + i\omega) = \int_0^\infty f(\vec{r}, E, t) e^{-t(\frac{1}{\tau_0} + i)} dt.$$

Ces quelques considérations montrent qu'il est facile de transposer les résultats obtenus pour les problèmes stationnaires avec capture en $\frac{1}{v}$ au cas d'une source modulée.

Dans le cas des neutrons thermiques, si la capture est faible ($\Sigma_c \lambda_t \ll 1$) et si la fréquence n'est pas trop élevée ($\frac{\omega \lambda_t}{v} \ll 1$), on peut appliquer la théorie élémentaire de la diffusion qui pour une source ponctuelle placée à l'origine $S = S_0 + \delta S_0 e^{i\omega t}$ donne la distribution $n(\vec{r}, t) = n_0(\vec{r}) + \delta n_0(\vec{r}) e^{i\omega t}$ avec :

$$n_0 = \frac{S_0}{4\pi D r} e^{-\sqrt{\frac{\Sigma_c v}{D}} r}$$

$$\delta n_0 = \frac{\delta S_0}{4\pi D r} e^{-\sqrt{(\Sigma_c + \frac{i\omega}{v}) \frac{v}{D}} r}$$

$D = \frac{\lambda_t v}{3}$ est le coefficient de diffusion ; la vitesse v intervenant ici est la vitesse moyenne de la distribution de Maxwell et Σ_c est la section efficace macroscopique de capture correspondant à cette vitesse ($\Sigma_c \tau_0 v = 1$).

On voit que tandis que la partie stationnaire n_0 est caractérisée par la longueur de diffusion L habituelle, la quantité variable δn_0 dépend d'une longueur de diffusion complexe L_ω donnée par

$$L_\omega^2 = \frac{v}{D} \left(\Sigma_c + \frac{i\omega}{v} \right).$$

Si $\frac{\omega}{v \Sigma_c} \gg 1$ on peut effectuer un développement

en puissances de $\frac{v \Sigma_c}{\omega}$ ce qui donne :

$$\frac{1}{L_\omega} = \sqrt{\frac{\omega}{2D}} \left\{ \left(1 + \frac{v \Sigma_c}{2\omega} + \frac{v^2 \Sigma_c^2}{8\omega^2} + \dots \right) + i \left(1 - \frac{v \Sigma_c}{2\omega} + \frac{v^2 \Sigma_c^2}{8\omega^2} + \dots \right) \right\}$$

La mesure du taux de modulation $\frac{\delta n_0}{n_0}$ en un point donné et pour différentes valeurs de la fréquence $f = \frac{\omega}{2\pi}$ permet ainsi la détermination du coefficient de diffusion D .

Remarque : Le module de la longueur de diffusion complexe décroît lorsque la fréquence augmente, on peut donc aisément disposer d'un milieu de dimensions très grandes comparé à cette longueur de diffusion, la solution de l'équation de diffusion est alors très voisine de la solution en milieu infini, nous verrons dans le chapitre des corrections, les modifications à apporter à cette solution pour tenir compte des limites finies du milieu. Pour la répartition due à la source constante, la solution en milieu infini n'est en général pas valable, mais cette répartition : $(n_0 = S_0 / (r))$ n'a pas à être explicitée.

La méthode est également applicable dans le cas où le milieu a des dimensions comparables à celle du module de la longueur de diffusion complexe. La solution variable doit alors être développée dans les fonctions propres correspondant à la géométrie du milieu. Un terme supplémentaire d'amortissement provient alors des fuites, la précision dans ce cas est moins bonne qu'en milieu infini. Cette situation est celle que l'on rencontre dans les expériences classiques de mesure de la longueur de diffusion.

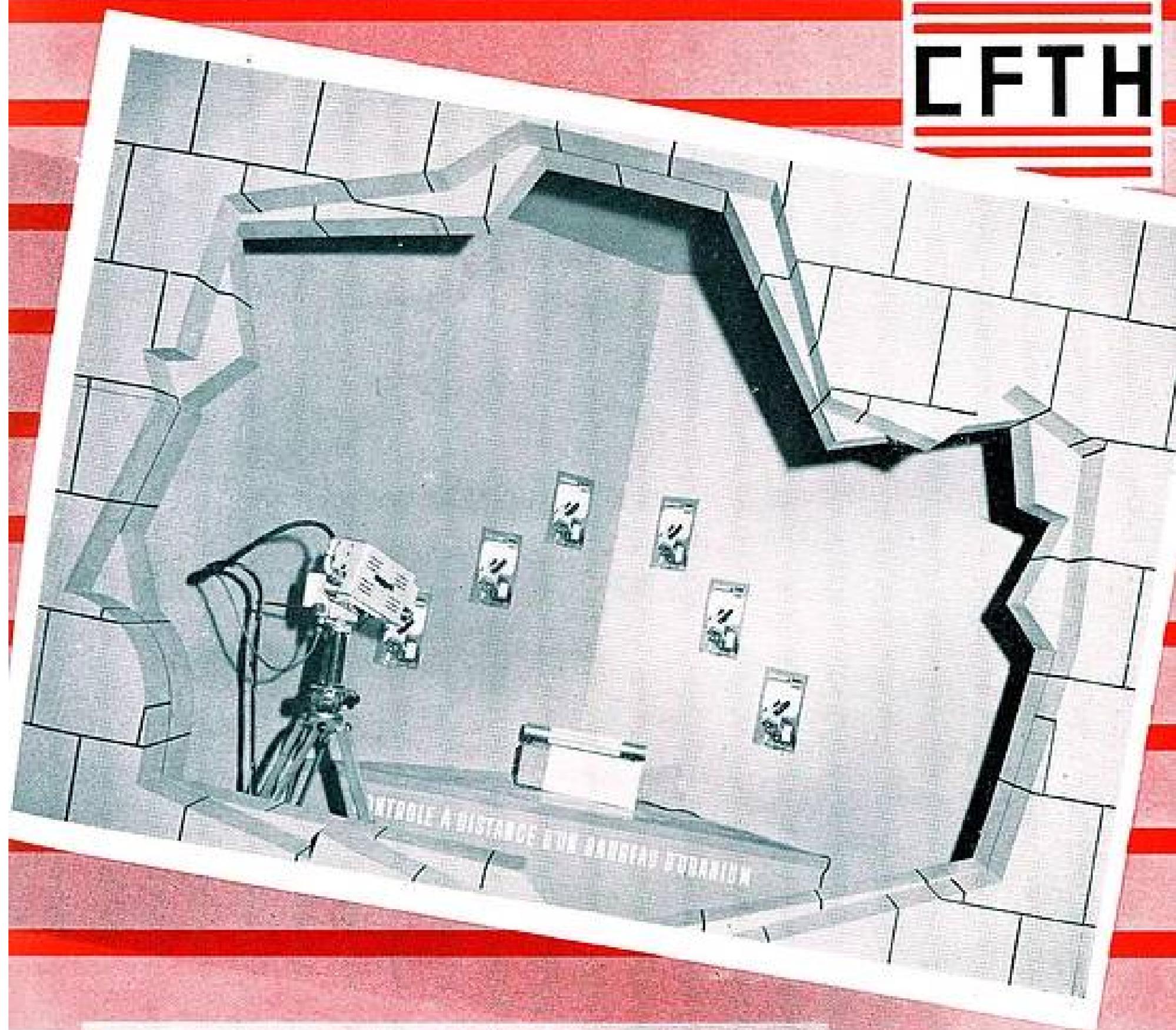
CAS OÙ LA SOURCE ÉMET DES NEUTRONS RAPIDES.

Si la source émet des neutrons rapides mais si l'équilibre thermique est pratiquement atteint en un temps court comparé à τ_0 et à $\frac{2\pi}{\omega}$, on peut prendre comme point de départ les sources thermiques données par exemple par la théorie de l'âge, sources en phase avec la source rapide. En se plaçant à des distances de la source supérieures à la longueur de ralentissement, on a également λ par la mesure de $\frac{\delta n_0}{n_0}$.

La méthode de modulation peut être utilisée pour la mesure de la longueur de ralentissement. L'aire de migration $M^2 = \frac{r^2}{6}$ à partir d'une source rapide ponctuelle est d'habitude prise égale à $M^2 = \tau + L^2$ où L est la longueur de diffusion et où l'âge τ est supposé indépendant de la capture. Cette approximation est valable pour une absorption faible.

On peut aisément mesurer la longueur de ralentissement jusqu'à l'énergie de résonance de l'indium, par contre la longueur de ralentissement jusqu'à l'énergie thermique ne peut être mesurée qu'en réduisant considérablement l'importance du phénomène de diffusion en empoisonnant le milieu à l'aide d'absorbants. La méthode de modulation

CFTH



TÉLÉVISION INDUSTRIELLE

CAMERA (TH : 31.310) sur PLATEFORME PANORAMIQUE TÉLÉCOMMANDÉE (TH : 33.300) présentée au Palais des Expositions de Genève, dans la section française du C.E.A., lors de la 1^{re} EXPOSITION INTERNATIONALE des APPLICATIONS PACIFIQUES de L'ÉNERGIE ATOMIQUE (Août 1955).

La CFTH construit en série des Equipements Industriels de Télévision, qui représentent le **MOYEN DE PROTECTION LE PLUS EFFICACE** des personnels chargés de l'étude, de la manipulation et de l'utilisation des matériaux Radio-Actifs.

C O M P A G N I E F R A N Ç A I S E

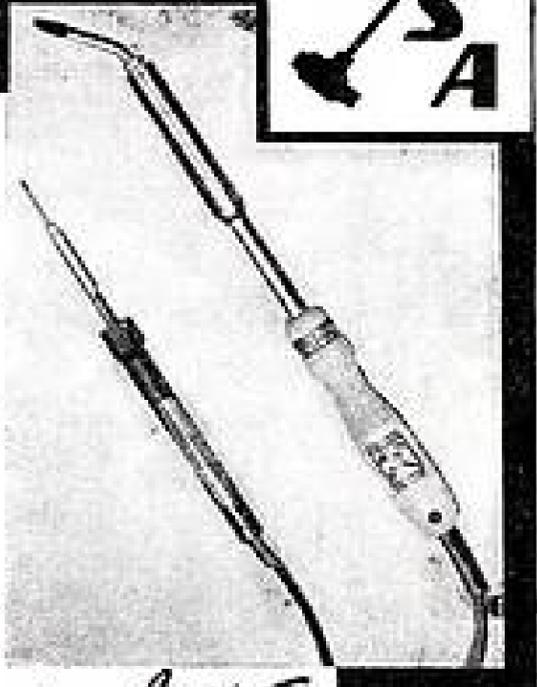
THOMSON-HOUSTON

G R O U P E É L E C T R O N I Q U E

173, BD HAUSSMANN, PARIS-8^e - ÉLY. 03-70 - ADR. TÉL. ÉLIHU 42, PARIS

*Synonymes de rendement
et de perfection
depuis
35 Ans*

ERSA



FERS MINIATURE
20 et 30 W.
pour l'Electronique

Toute la gamme
des Fers Industriels
de 50 à 600 W.

Tous Voltages

Bains d'Etain

*C'est
une exclusivité*

Jahnichen

A. JAHNICHEN et C^{ie} - 27, R. de Turin
PARIS-8^e - Tél. : EUROPE 59-09 +

Q.L.P.R.

Le
UGON 2

BREVETÉ S.G.D.G.

**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
- H. F. 0,7 PF!



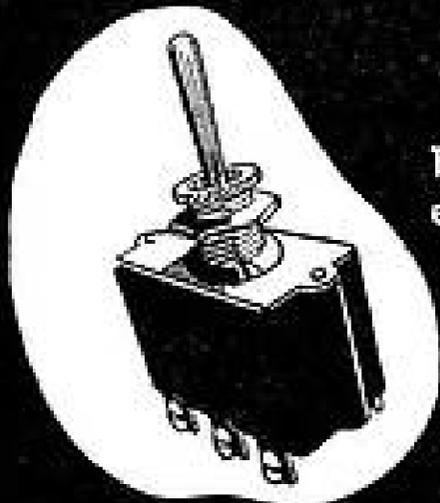
LE PROTOTYPE MÉCANIQUE

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

PUBL. GEAD

**INVERSEURS à contacts
en argent massif**

Trois positions
avec point mort au centre
10 A, 110 V - 5 A, 250 V



Tous les interrupteurs
et inverseurs, unipo-
laires et bipolaires
à cosses et à vis
de 2 A à 10 A

**Appareillage Professionnel
Radioélectrique**

Ets Jean ROGERO

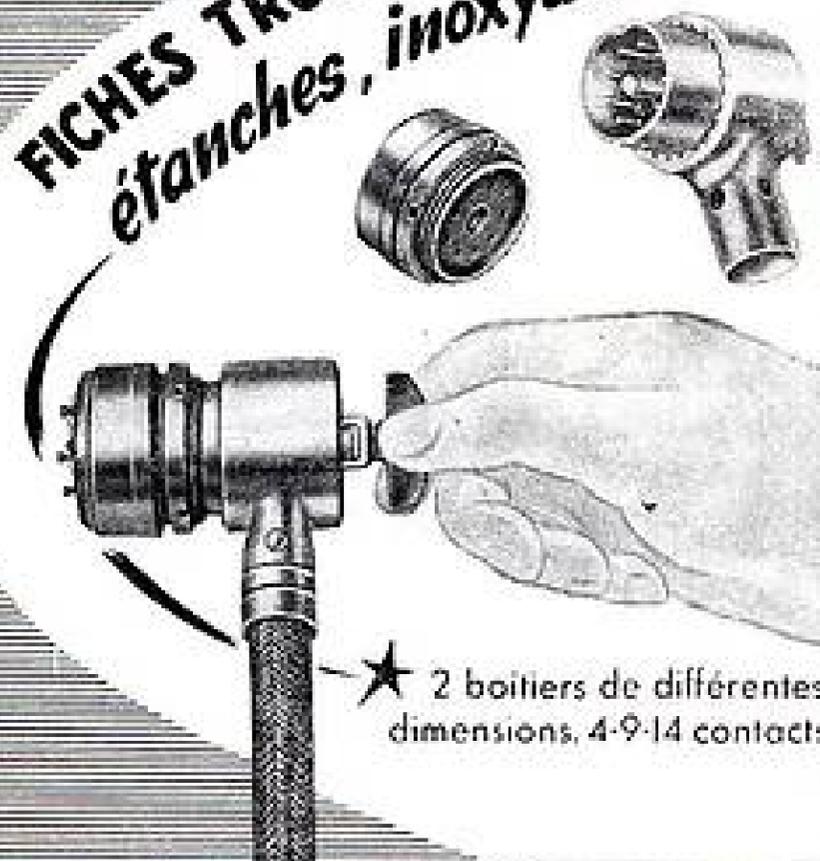
MONTPEZAT-DE-QUERCY (Tarn-&-Gar.) Tél. 8

Dépôt :

162, avenue de Stalingrad, 162
L'HAY-LES-ROSES - Tél. ROB. 32-21

RADIO AIR

FICHES TROPICALISÉES
étanches, inoxydables



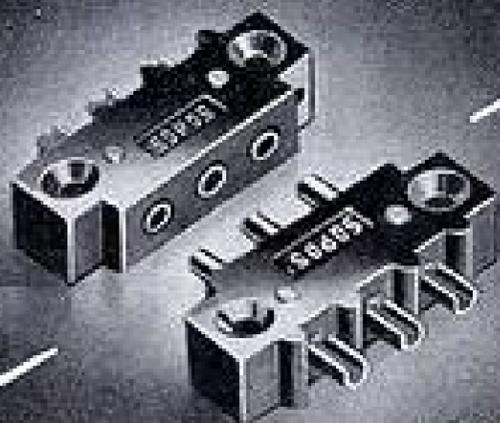
★ 2 boîtiers de différentes
dimensions, 4-9-14 contacts

**2, AVENUE DE LA MARNE
ASNIÈRES (Seine) GRÉ : 47-10**

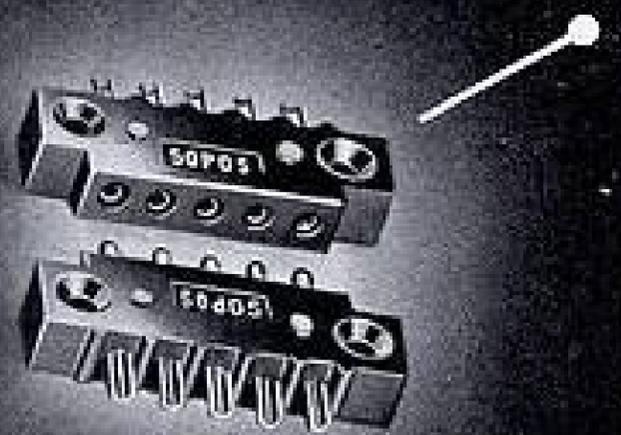
Documentation
sur demande

FICHES SUBMINIATURES

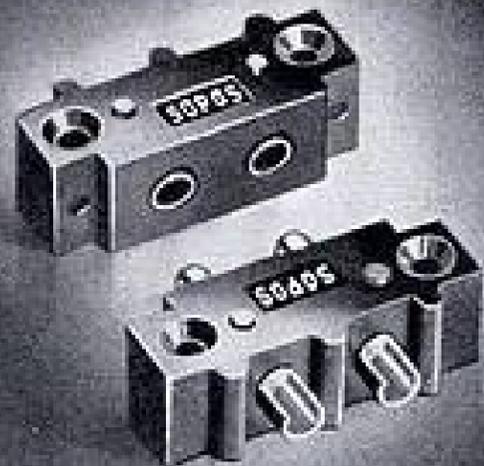
3 FICHES 7 CAPOTS
30 COMBINAISONS



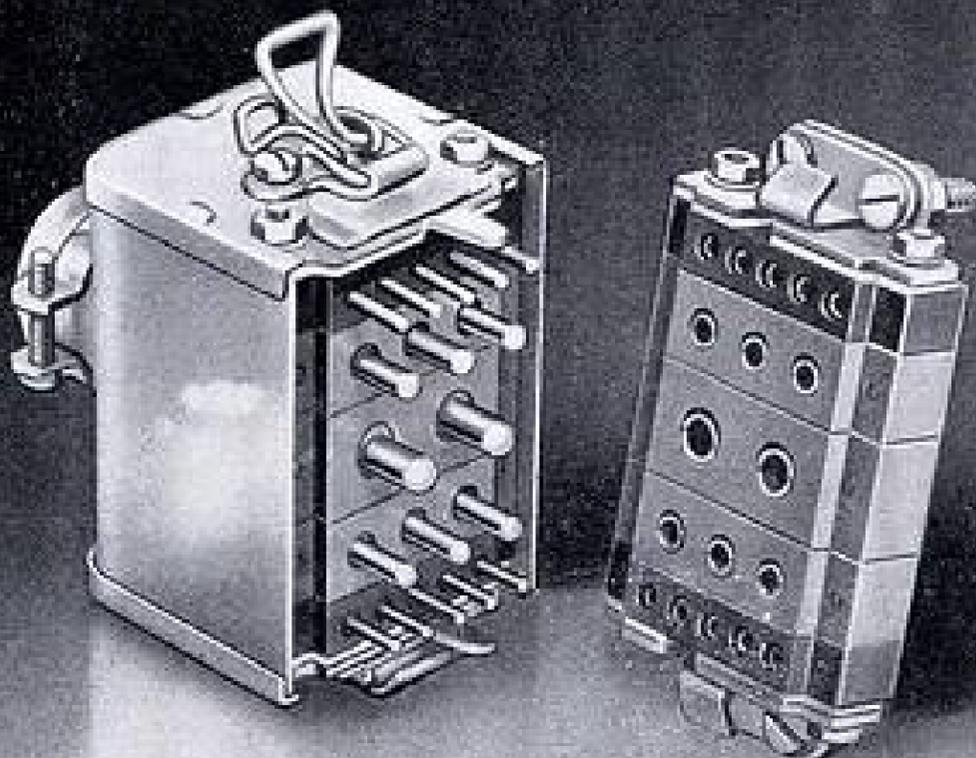
SM 3
15 Ampères
500 V. ALT.



SM 5
5 Ampères
250 V. ALT.



SM 2
25 Ampères
750 V. ALT.



DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE

ETS SOCAPEX-PONSOT

9, Rue Édouard-Nieuport, SURESNES (Seine)

LONGchamp 20-40 / 41 / 42

offre un procédé équivalent applicable aussi aux milieux solides.

Il est de même intéressant d'étudier le cas où la capture est assez forte pour affecter l'évolution des neutrons en fin de ralentissement ; là encore la capture pourrait être remplacée par la modulation en opérant à fréquence élevée.

MESURE ABSOLUE DE LA SECTION EFFICACE DE CAPTURE.

L'analogie formelle entre la section de capture et la fréquence de modulation permet de développer une méthode dans laquelle cette section efficace est mesurée par comparaison avec un étalon de temps, cette comparaison étant indépendante de la répartition spectrale des neutrons quand la section mesurée est en $\frac{1}{\nu}$.

II. — Méthode de mesure de la densité variable.

La densité étant en général assez faible et la fréquence élevée, on mesure un nombre d'impulsions de préférence à un courant d'ionisation.

Nous considérons le cas où la source est périodique, de période $T = \frac{2\pi}{\omega}$:

$$S = S_0 + \delta S_0 \varphi(t)$$

la fonction périodique $\varphi(t)$ peut être développée en série de Fourier.

Soit $S_0, \delta S_1, \delta S_2 \dots$ les coefficients du développement, la densité au point \vec{r} produite par la source S devient :

$$n(\vec{r}, t) = S_0 f(\vec{r}) + \frac{\delta S_1}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_{1\omega}} + i\omega t} + \frac{\delta S_2}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_{2\omega}} + 2i\omega t} + \dots$$

le taux de comptage d'un détecteur placé en \vec{r} est proportionnel à la densité, K étant le facteur de proportionnalité, on peut écrire :

$$\frac{C}{K} = n(\vec{r}, t)$$

Les impulsions du compteur, sont alors découpées en intervalles consécutifs de durée $\frac{T}{4}$, soit n_j le nombre d'impulsions dans l'intervalle $(j - 1) \frac{T}{4} \dots j \frac{T}{4}$.

On considère les sommes suivantes :

$$N_1 = n_1 + n_5 + n_9 + n_{13} + \dots$$

$$N_2 = n_2 + n_6 + n_{10} + n_{14} + \dots$$

$$N_3 = n_3 + n_7 + n_{11} + n_{15} + \dots$$

$$N_4 = n_4 + n_8 + n_{12} + n_{16} + \dots$$

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

La source étant périodique on a $n_j = n_{j+4}$ quel que soit j ; cette égalité est vraie en moyenne, on tiendra compte ultérieurement dans le calcul d'erreur, des fluctuations statistiques.

Considérons les rapports :

$$m_{20} = R \frac{(N_4 - N_2) + (N_3 - N_1)}{N}$$

$$m_0 = R \frac{(N_4 - N_3) - (N_2 - N_1)}{N}$$

où R signifie que l'on prend la partie réelle de l'expression. On prend comme origine du temps, l'instant où l'amplitude de la source passe par un maximum, si t_0 est l'instant où commence le comptage, on a :

$$m_{20} = R \frac{\int_{t_0 + \frac{T}{2}}^{t_0 + T} \frac{C}{K} dt - \int_{t_0}^{t_0 + \frac{T}{2}} \frac{C}{K} dt}{\int_{t_0}^{t_0 + T} \frac{C}{K} dt}$$

$$m_0 = R \frac{\int_{t_0 + \frac{T}{4} + \frac{T}{2}}^{t_0 + \frac{T}{4} + T} \frac{C}{K} dt - \int_{t_0 + \frac{T}{4}}^{t_0 + \frac{T}{4} + \frac{T}{2}} \frac{C}{K} dt}{\int_{t_0 + \frac{T}{4}}^{t_0 + \frac{T}{4} + T} \frac{C}{K} dt}$$

$$m_0 = - \frac{1}{2\pi^2 D r f(\vec{r})} R \sum_{k=1} i^{k-1} [1 - (-1)^k] \frac{\delta S_k}{S_0} \frac{e^{-\frac{r}{L_{k\omega}} + ik\omega t_0}}{k}$$

$$m_{20} = - \frac{1}{2\pi^2 D r f(\vec{r})} J \sum_{k=1} [1 - (-1)^k] \frac{\delta S_k}{S_0} \frac{e^{-\frac{r}{L_{k\omega}} + ik\omega t_0}}{k}$$

m_0 et m_{20} apparaissent donc comme les composantes d'un vecteur \vec{M} de l'espace ωt .

Le terme $(1 - (-1)^k)$ est nul pour toutes les valeurs paires de k , la détection élimine donc la contribution des harmoniques pairs et divise par leur rang k les harmoniques impairs. On a ainsi réalisé une détection sélective.

ÉLECTRONIQUE ET APPLICATIONS DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

BLOCS UNIVERSELS

RDINP : Ensemble complet comprenant : Haute-tension 200 — 2.500 Volts - Echelle de 100 - Résolution 5 μ Sec. à commande automatique par précompte, prétemps, ou passeur d'échantillon - Intégrateur - 0 à 50.000 coups/minute - Prise pour enregistreur.
RDIN : Groupage analogue avec prétemps seulement.



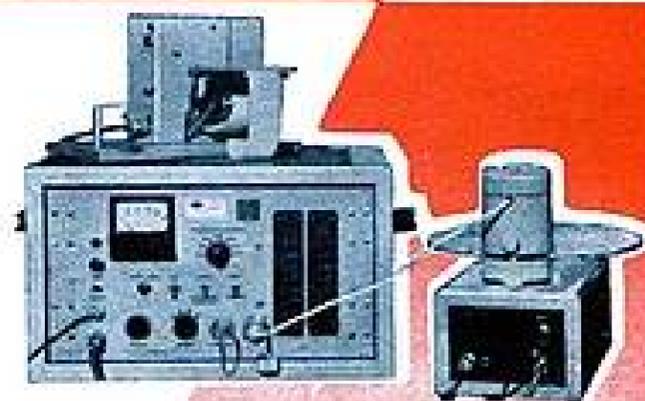
BLOCS DE COMPTAGE

RPN3 : Ensemble comprenant : Une alimentation 200 — 2.500 V, - Une échelle de 1.000 à comptage automatique, par précompte, prétemps et passeur d'échantillon.
RDNU3 : Groupage analogue avec prétemps seulement.



COMPTAGE AUTOMATIQUE

Comprenant : Passeur automatique d'échantillons, 30 alvéoles - Bloc de comptage à nombre de coups prédéterminés (échelle automatique haute-tension) - Horloge imprimeuse.
Fonctionne également avec ensembles RDINP, RPN3, ou NUD3P.



SÉLECTEURS

Sélecteurs d'amplitude à 10, 50 ou 100 canaux - Amplificateur linéaire incorporé - Définition unique de la largeur des canaux - Temps d'analyse : 1 milliseconde.

SAI.10 : 10 canaux. **SAI.10.E.16** : 10 canaux, échelle de 16.
SAI.50 : 50 canaux. **SAI.50.E.16** : 50 canaux, échelle de 16.
SAI.100 : 100 canaux. **SAI.100.E.8** : 100 canaux, échelle de 8.



APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Mesures de niveaux inaccessibles (photo ci-contre) - Contrôle de remplissage de récipients étanches - Mesures d'épaisseurs, - Mesures de concentration - Etude de tous problèmes sur demande.



14, RUE RENÉ COCHE, VANVES (Seine) - MIC. 44-99 et 14-27

CHATEAUX DE PLOMB — PRÉAMPLIFICATEURS — DÉROULEURS DE CHROMATOGRAMMES

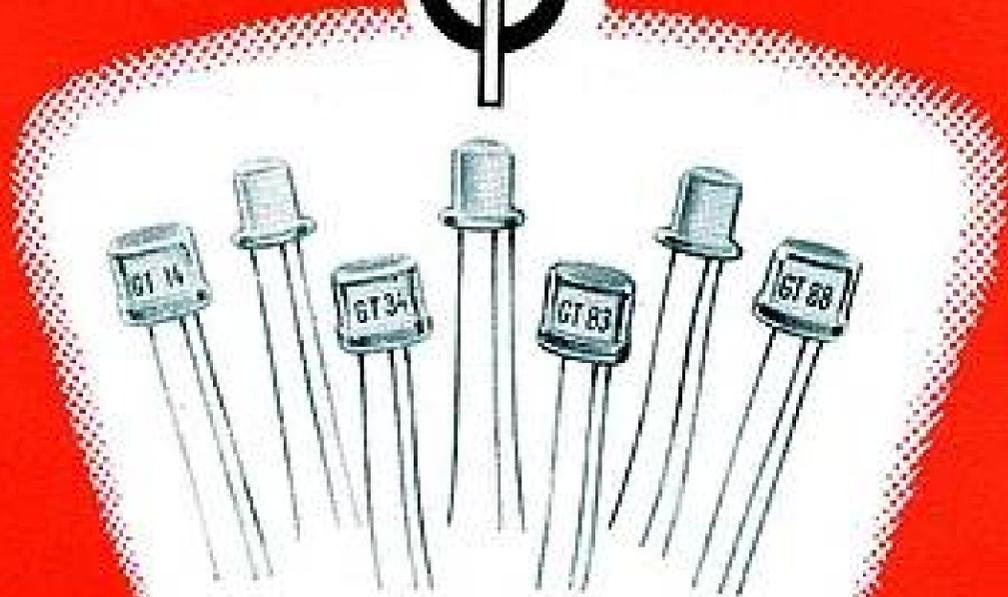
GENERAL TRANSISTORS CORPORATION

TRANSISTORS DE JONCTION P-N-P



Sous boîtier
plastique

Sous boîtier
métallique scellé



Double scellement
pour longue durée

CARACTÉRISTIQUES MAX. ABSOLUES	GT-14	GT-20	GT-34	GT-81	GT-83	GT-87	GT-88
TENSION AU COLLECTEUR Volts	-25	-25	-25	-25	-25	-25	-25
**DISSIPATION MOYENNE A 50° C mW	70	70	70	70	70	70	70
TEMP. AU POINT DE CONTACT ° C	85	85	85	85	85	85	85
COURANT COLLECTEUR DE CUT-OFF (μA)	15	15	15	15	15	15	15
V _{ce} = -15 VOLTS MOYENS 25° C							
FREQUENCE DE CUT-OFF Mc	—	—	—	—	0.7	0.5	1.0

CARACTÉRISTIQUES à 25° C (Tension collecteur : -4,5 V, courant émetteur 1 mA à 1.000 c/s)								
RÉSISTANCE DU COLLECTEUR en ohms.....	min. moy.	500 K 1,5 meg.						
RÉSISTANCE DE LA BASE en ohms..	moy. max.	800 1.500	800 1.500	800 1.500	500 1.500	800 1.500	800 1.500	800 1.500
RÉSISTANCE DE L'ÉMETTEUR en ohms	moy.	30	30	30	30	30	30	30
FACTEURS D'AMPLIFICATION DE COURANT (émetteur à la masse) ..	min. moy. max.	20 28 34	35 45 —	10 15 19	50 65 —	35 45 —	20 28 34	50 65 —
*RAPPORT SIGNAL/BRUIT en dB.....	moy. max.	12 24						
GAIN EN PUISSANCE en dB	moy.	36	40	32	42	40	36	42

*Tous ces types présentent un rapport de Signal/Bruit de fond maximum de 12 dB, pour l'utilisation dans le premier étage d'un amplificateur à plusieurs étages. Les mesures ont été effectuées à 1.000 c/s avec une largeur de bande de 100 c/s et comparée avec le bruit d'une résistance d'entrée de 1.500 Ω.

**Tous les types présentent une dissipation de 150 mW Max. à 50° C pour des applications spéciales.
Dimensions standard : largeur 8,7 mm épaisseur 7 mm., hauteur 8,33 mm
Dispositions des sorties standardisées. Types subminiature disponibles pour applications spéciales.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 10.000.000 FRF



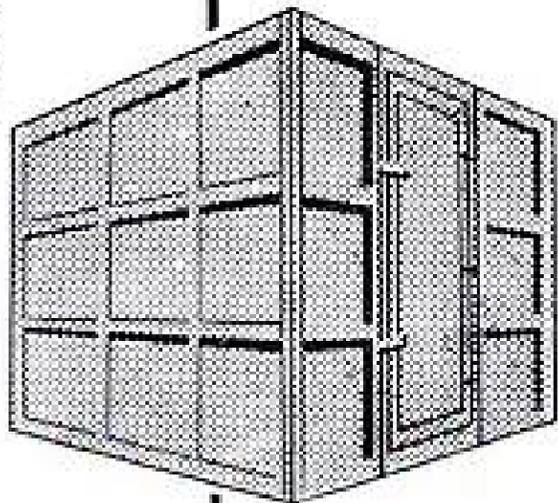
LIAISON FRANCE-AMÉRIQUE
ADR. TEL. SILFAMERIFRA

2, BOULEVARD PEREIRE - PARIS 17° - TEL. : CARNOT 33-67

CAGES DE FARADAY

S. I. D. T. (TYPE CELLULAIRE)

(Breveté S. G. D. G.)



"Affaiblissement supérieur à 100 Db dans toute la gamme des fréquences utilisées à ce jour"

Nos cages sont de type cellulaire, c'est-à-dire extensibles, réductibles, démontables, transformables. Elles sont à double écran grillagé, donc transparentes et d'une parfaite aération. Elles donnent des caractéristiques d'affaiblissement exceptionnelles, supérieures à tout ce qui est connu à ce jour. Elles permettent de ce fait toutes les mesures, même les plus délicates, à l'abri des champs perturbateurs même les plus forts.

Nos cages ont leur place :

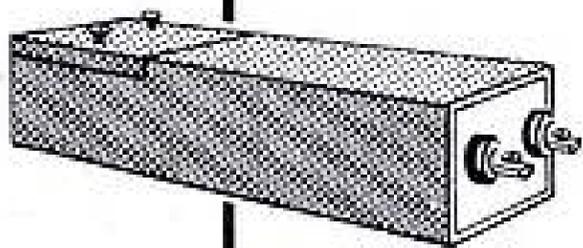
- dans tous les laboratoires de mesures, télévision, radar, radio-compas, etc...
- dans tous les ateliers ou postes de réglage et d'alignement des récepteurs de Radio-Télévision, etc...
- dans toutes les stations et bases aériennes ou navales
- dans les installations de DIATHERMIE.
- dans les installations de stations d'émission ou de contrôle.

Plus de 30 modèles différents

Toute fabrication sur devis - toutes dimensions, depuis la Cage de 1 mètre sur 2 jusqu'à 9 mètres sur 15 (dimensions de la plus grande cage réalisée à ce jour.)
Sur demande, nous pouvons réaliser des Cages assurant plus de 100 décibels d'affaiblissement jusqu'à 10.000 mégacycles.

Demander notre liste de références D 11 et notre Brochure D 1

FILTRES POUR CAGES DE FARADAY



Brochure D. 13

Nous avons en stock les filtres les plus courants pour affaiblissement supérieur à 100 décibels de 0,1 à 1.000 mcs. Tous courants, toutes tensions, toutes intensités.

Nous pouvons fournir tout filtre pour les fréquences les plus basses comme les plus élevées jusqu'à 10.000 mcs, en particulier répondre aussi bien au filtrage des groupes électrogènes autonomes qu'au filtrage des courants destinés aux laboratoires des plus hautes précisions.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DU TERNOIS
ST-MICHEL-SUR-TERNOISE (P.-de-C.)



PRÉSENTE TOUTE LA GAMME
DES TUBES DE TÉLÉVISION

ALLEN B
DU MONT



CARACTÉRISTIQUES DES TUBES TV ALLEN B DU MONT - SÉRIE ALUMINISÉE

Appellation	Code	Ballon	Construction	Angle de deflexion	Série P.A.L.	Page 1-100	Valeurs maxima		I en I	Échelle	Longueur hors-tout %	Dimensions de la face %	Dimensions maximales d'utilisation %	Câble régime	Dimensions ballons (en millimètres)								Appellation				
							Anode (mm)	Grille 2 (mm)							A	B	C	D	E	F	G	H					
17A1PA	RT-G-EX-H	Sph.	Statique	80° dia.	Canal	5	14.000	500	-50 + 270 V	12V	294,8	290,5 x 211,5	342 x 271	B	221,8	185,5	199,2	231,4							46,7	485,8	17A1PA
17B1B	RT-G-EX-H	Sph.	Magnétique	70° dia.	Canal	5	14.000	410	92 mA	12V	488,9	290,5 x 211,5	342 x 271	B	298,5	195,5	181	231,4							46,7	485,8	17B1B
17F1F	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	14.000	500	-50 + 270 V	12V	487,4	290,5 x 211,5	342 x 271	B	294,8	190,5	179,4	231,4							46,7	485,8	17F1F
17F1PA	RT-G-EX-H-CF	Cyl.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	14.000	500	-50 + 270 V	13L	487,4	290,5 x 211,5	342 x 271	B	298,5	195,5	181	231,4							46,7	485,8	17F1PA
20CF1D	RT-G-EX-H-CF	Sph.	Magnétique	70° dia.	Canal	5	18.000	410	92 mA	12V	544,4	424,4 x 279,4	401,8 x 321,8	B	342	195,5	195,5	471,7							90,5	844	20CF1D
21A1PA	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	80° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	12V	508	314,3 x 415,8	485,8 x 381	B	317,5	190,5	212,7	444,5							101,4	781,8	21A1PA
21A1PB	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	80° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	13L	508	314,3 x 415,8	485,8 x 381	B	317,5	190,5	212,7	444,5							101,4	781,8	21A1PB
21A1PA	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	13L	585	314,3 x 415,8	485,8 x 381	B	394,5	195,5	212,7	444,5							101,4	781,8	21A1PA
21A1PB	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	13L	585	314,3 x 415,8	485,8 x 381	B	394,5	195,5	212,7	444,5							101,4	781,8	21A1PB
21A1PB	RT-G-EX-H	Sph.	Magnétique	70° dia.	Canal	5	18.000	500	92 mA	12V	585	314,3 x 415,8	485,8 x 381	B	394,5	195,5	212,7	444,5							101,4	781,8	21A1PB
21F1B	RT-G-EX-H-CF	Cyl.	Magnétique	70° dia.	Canal	5	18.000	500	92 mA	13L	584,3	314,3 x 395,3	485,8 x 352,4	B	392,7	190,5	212,7	558,8							114,3	1.031,5	21F1B
21F1C	RT-G-EX-H-CF	Cyl.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	13L	584,3	314,3 x 395,3	485,8 x 352,4	B	392,7	190,5	212,7	558,8							114,3	1.031,5	21F1C
21F1PA	RT-G-EX-H	Sph.	Magnétique	70° dia.	Canal	5	18.000	500	92 mA	12V	589,8	474,7 x 379,4	421,8 x 323,8	B	379,4	190,5	194,8	471,7							57,2	844	21F1PA
21F1PB	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	13L	589,8	474,7 x 379,4	421,8 x 323,8	B	379,4	190,5	194,8	471,7							57,2	844	21F1PB
21F1PA	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	18.000	500	-50 + 270 V	13L	584,3	314,3 x 395,3	485,8 x 342,4	B	392,7	190,5	212,7	558,8							114,3	1.031,5	21F1PA
21F1B	RT-G-EX-H	Sph.	Magnétique	70° dia.	Canal	5	18.000	500	92 mA	13V	585	314,3 x 395,3	485,8 x 342,4	B	392,7	190,5	212,7	558,8							114,3	1.031,5	21F1B
24CPA	RT-G-EX-H	Sph.	Magnétique	80° dia.	Canal	5	20.000	500	92 mA	12V	526,6	376,3 x 448,2	379,8 x 423,2	B	346,1	190,5	212,7	558,8							106,4	945,2	24CPA
24CPB	RT-G-EX-H	Sph.	Stat. base tension	70° dia.	Canal	5	20.000	500	-50 + 270 V	13L	526,6	376,3 x 448,2	379,8 x 423,2	B	346,1	190,5	212,7	558,8							106,4	945,2	24CPB
308PA	AD-G-EX-H	Rectangular	Magnétique	90°	Section	3	30.000	410	92 mA	12D	598,5	745,2	317,5 x 444	A	357,2	182,4								284,5	38,7	308PA	

CODE :

EX
RT-G

Couche conductive extérieure
Rectangulaire - face gris

AD-G
CF

Rect - face gris
Cylindrique face gris

H
Sph.

Écran métallisé
Typique

Cyl.
S

Cylindrique
Simple



DISTRIBUTEURS

EXCLUSIFS

COMPTOIR INDUSTRIEL

ET COMMERCIAL

Société anonyme au

cap. de 20.000.000 de frs

28 RUE DE LÉNINGRAD, PARIS-VIII^e - TÉL. LAB. 11-74 & 75

AUTRES FABRICATIONS : TUBES PHOTOMULTIPLIFICATEURS - ENGINE ANALYZERS - TÉLÉVISION INDUSTRIELLE - ÉQUIPEMENTS MOBILES de TÉLÉCOMMUNICATIONS - TUBES CATHODIQUES INDUSTRIELS et SPÉCIAUX, etc.

La qualité

EN TÉLÉVISION

- possibilité de monter 6 canaux,
même de standards différents;
- comprend l'étage HF cascade et
le changement de fréquences.

TRANSFOS MF vision et son

TÉLÉBLOC

Récepteur pré-câblé et pré-réglé
depuis l'antenne jusqu'au tube
cathodique, correction vidéo
comprise.

Vision et son.

Bloc HF mélangeur adapté pour
tous les canaux 819 lignes en
service.

2 étages MF vision.

DÉFLECTEUR

Pour tous les tubes rectangulaires
36 - 43 - 51 - 54 cm.

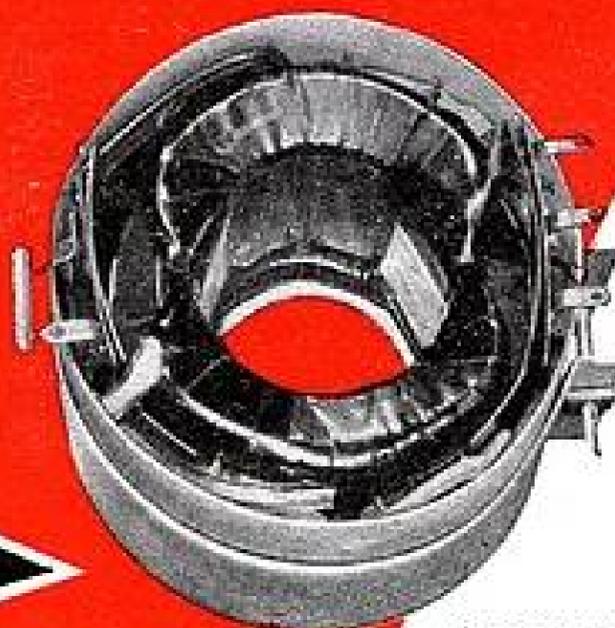
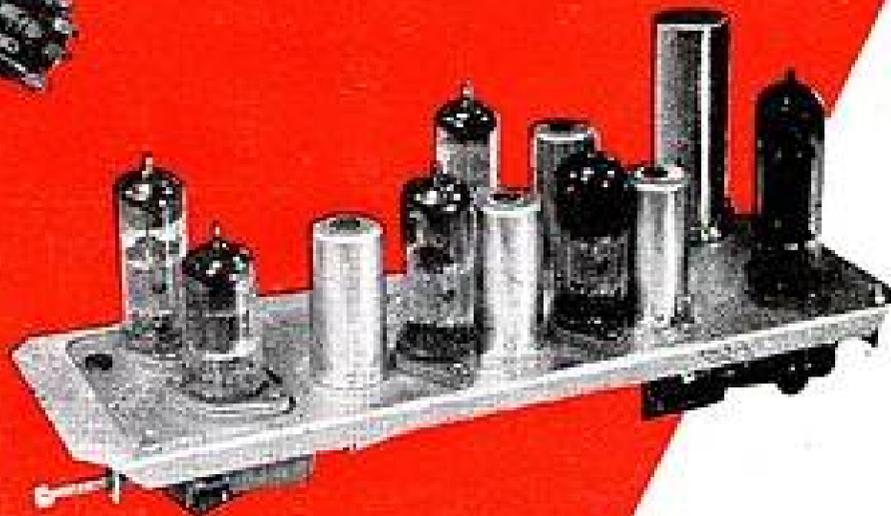
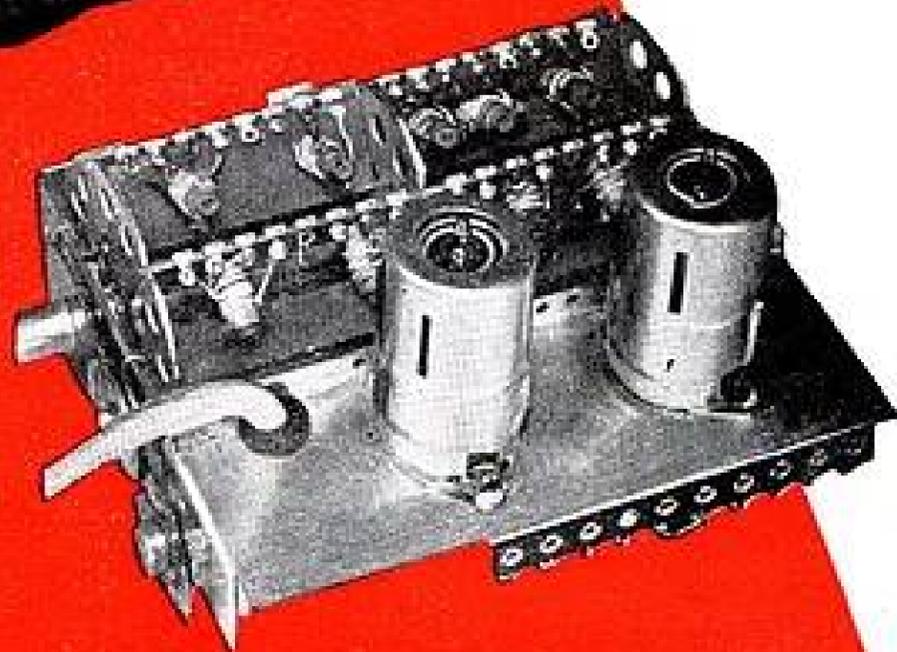
SOCIÉTÉ OREGA

ÉLECTRONIQUE

ET MÉCANIQUE

106, rue de la Jarry, Vincennes - Tél. DAU 43-20 +

PROCUREZ-VOUS LE GUIDE OREGA



TRANSFO D'IMAGE - TRANSFO DE
BLOCKING IMAGE - TRANSFO DE
BLOCKING LIGNE - BOBINE DE
CONCENTRATION - BOBINE DE
LINÉARITÉ - BOBINE DE CORREC-
TION VIDÉO.

Il est également possible d'utiliser une cible en polythène.

Le canal de mesure est situé à 90° du canal du faisceau. Ce choix est dicté par les considérations suivantes :

a) on cherche une position située suivant l'axe de symétrie de l'empilement afin de calculer aisément les corrections dues aux limites finies du milieu :

b) on ne peut pas effectuer de mesure dans l'axe du faisceau. En effet, sur la fraction des neutrons n'ayant pas été diffusés par la cible de nickel, ceux qui n'ont pas subi de chocs sur le graphite interposé entre la cible et le compteur, vont contribuer au comptage. Cette proportion est égale à $\alpha e^{-\frac{r}{\lambda_g}}$ ou α est la fraction des neutrons ayant traversé la cible sans y subir de chocs, λ_g est le libre parcours moyen de diffusion de ces neutrons dans le graphite, le taux de modulation décroît suivant la loi :

$e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D}} r}$. La mesure n'est possible qu'à des dis-

tances telles que $\frac{r \alpha e^{-r/\lambda_g}}{e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2D}} r}} \ll 1$; aux fréquences

élevées les mesures ne pourraient donc être faites que loin de la source.

De plus λ_g étant plus élevé pour les neutrons rapides, on augmenterait considérablement le fond continu.

c) la source constituée par les neutrons diffusés sur la cible présente toujours une certaine anisotropie, la contribution des harmoniques impairs de la distribution angulaire est nulle à 90° de la direction du faisceau.

2) LE MODULATEUR.

Le disque est constitué par une rosace de cadmium prise entre deux plaques de duraluminium. Cette forme a été choisie pour sa facilité de construction, elle présente cependant l'inconvénient d'introduire un taux d'harmonique élevé dont il faut tenir compte dans les termes correctifs. Une solution meilleure consisterait à usiner le disque suivant un gabarit afin d'avoir une forme de modulation aussi proche que possible d'une sinusoïde pure.

L'ensemble doit être extrêmement rigide et sans vibrations qui risqueraient d'introduire des erreurs systématiques dépendant de la fréquence.

Le disque est entraîné par un moteur à courant continu de 5 Cv alimenté par un groupé Ward Léonard. Un système d'asservissement de la vitesse permet de régler celle-ci entre 600 t/mn et 6 000 t/mn avec une stabilité de 3/1 000. La fréquence est mesurée à l'aide d'un générateur *B F* stabilisé.

On utilise un disque à cinq lobes pour les fréquences de modulation comprises entre 50 Hz et 500 Hz, pour des fréquences différentes on utilise d'autres disques. La fréquence maximum que l'on peut réaliser avec ce dispositif est de 10 000 Hz (fig. 2).

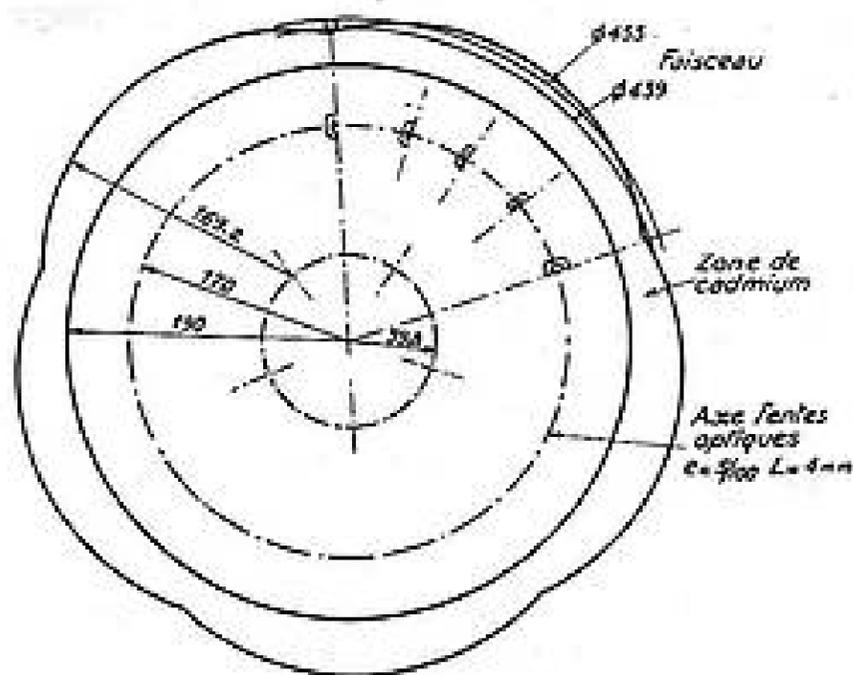


FIG. 2

Disque à 5 lobes utilisé dans l'expérience sur le graphite

Le moteur à courant continu entraînant le disque, tourne avec une vitesse comprise entre 600 t/mn et 6 000 t/mn, ce qui permet d'explorer la gamme des fréquences (50 Hz — 500 Hz). On a indiqué la position des fentes optiques permettant la synchronisation des échelles de comptage. Une fente sur deux est plus longue, ce qui permet en observant les impulsions du P.M sur un oscilloscope de connaître le groupe d'échelles comptant en phase.

3) LE DISPOSITIF DE DÉTECTION.

On utilise une chambre à impulsions de fabrication suédoise, de longueur 3 cm et de diamètre 0,8 cm. La chambre est placée dans un tube d'aluminium (fig. 3).

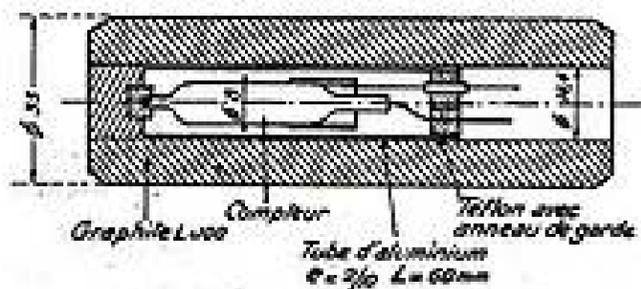


FIG. 3

Montage du compteur à *B F*₃

Les dimensions sont données en millimètres, le cylindre de graphite contenant le compteur est introduit dans le canal de mesure.

Deux cordons coaxiaux permettent d'amener la haute tension sur la chambre et de recevoir les impulsions.

Le tube d'aluminium et les cordons coaxiaux sont enrobés dans du graphite de telle sorte que le volume de la cavité est réduit à celui du tube et des cordons (fig. 4).



TRANSYNS

TÉLÉINDICATIONS
ASSERVISSEMENTS
CALCULATEURS

Synchros normalisés Taille 23 et 31
Matériel répondant aux normes
U. S. A. MIL S. 16.892

RESOLVERS — PHASEMÈTRES
MOTEURS DIPHASÉS A FAIBLE INERTIE
ALTERNATEURS TACHYMÉTRIQUES
TRANSFORMATEURS
POTENTIOMÉTRIQUES
DE HAUTE PRÉCISION, ETC...

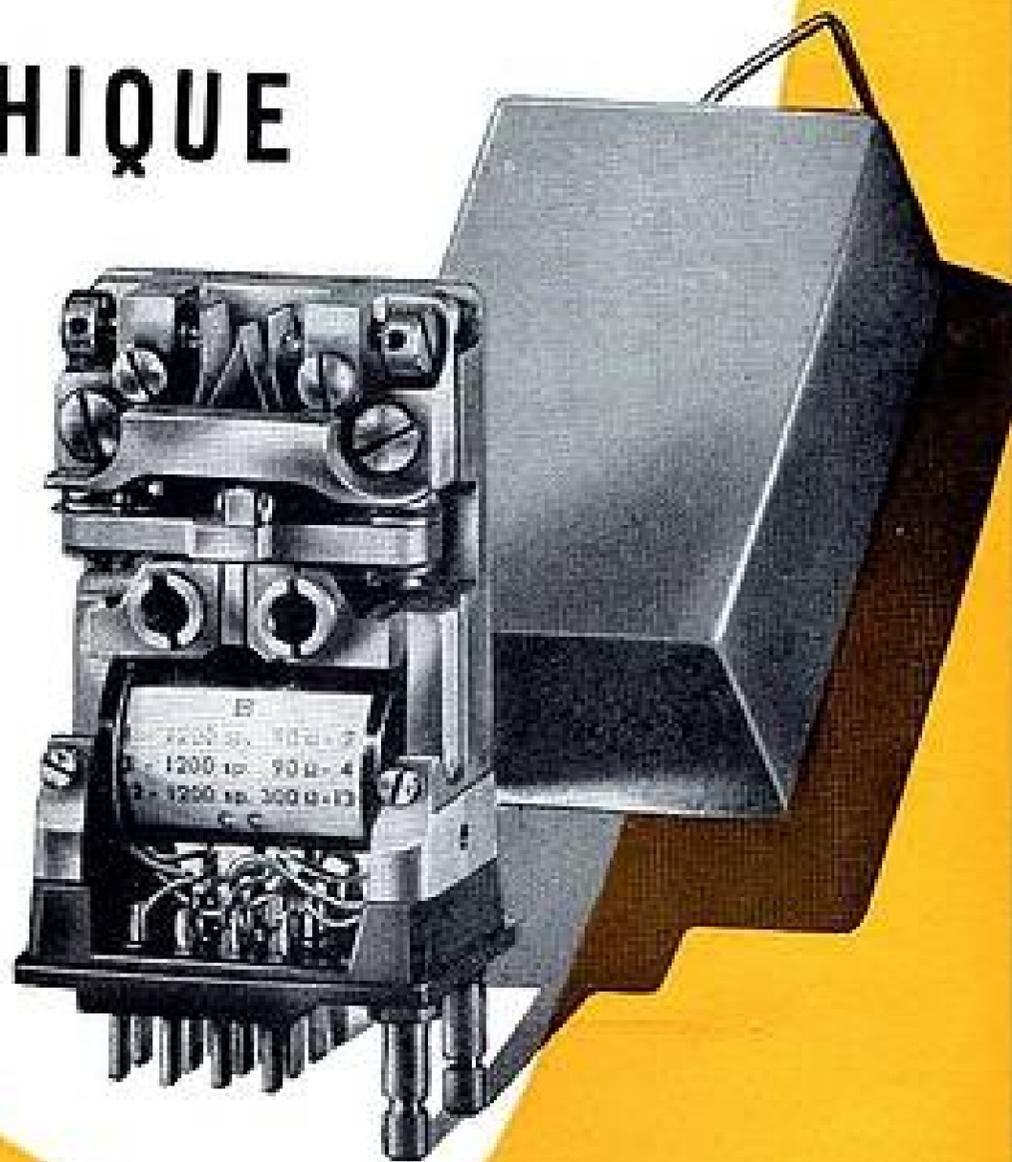
RELAIS TÉLÉGRAPHIQUE

Type C

(Normalisés, P. T. T., MARINE, GUERRE)
POLARISÉS - SENSIBLES - RAPIDES

APPLICATIONS:
TÉLÉGRAPHIE
TÉLÉCOMMANDE
ASSERVISSEMENT

Modulateurs électromécaniques
" CHOPPER "
Bascules binaires rapides
etc...



notices techniques sur demande

SADIR-CARPENTIER

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 600.000.000 DE FRANCS
DÉPARTEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE

Siège Social : 101, bd Murat, PARIS 16^e — Usines : 52, rue Guynemer, ISSY-LES-MOULINEAUX - MIChelet 39-20

Les impulsions de la chambre sont distribuées à deux échelles par un commutateur électronique opérant de telle façon qu'une échelle compte pendant une demie période, l'autre étant arrêtée et vice versa. Un deuxième commutateur, ayant un retard de $\frac{T}{4}$ sur le premier, alimente un deuxième groupe d'échelles.

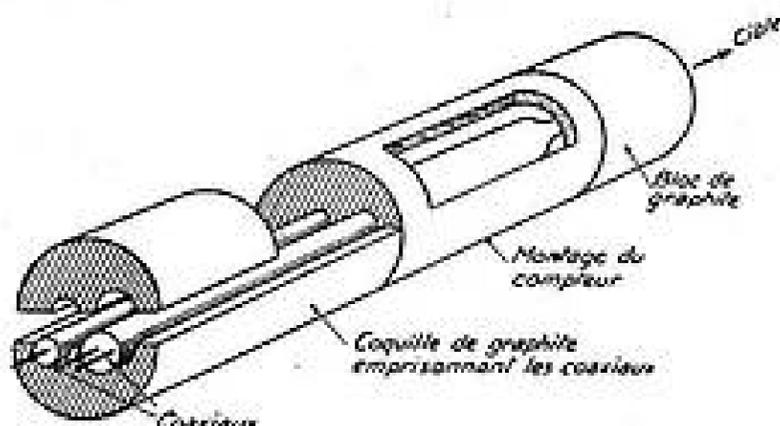


FIG. 4

Sortie des câbles coaxiaux

La coquille de graphite a un diamètre extérieur égal au diamètre interne du canal de mesure, ce montage supprime les vides derrière le compteur.

Les quatre échelles enregistrent chacune les taux de comptage :

$$(N_1 + N_2) ; (N_3 + N_4) ; (N_1 + N_3) ; (N_2 + N_4)$$

Les commutateurs sont synchronisés par les impulsions reçues d'un photomultiplicateur actionné par les éclairs lumineux provenant de fentes percées dans le disque.

IV. — Dispositif expérimental utilisé dans la mesure du libre parcours moyen de transport de l'eau lourde.

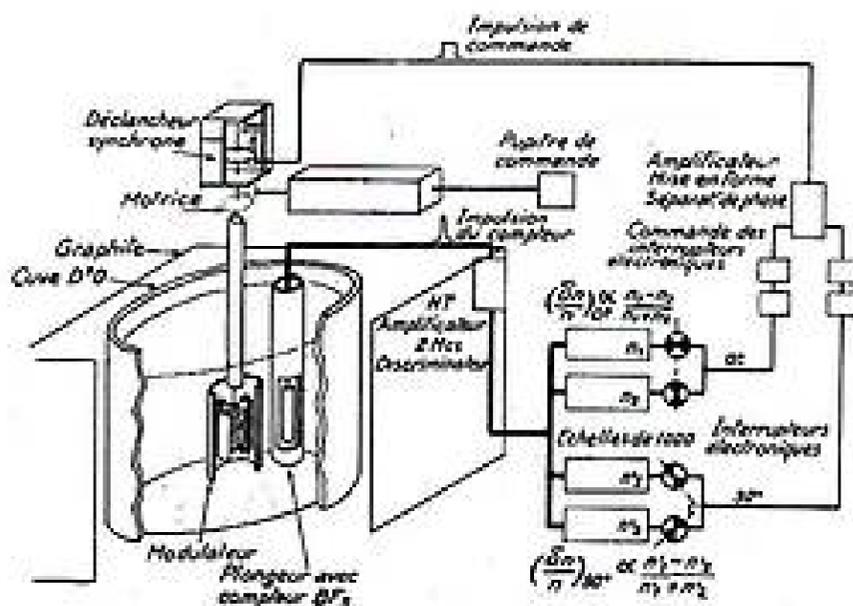


FIG. 5

Dispositif expérimental utilisé pour l'eau lourde

Les secteurs d'uranium entraînés par un moteur à vitesse variable modulent le flux γ en provenance du radioantimoine, un flux modulé de neutrons à 25 keV est alors émis à partir des secteurs de béryllium. La modulation de la densité est mesurée par un dispositif analogue à celui de la figure 1.

La mesure a été faite dans la cuve de la pile de Saclay entourée de son réflecteur de graphite, les barres d'uranium ayant été enlevées.

La source est constituée par une tige de radioantimoine ($\Phi = 5$ mm) placée suivant l'axe de deux secteurs de béryllium, d'ouverture 90° et diamétralement opposés ($\Phi_{\text{int}} = 32$ mm, $\Phi_{\text{ext}} = 47$ mm). Un écran constitué par un matériau de densité élevée permet de moduler l'intensité du rayonnement γ reçu par la cible ; il est constitué par deux secteurs d'uranium d'une épaisseur de 12 mm tournant entre le béryllium et l'antimoine. Les dimensions extérieures de la source ainsi réalisée sont : ($H = 100$ mm, $\Phi = 48$ mm).

La source (Sb-Be) ayant une intensité plus faible que dans le cas d'un faisceau de pile, le compteur utilisé avait un volume utile environ dix fois plus grand que dans le cas du graphite. Le dispositif de détection est analogue dans son ensemble à celui utilisé dans la mesure effectuée sur le graphite (voir fig. 5).

Les expériences sur l'eau lourde ont déjà été décrites (15). Pour l'eau lourde pure à 13°C on a obtenu : $\lambda = 2,45 \pm 0,07$ cm.

V. — Processus expérimental.

On choisit l'intervalle des fréquences et les positions du compteur.

La fréquence la plus faible, dépend de la section de capture du milieu étudié. Dans le cas du graphite $\nu \Sigma_c \approx 80 \text{ s}^{-1}$, le terme correctif $\frac{\nu \Sigma_c}{2\omega}$ a pour valeur 0,06 pour une fréquence de 100 Hz.

Quand la fréquence augmente, pour une position donnée du compteur, le taux de modulation décroît et le temps nécessaire pour une mesure avec une précision statistique fixée à l'avance croît en raison inverse du carré du taux de modulation. La fréquence la plus élevée dépend de la durée que l'on accepte pour une mesure, et par conséquent de l'intensité de la source.

Dans le cas du graphite, les mesures ont été faites dans l'intervalle 80 Hz - 500 Hz.

La distance minimum entre la source et le compteur doit être telle, que la contribution des harmoniques dus à l'anisotropie de la source soit négligeable. La distance maximum dépend de l'amplitude du taux de modulation, et pratiquement on cesse les mesures pour la position ou le taux de modulation devient inférieur à 1 pour cent. Dans tous les cas, la position la plus éloignée doit être telle que la distance du compteur à l'une des faces de l'empilement soit supérieure à une longueur de diffusion.

Dans le cas du graphite, la longueur de l'empilement était de 180 cm. La cible était placée dans l'axe de l'empilement, à 50 cm d'une face et les mesures étaient faites sur cet axe entre les positions : 65 cm et 130 cm. Le compteur étant placé dans le canal axial de l'empilement, on centre

Le nouveau dispositif de balayage automatique GENERAL RADIO C^o

Cambridge, U.S.A.

Le balayage automatique G.R. comprenant le dispositif de balayage, type 1750-A, avec alimentation et régulateur d'amplitude, type 1263-A, assure la simplification des mesures par « l'automation ».

Le dispositif de balayage, type 1750-A, se fixe sur tous boutons, cadrans ou axes, permettant ainsi le balayage automatique des oscillateurs, générateurs et autres appareils. On peut faire varier d'une manière continue l'arc de balayage, la vitesse et la fréquence centrale, même pendant la marche du dispositif de balayage; il assure un taux sensible de variations de la fréquence. Le régulateur d'amplitude, type 1263-A, maintient l'amplitude constante lors de la variation de la fréquence. Avec ce dispositif, toute modification du signal permet de déceler, avec une grande netteté, les effets de variation dans le circuit. Les mesures de laboratoire qui exigeaient jusqu'ici de longues heures par les diverses méthodes, point par point, sont effectuées maintenant en quelques minutes.

On peut faire l'acquisition d'un dispositif de balayage peu coûteux, doté d'une grande souplesse pour opérer solidairement avec les oscillateurs G.R. couvrant entièrement la gamme de fréquences de 0.5 à 2000 Mc. Le dispositif d'entraînement peut être accouplé, soit à la commande du Vernier pour le balayage des petites gammes, soit relié à l'axe principal afin de bénéficier des gammes de fréquence étendues de l'oscillateur G.R.

1915 - 1955

40 ANNÉES D'EXPÉRIENCE EN ÉLECTRONIQUE

AUTRES FABRICATIONS :
Admittancemètres - Amplificateurs - Pièces pour oscillateurs
Distorsionmètres - Fréquencesmètres - Fréquencesmètres à
l'ion - Ponts d'impédance - Potentiomètres - Mégohmmètres
Modulomètres - Périscope - Condensateurs de précision
Oscillateurs - Matériel de mesure V.H.F. - Pièces
détachées et accessoires - Générateurs de signaux -
Analyseurs de forme d'onde - Moniteurs de Radiofré-
quence et Télévision - Générateurs d'impulsions - Ré-
sistance - Self - Capacité - Diodes - Etc., etc...



DISPOSITIF DE BALAYAGE UNIQUE TYPE 1750-A

S'adapte au matériel doté du système manuel existant et permet son accouplement avec le balayage automatique.

Il existe 3 circuits électriques indépendants : le circuit de réglage de vitesse et interrupteur de fin de course du moteur; le circuit de déflexion du tube à rayons cathodiques et le circuit du signal de suppression qui élimine le balayage en retour et assure la ligne de base de l'oscillographe.

- ★ Grande gamme de vitesses, de 0,5 à 5 cps. Marche dans les 2 sens.
- ★ Arc de balayage, réglable de 30° à 300°, permettant des variations fractionnelles importantes en fréquence.
- ★ Système de couplage universel. Quatre pièces réglables en forme de pastes d'araignées s'adaptant aux boutons et cadrans de 25 mm à 102 mm de diamètre et des axes de 6 et 9 mm, la hauteur de l'axe étant réglable.
- ★ Possibilité de régler la commande de la position centrale.
- ★ Couple maximum, = 372 gr/cm.
- ★ Interrupteur de fin de course. Assure la coupure et le freinage du moteur lorsque la course de l'axe est dépassée.
- ★ Tension de balayage du tube cathodique. Liaison mécanique au mouvement de l'axe balayé transférant l'écalonnage de l'oscillateur sur l'écran de l'oscillographe.

ALIMENTATION ET RÉGULATEUR D'AMPLITUDE NOUVEAU MODÈLE, TYPE 1263-A

Pour tirer le maximum d'un diagramme de balayage, la variation d'amplitude en fonction de la fréquence doit être réduite. L'alimentation et régulateur, type 1263, a été conçu spécialement pour les applications de balayages automatiques et assure une tension d'utilisation constante dans les limites de 2%, indépendamment de la fréquence. Cet appareil est destiné aux oscillateurs dont les niveaux de sortie sont réglables par variation de la tension appliquée à la plaque. Le potentiel continu délivré par un redresseur auxiliaire à la sortie de l'oscillateur est comparé avec un potentiel continu de référence du régulateur et cette différence est réduite en corrigeant l'alimentation plaque de l'oscillateur.

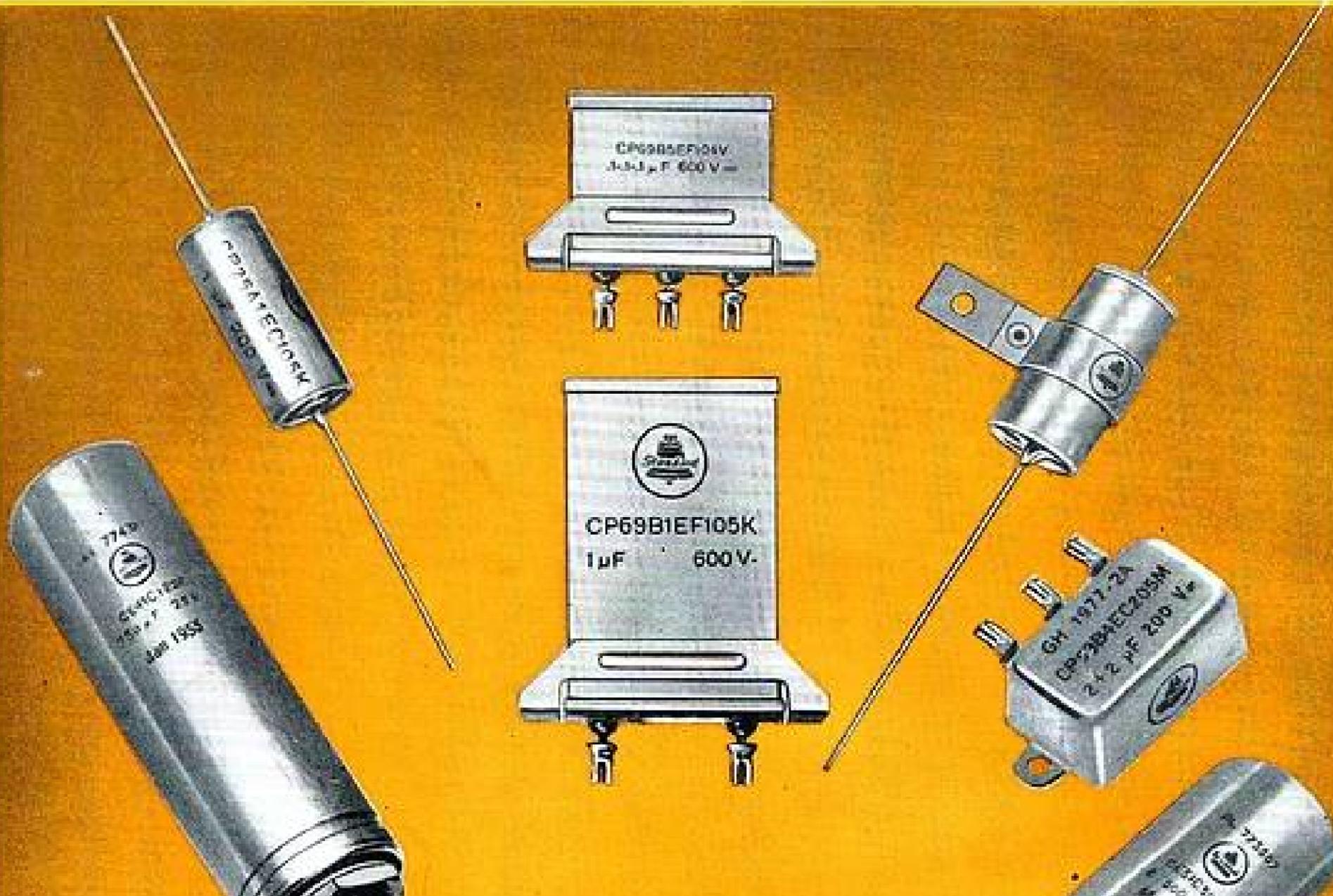
- ★ Tension plaque, = 0-250 volts pour 25 mA comme l'exige l'oscillateur pour maintenir le niveau de sortie de pré-réglage.
- ★ Tension chauffage, = 6 volts en continu pour 0,5 Ampère.
- ★ Alimentation, = 115 ou 230 volts.
- ★ Commande de régulation de HF de sortie : Permet le réglage du niveau HF de 0,2 à 2 volts.
- ★ Temps de réponse, = Modification du courant plaque de 3 mA par milliseconde ou plus rapide.
- ★ Voltmètre, = Voltmètre à lampes incorporé, étalonné en HF.



ETS RADIOPHON

30, FAUBOURG POISSONNIÈRE - PARIS (10^e) ★ ★ PRO. 57-03, 04

AGENT EXCLUSIF FRANCE & U. P.



Condensateurs électrolytiques conformes aux normes JAN C62

Condensateurs au papier conformes aux normes MIL C25 A

Condensateurs au papier métallisé



Standard Téléphone et Radio S.A.
 Zurich, Seestr. 385, Case postale Zurich 39

le faisceau de telle sorte qu'en l'absence de cible, le taux de comptage soit minimum.

On place ensuite la cible et on mesure le taux de comptage pour des positions successives du disque correspondant à une rotation totale de 2π dans l'espace ωt . Une analyse harmonique de la courbe ainsi obtenue permet de connaître l'intensité de l'harmonique 3 qui est le plus gênant et dont on tiendra compte dans les calculs de correction.

On mesure alors le taux de modulation en phase et en quadrature en fonction de la fréquence et pour une position donnée, on déplace ensuite le compteur et on recommence la mesure. Dans chaque mesure, la portion du canal comprise entre la cible et le compteur est obturée par des cylindres de graphite.

On obtient ainsi les composantes du nombre complexe représentant le taux de modulation :

$$M = \frac{1}{2\pi^2 D r f(r)} \frac{\delta S_1}{S_0} e^{-\frac{r}{L\omega} - i\omega t}$$

$$|M| = \frac{1}{2\pi^2 D r f(r)} \frac{\delta S_1}{S_0} e^{-r\sqrt{\frac{\omega}{2D}}} \left\{ 1 + \frac{\nu\Sigma_c}{2\omega} \right\}$$

$$\text{Arg } M = -\psi_0 - r\sqrt{\frac{\omega}{2D}} \left(1 - \frac{\nu\Sigma_c}{2\omega} \right)$$

où $\psi_0 = \omega t_0$ est un angle indépendant de ω , défini par l'angle entre le faisceau de neutrons et le faisceau optique qui actionne le photomultiplicateur.

La courbe représentative de $\log |M|$ en fonction de $\sqrt{\frac{\omega}{2D}} \left\{ 1 + \frac{\nu\Sigma_c}{2\omega} \right\}$ est une droite dont la pente est $p_m = -\frac{r}{\sqrt{2D}}$. Il n'est donc pas nécessaire de déterminer la fonction $r f(r)$ dans cette mesure.

La distance r entre la cible et le compteur est mal définie, par contre les variations de r sont connues avec précision ; aussi détermine-t-on la pente de p_m en fonction de r , et on obtient ainsi la valeur de $\frac{1}{\sqrt{2D}}$.

La fonction $r f(r)$ n'intervient pas dans l'argument de M , et on peut mesurer indifféremment la pente de $\text{Arg } M$ en fonction de $\left(1 - \frac{\nu\Sigma_c}{2\omega} \right)$ ou de r . Nous verrons que le déphasage introduit par le temps de vol du faisceau impose le deuxième procédé.

VI. — Corrections.

Les termes correctifs étant faibles, on néglige les corrections sur les corrections, autrement dit celles-ci se font indépendamment les unes des autres.

1) HARMONIQUE 3 DE LA SOURCE.

Les harmoniques d'ordre supérieur sont en général négligeables. Nous avons vu, qu'après détection, le nombre complexe représentant le taux de modulation a pour expression :

$$M = \frac{1}{2\pi^2 D r f(r)} \left\{ \frac{\delta S_1}{S_0} e^{-\frac{r}{L\omega} + i\omega t_0} - \frac{1}{3} \frac{\delta S_3}{S_0} e^{-\frac{r}{L_{2\omega}} - 3i\omega t_0} \right\}$$

que l'on peut mettre sous la forme :

$$M = \frac{1}{2\pi^2 D r f(r)} \frac{\delta S_1}{S_0} e^{-\frac{r}{L\omega} - i\omega t_0} \epsilon_{\text{th}} e^{i\varphi_{\text{th}}}$$

$$\text{avec } \epsilon_{\text{th}} = 1 - \frac{1}{3} \frac{\delta S_3}{S_1} e^{-0,73r\sqrt{\frac{\omega}{2D}}}$$

$$\cos \left\{ 0,73 r \sqrt{\frac{\omega}{2D}} + 4 \omega t_0 \right\}$$

$$\varphi_{\text{th}} = -\frac{1}{3} \frac{\delta S_3}{S_1} e^{-0,73r\sqrt{\frac{\omega}{2D}}}$$

$$\sin \left\{ 0,73 r \sqrt{\frac{\omega}{2D}} + 4 \omega t_0 \right\}$$

on se donne alors une valeur approchée de D et on effectue sur M , les corrections indiquées.

2) DIMENSIONS FINIES.

L'effet des dimensions finies de l'empilement peut être calculé en développant la densité variable

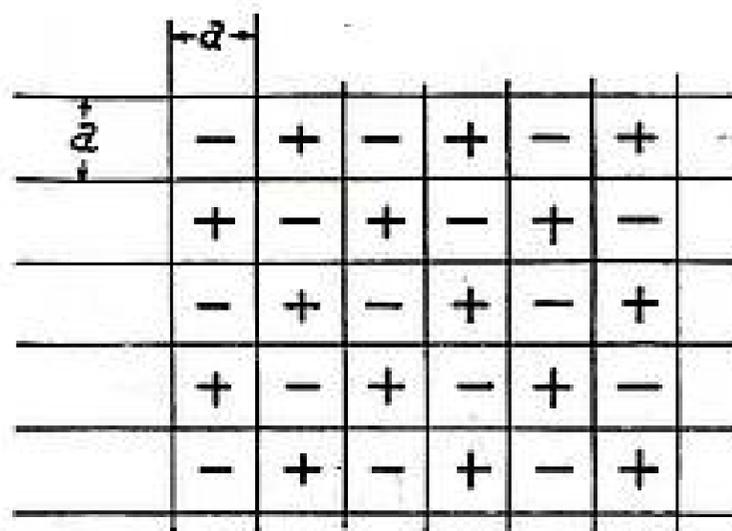


FIG. 5 bis

dans les fonctions propres du parallélépipède rectangle ; la solution étant cependant très voisine de celle pour un milieu infini, le développement converge mal. Un développement à convergence plus rapide peut être obtenu à partir des points sources images.

Soit a la longueur du côté du parallélépipède augmentée de deux fois la longueur d'extrapolation :

$$a = 160 + 2 \cdot 0,71 \cdot \lambda_d = 164 \text{ cm}$$

On indique sur la figure la position et le signe des points sources images qui donnent les mêmes conditions aux limites (annulation de la densité à une distance $0,71 \lambda_d$ des faces du parallélépipède).

Si r_0 est la distance entre la source et le compteur (prise perpendiculairement au plan de la figure, suivant l'axe de l'empilement).

Les distances du compteur aux points sources images sont :

$$r_1 = \sqrt{a^2 + r_0^2}$$

$$r_2 = \sqrt{2a^2 + r_0^2}$$

et la densité au point r_0 a pour expression :

$$n_0 = \frac{S_0}{4\pi D} \left\{ \frac{e^{-\frac{r_0}{L\omega}}}{r_0} - \frac{4}{r_1} e^{-\frac{r_1}{L\omega}} + \frac{4}{r_2} e^{-\frac{r_2}{L\omega}} - \dots \right\}$$

le développement ainsi obtenu converge rapidement et peut être limité au deuxième terme.

Le taux de modulation peut alors être mis sous la forme :

$$M = \frac{1}{2\pi^2 D r_0 f(r)} \frac{\delta S_1}{S_0} e^{\frac{r_0}{L\omega} - i\omega t_0} \varepsilon_{df} e^{i\varphi_{df}}$$

$$\text{avec } \varepsilon_{df} = 1 + 4 \frac{r_0}{r_1} e^{-(r_1 - r_0) \sqrt{\frac{\omega}{2D}}} \cos(r_1 - r_0) \sqrt{\frac{\omega}{2D}}$$

$$\varphi_{df} = - \text{Arctg} 4 \frac{r_0}{r_1} e^{-(r_1 - r_0) \sqrt{\frac{\omega}{2D}}} \sin(r_1 - r_0) \sqrt{\frac{\omega}{2D}}$$

3) TEMPS DE VOL.

L'instant t_0 où le P.M. est actionné est défini par le passage de la fente optique portée par le disque. Les neutrons modulés par le disque subissent un retard sur le parcours s'étendant entre le disque et la cible ; la source est donc déphasée par rapport à la rotation du disque et ce déphasage qui peut atteindre une très grande valeur dépend de la fréquence.

Les neutrons n'étant pas monocinétiques mais répartis suivant une loi de Maxwell avec une température moyenne voisine de celle du réseau de la pile dont ils sont issus, l'amplitude de la source dépend également de la fréquence, cet effet étant d'ailleurs beaucoup plus faible pour l'amplitude que pour la phase.

$$\text{Soit } n(v) v d v = n_0 v_0 \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{v}{v_0}\right)^2 e^{-\frac{v^2}{v_0^2}} d \frac{v}{v_0}$$

la répartition du flux issu du réseau de la pile.

Si on pose $z = \frac{v}{v_0}$, le flux modulé à l'endroit du disque, a pour expression :

$$\Phi = \Phi_0 \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} z^2 e^{-z^2} dz e^{i\omega t} = \Phi_0' e^{i\omega t}$$

si l est la distance entre le disque et la cible, le flux diffusé par la cible a pour expression :

$$\Phi' = \Phi_0' \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} z^2 e^{-z^2 + \frac{i}{2} \varphi_0} e^{i\omega t} dz$$

où on a posé $\varphi_0 = \frac{\omega l}{v_0}$

On peut calculer cette intégrale à l'aide d'un développement en série et on obtient le module et la phase de $\frac{\Phi'}{\Phi_0'}$

$$\frac{\Phi'}{\Phi_0'} = (\varepsilon_{\omega}) e^{i\varphi_{\omega}}$$

où ε_{ω} et φ_{ω} dépendent de ω .

ε_{ω} est en général voisin de l'unité et on peut en tenir compte comme terme correctif, par contre

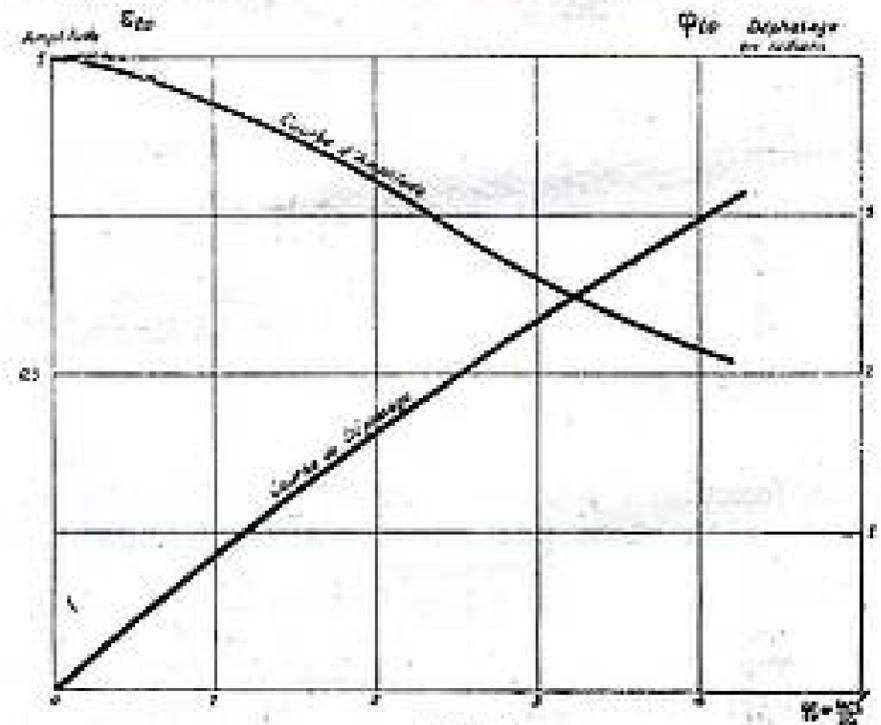


FIG. 6
Temps de vol

Ces courbes, calculées pour un spectre de Maxwell, donnent l'affaiblissement dû au mélange des composantes du spectre et le déphasage provoqué par le temps de vol, en fonction de $\frac{\omega l}{v_0}$ où $f = \frac{2\pi}{\omega}$ est la fréquence de modulation, l la distance entre le disque et la cible et v_0 la vitesse la plus probable des neutrons du faisceau (correspondant à la température des neutrons du réseau).

UTILISATION

JUSQU'À

50 Hz!

Q MÈTRE type M802 C



Nouvelles **PERFORMANCES**

OSCILLATEUR : 50 KHz à 70 MHz
CV de mesures 25 pF à 500 pF
Vernier ± 3 pF - Lecture directe de L

Possibilité d'utilisation à partir de 50 Hz à l'aide d'un transformateur de couplage type MT 101

Utilisable également avec tous les accessoires pour la mesure des angles de perte ($\text{tg } \delta$)

RECOURS AUTOMATIQUE À Q₀ LORS DU CHANGEMENT DE GAMME - SECURITE DU THERMOCOUPLE

NOUVELLE ECHELLE FAIBLE Q₀ (0,0050) PERMETTANT DE LIRE Q = 5

ECHELLE DIRECTE EN ΔQ PERMETTANT DES MESURES DE COMPARAISON RAPIDES

TRANSFORMATEUR DE COUPLAGE TYPE MT 101 INRELAIVES Q MÈTRE TRANSFORMATEUR À ECHELLES



SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL 72192.000 F

ÉTABLISSEMENTS GEFROY & Cie

7-9 RUE DES CLOYS-PARIS 18^{ME} MON. 44-65

NOUVEAU CENTRE DE PRODUCTION : 18 Avenue Vaillant-Couturier - Trappes (Seine-et-Oise)

Agence PUBLÉDITEC-DOMÉNACH

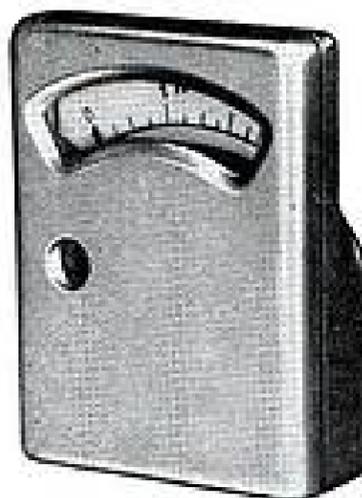
A) Dosimètre fixe : dimensions : 105x80x32 mm

- Précision 2%
- Réponse indépendante de l'énergie des radiations de 80 KeV à 2 MeV (à $\pm 25\%$ ou $\pm 10\%$ selon type d'appareil).
- Étanche aux gaz
- A l'épreuve des chocs
- Grande échelle de lecture (45 mm,
- Fuites propres négligeables
- Tension de charge 400 V environ
- Calibres selon type 0-150 mR, 0-4 R ou 0-100 R

B) Dosimètre de poche
mêmes caractéristiques

- Dimensions 70x50x24 mm
- Calibre : 0-4 R ou 0-100 R
- Poids 70 grammes

Prix : 12 à 16.000 Frs (selon quantité et calibre)



DOSIMÈTRES γ

Mesure et contrôle de radiations

INTENSIMÈTRE-DOSIMÈTRE γ



- Appareil portatif
- Poids 2 kg
- Alimentation autonome par magnéto incorporée.
- Une échelle "Dose" graduée en Roentgen
- Une échelle "Intensité" graduée en Roentgen/heure
- Un bouton poussoir permet de passer de la position "Dose" à la position "Intensité" sans perturbation d'une mesure par l'autre
- Mêmes caractéristiques techniques que les dosimètres
- Grande capacité interne permettant de ne tourner la manivelle de la magnéto qu'à intervalles très éloignés.

Deux types

1) Protection

Calibre dose : 0-100 R
Calibre intensité : 0-500 R/h

2) Décontamination - Prospection

Intensité : 0-1 m R/h échelle sensiblement logarithmique
Dose : 0-1 m R

Des calibres spéciaux peuvent être réalisés sur demande entre les limites suivantes :

Type 1 : Dose 10 à 5000 R - Intensité 50 R/h à 5000 R/h.

Type 2 : Intensité : 0,2 mR/h à 2 mR/h

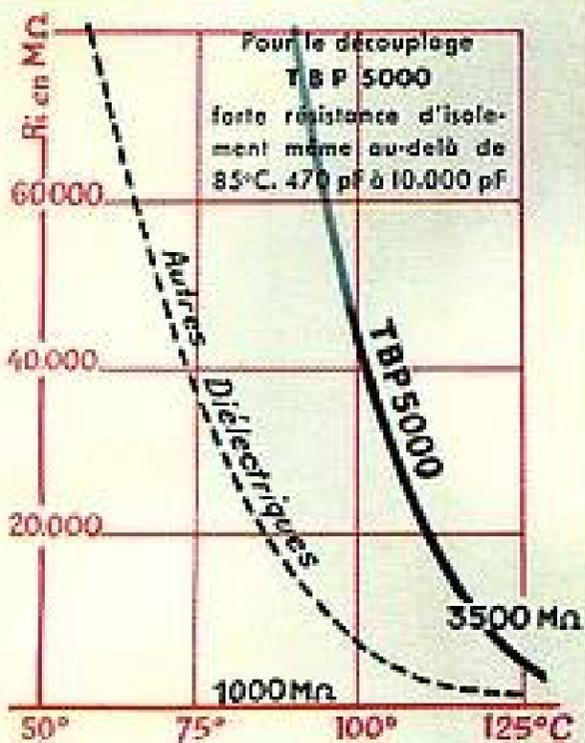
Prix : 50.000 à 75.000 Frs : selon quantité et calibres

A l'exception du type 2, la seule usure possible des appareils est exclusivement mécanique.

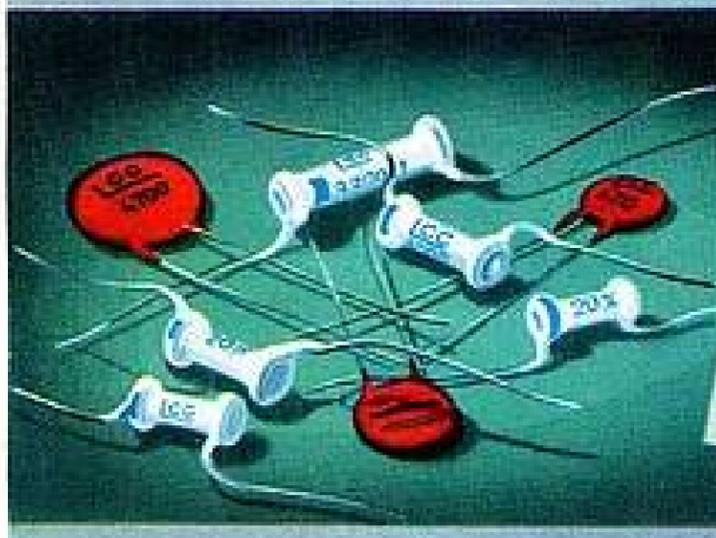
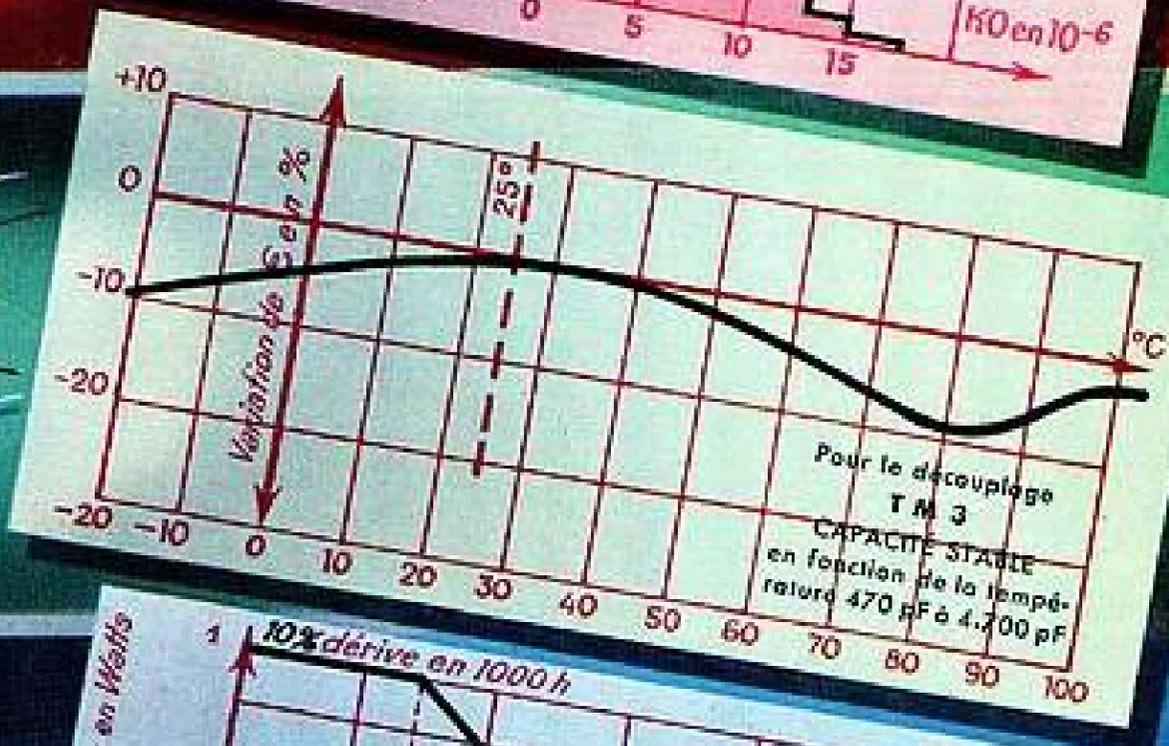
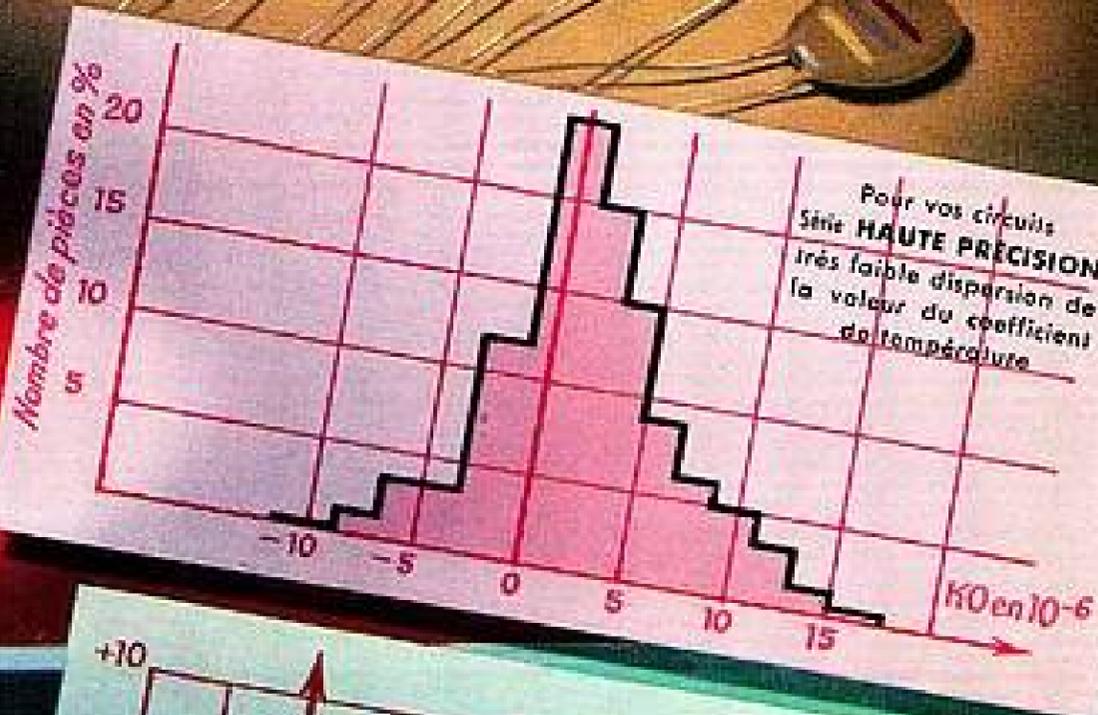
AOIP

8 à 14, Rue Charles Fourier Paris 13^e Tél. : GOB.83-00 +

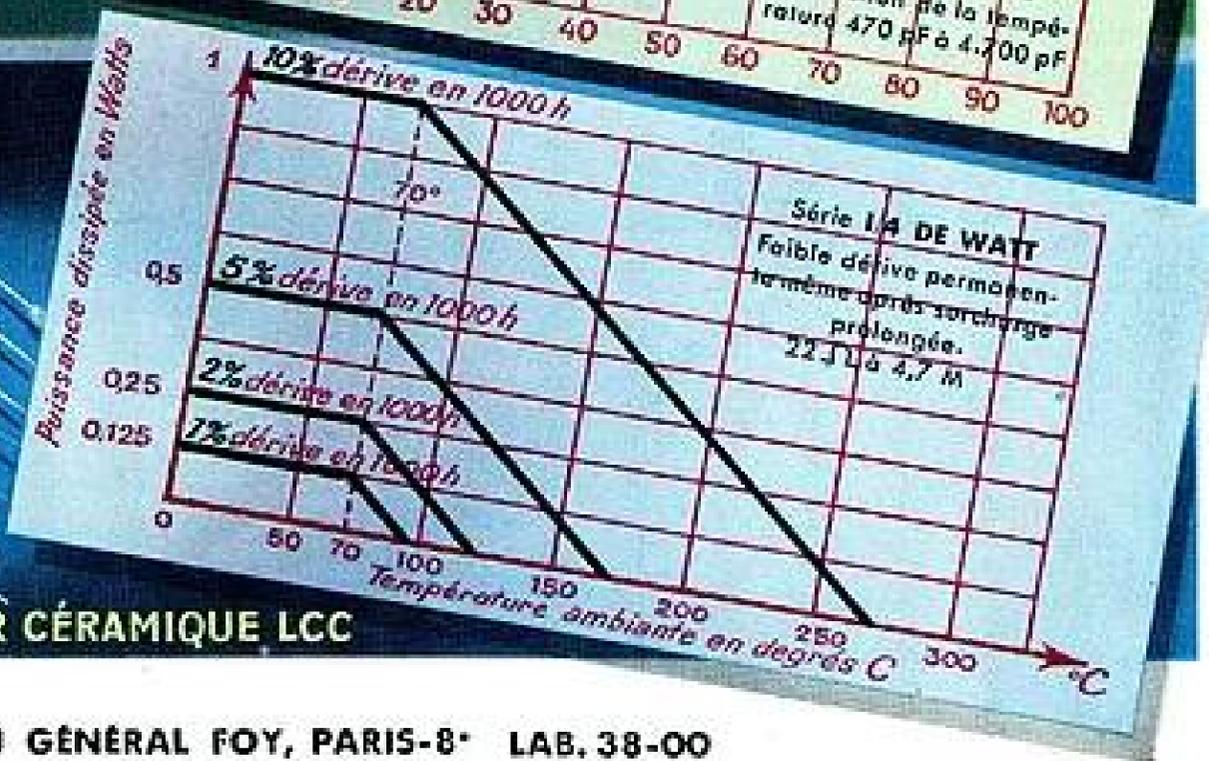
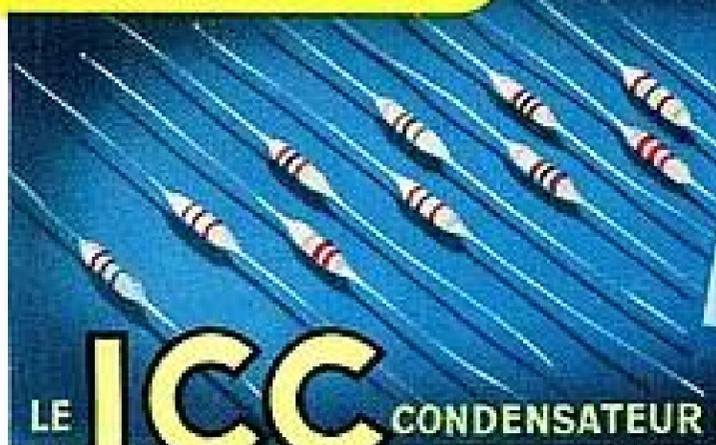
CONDENSATEURS
Céramiques



Nouvelles PIÈCES DÉTACHÉES LCC



RÉSISTANCES
Subminiatures



LE LCC CONDENSATEUR CÉRAMIQUE LCC

SERVICES COMMERCIAUX : 22, RUE DU GÉNÉRAL FOY, PARIS-8^e LAB. 38-00

Ag. Domenaich

le déphasage dû au temps de vol ne peut pas être considéré comme un terme correctif (fig. 6).

Si on mesure d'abord la pente du déphasage du taux de modulation en fonction de la distance, on élimine l'effet du déphasage dû au temps de vol.

4) INFLUENCE DE L'ANISOTROPIE DE LA SOURCE ET DES DIMENSIONS DU COMPTEUR.

Nous considérons le cas d'une source sphérique de rayon a , la répartition des neutrons sortant en un point de la sphère étant isotrope mais l'intensité dépendant de l'angle θ entre les directions du point et du faisceau incident. L'émission de la source peut être développée en polynômes de Legendre.

$$\delta S = \frac{\delta S_0}{2\beta_0} \sum_{n=0}^{\infty} \beta_n P_n(\cos \theta)$$

La solution de l'équation de diffusion est alors :

$$\delta \Phi_0 = \frac{\delta S_0}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_\omega}} \left\{ \frac{1}{1 - i \frac{a}{L_\omega}} + \sum_{n=1}^{\infty} i^{-n} \frac{\beta_n}{\beta_0} \frac{2^n n!}{(n+1)(2n)!} \right.$$

$$\left. P_n(\cos \theta) \sum_{m=0}^{n-n} \frac{(n+m)!}{m!(n-m)!} \left(\frac{i L_\omega}{2r} \right)^m \right\}$$

L'observation étant faite à $\theta = \frac{\pi}{2}$, la contribution des termes impairs est nulle et on peut écrire :

$$\delta \Phi_0 = \frac{\delta S_0}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_\omega}} \left\{ 1 + \left(\frac{a}{L_\omega} \right)^2 \left[1 - \frac{\beta_2}{18\beta_0} \left(1 + \frac{3L_\omega}{r} + \frac{3L_\omega^2}{r^2} \right) \right] + \varepsilon \left(\frac{a^4}{L_\omega^4} \right) \right\}$$

où ε est un terme d'ordre $\frac{a^4}{L_\omega^4}$

L'influence de l'anisotropie dépend donc du rapport $\frac{a}{L_\omega}$ si $\frac{r}{L_\omega} \gg 1$,

et de $\frac{a^2}{rL_\omega}$ si $\frac{r}{L_\omega} \simeq 1$.

Ce calcul montre la nécessité de réaliser une source de dimensions petites. Soit r la distance entre les centres de la source et du compteur. Soit $2l$

la longueur utile du compteur et $r + x$ la position d'un point du compteur. Si $\frac{x}{r} \ll 1$, la densité des neutrons au point $r + x$ peut s'écrire :

$$\delta \Phi_0 = \frac{\delta S_0}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_\omega}} \left\{ 1 - \left(1 + \frac{r}{L_\omega} \right) \frac{x}{r} + \frac{2 + \frac{r^2}{L_\omega^2} \frac{x^2}{r^2} + \dots \right\}$$

la densité moyenne pour le compteur est alors :

$$\overline{\delta \Phi_0} = \frac{1}{2l} \int_{-l}^{+l} \delta \Phi_0 dx$$

$$\overline{\delta \Phi_0} = \frac{\delta S_0}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_\omega}} \left\{ 1 + \left(\frac{a}{L_\omega} \right)^2 \left[1 - \frac{\beta_2}{18\beta_0} \left(1 + \frac{3L_\omega}{r} + \frac{3L_\omega^2}{r^2} \right) \right] + \frac{2 + \frac{r^2}{L_\omega^2} \frac{l^2}{r^2} + \dots \right\}$$

les termes négligés sont d'ordre $\left(\frac{a}{L_\omega} \right)^4$ et $\left(\frac{l}{r} \right)^4$.

Si a et r sont convenablement choisis la correction ainsi introduite sur les pentes est négligeable.

5) INFLUENCE DE L'ÉMISSION DIPOLAIRE DE LA SOURCE

Le procédé utilisé pour moduler l'intensité du faisceau provoque également une oscillation périodique à la même fréquence de son centre de gravité. L'équation de la source est alors de la forme :

$$S = (S_0 + \delta S_0 e^{i\omega t}) \delta(\vec{r} - \vec{\rho} e^{i\omega t})$$

on peut développer formellement cette expression et on obtient :

$$S = S_0 + \frac{1}{2} \delta S_0 \delta(\vec{r}) - S_0 (\vec{\rho} \cdot \Delta) \delta(\vec{r}) \{ e^{i\omega t}$$

où $\vec{\rho} \cdot \Delta$ est la dérivée directionnelle.

La solution est alors de la forme :

$$n_0 + \delta n_0 = S_0 f(\vec{r}) + \left\{ \frac{\delta S_0}{r} e^{-\frac{r}{L_\omega}} - \vec{\rho} \cdot \Delta \frac{S_0}{4\pi D r} e^{-\frac{r}{L_\omega}} \right\} e^{i\omega t}$$

$$\vec{\rho} \cdot \Delta \frac{S_0}{4\pi Dr} e^{-\frac{r}{L\omega}} = \frac{S_0 \rho_r}{4\pi Dr} e^{-\frac{r}{L\omega}} \left\{ \frac{1}{L\omega} + \frac{1}{r} \right\}$$

où ρ_r est la composante du vecteur $\vec{\rho}$ dans la direction de l'observation. Le taux de modulation s'écrit maintenant :

$$\frac{\delta n_0}{n_0} = \frac{\delta S_0}{4\pi Dr f(r)} e^{-\frac{r}{L\omega}} \left\{ 1 + \frac{S_0 \rho_r}{\delta S_0} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{L\omega} \right) \right\}$$

le terme entre parenthèses étant très voisin de l'unité, on peut encore écrire :

$$\frac{\delta n_0}{n_0} = \frac{\delta S_0}{4\pi Dr} e^{-\frac{r - \frac{S_0}{\delta S_0} \rho_r}{L\omega}} + \frac{S_0 \rho_r}{\delta S_0 r}$$

La contribution dipolaire de la source provoque donc un déplacement apparent de la source par rapport au compteur, d'amplitude $\frac{S_0}{\delta S_0} \rho_r$. Cet effet n'a pas d'influence sur la mesure du coefficient de diffusion, mais il montre que la distance entre la source et le compteur est une longueur mal définie.

ρ_r est de l'ordre de grandeur du rayon de la cible, $\frac{S_0}{\delta S_0} \approx 1$, le déplacement apparent peut donc atteindre quelques millimètres.

VII. — Analyse des résultats, calcul d'erreur.

L'analyse des résultats est faite par la méthode des moindres carrés.

Les nombres d'impulsions N_1, N_2, N_3, N_4 sont des valeurs moyennes ; si on recommence les mesures on trouve des nombres légèrement différents et la dispersion des résultats est $\sigma_{N_i} = \sqrt{N_i}$ s'il n'y a pas corrélation entre les nombres N_i , ce que l'on suppose être le cas. Comme de plus les taux de modulation sont faibles on admet sans grande erreur que les σ_{N_i} sont égaux :

$$\sigma_{N_1} = \sigma_{N_2} = \sigma_{N_3} = \sigma_{N_4} = \frac{\sqrt{N}}{2}$$

l'amplitude et la phase du taux de modulation s'écrivent :

$$m = \sqrt{m_0^2 + m_{90}^2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{m_{90}}{m_0}$$

$$\text{d'où on déduit } m^2 = \frac{(N_4 - N_2)^2}{N^2} + \frac{(N_3 - N_1)^2}{N^2}$$

Les expressions $x = \frac{N_4 - N_2}{N}$ et $y = \frac{N_3 - N_1}{N}$ sont des variables indépendantes, on a donc :

$$\sigma_m^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$$

les taux de comptage N_1, N_2, N_3, N_4 étant également des variables indépendantes, on peut écrire :

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N^2} (\sigma_{N_2}^2 + \sigma_{N_4}^2)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N^2} (\sigma_{N_1}^2 + \sigma_{N_3}^2)$$

Si on néglige les fluctuations de la source devant celles de la différence des taux de comptage.

$$\text{on a : } \sigma_x = \sigma_y = \frac{\sqrt{N}}{N}$$

en utilisant la relation entre les dispersions d'une variable et celle de son carré, on a :

$$\sigma_x^2 = 2 x \sigma_x$$

$$\text{d'où : } \sigma_m^2 = 4 (x^2 + y^2) \sigma_x^2 = 4 \frac{m^2}{N}$$

$$\text{puis } \sigma_m = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

L'erreur probable (erreur à 50 pour cent) est alors :

$$\epsilon_m = 0,675 \sigma_m = \frac{0,675}{\sqrt{N}}$$

la dispersion sur le logarithme du module : $z = \log m$ est donnée par la relation :

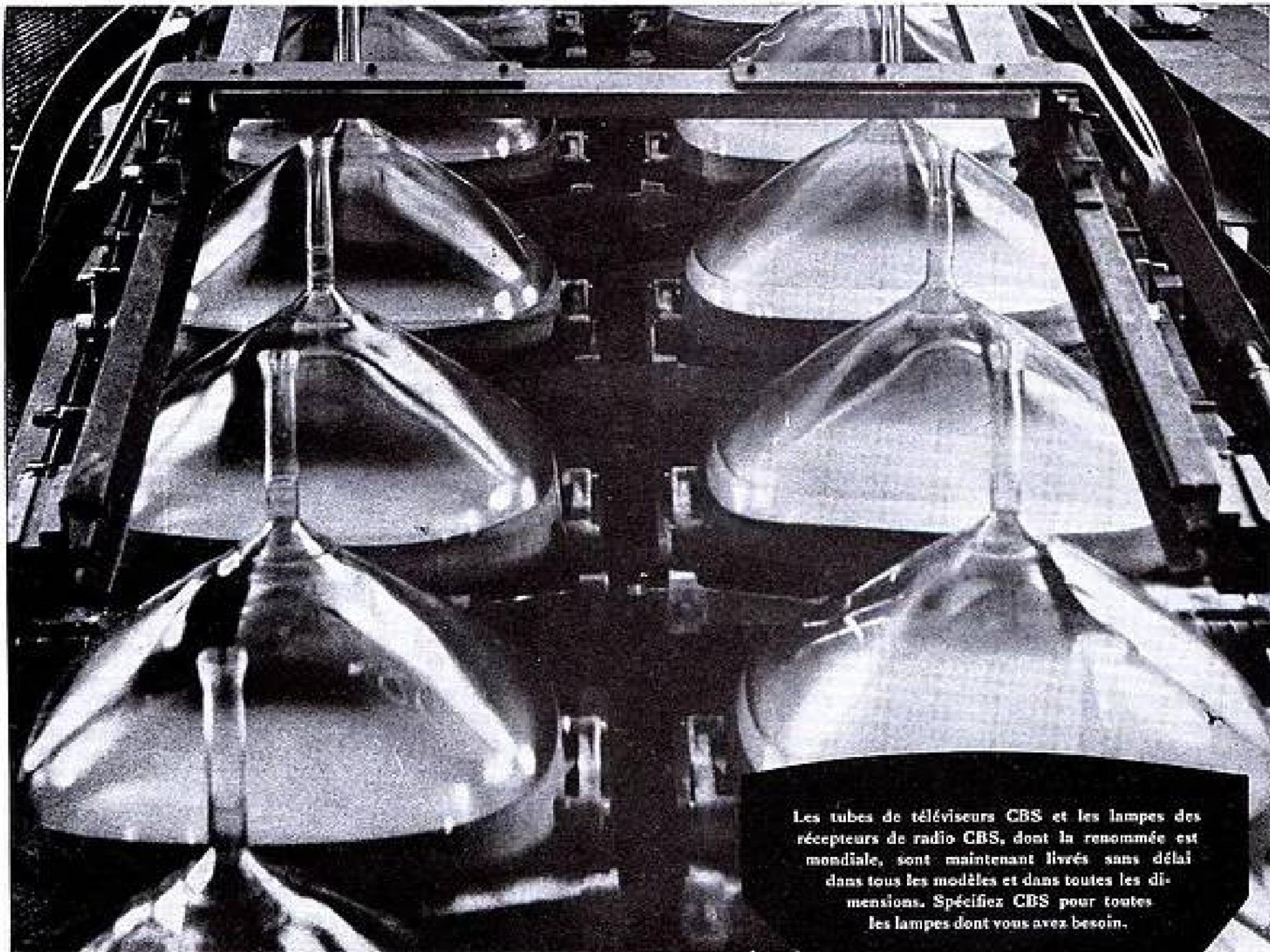
$$z \pm \sigma_z = \log (m \pm \sigma_m) = \log m \pm \frac{1}{m \sqrt{N}}$$

$$\text{on a donc : } \sigma_{\log m} = \frac{1}{m \sqrt{N}}$$

On trouve de même que la dispersion sur la tangente a pour expression :

$$\sigma_{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1}{N} \frac{m}{m_0^2}$$

la dispersion sur l'angle φ est alors donnée par la relation :



Les tubes de téléviseurs CBS et les lampes des récepteurs de radio CBS, dont la renommée est mondiale, sont maintenant livrés sans délai dans tous les modèles et dans toutes les dimensions. Spécifiez CBS pour toutes les lampes dont vous avez besoin.

CBS, la première marque du monde en appareils de radio et de télévision,

FABRIQUE ET LIVRE DES LAMPES POUR TOUTES LES APPLICATIONS

SI VOS LAMPES SONT DES CBS, sachez que rien, dans leur fabrication, n'a été laissé au hasard. Voici, par exemple, un procédé automatique et unique, conçu par les ingénieurs de CBS pour placer sur les lampes de télévision CBS des écrans uniformes à très fine contexture.

VOUS AVEZ RAISON DE SPÉCIFIER LAMPES CBS. Vous connaissez leur exceptionnelle qualité et vous savez qu'elles vous seront livrées à la date prévue. Chaque lampe CBS témoigne de l'habileté technique, de l'expérience et des énormes possibilités de fabrication de la Columbia Broadcasting System, le premier réseau de radio et de télévision du monde.

- Tubes de téléviseurs
- Lampes de récepteurs radio
- Lampes de transmission et pour usages spéciaux
- Transistors
- Diodes à cristal

Si vous désirez avoir une documentation technique complète sur une lampe CBS ou sur toute la gamme des lampes CBS, sur les transistors CBS et les diodes à cristal CBS, écrivez ou câblez aujourd'hui même à

CBS International
488 Madison Avenue
New-York 22, New-York
Adresse télégr. " COLUMBINE "



INTERNATIONAL
SUBDIVISION DE LA COLUMBIA BROADCASTING SYSTEM,
488 MADISON AVENUE, NEW YORK - 22, NEW YORK,
ADR. TÉLÉGR. " COLUMBINE "

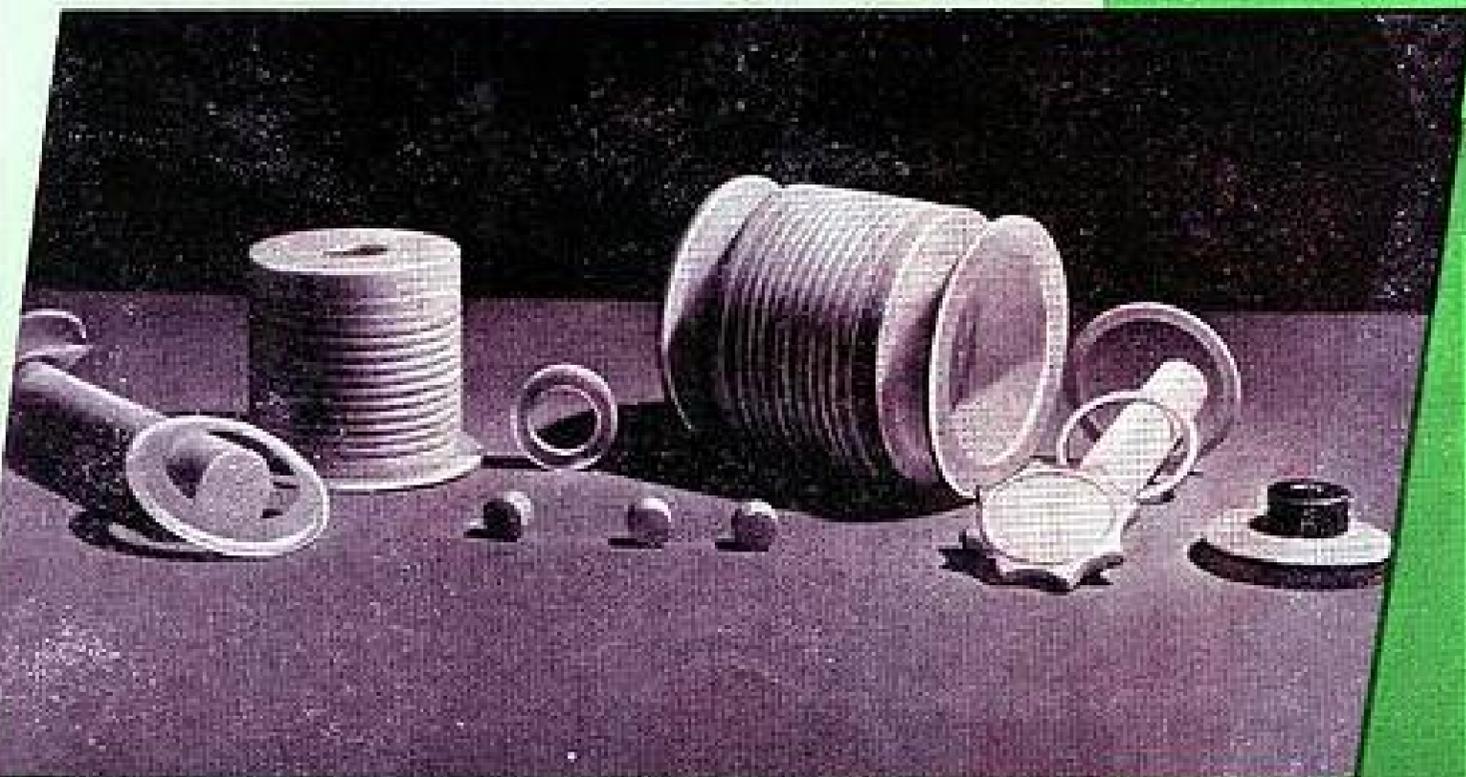
Contrôlez les activités d'Outre-Mer des disques Columbia (phonographes et disques); CBS Columbia (récepteurs de radio, télévision et postes combinés); CBS-Hytron (lampes radio et télévision, transistors et diodes).

A L'AVANT-GARDE DES TECHNIQUES ÉLECTRONIQUES
le **TEFLON**

AGENCE PUBLITEC - DOMÉNACH



**STABLE ENTRE
-80° et +280°C**
—
**POUVOIR ISOLANT
UNIQUE**
—
**CHIMIQUEMENT
INERTE**
—
ANTI-ADHÉSIF
—
HYDROFUGE



**TOUTES PIÈCES
SPÉCIALES
MOULÉES & USINÉES**

- Joints et garnitures spéciaux.
- Soufflets pour toutes applications.
- Recouvrement épais.
- Pièces décolletées.
- Toutes pièces sur plan.

TEFLON
P. VIENNOT

73, RUE DE LA VALLÉE DU BOIS - CLAMART (SEINE) * TÉL. MIC. 43-25

Simulateur DE PILE ATOMIQUE

ATOMIC PILE SIMULATOR "DJINN"



"DJINN"



DES LABORATOIRES
RENÉ DERVEAUX

QU'IL S'AGISSE DE

- ★ NEUTRONIQUE
- ★ CINÉTIQUE
- ★ CONTRÔLE DE PILE
- ★ ÉLECTRONIQUE
- ★ SERVO-MÉCANISMES
- ★ TABLEAUX DE COMMANDES

tous CES PROBLÈMES
SONT ENTIÈREMENT TRAITÉS PAR
LE SIMULATEUR DE PILE "DJINN"

ALL YOUR PROBLEMS
• ATOMIC PILE CONTROL
• NEUTRONICS • KINETICS
• ELECTRONICS • SERVO-
MECHANISMS • CONTROL-
BOARD... ARE ENTIRELY
DEALED WITH PILE-SIMULATOR
"DJINN"



LABORATOIRES R. DERVEAUX FRANC



$$\operatorname{tg}(\varphi \pm \sigma_r) = \operatorname{tg} \varphi \pm \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

$$\operatorname{tg} \varphi \pm (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \sigma_r = \operatorname{tg} \varphi \pm \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

d'où on tire :

$$\sigma_r = \frac{1}{m \sqrt{N}}$$

En conclusion, les dispersions sur le déphasage et le logarithme du module sont égales et leur valeur commune est :

$$\sigma_{\log m} = \sigma_r = \frac{1}{m \sqrt{N}} = \frac{dm}{m} = d \varphi$$

Dans le calcul des pentes p_m et p_φ par la méthode des moindres carrés, on prendra donc pour poids p_i des mesures la valeur :

$$\sqrt{p_i} = \frac{1}{m_i \sqrt{N_i}}$$

Résultats expérimentaux.

a) Résultats relatifs au module. Nous avons porté sur la figure (7) les points expérimentaux représentant $\log \left| \frac{\delta n}{n} \right|$ en fonction de $x_{0i} = \left(1 + \frac{v \Sigma_c}{2\omega} \right) \sqrt{\omega}$ pour différentes distances z entre la source et le

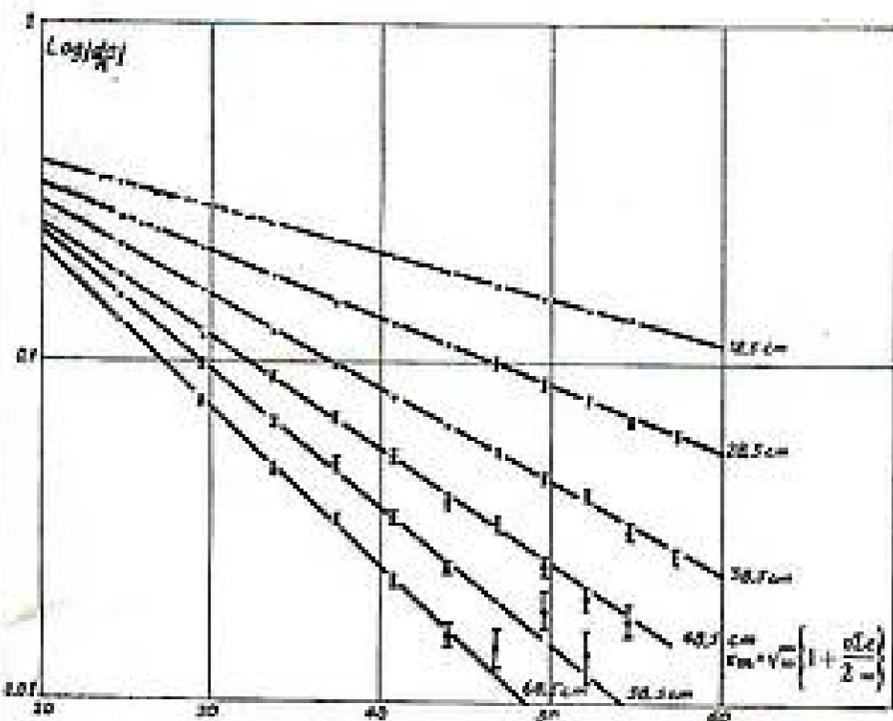


FIG. 7
Module

On a porté les points expérimentaux représentant $\log \left| \frac{\delta n}{n} \right|$ en fonction de $x_{0i} = \sqrt{\omega} \left(1 + \frac{v \Sigma_c}{2\omega} \right)$, on a pris $(v \Sigma_c)^{-1} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ s}$. Les barres d'erreurs sont les écarts standards dus aux fluctuations statistiques du taux de comptage. Les droites tracées pour chaque position z du compteur ont été déterminées par la méthode des moindres carrés en pondérant les points.

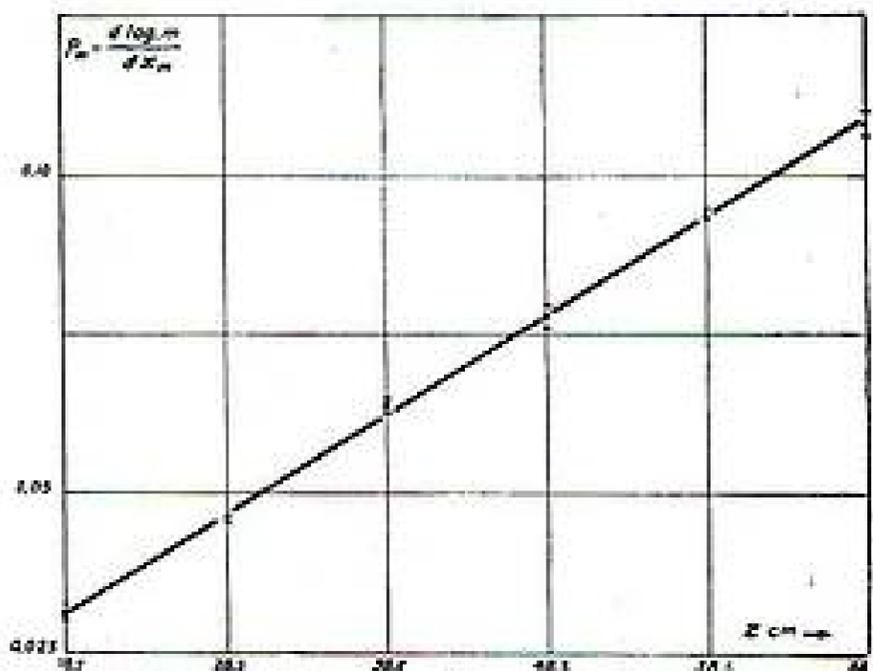


FIG. 8
Module

On a porté la pente des droites de la figure 7 :

$$p_m = \frac{d \log \left| \frac{\delta n}{n} \right|}{d x_m}$$

en fonction de la position z du compteur, les barres d'erreurs ont été déterminées par la méthode des moindres carrés. De la pente de la droite $\frac{dp_m}{dz}$, on déduit la valeur du coefficient de diffusion.

détecteur. Les dispersions indiquées sont les dispersions statistiques ($\sigma_{\log m} = \frac{1}{m \sqrt{N}}$) qui sont prédominantes ici. Les droites représentées sont déterminées par la méthode des moindres carrés. Leurs pentes p_m portées sur la figure (8) en fonction

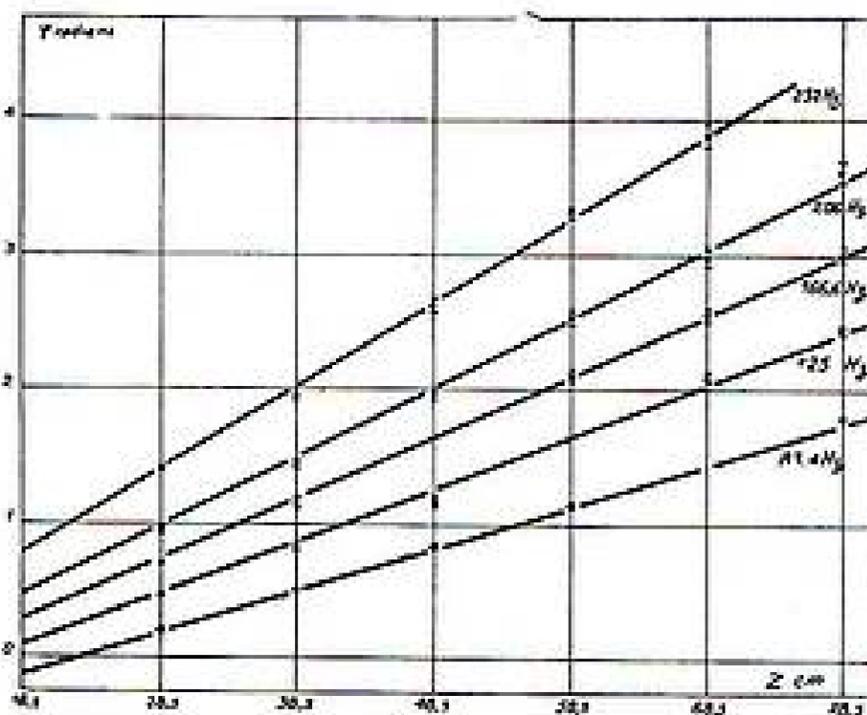


FIG. 9
Phase

On a porté les points expérimentaux représentant le déphasage du faisceau: $\varphi = \operatorname{Arg} \frac{\delta n}{n}$ en fonction de la position z du compteur. Les barres d'erreurs représentent les fluctuations statistiques du taux de comptage, les droites tracées pour chaque fréquence de modulation, ont été déterminées par les moindres carrés sans pondérer les points.

de z , sont alignées sur une droite dont la pente détermine le coefficient de diffusion $D = \frac{\lambda_d v}{3}$.

La température moyenne du graphite était de 20°C et la densité $1,625 \pm 0,003$. En prenant $v = 2,198 \times 1,128.10^8$ cm/s on obtient pour le libre parcours moyen de transport λ_d du graphite rapporté à la densité 1,6 la valeur :

$$\lambda_d = 2,55 \pm 0,09 \text{ cm}$$

Remarquons que la droite donnant p_{01} coupe l'axe des z au point $z_0 = - (13 \pm 5)$ mm et non à l'origine. Ceci semble devoir être attribué au terme dipolaire de la source.

b) Résultats relatifs à la phase.

Les résultats sont représentés sur les figures (9) et (10). Les fluctuations observées sur la phase sont supérieures aux fluctuations statistiques. Ceci pourrait être dû à des fluctuations de la température des neutrons du faisceau, provoquant des variations correspondantes du déphasage en temps de vol (cet effet a moins d'importance dans le cas du module). Des expériences sont en cours pour vérifier cette hypothèse. L'origine des fluctuations supplémentaires étant incertaine les droites de la figure (9) (φ en fonction de z) ont été déterminées par les moindres carrés sans pondérer les points expérimentaux. On obtient ainsi la valeur $\lambda_d = 2,70 \pm 0,18$ cm.

Nous remercions MM. J.D. CHEROT, J.P. FRICHET, J. LACOUR, C. MEUNIER et B. SAUTIEZ qui ont participé à ces mesures.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- [1] LANGSDORF Alexander, Jr., *Bull. Am. Phys. Soc.*, **23**, n° 3, 20 (1948).
- [2] POMERANCE H., and HOOVER J. L., *Phys. Rev.*, **73**, 1265 (1948).
- [3] RAIEVSKI V., YVON J., *Comptes rendus*, **231**, p. 545, (1950).
- [4] ERTAUD A., RAIEVSKI V., BRETON D., *J. Phys. Rad.*, **12**, 784, (1951).
- [5] BRETON D., *L'Onde Electrique*.
- [6] BENTZEN F. L., BRIDGE J., FERMI E., FEYNMAN R. P., DE HOFFMANN F., KERST D. W., KING L. D. P., G. A. YOUNG A. E. C. D. 3051 (1944).
- [7] GILBERT C. W., FERGUSSON G. J., *C.R.P.*, 377, (1948).
- [8] RAIEVSKI V., *comptes rendus*, **237**, p. 1513 (1953).
- [9] RAIEVSKI V., *Note C.E.A.*, n° 73 (1954).
- [10] WEINBERG A. M., SCHWEINLER H. C., *Phys. Rev.* **74**, 851, (1948).
- [11] WEINBERG I. M., A.E.C.D., 3471 (1951).
- [12] VON DARDDEL G., SJOSTRAND N. G., *Phys. Rev.*, **96**, 1245 (1954).
- [13] AUGER P., MUNN A. M., PONTECORVO B., *Com. J. Res.*, **A 25**, p. 143 (1947).
- [14] KASHI, WOODS, *Phys. Rev.*, **90**, p. 564, (1953).
- [15] RAIEVSKI V., HOROWITZ J., *Comptes-rendus*, **238**, p. 1993, (1954).

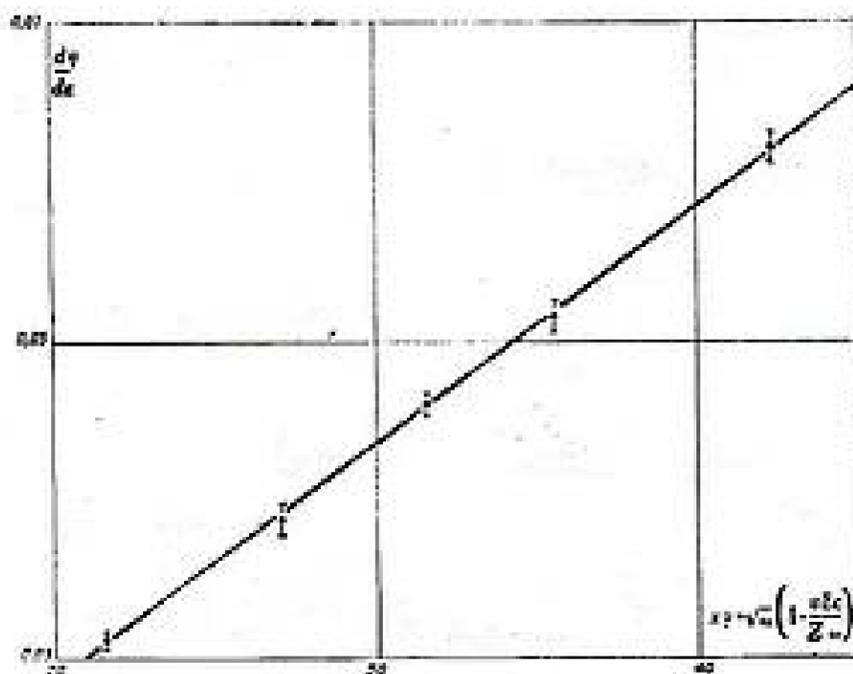


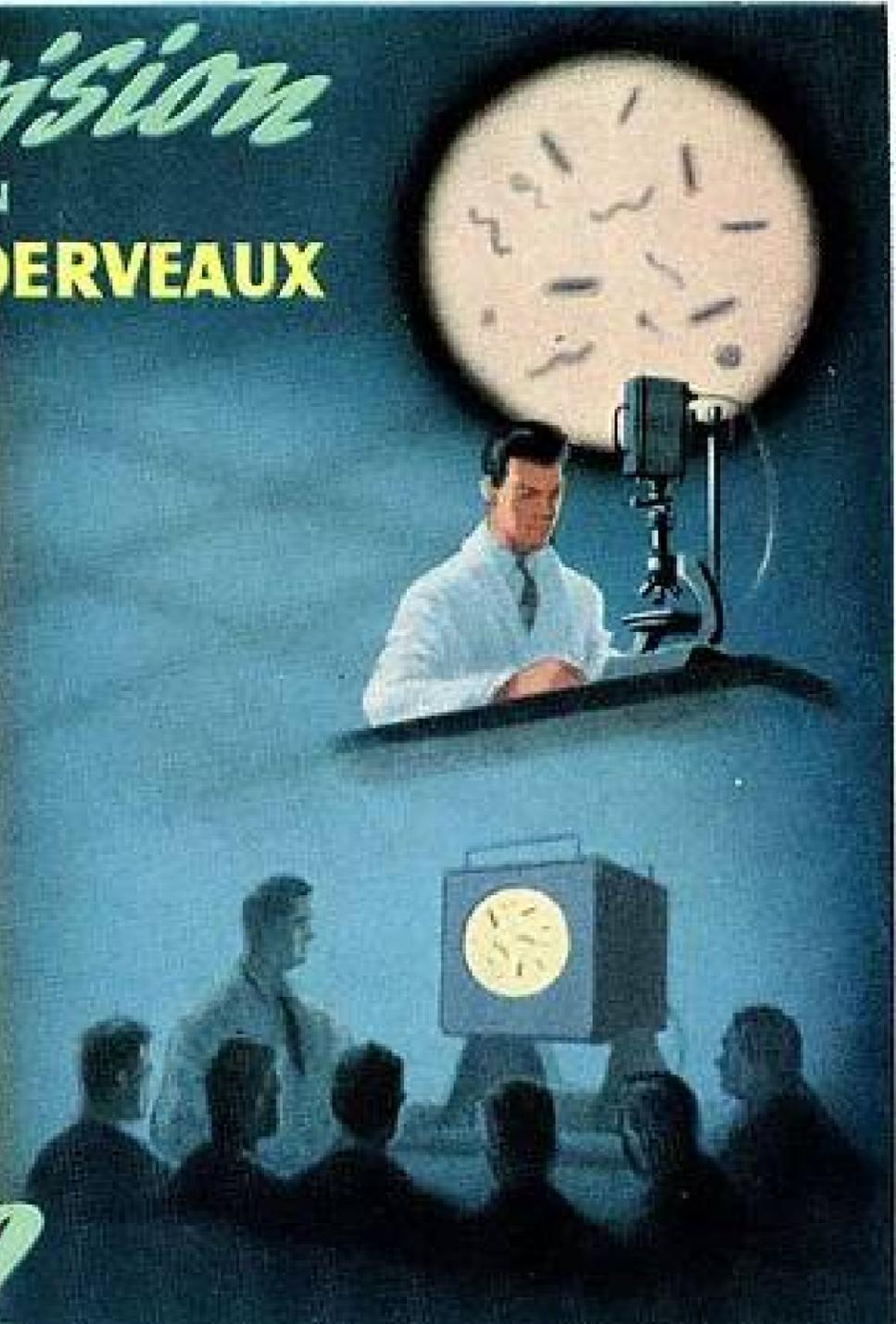
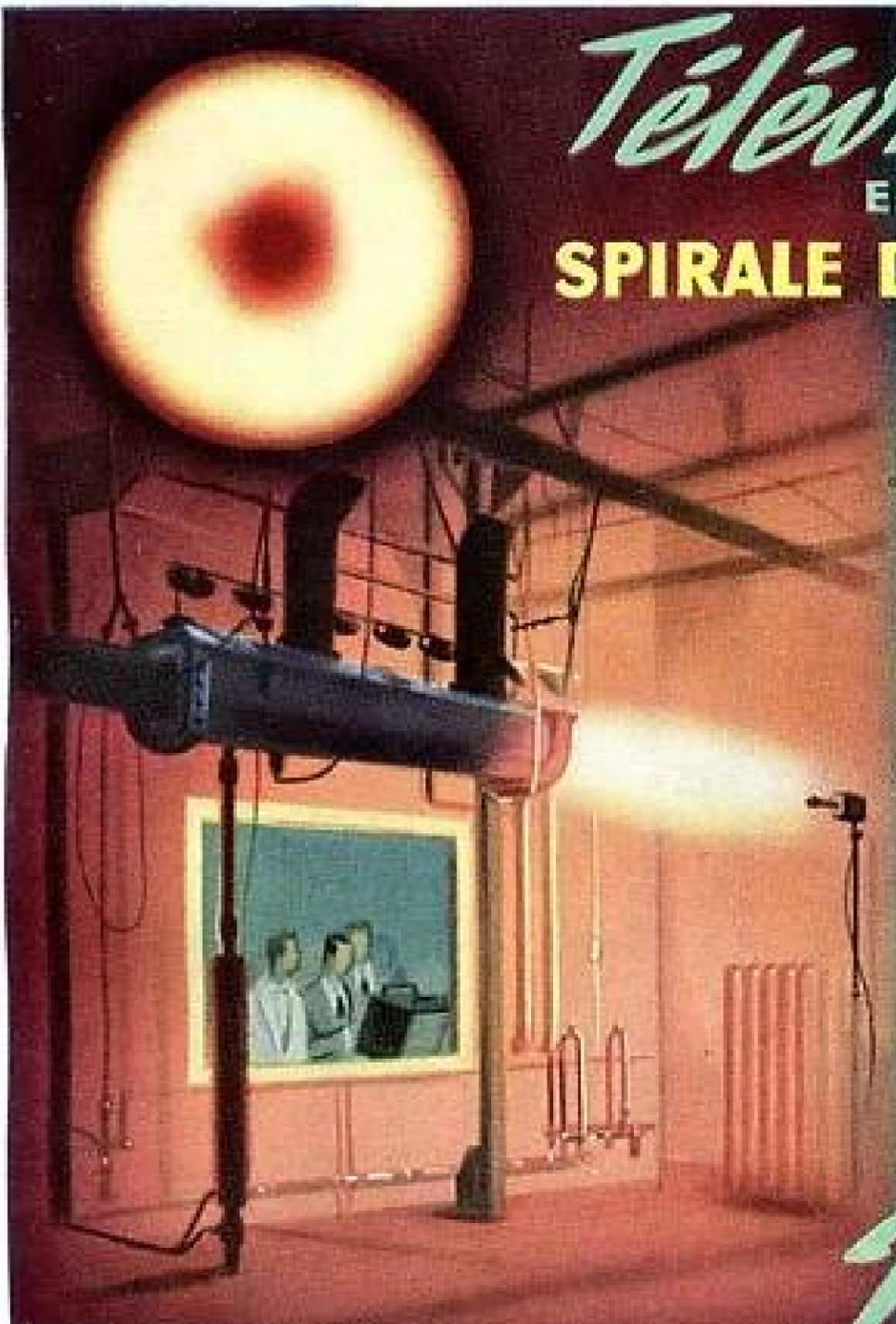
FIG. 10
Phase

On a porté la pente des droites de la figure 9 : $P = \frac{d \text{Arg } \frac{\delta_{10}}{n}}{dz}$ en fonction de $x_p = \sqrt{\omega} \left(1 - \frac{v \Sigma c}{2} \right)$, les barres d'erreurs ont été déterminées par les moindres carrés. De la pente de la droite $\frac{d \text{Arg } \frac{\delta_{10}}{n}}{dx_p}$ on déduit la valeur du coefficient de diffusion.

Télévision

EN

SPIRALE DERVEAUX



2

APPLICATIONS PARMI TANT D'AUTRES

USAGES *industriels*

USAGES *scientifiques*

Contrôle continu d'un réacteur en fonctionnement expérimental

Contrôles aériens, terrestres, sous-marins de phénomènes dangereux: énergie atomique, atmosphères nocives ou explosives - Contrôle à distance des appareils de mesures... dispatching etc. etc...

Image télévisée pour examen collectif d'une préparation au microscope

Retransmission de prises de vues pour collectivités et administrations: médecine - chirurgie, enseignement, démonstrations océanographie etc., etc...



LABORATOIRES
6, RUE JULES SIMON



R. DERVEAUX
BOULOGNE-S-SEINE MOL. 37-00

USINES ET LABORATOIRES: BEZONS - BOULOGNE - PARIS

LES PLUS GRANDES MARQUES AMÉRICAINES

POUR LA PREMIÈRE FOIS

EN *France...*



LABORATORY FOR ELECTRONICS
Compteurs à décades - Oscilloscopes spé-
ciaux pour TV 819 L - Générateurs VHF
Stabilisés - Spectrographes de masse



F. R. MACHINE WORKS INC.
Matériels de Mesures Hyper-
fréquences sur les bandes
S.H.C. W.X.Y.K.U.



R. C. SCIENTIFIC INSTRUMENT Co
Compteurs de Geiger Muller



LAMBDA-PACIFIC ENGINEERING INC.
Relais Hertzien



ELECTRO PULSE INCORPORATED
Générateurs d'impulsions
Lignes à retard



HALLER RAYMOND & BROWN INC.
Appareils de Contrôle
de Radars



STANDARD ELECTRONIC RESEARCH CORP.
Mesures micrométriques industrielles



CLIFTON PRECISION PRODUCTS Co
INC. : Moteurs miniatures
AC-DC pour asservissement
Resolvers, etc...



BRUNO NEW-YORK INDUSTRIES CORP.
Wattmètres U.H.F. - Matériel Loran
Signal generators - Goniomètres
Pig Tailoring



AMERICAN MEASURING INST. CORP.
Radio Sondes



SERVO CORPORATION OF AMERICA
Préamplis - Montage Balomètre
Générateurs d'impulsion 150 Kc à
150 Mc - Pyromètre pour infra-rouge
Servoscopes

AGENCE EXCLUSIVE

RADIO TÉLÉVISION FRANÇAISE

29, RUE D'ARTOIS - PARIS 8^e * TÉL. BALZAC 42-35

Agence Publied.see-Domencech

IL N'EXISTAIT PAS EN FRANCE ...

Voici

GUIDE TECHNIQUE
DE
L'ÉLECTRONIQUE PROFESSIONNELLE

ÉDITION
1956

PUBLICITÉ & ÉDITIONS TECHNIQUES PARIS



l'instrument
DE TRAVAIL JOURNALIER
DE L'INGÉNIEUR
Electronicien

publié pour répondre aux vœux
de l'association

des ingénieurs électroniciens

VÉRITABLE "BUYER'S GUIDE" FRANÇAIS

CE RECUEIL D'ADRESSES

et de catalogues techniques a pour
but de fournir la documentation la
plus complète et la plus concentrée,
la plus précise et la plus détaillée

A L'IMAGE EXACTE

de l'industrie électronique
professionnelle française
ET DES INDUSTRIES ANNEXES
telles qu'elles sont aujourd'hui
et le seront encore demain

* *diffusion* GRATUITE
CONSIDÉRABLE ET CONTRÔLÉE
* *format* PRATIQUE 21x27
* *manipulation*
FACILE A OUVERTURE TOTALE
* *classification* LOGIQUE

LA PREMIÈRE
ÉDITION PARAITRA
EN JANVIER
1956

- * TOUTES LES ADRESSES DE L'ÉLECTRONIQUE PROFESSIONNELLE
- * PLUS DE 1800 RUBRIQUES DANS LA LISTE DES SPÉCIALITÉS
- * TOUTES LES MARQUES UTILISÉES ET DÉPOSÉES
- * UNE PARUTION ANNUELLE CONSTAMMENT A JOUR
- * PRÈS DE 500 PAGES DE CATALOGUES PROFESSIONNELS A CE JOUR

GUIDE TECHNIQUE
DE L'ÉLECTRONIQUE PROFESSIONNELLE

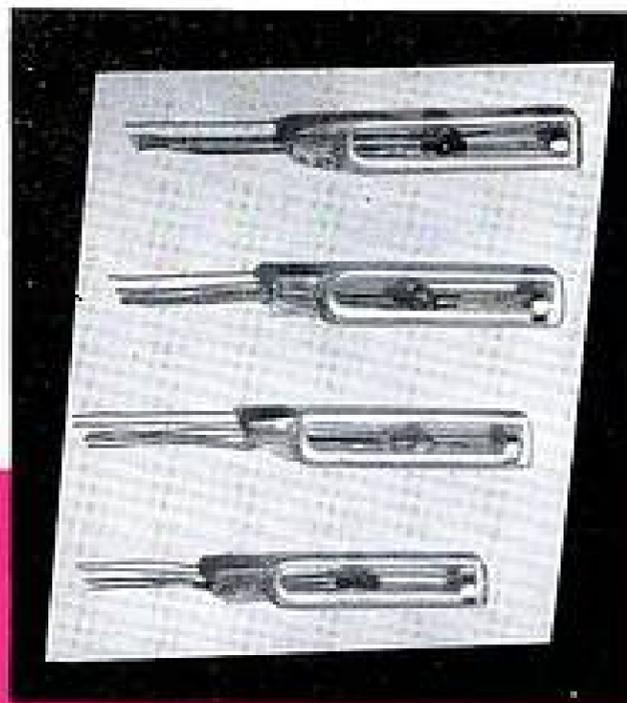
ÉDITEUR - PUBLICITÉ ET ÉDITIONS TECHNIQUES 161, Bd St-GERMAIN - PARIS VI^e LIT. 79-53

SERA EN VENTE CHEZ L'ÉDITEUR ET TOUS LES LIBRAIRES ET ÉDITEURS SPÉCIALISÉS

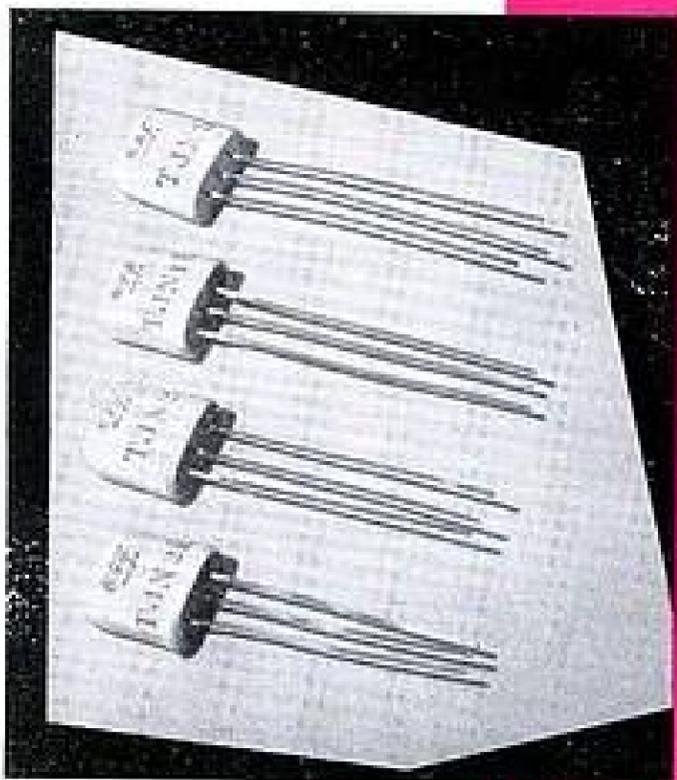
rendement

**Cellules
PHOTO-ELECTRIQUES**

de grande sensibilité, pour
détection d'éclairéments faibles
ou forts.



Cellules PHOTO-ÉLECTRIQUES



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

miniaturisation

Triodes

GERMANIUM

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

Demandez nos notices N°s 383 et 450

PUBL. RAPHY



SÉRIE A

Le modèle standard 10 tours... Le premier potentiomètre hélicoïdal de précision... Toujours le plus populaire. Coussinets filetés.



SÉRIE C

Un modèle 3 tours, combinant un montage de haute précision et laissant beaucoup de place. Montage coussinets filetés.

HELIPOTS MULTI-TOURS
Tous livrables en version linéaire et non linéaire



SÉRIE B

Un modèle 15 tours, large diamètre. Pour extrême précision et résolution. Montage servo ou coussinets.



SÉRIE D

Un modèle 25 tours. Fournit même une plus grande précision que les séries B. Coussinets filetés.



SÉRIE E

Un modèle 40 tours. Bobine extrêmement longue, fournit la plus grande précision et résolution. Montage coussinets filetés.



SÉRIE AN

Un modèle 10 tours ultra précis. Toutes ses parties fabriquées pour répondre aux tolérances les plus serrées. Servo ou coussinets.



SÉRIE CN

Un modèle 3 tours ultra précis. Fournit extrême précision et petit encombrement. Montage servo ou coussinets.



SÉRIE AJ

Un modèle miniature 10 tours. Seulement 0,031 dia. par 0,0381, présente une bobine de 0,457 long. Montage servo ou coussinets.

SPÉCIFICATIONS STANDARD DES SÉRIES SIMPLEMENT LINÉAIRES

SÉRIE	A	AJ	AN	B	C	CN	D	E	G	I	K	Y	Y	Y
Nombre de tours	10	10	10	15	25	3	25	40	5	5	5	5	5	5
Diamètre en	4,5	5,1	4,4	7,7	4,1	4,4	7,7	7,7	2,4	5	7,5	3,4	4,4	4,1
Longueur du corps en	5	3,8	5	7	3,7	3,8	13,4	13,3	2,2	3,4	3,3	0,8	3	3
Dia. de l'arbre en (diamètre)	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
Long. de bobine en (approx.)	114,81	45,73	114,81	21,34	35,34	34,27	114,24	141,24	7,874	12,7	21,042	4,814	11,43	11,4
Resstance mécanique	3.400 ± 0*	3.400 ± 0*	3.400 ± 0*	3.400 ± 0*	1.000 ± 0*	1.000 ± 0*	1.000 ± 0*	11.400 ± 0	300 ± 0**	300 ± 0**	300 ± 0**	300 ± 0**	300 ± 0**	300 ± 0**
Resstance électrique	4 ± 0*	1 ± 0*	1 ± 0*	4 ± 0*	4 ± 0*	1 ± 0*	4 ± 0*	4 ± 0*	150 ± 0*	210 ± 0*	210 ± 0*	100 ± 0*	110 ± 0**	110 ± 0**
Gamme de résistance ohms	10 à 400K	15 à 100K	50 à 400K	40 à 100K	5 à 100K	10 à 100K	40 à 1,0M	100 à 2,0M	10 à 200	10 à 750	10 à 100K	10 à 100K	100 ± 0**	100 ± 0**
Meilleure tolérance résistance ohms (Ω)	± 1 %	± 3 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 1 %	± 2 %	± 1 %	± 1 %
Meilleure tolérance résistance ohms (Ω)	± 0,05 %	± 0,1 %	± 0,05 %	± 0,05 %	± 0,1 %	± 0,05 %	± 0,05 %	± 0,05 %	± 0,1 %	± 0,15 %	± 0,1 %	± 0,2 %	± 0,1 %	± 0,1 %
Watts à 40° C amb. (Ω)	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Poids gr. (approx.)	100,74	31,3	137,54	308,71	70,875	74,57	403	375	16,7	113,4	164,4	17	33 (A)	33
Couple démarrage max. gr. cm	214	11,24	14,7	31,2	20,4	14,7	21,4	28,4	8,1	10,21	17	0,4	17	17
Couple travail max. gr. cm	17	1,47	19,2	32,4	14,7	14,7	28,3	28,3	5	5	4,8	0,4	13,4	100
Traction gr. cm	18	0,1	23	200	7	7,4	170	400	28	14	51	0,11	2,5	2,5
Max. puissance absorbée	28	12	38	80	14	14	40	100	8	31	10	8	13	12
Max. dissipation puissance	20 ± 0*	40 ± 0*	20 ± 0*	40 ± 0*	20 ± 0*	20 ± 0*	40 ± 0*	150 ± 0*	30 ± 0*	30 ± 0*	10 ± 0*	30 ± 0*	10 ± 0*	10 ± 0*
Max. encombrement sur même axe	3	200 ± 0**	2	1	1	2	200 ± 0**	200 ± 0**	8	8	8	3	25	14

* La courbe résistance standard est ± 1 % pour séries Y, ± 3 % pour toutes autres.
* La tolérance standard est ± 0,5 % pour toutes séries.

* La gamme température standard est -55° à +125° C pour séries Y, -55° à +70° C pour séries Y, -55° à +90° C pour toutes autres.
** Les données des maillages peuvent varier des tolérances sans préavis des données relatives sont fournies sur demande.



SÉRIE G

Un modèle à rotation continue à prix modéré. Petite dimension mais extra robuste. Montage coussinets filetés.



SÉRIE T

Un modèle tout métal. Rotation continue. Microfriction. Très petites dimensions. Montage servo ou coussinets.

HELIPOTS UN TOUR
Tous livrables en version linéaire et non linéaire



SÉRIE J

Un modèle d'un dia. de 5 cm. Rotation continue. Brides extérieures pour phasage facile. Servo ou coussinets.



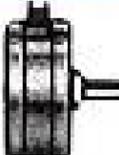
SÉRIE L

Un modèle de 7,6 cm. de dia. rotation continue. Brides extérieures pour phasage facile. Servo ou coussinets.



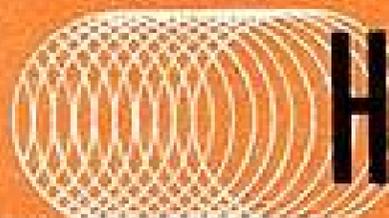
SÉRIE Y

Un modèle d'un dia. de 4 cm. Rotation continue. Brides extérieures pour phasage facile. Servo ou coussinets.



SÉRIE V

Un modèle tout métal. Présente un large choix de sorties non linéaires. Deux trous servo.



Helipot

premier potentiomètre de précision

Représentant et Distributeur pour la France :

MEGEX

105, QUAI BRANLY — Paris-15^e — Tél. SEG. 36-93

Les potentiomètres HELIPOT sont fournis aux ministères français et à toutes les administrations et grandes firmes françaises.

Helipot Corporation / South Pasadena, California
Représentants qualifiés dans les principales villes

Une division de BECKMAN INSTRUMENTS, INC.



TOUS ÉQUIPEMENTS POUR

LIAISONS

Téléphoniques

A

GRANDES DISTANCES...

EQUIPEMENTS
TÉLÉPHONIQUES

Multiplex

PAR

**COURANTS PORTEURS
SUR LIGNE AÉRIENNE**

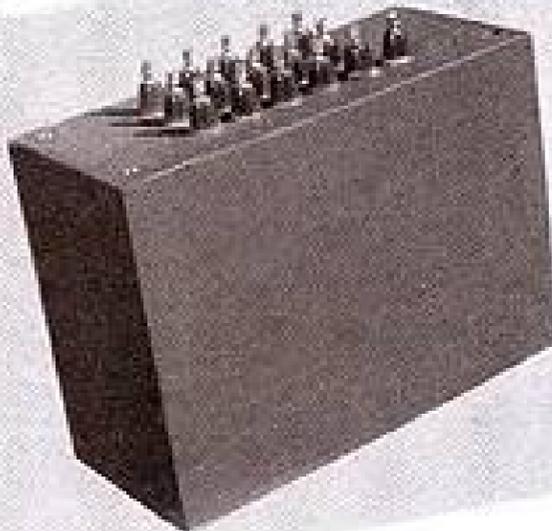
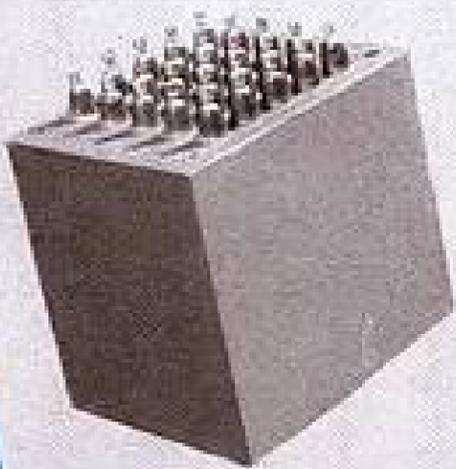
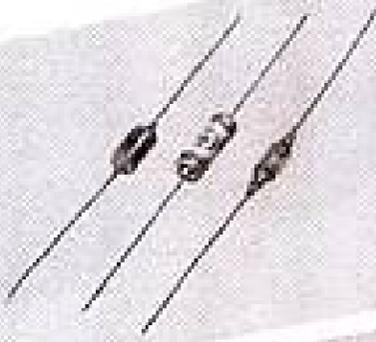
- RÉGULATION AUTOMATI-
QUE avec marge de 72 db
sans répéteur.
- TRÈS GRANDE SENSIBILITÉ
- SYNCHRONISME ABSOLU
- MATÉRIEL TROPICALISÉ
conforme aux spécifications
C.C.I.F.

**COURANTS PORTEURS
SUR CABLE**

- 48 VOIES SUR 2 PAIRES

TRT

EN BOITIERS
ÉTANCHES
ÉLÉMENTS
REDRESSEURS
DE
HAUTE QUALITÉ



SUPER

COMPAGNIE DES FREINS ET SIGNAUX
WESTINGHOUSE
DÉPARTEMENT REDRESSEURS

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

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

EPOLL

**TOUS
MATÉRIELS
Spéciaux**

sur
COMMANDE...

CONCERNANT :

- ★ LA RADIOÉLECTRICITÉ
DU FUSIBLE
à SIGNALISATION
à l'émetteur H.F.
ondes multiples.
- ★ L'AVIATION MILITAIRE
ET CIVILE
- ★ LA MARINE
- ★ LES GRANDES ADMINIS-
TRATIONS

Pièces détachées spéciales pour la
Radio.

Sorties d'antennes d'avions-boîtes
de relais - pupitres de commande.
Antennes spéciales.

- ★ Matériels étanches pour les
mines - Usines métallurgi-
ques et tous locaux humides.
- ★ Hublots en plexiglass, etc.
- ★ Matériels spéciaux pour
l'Énergie atomique, etc.



A. CUSQUEL

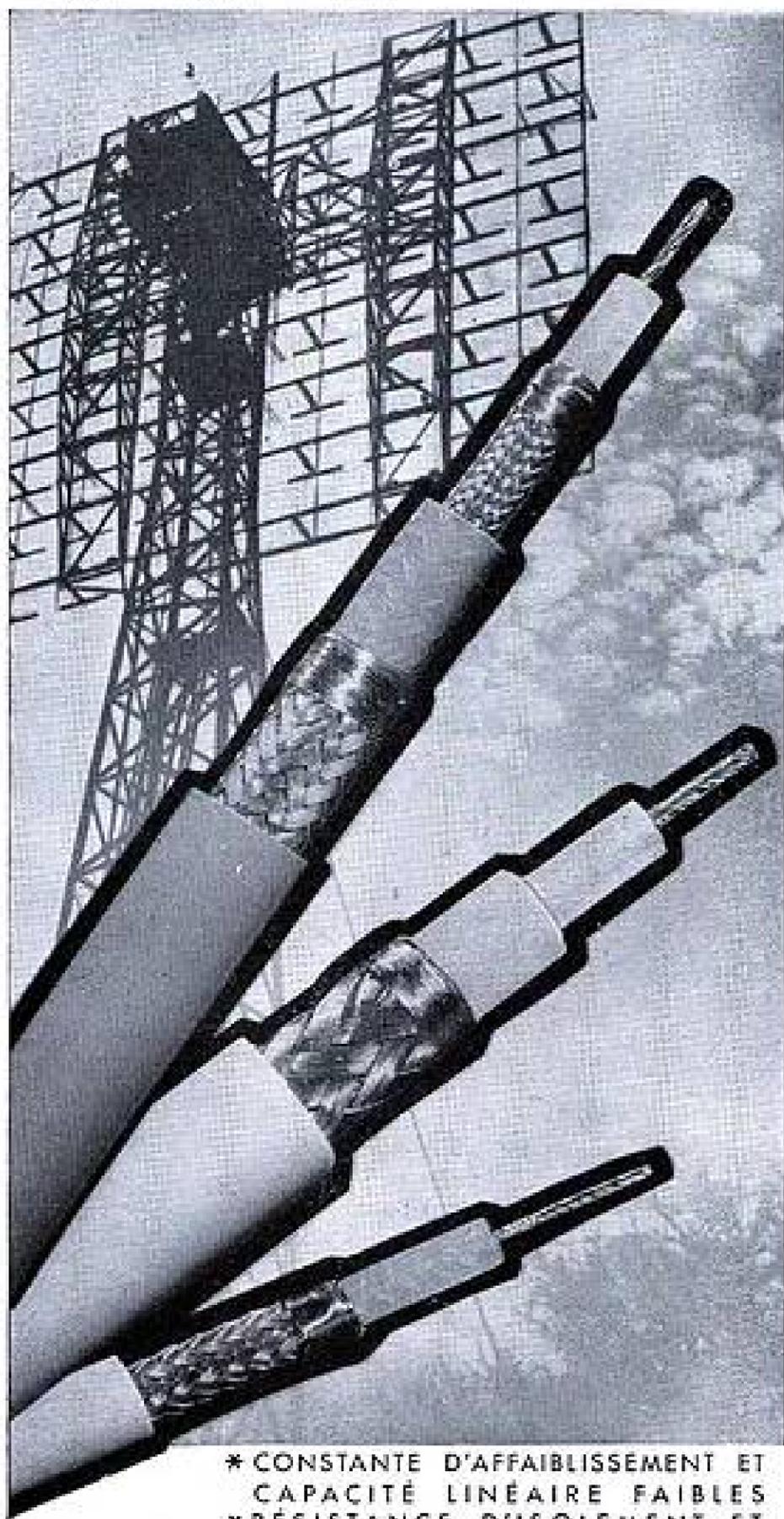
INGÉNIEUR I. C. F.

Maison fondée en 1920

20, RUE POLIVEAU - PARIS (5^e)
TÉLÉPHONE: Gobelins 27-37

câbles coaxiaux

pour HAUTES FRÉQUENCES
TÉLÉVISION
RADAR



* CONSTANCE D'AFFAIBLISSEMENT ET
CAPACITÉ LINÉAIRE FAIBLES
* RÉSISTANCE D'ISOLEMENT ET
RIGIDITÉ DIELECTRIQUE ÉLEVÉES
CÂBLES CONFORMES A LA SPÉCIFICATION
UNIFIÉE C.C.T.U. n° 55

NOTICE SUR
DEMANDE

COMPAGNIE FRANÇAISE
THOMSON-HOUSTON

Dpt. " FILS et CÂBLES ", 78 à 82, Av. SIMON-BOLIVAR (19^e) - BOL. 90-60

UN GÉNÉRATEUR
sans égal

DANS LE DOMAINE DE LA B.F.



LE GÉNÉRATEUR

CRC

GB 110

RÉPOND PARFAITEMENT
A TOUS LES BESOINS

Le Générateur GB 110 est le seul appareil réunissant les 4 avantages suivants :

- **Bande de fréquence étendue** : 20 — 200.000 Hz.
- **Puissance de sortie élevée** : 6 W.
- **Très grande stabilité.**
- **Loi de variation et de fréquence agréable et commode.**

Il présente en outre de multiples avantages complémentaires :

- Distorsion harmonique très réduite : $< 1\%$ pour 2 W à 1 k Hz.
- 2 verniers de fréquence : ± 100 et ± 1.000 Hz utilisables simultanément.
- Atténuateur symétrique incorporé.
- Impédance de sortie adaptée sur 600 — 200 — 50 Ω
- Impédance supplémentaire de sortie : 5 Ω
- Résistance de fermeture incorporée.
- Possibilité d'employer séparément Générateur ou Amplificateur.
- Voltmètre de sortie.

★ NOTICE
TECHNIQUE
SUR DEMANDE

AJAX N° III 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

Sécurité
TOTALE

Contre toute fausse manoeuvre...



METRIX

Agence Publi-sec-Dimanch



CONTROLEUR 460 DE POCHE

- TENSIONS : 3 - 7,5 - 30 - 75 - 300 - 750 Volts alternatif et continu.
- INTENSITÉS : 150 μ A - 1,5 - 15 - 75 - 150 mA - 1,5 A (15 A avec shunt complémentaire) alternatif et continu.
- RÉSISTANCES : 0 à 20 k Ω et 0 à 2 M Ω .

type
430
MULTIMÈTRE
International

- * **PROTECTION AUTOMATIQUE**
contre toutes surcharges ou fausses manoeuvres.
(Breveté tous pays).
- * **TRÈS GRANDE SENSIBILITÉ**
20.000 Ω PAR VOLT alternatif et continu
- * **29 CALIBRES**
3 à 5.000 V. alt. et continu
50 μ A à 10 A 0-20 M Ω
- * **HAUTE PRÉCISION**
Tolérances conformes aux normes U.T.E.
e.c. : 1,5 % — e.c. : 2,5 %
- * **PRIX**
sans concurrence.



ANNECY FRANCE



COMPAGNIE GÉNÉRALE DE MÉTROLOGIE



GENERATEUR 931



LAMPÈMÈTRE 310



LAMPÈMÈTRE 1061



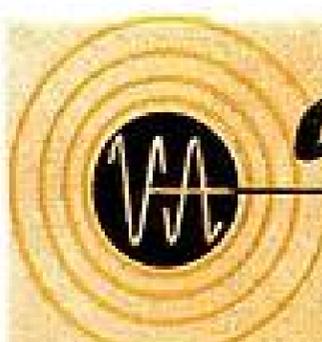
POINT DE MESURE 615



GENERATEUR 81810

LEADER DE LA MÉTROLOGIE INTERNATIONALE

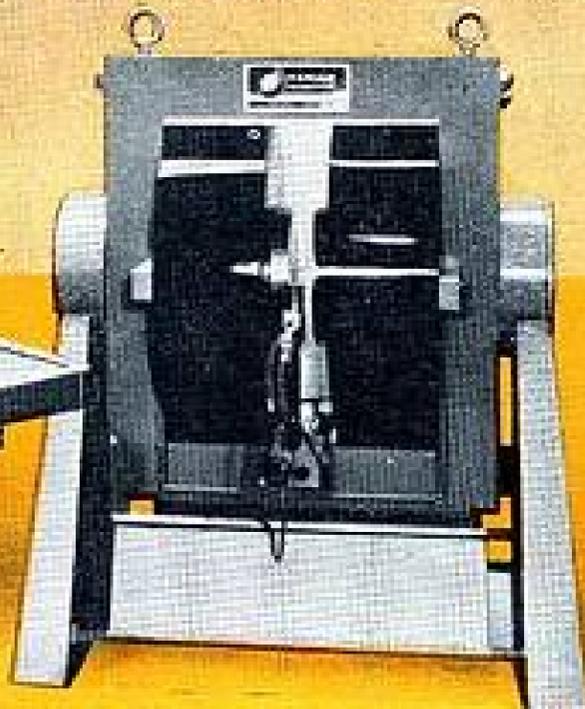
AGENTS : PARIS, 16, Rue Fontaine (9^e) Tél 01-34 • CAEN, A. Lecoq, 66, Rue Basseville • CSE, B. Rue du Bourlier Maes, Tel 481-68 • LYON, B. Cours Lafayette, Tel. Monrey, 57-63 • MARSEILLE, 3, Rue Nive 103, Tel. Garibaldi 32-54 • MONTPELLIER, M. Alonso, 33, Cité Industrielle • NANTES, Fougère, 10, Avenue Duquesne • NICE, Frégère, 8, Rue du Lycée • STRASBOURG, 13, Place des Halles, Tel. 33-48-32 • TOULOUSE, 10, Rue Alexandre Cabanis, Tel. CA 35-84 • ALGER, M. Roules, 13, Rue de Rovigo • TUNIS, Timor, 11, Rue Al Djaria • ARGENTINE - MERLAND S.A. BUENOS AIRES • ANGLETERRE - Solomon, PHARMAS BIRTON • BELGIQUE - Drey, BRUXELLES 1050 - Saxe, SAO-PAULO • CANADA - G. P. L. Inc. MONTREAL • ÉGYPTE - I. D. PATEL, LE CAIRE • ESPAGNE - Geco Electric, BARCELONE • FINLANDE - O. T. Nyberg, HELSINGFORS • GRÈCE - K. Korayanni & Co, ATHÈNES • ITALIE - U. de Saraceno, MILAN • LIBAN - Rami E. Kahol, BEYROUTH • MEXIQUE - T. A. Teixerier, MEXICO • NORVÈGE - F. Umhoven, OSLO • NOUVELLE-ZÉLANDE - Fred. Rasmussen & Son, LOWER HUTT • PORTUGAL - Rêgo S&C, LISBOINE • SUÈDE - A. B. Fehrnsted, STOCKHOLM • SUISSE - Ed. Brevet, DÜRICH • TURQUIE - Redya Servis, ISTANBUL • SYRIE - Safone & Co, DAMAS • U.S.A. - M. E. Gerry & Co., PHILADELPHIE



Spectromètre

VARIAN associates

PALO ALTO, CALIFORNIA



Agence Publiedres-Darmstadt

LE SPECTROMÈTRE R.M.N.

(Résonance magnétique nucléaire)

A HAUTE RÉOLUTION, modèle V-4300 B,

à fréquence de fonctionnement de 40 Mc/s, est prévu pour

l'analyse rapide non destructive des liaisons chimiques. Cet instrument essentiel de recherche permet l'identification et la mesure des composants ainsi que la détermination des formules de structure. Dans le spectroscope R.M.N. à haute résolution, l'échantillon est examiné à l'état liquide, y compris les mélanges solubles et les gaz liquéfiés. Le procédé est applicable en particulier à des noyaux H¹, F¹⁹, P³¹ et B¹¹. La fréquence utilisée pour l'étude de H¹ et de F¹⁹ est de 40 Mc/s.

Le Spectromètre R.M.N. à fréquence variable de 2 à 16 Mc/s (variations nécessaires pour l'analyse quantitative et les mesures de T₁), Modèle V-4200, trouve des applications multiples dans les travaux de recherche et permet notamment l'identification et la mesure des isotopes, la détermination du rapport d'isotopes, le temps de relaxation (T₁ et T₂) dans les solides, les liquides et les gaz, la détermination de l'influence des champs électriques et magnétiques internes sur les noyaux, les mesures précises des rapports gyromagnétiques, etc...

ÉLECTROAIMANTS DE LABORATOIRE :

à pièces polaires de 10 cm, entrefer réglable

à pièces polaires de 15 et 30 cm, entrefer fixe

(des pièces polaires de forme et d'épaisseur diverses peuvent être fournies sur demande).

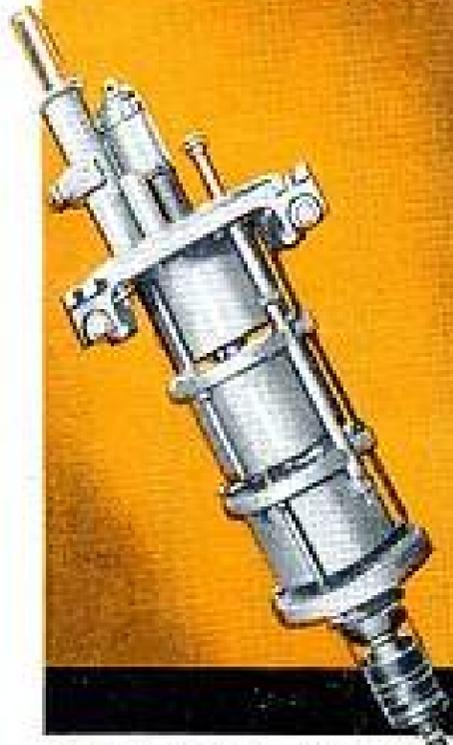
Ensembles orientables sur tourillons. Contrôle de la température interne par thermocouple.

ALIMENTATIONS POUR ÉLECTROAIMANTS réglées à 1'1.000.000°.



Klystrons AMPLIFICATEURS POUR L'APPORT D'ÉNERGIE DANS LES ACCÉLÉRATEURS LINÉAIRES ET POUR LES ÉMETTEURS UHF.

Types	Gamme Fréquence	Puissance	
VA-87 B	2700-2800	2 Megawatts pulsés	Ces amplificateurs partent d'une puissance de 20 W. délivrée par le tube à onde progressive VA-121.
VA-87 C	2800-2900	" "	
VA-121	" "	20 W.	Ces tubes de construction robuste ont un gain de plus de 50 db., ne nécessitent pas d'amplificateurs intermédiaires et ont une durée de vie de l'ordre de 10.000 heures.
VA-800 A	1700-1930	10 Kw entretenues pures	
VA-800 B	1930-2160	" " "	
VA-800 C	2160-2400	" " "	
VA-802 A	1700-1930	1 Kw entretenues pures	
VA-802 B	1930-2160	" " "	
VA-802 C	2160-2400	" " "	
VA-802 D	2450-2750	" " "	
VA-803 B	3700-4200	" " "	
VA-804 B	4400-5000	" " "	
VA-805 B	5925-6425	" " "	
VA-805 D	6575-6875	" " "	



ROCKE INTERNATIONAL



BUREAU DE LIAISON

113, RUE DE L'UNIVERSITE, PARIS-7°

TEL. : INV. 99-20

Kodak

au service de la
recherche nucléaire



FILMS OPTIQUES ET BANDES MAGNÉTIQUES

*Conformes aux recommandations du C. C. I. R.
pour Radiodiffusions, Télévisions, Procédés divers des Sons
et des Informations. Tous formats classiques 6,35 - 16
17,5 - 35 mm (autres formats sur demande)*

SURFACES SENSIBLES SPÉCIALES

*pour Rayons X, Rayons Gamma et toutes les
études nucléaires*

Photocopie de Documents

*par les Procédés RECORDAK, KODAGRAPH,
MICROFILE, STATFILE, PHOTOSTAT.*

KODAK-PATHÉ

*Service Film Magnétique
Service Radiographique et Scientifique
37, Avenue Montaigne, Paris 8^e
Tél. BAL. 26-30*

*Département Recordak-Photostat
37, Rue Danielle-Casanova
Paris 1^{er} - OPÉ. 85-70*



◀ **COMPTEUR ELECTRONIQUE A DECADE H.P. 524 B** avec ses châssis amovibles, répondant à chacun de vos besoins particuliers.



H.P. 525 B
Convertisseur de fréquence



H.P. 526 A
Amplificateur vidéo

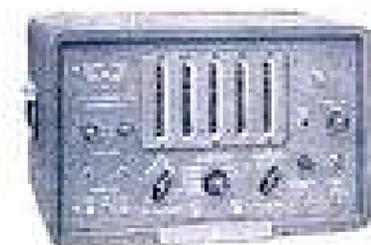


H.P. 526 B
Metteur d'intervalles

COMPTEUR ELECTRONIQUE A DÉCADE H.P. 524 B avec convertisseur de fréquence H.P. 525 A

Les fréquences de 10 c/s à 220 Mc/s, les intervalles de temps de 1 μ sec. à 100 jours et les périodes de 0 c/s à 10 kc/s, sont mesurables instantanément, directement et automatiquement par le compteur à décades H.P. 524 B et ses châssis amovibles à échange instantané. Vous ne commandez que l'appareil dont vous avez besoin immédiatement. Il vous sera possible d'acquérir par la suite les châssis amovibles qui vous permettront d'étendre les possibilités de l'appareil.

Appareil	Utilisation	Gamme de fréquence	Caractéristiques
Compteur électronique H.P. 524 B.	Large bande de fréquences et de périodes mesurables.	De 10 c/s à 10 Mc/s.	Sans châssis amovibles mesure des fréquences de 10 c/s à 10 Mc/s et périodes de 0 c/s à 10 kc/s, entrée minimum 1 V, eff.
Convertisseur de fréquence H.P. 525 A.	Élargit la gamme de du H.P. 524 B jusqu'à 100 Mc.	De 10 c/s à 100 Mc/s.	10 mV, eff. d'entrée 0,1 V de 10 c/s à 10 Mc/s.
Convertisseur de fréquence H.P. 525 B.	Élargit la gamme de fréquences mesurables du H.P. 524 B jusqu'à 220 Mc/s.	De 100 à 220 Mc/s.	Entrée minimum 0,1 V effectifs.
Ampli vidéo H.P. 526 A.	Augmente la sensibilité du H.P. 524 B.	De 10 c/s à 10 Mc/s.	Entrée minimum approx. 10 mV.
Metteur d'intervalles de temps H.P. 526 B.	Utilisé avec le H.P. 524 B permet la mesure des intervalles de temps.	Gamme de 1 μ /sec. à 100 jours.	Canaux de déclenchement séparés. Réglables pour des tensions de déclenchement de -192 à + 192 V.



COMPTEUR ELECTRONIQUE A DECADE H.P. 523 B.

Compact, de prix modéré, d'utilisation très souple, permettant la mesure des fréquences, périodes ou temps. Gamme couverte : de 0,00001 c/s à 100 kc/s. Lecture directe en c/s, kc/s, secondes ou millisecondes. Retour des compteurs à zéro, automatique. Répétition automatique. Stabilité de la base de temps 5/1 000 000 par semaine ou mieux. Durée d'affichage variable. Aisément utilisable par personnel non spécialisé.

TACHYMETRE OPTIQUE H.P. 504 A.

Source de lumière et capteur photoélectrique souple et léger permettant la mesure de vitesses de rotation de 300 à 300 000 t/min. Idéal pour utilisation sur pièces en mouvement ne possédant qu'une faible énergie ou ne pouvant être accouplées mécaniquement à un système tachymétrique. Tension de sortie : au moins 1 V eff. entre 300 et 100 000 t/min. dans une charge de 1 Még. ou plus. Lampe émettrice : 6 V, 21 Candéla.

Tube photoélectrique récepteur : 1 P 41.



LES APPAREILS DE MESURES

HEWLETT PACKARD

assurent

RAPIDITÉ et PRÉCISION



GENERATEUR TACHYMETRIQUE H.P. 508 A/B.

Utilisé conjointement avec un compteur à décade ou un fréquencemètre, permet la lecture directe de la vitesse de rotation d'un arbre en tours/minute, de 15 à 40 000 t/m.

La tension délivrée par l'appareil est proportionnelle à la vitesse de rotation, d'une façon linéaire jusqu'à 5 000 tours/minute. Le type H.P. 508/A délivre une fréquence de 60 cycles par tour de l'arbre, qui, appliquée à un appareil étalonné en c/s permet la lecture directe en tour par minute. (Le type H.P. 508/B est identique au type 508/A, mais délivre une fréquence de 100 cycles par tour.)

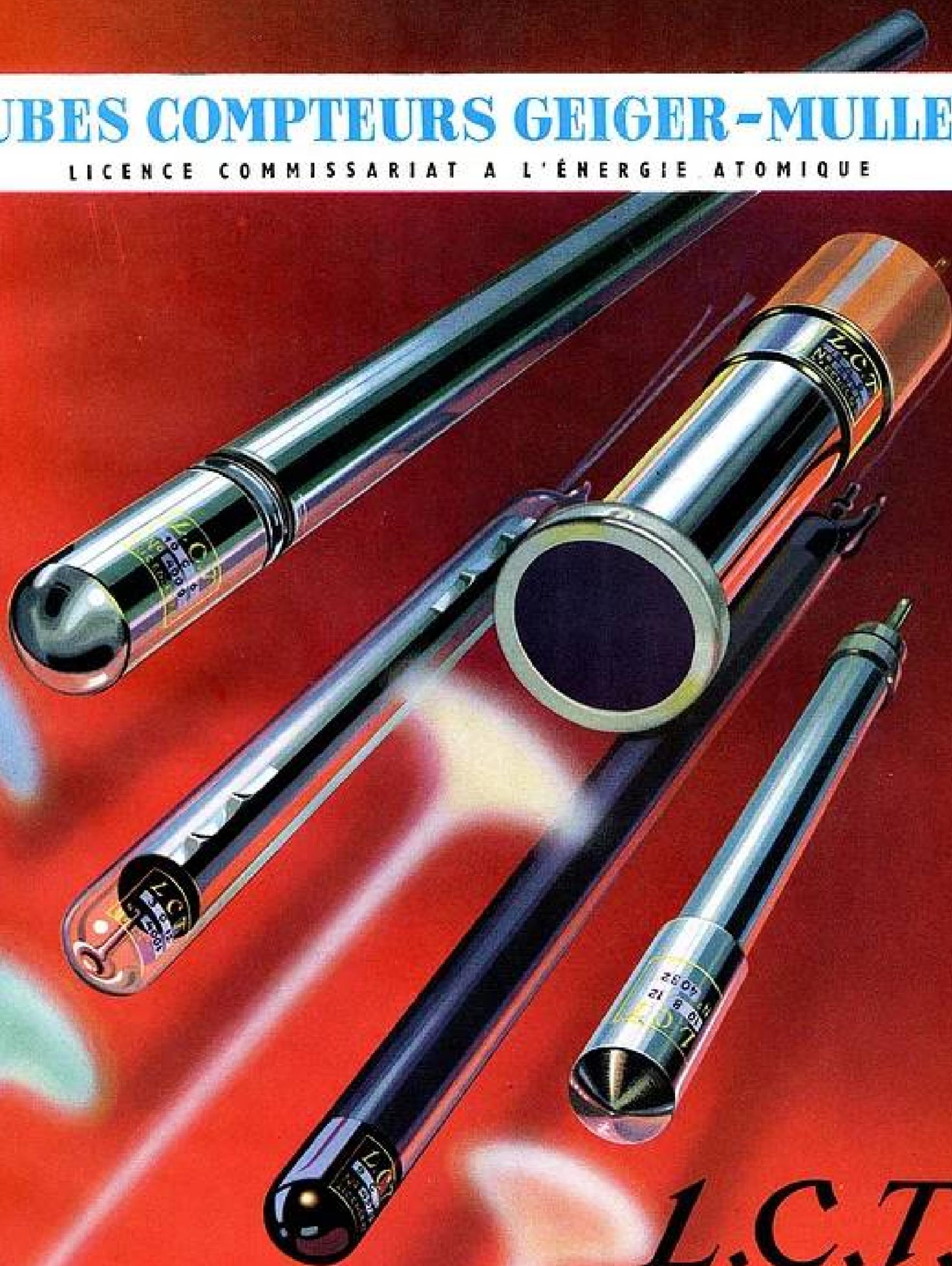
DISTRIBUTEUR EXCLUSIF FRANCE ET U.F.

RADIO-EQUIPEMENTS

65, r. de Richelieu
PARIS-2^e
Tél. : RIC. 49-88

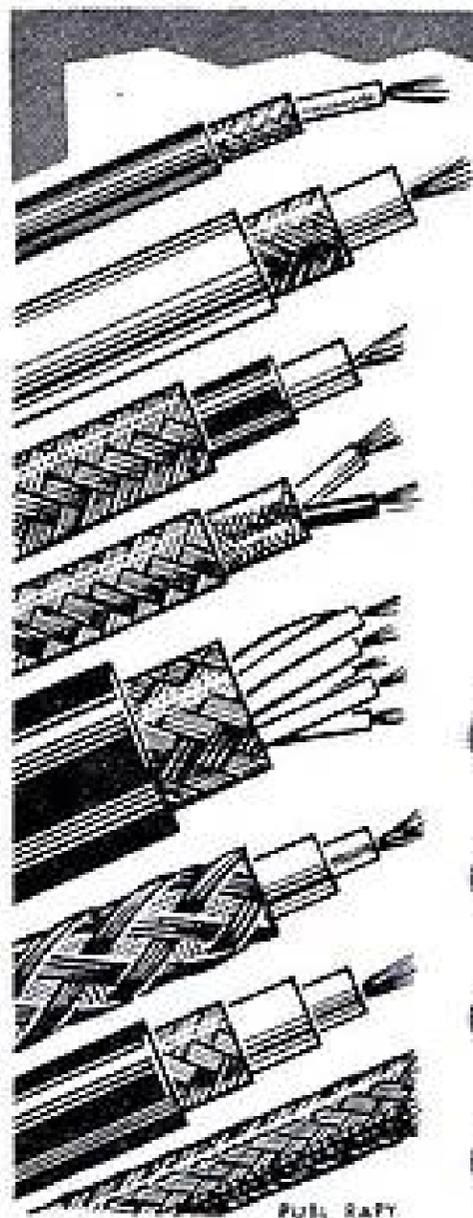
TUBES COMPTEURS GEIGER-MULLER

LICENCE COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE



L.C.T.

Laboratoire Central de Télécommunications 46, AVENUE DE BRETEUIL, PARIS (VII^e)



PUBL. RAFT

TOUS FILS ET CABLES *spéciaux*

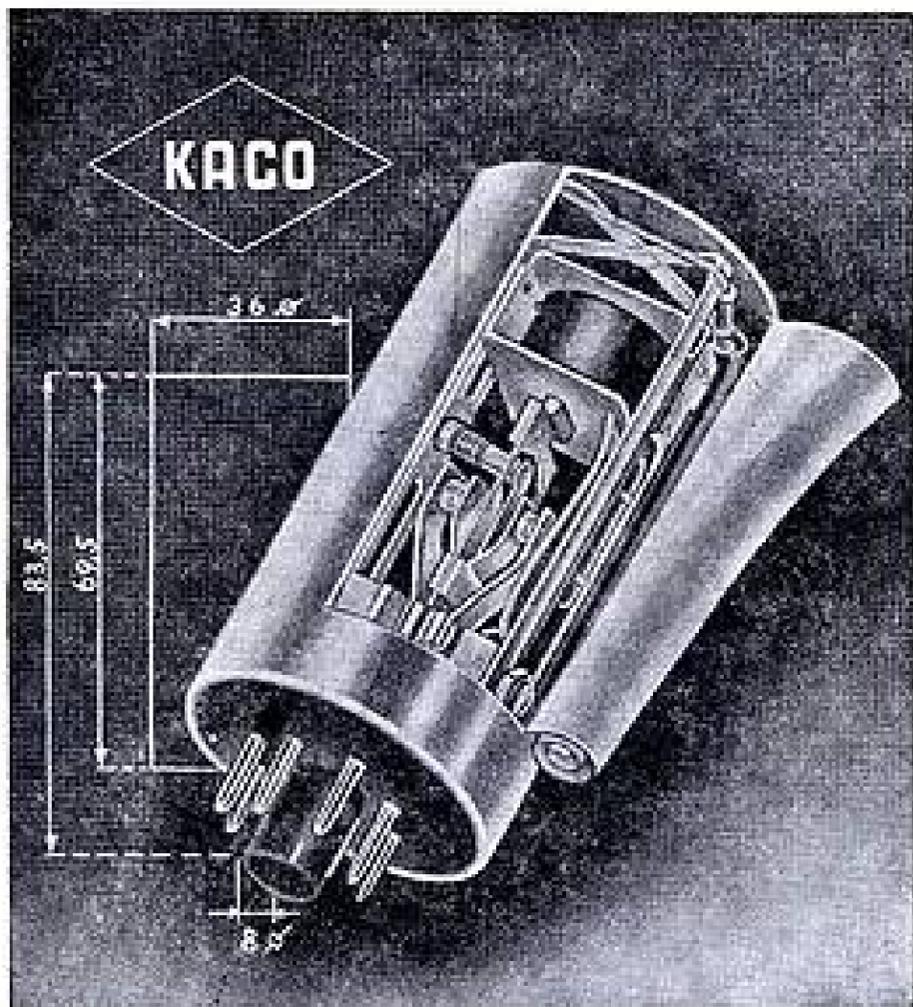
pour

- **Électronique**
- **Aviation**
- **Marine**
- **Électricité**

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

FILOTEX

S.A.R.L. au capital de 50 millions
140-148, r. Eugène Delacroix, DRAVEIL (S.-& O.)
Téléphone : BELLE-Épine 55-87 +



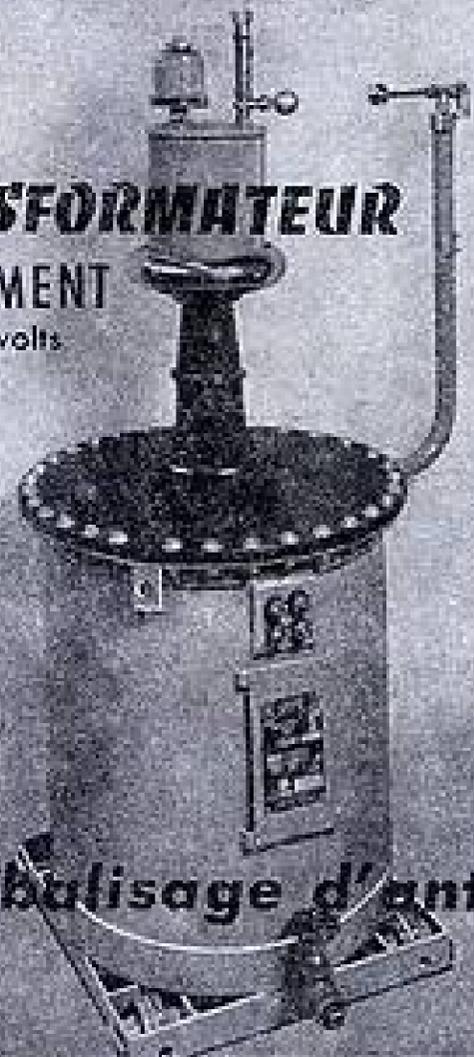
KACO
Le meilleur **Vibreux** en Europe
fabriqué par
KUPFER ASBEST Co
Rendement et Précision inégalés
Sécurité absolue

Distribué par: **A. IAHNICHEN & Co**
27, rue de Turin, PARIS-8^e - EUR. 59-09

SFME

PANTIN

**TRANSFORMATEUR
d'ISOLEMENT**
120.000 volts



pour balisage d'antenne

62, RUE DENIS-PAPIN * Tél. NORD. 47-62

VILLAUME (S.F.M.E. - P.)

NOUVELLES POSSIBILITÉS DE MESURES



Le **MULTIMESUREUR UNIVERSEL** mesure : tensions faibles intensités, résistances, capacités, perte de charge, faibles variations de tension, Isolements pH, RH. Opère des intégrations.

avec

le nouveau montage électronique
« Convertisseur d'impédance »

LEMOUZY

Btè S.G.D.G.
France et étranger



L'**ISO. R. METRE** permet la mesure de résistances même à caractère « capacitif » depuis 10^9 à 10^{15} . Mesure également le Pico-ampère.

CARACTERISTIQUES DE BASE DU MONTAGE

Résistance d'entrée en voltmètre 10^{11} . Résistance d'entrée en micro-ampère nulle. Résistance de sortie nulle. Dérive du zéro 1,5 % par 24 h.

Courant grille 10^{-13} ampère. Puissance en sortie 0 à 20 milliwatts. Précision 1,25 à 2 % de la pleine déviation. Robustesse à toute épreuve.

Ce montage permet en principe la mesure de tous phénomènes d'ampleur suffisante qu'il est possible de traduire en quantités électriques.

QUELQUES POSSIBILITÉS DE MESURES

Tensions du millivolt à 50 kilovolts.
Intensités depuis 10^{-12} ampères à 1 ampère.
Résistances depuis $0,1 \Omega$ à $10^{16} \Omega$.
Capacités depuis 100 pF à des milliers de MFD.
S. d. q. 300.000 signaux sec. pendant 60 minutes.

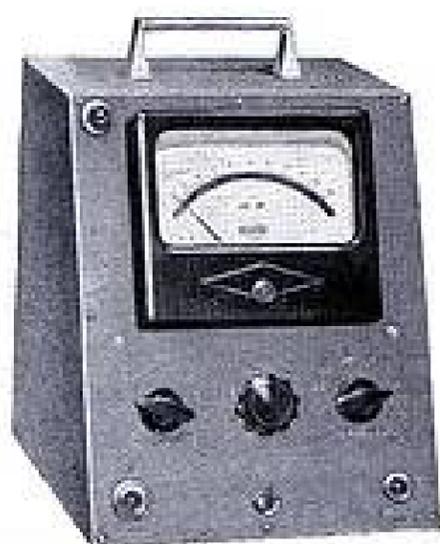
Tensions statiques depuis 50 millivolts.
Hautes tensions jusqu'à 50 kilovolts.
Tensions de crête depuis 15 V à 50 kilovolts.
Variations de tension 50 mV sur 1.000 V.
Perte de charge 50 mV sur 500 V.

Mesure également le pH et le rH, etc.

DOCUMENTATIONS ET DEMONSTRATIONS SUR DEMANDE

QUELQUES UTILISATEURS DU MULTIMESUREUR :

Centre Atomique (6 app.), Ecole Supérieure des P. T. T. (4 app.), C. N. R. S., O. N. E. R. A., C. N. E. T., E. D. F., G. D. F., R. D. F., L. P. A., S. F. R., C. S. F., S. A. D. I. R., C. D. C., S. A. T., L. C. R., L. C. C., L. T. T., S. W., S. E. A., I. B. M., Laboratoire National d'Electricité, Ecole Centrale des Arts & Manufactures, Institut de Physique du Globe, Office d'Enseignement Technique, Universités de BORDEAUX, NANCY, Sorbonne, Faculté de Pharmacie, Préfecture de la Seine, Centre de Recherches Balistiques de VERNON, Expériences techniques de BOURGES, Office de Recherches de BELLEVUE, Institut National d'Optique, Ecole des Mines, Laboratoire de Piézo-Electricité, Ministères Guerre, Marine, Aviation, **RADIOTECHNIQUE**, **MINIWATT**, **PHILIPS**, **MICHELIN**, **PEUGEOT**, **SAINT-GOBAIN**, Régie Nationale, **SIDELOR**, Cie Française de Raffinage, Teinturerie **VITFX**, Filatures d'ERSTEIN, Laboratoires **ASPRO**, Condensateurs **PY**, etc., etc.

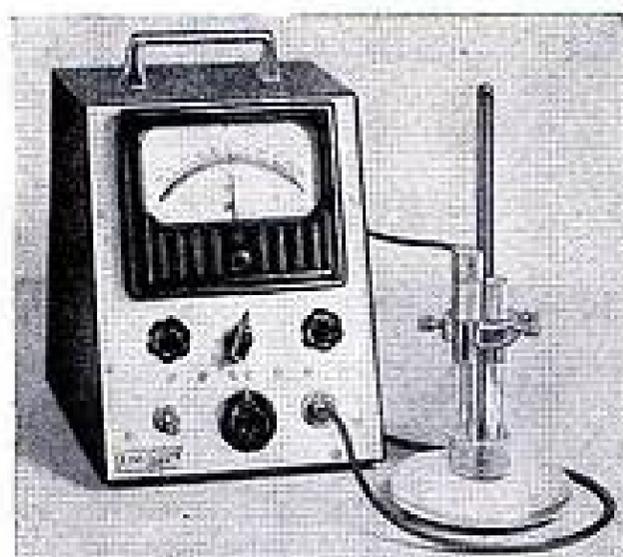


MILLI-MICRO

0,001 micro-ampère à 1 ampère.
Précision 2 %.
Résistance d'entrée nulle en μA .
 $R = 200$ ohms sur cal. 1 mA.

LEMOUZY.

Maison fondée en 1915.
Société à responsabilité limitée.
Capital : 10 millions
Usines et bureaux :
63, rue de Charenton - PARIS.
Tél. : DIDEROT 07-74.
Métro : Bastille.

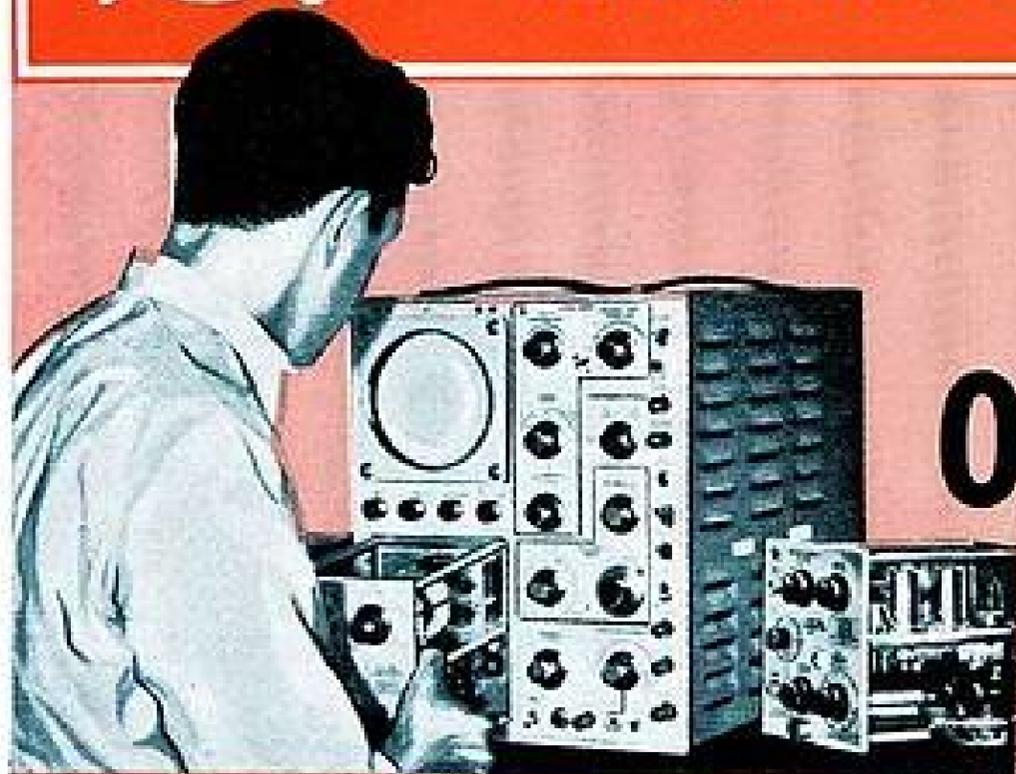


P.H. METRES

d'atelier : précision 0,1 pH
de contrôle : précision 0,03 pH.
de laboratoire : précision 0,01 pH.



Tektronix = Performances inégalées
 PORTLAND, OREGON (U.S.A.)



OSCILLOSCOPES

avec
préamplificateurs interchangeables

OSCILLOSCOPES A TIROIRS PRÉAMPLIFICATEURS INTERCHANGEABLES

TYPE	VITESSE DE BALAYAGE	AMPLIFICATEUR pour BALAYAGE de provenance externe		TUBE CATHODIQUE Type	Potentiel accélérateur	TIROIRS PRÉAMPLIFICATEURS ACTUELLEMENT UTILISABLES	
		Bande	Sensibilité				
531	0.02 mic/sec/cm à 12 sec/cm	DC à 240 Kc	0.2 v/cm à 20 v/cm	T 51 P2A	10 KV	53 A, B, C, G	53/54 D, E, K
535	d°	d°	d°	d°	d°	53 A, B, C, G	53/54 D, E, K
			Ligne à retard variable de 1 microseconde à 0.1 seconde				
541	0.02 mic/sec/cm à 12 sec/cm	DC à 240 Kc	0.2 v/cm à 20 v/cm	T 54 P2	10 KV	Les TYPES 53/54 A, B, C sont en préparation	53/54 D, E, K
545	d°	d°	d°	d°	d°		53/54 D, E, K
			Ligne à retard variable de 1 microseconde à 0.1 seconde				
532	0.2 mic/sec/cm à 12 sec/cm	DC à 240 Kc	0.2 v/cm à 20 v/cm	T 52 P2	4 KV	53 A, B, C, G	53/54 D, E

Les Types 535 et 545 (avec Préamplis) ont leur emploi dans les Études nucléaires

TIROIRS PRÉAMPLIFICATEURS TYPE	CARACTÉRISTIQUES	TEMPS de MONTÉE en MICROSEC. avec :			BANDE PASSANTE AVEC :			SENSIBILITÉ en volt/cm
		531 et 535	541 et 545	532	531 et 535	541 et 545	532	
53 A	Wide band D.C.	0.035		0.07	DC à 10 mc		DC à 5 mc	0.05 - 50
53 B	Wide band High-gain	0.035 0.04		0.07	DC à 10 mc 2c à 9 mc		DC à 5 mc 2c à 5 mc	0.05 - 50 0.005-0.05
53 C	Dual-Trace	0.04		0.07	DC à 8.5 mc		DC à 5 mc	0.05-20 et 50
53/54 D	Differential High-gain	Basse fréquence			DC à 350 KC à 1 mv/cm, accrue jusqu'à 2 mc à partir de 50 mv/cm			0.001-125
53/54 E	Low-level differential	Basse fréquence			0.06c à 50 Kc	0.06c à 60 Kc	0.06c à 60 Kc	0.0005-0.01
53 G	Differ. wide band DC	0.035		0.07	DC à 10 mc		DC à 5 mc	0.05-20 et 50
53/54 K	Fast-Rise DC Amplifier	0.031	0.012		DC à 11 mc	DC à 30 mc (- 3 db) 41 mc (- 6 db) 55 mc (- 12 db)		0.05-20



DISTRIBUTEUR EXCLUSIF POUR LA FRANCE ET L'UNION FRANÇAISE

RELATIONS TECHNIQUES INTERCONTINENTALES

S.A.R.L. au Capital de 10.000.000 de francs

145, Avenue Malakoff * PARIS-16^e - Téléphone : PASsy 08-36 KLÉber 54-82

AUX U.S.A.: Tous renseignements auprès de MAURICE I. PARISIEN & Co, Electronics & Industrial Engineering, 1860 BROADWAY, NEW-YORK 23, N.Y.

POUR TOUT PROBLÈME
CÉRAMIQUE

Consultez-nous...

la CICE présente à MARCOULE

*Réalisation d'éléments céramiques
rectifiés et métallisés participant
aux dispositifs de sécurité de la pile...*

CÉRAMIQUES ÉLECTROTECHNIQUES - ÉLECTRONIQUES
THERMISTANCES
FERRITES

COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES

CÉRAMIQUES ÉLECTRONIQUES

CICE

SERVICES COMMERCIAUX
CÉRAMIQUES BLANCHES
63, RUE BEAUMARCHAIS - MONTREUIL
SOUS-BOIS (SEINE) - AVRON 27-80

SERVICES COMMERCIAUX
CÉRAMIQUES NOIRES
128, RUE DE PARIS - MONTREUIL
SOUS-BOIS (SEINE) - AVRON 22-54

SIÈGE SOCIAL
63, RUE BEAUMARCHAIS
MONTREUIL-SOUS-BOIS (SEINE)