

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60235-7

Première édition
First edition
1972-01

**Mesure des caractéristiques électriques
des tubes pour hyperfréquences**

**Septième partie:
Dispositifs à décharge gazeuse pour
hyperfréquences**

**Measurement of the electrical properties
of microwave tubes**

**Part 7:
Gas-filled microwave switching devices**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60235-7: 1972

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE

INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60235-7

Première édition
First edition
1972-01

**Mesure des caractéristiques électriques
des tubes pour hyperfréquences**

**Septième partie:
Dispositifs à décharge gazeuse pour
hyperfréquences**

**Measurement of the electrical properties
of microwave tubes**

**Part 7:
Gas-filled microwave switching devices**

© IEC 1972 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

| | Pages |
|--|-------|
| PRÉAMBULE | 4 |
| PRÉFACE | 4 |
| Articles | |
| 1. Spécifications générales de mesure | 6 |
| 1.1 Point de référence et tensions | 6 |
| 1.2 Appareillage de mesure | 6 |
| 1.3 Alimentation d'amorçage en courant continu | 6 |
| 1.4 Période de repos | 6 |
| 1.5 Caractéristiques de la charge grande puissance en radiofréquence | 6 |
| 1.6 Mesure de l'allumage | 8 |
| 1.7 Accord de résonance | 8 |
| 1.8 Tolérances sur les fréquences de référence | 8 |
| 2. Mesures | 8 |
| 2.1 Mesures d'amorçage (igniteur ou électrode de maintien) | 8 |
| 2.2 Mesures à bas niveau | 10 |
| 2.3 Mesures à grande puissance | 22 |
| FIGURES | 30 |

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| FOREWORD | 5 |
| PREFACE | 5 |
| Clause | |
| 1. General measurement requirements | 7 |
| 1.1 Reference point and voltages | 7 |
| 1.2 Measuring equipment | 7 |
| 1.3 D.C. primer (ignitor) supply | 7 |
| 1.4 Holding period | 7 |
| 1.5 High-power r.f. load characteristics | 7 |
| 1.6 Firing measurement | 9 |
| 1.7 Resonance tuning | 9 |
| 1.8 Reference frequency tolerances | 9 |
| 2. Measurements | 9 |
| 2.1 Primer (keep-alive or ignitor) measurements | 9 |
| 2.2 Low-level r.f. measurements | 11 |
| 2.3 High-level r.f. measurements | 23 |
| FIGURES | 30 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES
DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES

Septième partie: Dispositifs à décharge gazeuse pour hyperfréquences

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques, et le Sous-Comité 39A: Tubes pour hyperfréquences.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion du CE 39 tenue à Aix-les-Bains en 1964. Un nouveau projet fut ensuite remis par le CE 39 au SC 39A tout nouvellement constitué. Ce projet fut discuté lors des réunions du SC 39A tenues à New Haven en 1967. A la suite de ces réunions, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1968. Des modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en octobre 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

| | |
|-----------|-------------------------|
| Allemagne | Roumanie |
| Australie | Royaume-Uni |
| Belgique | Suisse |
| France | Tchécoslovaquie |
| Israël | Turquie |
| Japon | Union des Républiques |
| Pologne | Socialistes Soviétiques |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES
OF MICROWAVE TUBES**

Part 7: Gas-filled microwave switching devices

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national standard should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 39, Electronic Tubes, and Sub-Committee 39A, Microwave Tubes.

A first draft was discussed at the meeting of TC 39 held in Aix-les-Bains in 1964. A new draft was then remitted by TC 39 to the newly-formed SC 39A. This draft was discussed at the meetings of SC 39A held in New Haven in 1967. As a result of these meetings, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1968. Amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in October 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

| | |
|----------------|--|
| Australia | Poland |
| Belgium | Romania |
| Czechoslovakia | Switzerland |
| France | Turkey |
| Germany | Union of Soviet Socialist Republics |
| Israel | United Kingdom |
| Japan | |

MESURE DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES POUR HYPERFRÉQUENCES

Septième partie: Dispositifs à décharge gazeuse pour hyperfréquences

1. Spécifications générales de mesure

1.1 Point de référence et tensions

La polarité de toutes les tensions appliquées aux électrodes est indiquée par rapport au corps de la cellule.

1.2 Appareillage de mesure

1.2.1 Monture d'essai

L'utilisation de cavités d'essai spécifiées ou de montures d'essai est implicite pour effectuer les mesures décrites dans l'article 2. Il est sous-entendu, tout au long de ce document, que le terme « cellule » comprend la monture ou la cavité.

1.2.2 Coupleurs directifs

Lorsqu'un coupleur directif est utilisé pour mesurer la puissance incidente, on devra prendre soin d'en choisir un qui ait une directivité convenable.

1.3 Alimentation d'amorçage en courant continu

Etant donné que beaucoup de paramètres de la cellule dépendent de l'alimentation d'amorçage en courant continu, la tension ou le courant d'alimentation d'amorçage doit être compris entre $\pm 2\%$ de la valeur spécifiée. Lorsque la valeur de la tension continue est donnée comme condition d'alimentation de l'électrode d'amorçage, la résistance totale de la source d'alimentation doit être comprise entre $\pm 5\%$ de la valeur spécifiée et la régulation de la source de tension doit être meilleure que 1%, dans la gamme du courant allant de zéro au courant de fonctionnement.

L'ondulation crête à crête superposée à la tension d'alimentation continue ne doit pas être supérieure à 1%.

Une résistance totale de source d'alimentation de 0,5 mégohm au moins doit être directement reliée à l'électrode d'amorçage de la cellule mesurée. Les résistances d'amorçage qui sont incorporées dans la cellule sont considérées comme faisant partie de la résistance de la source.

1.4 Période de repos

Afin d'éviter des erreurs de mesure, les cellules sont, sauf indication contraire, stockées dans l'obscurité et à l'abri des radiations ionisantes, pendant un temps minimal donné, avant d'effectuer la mesure du temps d'amorçage.

1.5 Caractéristiques de la charge grande puissance en radiofréquence

La charge utilisée pour les mesures de grande puissance en radiofréquence doit avoir autant que possible un taux d'ondes stationnaires qui ne dépasse pas 1,1 : 1 à la fréquence de référence et sa largeur de bande doit être suffisamment grande pour que le mode d'oscillation du modulateur ne modifie pas les mesures.

MEASUREMENT OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF MICROWAVE TUBES

Part 7: Gas-filled microwave switching devices

1. General measurement requirements

1.1 *Reference point and voltages*

The polarity of all voltages applied to the electrodes is stated relative to the body of the tube.

1.2 *Measuring equipment*

1.2.1 *Test mount*

The use of prescribed test cavities or test mounts is implicit for the measurements described in Clause 2, and the term “tube” is assumed to include the mount or cavity.

1.2.2 *Directional couplers*

Where a directional coupler is used to measure incident power, care should be taken to select one of adequate directivity.

1.3 *D.C. primer (ignitor) supply*

Because many of the tube parameters are affected by the d.c. primer (ignitor) supply voltage or current, this voltage or current should be within $\pm 2\%$ of the stated value. When the value of d.c. voltage is stated as a primer (ignitor) supply condition, the total resistance of the supply source should be within $\pm 5\%$ of the stated value, and the regulation of the voltage source over the current range from zero to the operating current should be better than 1%.

The superimposed ripple component of the supply voltage should be not greater than 1% peak-to-peak.

Not less than 0.5 megohm of the total resistance of the supply source should be connected directly to the primer (ignitor) electrode of the tube being measured. Primer (ignitor) resistors that are built into the tube are considered as part of this source resistance.

1.4 *Holding period*

In order to avoid errors of measurement, tubes are stored in darkness and free from ionizing radiations for at least a stated period before any measurement of primer (ignitor) ignition period is performed, unless otherwise stated.

1.5 *High-power r.f. load characteristics*

Wherever practicable, the high-power r.f. load should have a v.s.w.r. not exceeding 1.1:1 at the reference frequency and should have a sufficiently wide bandwidth to ensure that moding of the supply oscillator will not influence the measurement.

1.6 *Mesure de l'allumage*

La mesure décrite au paragraphe 2.3.1 doit être effectuée avant toute autre mesure à niveau élevé.

1.7 *Accord de résonance*

L'accord d'une cellule à la fréquence de résonance est indiqué par la valeur minimale (pour les TR) ou par la valeur maximale (pour les ATR) du taux d'ondes stationnaires, chaque fois que cette méthode est utilisable. Lorsque la méthode du taux d'ondes stationnaires ne convient pas, la résonance est recherchée en réglant l'accord pour obtenir soit la valeur de puissance maximale (TR), soit la valeur minimale (ATR) de la puissance transmise observée.

1.8 *Tolérances sur les fréquences de référence*

Pour les mesures générales, les tolérances admises pour les fréquences de référence sont :

- a) $\pm 1\%$ pour les mesures à grande puissance;
- b) $\pm 0,1\%$ pour les mesures à bas niveau.

Pour la mesure des dispositifs dont le Q est élevé et pour les mesures à effectuer spécialement près des limites de la bande de fréquence, une plus grande précision est nécessaire.

2. **Mesures**

2.1 *Mesures d'amorçage (igniteur ou électrode de maintien)*

2.1.1 *Temps d'amorçage*

Sauf spécification contraire, cette mesure est effectuée, la cellule étant dans l'obscurité. La cellule est montée comme il est indiqué à la figure 1, page 30, et la tension continue spécifiée est appliquée à l'électrode ou aux électrodes d'amorçage par l'intermédiaire d'une résistance série de valeur donnée. L'amorçage de la cellule est indiqué par un microampèremètre; le temps nécessaire à son amorçage est mesuré. Lorsque la cellule a plus d'une électrode d'amorçage, chaque amorçage est mesuré séparément.

2.1.2 *Courant d'amorçage*

La cellule est montée comme il est indiqué à la figure 1. La ou les tension(s) continue(s) d'amorçage étant appliquée(s) à la ou aux électrode(s) d'amorçage par l'intermédiaire de la ou des résistance(s) série spécifiée(s), on mesure le ou les courant(s) qui en résulte(nt).

2.1.3 *Oscillations*

Si cela est nécessaire, la recherche d'oscillations peut être faite au moyen du circuit indiqué à la figure 2, page 30. La résistance spécifiée étant connectée en série avec la cellule, on fait varier la tension continue appliquée et on détermine le courant minimal nécessaire pour empêcher toute oscillation de relaxation; on observe les oscillations sur un oscilloscope. Les oscillations de haute fréquence peuvent être négligées (voir figure 2a, page 30).

2.1.4 *Chute de la tension d'amorçage*

La cellule est reliée à la source de tension d'amorçage par l'intermédiaire d'une résistance série variable; le courant d'amorçage est réglé à la valeur spécifiée. La chute de tension entre l'électrode d'amorçage et le corps de la cellule est mesurée au moyen de l'une des méthodes suivantes (voir figure 1):

Méthode A: Une source de tension potentiométrique externe d'opposition (connectée comme indiqué en pointillé) est réglée de telle sorte qu'aucun courant ne passe dans le circuit de branchement de cette source d'opposition.

1.6 *Firing measurement*

The measurement described in Sub-clause 2.3.1 should be performed before any other high-level measurement.

1.7 *Resonance tuning*

Tuning to the resonance frequency of a tube is indicated where possible by the minimum (TR) or maximum (ATR) value of v.s.w.r. When the v.s.w.r. method is not convenient, resonance is obtained by tuning for a pronounced peak (TR) or minimum (ATR) in the observed transmitted power.

1.8 *Reference-frequency tolerances*

For general measurements, the allowable tolerances for the reference frequency are as follows:

- a) $\pm 1\%$ for high-power measurements;
- b) $\pm 0.1\%$ for low-power measurements.

In the measurement of high-Q devices, especially for measurements near the bandwidth limits, substantially greater accuracy will be required.

2. **Measurements**

2.1 *Primer (keep-alive or ignitor) measurements*

2.1.1 *Ignition time*

Unless otherwise stated, this measurement is performed with the tube in darkness. The tube is connected as shown in Figure 1, page 30, and the stated d.c. voltage applied to the primer (ignitor) electrode or electrodes via a stated series resistor. The time required for the tube to ignite, as indicated by the microammeter reading, is measured. Each primer (ignitor) is measured individually when the tube has more than one primer (ignitor) electrode.

2.1.2 *Primer (ignitor) current*

The tube is connected as in Figure 1. With the stated d.c. voltage(s) applied to the primer (ignitor) electrode(s) via the stated series resistor(s) the resultant current(s) is (are) measured.

2.1.3 *Oscillations*

When required, the presence of oscillations is detected by use of the circuit shown in Figure 2, page 30. With the stated resistor connected in series with the tube, the applied d.c. voltage is varied and the minimum current required to prevent relaxation oscillations, as displayed on the oscilloscope trace, is determined. The high-frequency oscillations may be ignored (see Figure 2a, page 30).

2.1.4 *Primer (ignitor) drop*

The tube is connected to the primer (ignitor) supply via a variable series resistor, and the primer (ignitor) current adjusted to the stated value. The voltage drop between the primer (ignitor) electrode and the body of the tube is measured by one of the following methods (see Figure 1):

Method A: By external potentiometer (connected as shown dotted) and adjusted so that no current flows through the potentiometer.

Méthode B: On branche un voltmètre entre les points A et on déduit de la tension lue la chute de tension dans la résistance série R.

Méthode C: On connecte un voltmètre électrostatique aux bornes de la cellule.

Méthode D: On branche un voltmètre à un cadre mobile de résistance interne élevée à la place du potentiomètre utilisé dans la méthode A.

2.2 Mesures à bas niveau

2.2.1 Perte d'insertion

La perte d'insertion est généralement mesurée par la méthode de substitution en radiofréquence dans un circuit tel que celui indiqué à la figure 3, page 31. Le dispositif est placé entre un générateur adapté et un détecteur adapté. Pour assurer une précision de $\pm 0,1$ dB ou mieux, lors de la mesure de la perte d'insertion, les taux d'ondes stationnaires vus du côté de la charge et vus du côté du générateur ne doivent pas dépasser 1,1 : 1 lorsque le taux d'ondes stationnaires de la cellule ne dépasse pas 1,17. Lorsque la cellule présente un taux d'ondes stationnaires de valeur plus élevée, des limites plus appropriées seront fixées.

a) Perte d'insertion d'amorçage ou perte totale

La tension spécifiée (ou le courant) est appliquée aux électrodes d'amorçage; on mesure la perte d'insertion en ajustant l'atténuateur étalonné. La cellule peut être remplacée par une section de guide d'ondes d'une égale longueur physique. Le résultat est généralement exprimé en décibels.

b) Perte à froid ou sans amorçage

On mesure la perte d'insertion comme il est indiqué au paragraphe 2.2.1 a) mais sans appliquer la tension d'amorçage. Le résultat est généralement exprimé en décibels.

c) Perte d'interaction d'amorçage

La variation de la perte d'insertion mesurée au moyen de l'atténuateur variable étalonné, lorsque l'on passe du fonctionnement de la cellule avec amorçage au fonctionnement sans amorçage, est notée.

Cette variation est la perte d'interaction d'amorçage.

La perte d'interaction d'amorçage peut aussi être obtenue en soustrayant la valeur de perte résultant de la mesure du paragraphe 2.2.1 b), de la valeur obtenue par la mesure prévue au paragraphe 2.2.1 a).

d) Perte d'insertion dans une cellule à cavité incorporée accordable

La fréquence et la puissance du générateur de signal sont réglées aux valeurs spécifiées. La cellule est alors accordée à la résonance. La perte d'insertion est mesurée comme il est indiqué au paragraphe 2.2.1.

Pour être sûr que les crêtes secondaires de la puissance transmise qui pourraient exister ne seront pas confondues avec la crête principale, le décalage et l'amplitude relative de ces crêtes secondaires sont généralement spécifiés comme il est indiqué à la figure 4, page 31.

e) Perte d'insertion d'une cellule à accord fixe

La puissance du générateur de signal est réglée à la valeur spécifiée et la fréquence est ajustée à la résonance de la cellule. Pour être sûr que les crêtes secondaires de la puissance transmise qui pourraient exister ne seront pas confondues avec la crête principale, le décalage et l'amplitude relative de ces crêtes secondaires sont généralement spécifiés comme il est indiqué à la figure 4.

Method B: By connecting a voltmeter across points A and subtracting the voltage drop across the series resistor R from the voltage reading.

Method C: By connecting an electrostatic voltmeter across the tube.

Method D: By connecting a d.c. moving-coil voltmeter of high internal resistance in place of the potentiometer used in Method A.

2.2 *Low-level r.f. measurements*

2.2.1 *Insertion loss*

The loss is measured usually by the r.f. substitution method in a circuit, as shown in Figure 3, page 31, in which the device is inserted between a matched generator and a matched detector. To assure accuracy of ± 0.1 dB or better in the measurement of insertion loss, the v.s.w.r. of the termination on the load side and generator side should not exceed 1.1: 1 when the tube v.s.w.r. is 1.17 or less. When higher values of the tube v.s.w.r. are experienced, correspondingly tighter limits are required.

a) Primed or total insertion loss

The stated voltage or current is applied to the primer (ignitor) electrodes, and the value of insertion loss measured by re-adjustment of the calibrated attenuator. The tube may be replaced by a section of waveguide of equal physical length. This result is usually expressed in decibels.

b) Cold or unprimed loss

The value of insertion loss is measured as in Sub-clause 2.2.1 *a)* but with no primer (ignitor) voltage applied. This result is usually expressed in decibels.

c) Primer (ignitor) interaction loss

The change of the insertion loss measured by the calibrated variable attenuator is noted during change from the primed condition to the unprimed condition.

This is the primer (ignitor) interaction loss.

Alternatively, the primer (ignitor) interaction loss may be obtained by subtracting the value of the loss obtained in Sub-clause 2.2.1 *b)* from that value obtained in Sub-clause 2.2.1 *a)*.

d) Insertion loss of tunable integral-cavity tube

The frequency and power output of the signal generator are adjusted to stated values. The tube is then tuned to resonance. The insertion loss is measured as in Sub-clause 2.2.1.

To ensure that any secondary peaks of transmitted power that may be present are not mistaken for the main peak, the displacement and relative amplitude of such secondary peaks are normally stated as illustrated in Figure 4, page 31.

e) Insertion loss of fixed-tuning tube

The power output of the signal generator is adjusted to the stated value and the frequency adjusted to the resonance frequency of the tube. To ensure that any secondary peaks of transmitted power that may be present are not mistaken for the main peak, the displacement and relative amplitude of such secondary peaks are normally stated as illustrated in Figure 4.

f) Perte d'insertion d'une cellule à cavité externe (méthode comparative)

Le générateur de signal est réglé à la fréquence de référence et on mesure la puissance. La cellule est alors remplacée par une cavité étalonnée appropriée (cellule maquette), dont la perte d'insertion est connue, et l'on enregistre la variation de la puissance. Pour une cellule maquette sans perte, le résultat de la mesure, exprimé en décibels, est la variation de la puissance.

2.2.2 Bruit d'amorçage ou dégradation du facteur de bruit

La cellule est disposée à l'entrée d'un récepteur ayant un facteur de bruit déterminé. L'augmentation du facteur de bruit obtenue en faisant passer le courant d'amorçage spécifié dans la cellule est notée. Si le passage du courant d'amorçage provoque une variation du taux d'ondes stationnaires de la cellule supérieure à 5%, il est souhaitable de corriger cette variation en utilisant un dispositif variable de désadaptation.

2.2.3 Taux d'ondes stationnaires

a) Cellules T.R.

La cellule est montée dans un circuit de transmission à bas niveau équivalent à celui indiqué à la figure 5, page 31, entre une source de signal adaptée et une charge adaptée. Le générateur de signal est réglé à la fréquence de référence.

On mesure alors le taux d'ondes stationnaires. Cette mesure est effectuée, la tension d'amorçage étant appliquée à l'électrode ou aux électrodes d'amorçage.

b) Cellules pré-T.R. et cellules T.R. destinées à être utilisées dans un circuit équilibré

La cellule, placée dans sa monture double, est incorporée dans un circuit de transmission équivalent à celui indiqué à la figure 5. Afin d'obtenir des résultats exacts, le taux d'ondes stationnaires, sur n'importe quel bras de monture, ne doit pas dépasser 1,2 : 1.

Le générateur de signal est réglé à la fréquence de référence; on mesure alors le taux d'ondes stationnaires.

Note. — Il peut être spécifié que le côté émetteur de la monture double doit être terminé par un piston de court-circuit variable pour simuler un tube d'émission en période de non-fonctionnement. Dans ce cas, le plongeur étant réglé sur toutes les phases, on enregistre la plus mauvaise valeur de taux d'ondes stationnaires mesuré dans les conditions spécifiées. On fera varier la position de la cellule dans la monture de façon à vérifier toutes les positions pour lesquelles la région de décharge de la cellule assure le couplage entre les deux voies du dispositif duplexeur.

2.2.4 Gamme d'accord

Méthode A

Cette mesure doit être effectuée dans un circuit tel que celui qui est indiqué à la figure 5. La résonance de la cellule doit couvrir la gamme minimale de fréquence requise. La résonance de la cellule est indiquée par la valeur minimale du taux d'ondes stationnaires (TR) ou par la valeur maximale (ATR) (voir paragraphe 1.7).

Méthode B

La mesure est effectuée dans un circuit tel que celui qui est indiqué à la figure 3, page 31 (l'atténuateur variable étalonné peut être supprimé). La résonance de la cellule est indiquée par la valeur maximale donnée par l'appareil indicateur.

Note. — Cette méthode convient particulièrement aux mesures des cellules à bande étroite.

2.2.5 Résonance d'une cellule à accord fixe

La cellule est placée entre un générateur de signal adapté et un détecteur adapté. On fait varier la fréquence du générateur de signal pour obtenir la fréquence de résonance de la cellule.

f) Insertion loss of external-cavity tube (comparison method)

The signal generator is adjusted to the reference frequency and the output power measured. The tube is then replaced by a suitable cavity calibrator (dummy tube) of known insertion loss and the change in output power is recorded. For a lossless dummy tube, the result of the measurement is the change in output, and is expressed in decibels.

2.2.2 Primer (ignitor) noise or noise figure degradation

The tube is connected to the input of a receiver having a stated noise factor. The increase of noise factor obtained on the application of the stated primer (ignitor) current through the tube is recorded. If the application of primer (ignitor) current causes the tube v.s.w.r. value to change by more than about 5%, it is desirable to cancel this change by the use of a variable mismatch unit.

2.2.3 Voltage standing wave ratio (v.s.w.r.)

a) T.R. tubes

The tube is inserted into a suitable low-level transmission circuit, equivalent to that shown in Figure 5, page 31, between a matched signal source and a matched load. The signal generator is tuned to the reference frequency.

The v.s.w.r. is then measured. This measurement is performed with the primer (ignitor) voltage applied to primer (ignitor) electrode(s).

b) Pre-T.R. tubes and T.R. tubes for use in balanced circuit

The tube is inserted into its duplexing mount and connected in a transmission circuit equivalent to that shown in Figure 5. To ensure accuracy of measurement, the v.s.w.r. in the line connected to any arm of the duplexing mount should not exceed 1.2:1.

The signal generator is tuned to the reference frequency. The v.s.w.r. is then measured.

Note. — In special circumstances the transmitter arm of the duplexing mount is terminated by a variable short circuiting plunger to simulate a transmitting tube during its "off" period. In this case, the v.s.w.r. is measured with the plunger adjusted through all phases and the worst value recorded. The v.s.w.r. under all stated conditions is measured with the tube position in the duplexing mount varied to include all positions for which the discharge region of the tube couples into the two channels of the duplexer.

2.2.4 Tuning range

Method A

This measurement should be made in the circuit shown in Figure 5. The resonance of the tube should cover the minimum frequency range required. Resonance of the tube is indicated by the minimum value of v.s.w.r. (TR), or by the maximum value of v.s.w.r. (A.T.R.) (see Sub-clause 1.7).

Method B

The measurement is made in the circuit shown in Figure 3, page 31 (the calibrated variable attenuator may be omitted). Resonance of the tube is indicated by the maximum indication of the meter.

Note. — This method is particularly suitable for the measurement of narrow-band tubes.

2.2.5 Resonance of fixed-tuning tube

The tube is inserted between a matched signal generator and a matched detector. The signal-generator frequency is then varied to obtain the resonance frequency of the tube.

2.2.6 Fréquence centrale

La cellule est placée entre un générateur de signal adapté et une charge adaptée dans le circuit représenté à la figure 5, page 31. On fait varier la fréquence dans une bande déterminée; pour un certain nombre de fréquences comprises dans cette bande, on obtient un certain nombre de valeurs de taux d'ondes stationnaires correspondant; la fréquence centrale est calculée à partir de la courbe d'ondes stationnaires/fréquence qui en résulte; c'est la moyenne géométrique de toute paire de fréquences pour lesquelles les valeurs du taux d'ondes stationnaires sont égales et dans une gamme déterminée.

2.2.7 Conductance et susceptance équivalentes normalisées (cellules A.T.R.)

La cellule est montée dans un circuit de transmission tel que celui indiqué à la figure 5, la charge adaptée étant remplacée par un piston de court-circuit variable. La cellule fonctionne aux conditions spécifiées. Les mesures de taux d'ondes stationnaires sont effectuées dans la bande de fréquence indiquée, le piston de court-circuit étant réglé à chaque fréquence de mesure afin d'obtenir une valeur minimale du taux d'ondes stationnaires. A partir de la courbe caractéristique taux d'ondes stationnaires/fréquence qui en résulte, on peut calculer la conductance (g) et la susceptance (b) de la manière suivante:

$$g = \frac{1}{r_o}$$

$$b = \pm \sqrt{\frac{g}{r} - g^2} = \pm \sqrt{\frac{1}{r_o} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_o} \right)}$$

où: r_o = valeur maximale du taux d'ondes stationnaires indiquée par la courbe taux d'ondes stationnaires/fréquence

r = taux d'ondes stationnaires pour chaque fréquence.

La valeur maximale de la courbe taux d'ondes stationnaires/fréquence correspond à la fréquence de résonance de la cellule.

Ces formules s'appliquent à une monture série.

a) Conductance équivalente normalisée (autre méthode de mesure)

La conductance normalisée peut aussi être mesurée à l'aide de l'une des méthodes suivantes en utilisant le circuit représenté à la figure 5.

Méthode A

La cellule est placée entre un générateur de signal adapté et une charge adaptée. Le taux d'ondes stationnaires (r) est mesuré sur une bande étroite de fréquences voisines de la fréquence de résonance; on obtient une courbe taux d'ondes stationnaires/fréquence. La valeur maximale du taux d'ondes stationnaires (r_o) apparaît à la fréquence de résonance de la cellule lorsque la susceptance (b) est nulle. La conductance équivalente normalisée est obtenue à partir de la formule:

$$g = \frac{1}{r_o - 1}$$

Méthode B

La cellule est montée comme pour la méthode A, la charge étant remplacée par un détecteur de puissance adapté. La conductance équivalente normalisée est obtenue en mesurant le rapport de (1) la puissance incidente (P_i) sur la cellule à (2) la puissance transmise (P_t) au détecteur adapté, lorsque la fréquence du générateur de signal est réglée à la fréquence de résonance de la cellule. La valeur de la conductance équivalente normalisée est:

$$g = \frac{1}{2(k-1)}$$

où: $k = \sqrt{P_i/P_t}$

2.2.6 Centre frequency

The tube is inserted between a matched signal generator and a matched load in the circuit shown in Figure 5, page 31. The frequency is then varied over a stated band, and a number of v.s.w.r. values corresponding to frequencies within that band are determined. From the resulting v.s.w.r./frequency characteristic curve, the centre frequency is computed as the geometric mean of any two frequencies at which the v.s.w.r. values are equal and within a stated range.

2.2.7 Normalized equivalent conductance and susceptance (A.T.R. tubes)

The tube is inserted into a transmission line circuit, as shown in Figure 5 with the matched termination replaced by a variable short-circuiting plunger. The operating conditions are set to stated values. Measurements of the v.s.w.r. are made over the required frequency band, with the variable short-circuiting plunger adjusted at each measurement frequency to produce a minimum value of v.s.w.r. From the resultant v.s.w.r./frequency characteristic curve, the normalized conductance (g) and susceptance (b) values may be derived as follows:

$$g = \frac{1}{r_o}$$

$$b = \pm \sqrt{\frac{g}{r} - g^2} = \pm \sqrt{\frac{1}{r_o} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_o} \right)}$$

where: r_o = the maximum value of the v.s.w.r. indicated on the v.s.w.r./frequency curve

r = v.s.w.r. at any frequency.

The maximum value of the v.s.w.r./frequency curve will occur at the resonance frequency of the tube.

These formulae apply to a series mount.

a) Normalized equivalent conductance (alternative method of measurement)

The normalized conductance may also be measured by one of the following methods, in the circuit shown in Figure 5:

Method A

The tube is inserted between a matched signal generator and a matched load. The v.s.w.r. (r) is measured over a narrow band of frequencies around the resonance frequency, and a v.s.w.r./frequency curve obtained. The maximum value of v.s.w.r. (r_o) occurs at the resonance frequency of the tube when the susceptance (b) is zero. The normalized equivalent conductance is obtained from:

$$g = \frac{1}{r_o - 1}$$

Method B

The tube is inserted as in Method A with the load replaced by a matched power-reading detector. The normalized equivalent conductance is obtained by the measurement of the ratio of (1) incident power (P_i) upon the tube, to (2) the transmitted power (P_t) to the matched detector when the frequency of the signal generator is adjusted to the resonance frequency of the tube. The value of normalized equivalent conductance is:

$$g = \frac{1}{2(k-1)}$$

where: $k = \sqrt{P_i/P_t}$

La différence entre la valeur indiquée par l'atténuateur lorsque la cellule est en place et la valeur trouvée lorsque la cellule est remplacée par un court-circuit spécifié peut être utilisée pour obtenir le rapport:

$$\frac{P_i}{P_t}$$

Méthode C (méthode comparative)

La cellule, fixée dans sa monture, est montée dans un circuit tel que celui représenté à la figure 6, page 32. Pendant le fonctionnement à la fréquence de référence, le piston de court-circuit est réglé de façon telle que le détecteur de puissance adapté indique une valeur minimale. On enregistre cette valeur.

La cellule est mesurée au moyen de valeurs relatives en comparant (1) la valeur observée sur le détecteur adapté à (2) la courbe d'étalonnage de la puissance du détecteur obtenue en utilisant des cellules qui ont été mesurées au préalable à l'aide des méthodes A ou B.

Note. — Pendant toutes ces mesures, par chacune de ces trois méthodes, le niveau de puissance est maintenu constant et la fréquence de mesure est la fréquence de résonance de la cellule qui est mesurée.

b) Susceptance équivalente normalisée

La cellule est fixée dans sa monture entre un générateur adapté et une charge adaptée comme il est indiqué à la figure 5, page 31. La susceptance peut être mesurée à l'aide de l'une des méthodes suivantes:

Méthode A

La susceptance équivalente normalisée est mesurée en comparant la position de l'onde stationnaire devant la cellule à la position obtenue en utilisant une cellule de référence ayant la même configuration physique et dont la résonance se trouve à la fréquence de référence.

La susceptance est alors calculée à partir de la formule:

$$b = \frac{1 + 2g}{2} \operatorname{tg} \frac{4\pi\Delta l}{\lambda_g}$$

où: Δl = variation de position de la tension de l'onde stationnaire entre la cellule à mesurer et la cellule de référence

λ_g = longueur d'onde de guide à la fréquence de référence (même unité que pour Δl).

Pour les petites valeurs Δl on peut écrire l'expression suivante:

$$b = (1 + 2g) \frac{2\pi\Delta l}{\lambda_g}$$

On peut aussi utiliser un circuit équivalent à celui représenté à la figure 6, dans lequel Δl est obtenu par réglage du piston de court-circuit.

Méthode B

La cellule est placée dans un circuit de transmission entre un générateur adapté et une charge adaptée (voir figure 6). Cette méthode nécessite la détermination du rapport de (1) la puissance incidente sur la cellule (P_i) à (2) la puissance transmise à travers la cellule à la charge (P_t), toutes deux mesurées à la fréquence de référence. La susceptance équivalente normalisée de la cellule peut être calculée à partir de la formule:

$$b^2 = \frac{(1 + 2g)^2 - 4g^2k^2}{4(k^2 - 1)}$$

où: $k = \sqrt{P_i/P_t}$

La puissance réfléchie par la cellule est comparable à la puissance incidente; aussi, on doit prendre soin de choisir un coupleur directif ayant une directivité appropriée pour cette mesure.

The change in attenuator reading when the tube is replaced by a specified short-circuit can be used to obtain the ratio:

$$\frac{P_i}{P_t}$$

Method C (comparison method)

The tube is inserted into its mount and inserted into the circuit shown in Figure 6, page 32. During operation at the reference frequency, the short-circuiting plunger is adjusted for minimum reading on the matched power detector. This reading is recorded.

The tube is measured on a relative basis by comparison of (1) the observed reading from the matched detector, with (2) the calibration curve of the detector output obtained by the use of tubes that have previously been measured by Method A or Method B.

Note. — During all measurements, by any of the three methods, the measurement frequency is the resonance frequency of the tube being measured, and it is essential that the power output from the signal generator remains constant during the period of the measurement.

b) Normalized equivalent susceptance

The tube is inserted into its mount between a matched generator and a matched load, as indicated in Figure 5, page 31. The susceptance may be measured by one of the following methods:

Method A

The normalized equivalent susceptance is measured by comparing the position of the standing wave in front of the tube with the position obtained by using a reference tube having the same physical configuration and resonant at the reference frequency.

The susceptance is then computed by use of the following formula:

$$b = \frac{1 + 2g}{2} \tan \frac{4\pi\Delta l}{\lambda_g}$$

where: Δl = shift in position of the voltage standing wave from the sample tube to the reference tube

λ_g = guide wavelength at reference frequency (in the same units as Δl).

For small values of Δl the expression may be written:

$$b = (1 + 2g) \frac{2\pi\Delta l}{\lambda_g}$$

Alternatively, the circuit may be equivalent to that shown in Figure 6, and Δl obtained from adjustment of the short-circuiting plunger.

Method B

The tube is inserted into a transmission circuit between a matched generator and a matched load (see Figure 6). This method requires the determination of the ratio of (1) the power (P_i) incident on the tube to (2) the power (P_t), transmitted through the tube to the load measured at the reference frequency. The normalized equivalent susceptance of the tube may then be computed by use of the following formula:

$$b^2 = \frac{(1 + 2g)^2 - 4g^2k^2}{4(k^2 - 1)}$$

where: $k = \sqrt{P_i/P_t}$

The reflected power from the tube is comparable in magnitude to the incident power, and hence care should be exercised to select a directional coupler with adequate directivity for the measurement.

2.2.8 Mesure de Q

a) Q chargé — Cellules T.R.

La cellule est placée dans un circuit de transmission entre un générateur de signal adapté et un détecteur adapté (voir figure 5, page 31, sauf que la charge est remplacée par un détecteur adapté). Il doit y avoir une atténuation suffisante entre le générateur de signal et la cellule pour éviter les variations de fréquence ou de puissance dans le générateur de signal provoquées par le réglage de la cellule. Le Q chargé est mesuré à l'aide de l'une des méthodes suivantes:

Méthode A

La cellule est accordée à la résonance (f_0), le générateur de signal étant réglé à la fréquence de référence. On mesure la puissance de sortie. La fréquence du générateur de signal est alors réglée par rapport à la fréquence de résonance aux points supérieurs et inférieurs où la puissance de sortie mesurée est la moitié de la valeur de crête. Les deux fréquences f_1 et f_2 où l'on obtient les valeurs à demi-puissance sont enregistrées. La valeur de Q chargé est:

$$Q_L = \frac{f_0}{f_1 - f_2}$$

Il est indispensable que la puissance de sortie du générateur de signal soit constante dans la limite de 1% de variation dans la bande de fréquence allant de f_1 à f_2 .

Si cette condition n'est pas réalisée, la caractéristique fréquence/puissance de sortie du générateur de signal est relevée et l'on applique les corrections nécessaires.

Méthode B

Le taux d'ondes stationnaires d'entrée est mesuré lorsque la cellule en mesure est accordée pour que la résonance soit à la fréquence de référence. On fait varier la fréquence du générateur de signal sur une bande étroite dont le centre est voisin de la fréquence de référence. On trace alors la courbe taux d'ondes stationnaires/fréquence.

La valeur de Q chargé peut alors être obtenue indifféremment par les méthodes suivantes:

- 1) En utilisant la valeur du taux d'ondes stationnaires (r_0) obtenue par la fréquence de résonance (f_0), et la valeur du taux d'ondes stationnaires (r_1) obtenue en deux points de fréquence, situés de chaque côté de la fréquence de résonance, la valeur de Q chargé est alors calculée par la formule:

$$Q_L = \frac{f_0}{\Delta f} \frac{\sqrt{(r_0 r_1 - 1)(r_1 - r_0)}}{(1 + r_0) \sqrt{r_1}}$$

où r_1 = valeur du taux d'ondes stationnaires à $\pm \frac{\Delta f}{2}$ de f_0 exprimée en valeur plus grande que l'unité. Puisque cette expression est basée sur l'approximation

$$\frac{f^2 - f_0^2}{f f_0} \approx \frac{2\Delta f}{f_0}$$

la valeur de r_1 doit être prise dans la gamme de fréquence où la courbe taux d'ondes stationnaires/fréquence est pratiquement symétrique. Il est préférable de prendre r_1 supérieur à $1,5 r_0$ pour avoir une précision raisonnable.

- 2) En utilisant la valeur du taux d'ondes stationnaires (r_0) obtenue à la fréquence de résonance et en calculant la valeur (r) du taux d'ondes stationnaires, suivant les cas:
 - pour des cellules dont la valeur de Q est élevée (valeur de Q supérieure à 50):

$$r = \frac{r_0 + 1 + (r_0^2 + 1)^{1/2}}{r_0 + 1 - (r_0^2 + 1)^{1/2}} \text{ ou}$$

2.2.8 Q measurement

a) Loaded Q — T.R. tubes

The tube is inserted into a transmission-line circuit between a matched signal generator and a matched detector (the measuring circuit is that of Figure 5, page 31, except that the termination is a matched detector). There should be sufficient attenuation between the signal generator and the tube to prevent frequency or power changes in the signal generator caused by the tuning of the tube. The loaded Q is measured by one of the following two methods:

Method A

The tube is tuned to resonance (f_0) with the signal generator operating at the reference frequency. The power output is measured. The frequency of the signal generator is then tuned to points above and below resonance where the measured output power is reduced to half the peak value. The two frequencies, f_1 and f_2 , at which half-power readings are obtained, are recorded. The value of the loaded Q is:

$$Q_L = \frac{f_0}{f_1 - f_2}$$

It is essential that the output power of the signal generator be constant with less than 1% variation in the frequency band f_1 to f_2 .

If this is not possible, the frequency/output power characteristic of the signal generator is determined and the necessary corrections applied.

Method B

Measurements are made of the input v.s.w.r. when the tube being measured is tuned to resonance at the reference frequency. The frequency of the signal generator is varied over a narrow band centred about the reference frequency. A v.s.w.r./frequency characteristic curve is then drawn.

The value of loaded Q may then be obtained by the following methods:

- 1) By using the value of v.s.w.r. (r_0) obtained at the resonance frequency (f_0) and the value of v.s.w.r. (r_1) obtained at two frequency points, one on either side of the resonance frequency, the loaded Q value is computed by means of the formula:

$$Q_L = \frac{f_0}{\Delta f} \frac{\sqrt{(r_0 r_1 - 1)(r_1 - r_0)}}{(1 + r_0) \sqrt{r_1}}$$

where: r_1 = v.s.w.r. value at $\pm \frac{\Delta f}{2}$ from f_0 and is expressed as a value greater than unity.

As this expression is based on the approximation

$$\frac{f^2 - f_0^2}{f f_0} \approx \frac{2\Delta f}{f_0}$$

the value of r_1 should be taken in the frequency range where the v.s.w.r./frequency curve is practically symmetrical. To ensure accuracy, it is preferable to have a value of r_1 greater than $1.5 r_0$.

- 2) By using the value of v.s.w.r. (r_0) obtained at resonance and computing a value of v.s.w.r. (r) by means of one of the following formulae:
— for high- Q tubes (Q value greater than 50):

$$r = \frac{r_0 + 1 + (r_0^2 + 1)^{1/2}}{r_0 + 1 - (r_0^2 + 1)^{1/2}} \text{ or}$$

— pour des cellules dont la valeur de Q est faible (valeur de Q inférieure à 50) et pour des valeurs de $r_o \approx 1$:

$$r = \frac{A + B}{A - B}$$

où: $A = [(r_o + 1)^2 + 0,1]^{1/2}$ et

$$B = [(r_o - 1)^2 - 0,1]^{1/2}$$

La valeur du taux d'ondes stationnaires (r) calculée est alors appliquée à la caractéristique taux d'ondes stationnaires/fréquence et l'on obtient une valeur correspondante de Δf , appelée Δf_1 . Le Q chargé peut être obtenu suivant les cas:

— pour les cellules dont la valeur de Q est élevée:

$$Q_L = \frac{f_o}{\Delta f_1} \text{ ou}$$

— pour les cellules dont la valeur de Q est peu élevée:

$$Q_L = \frac{f_o}{\Delta f_1} \frac{0,316}{(1 + r_o)}$$

b) Cellules A.T.R.

Le Q chargé peut être exprimé comme le taux de variation de la susceptance en fonction de la fréquence à la résonance ($\Delta b/\Delta f$):

$$Q_L = \frac{f_o \frac{\Delta b}{\Delta f}}{2(1 + g)}$$

Puisque f_o est voisin de la fréquence de référence, la fréquence de référence peut être utilisée à la place de f_o dans l'équation ci-dessus.

La quantité $\Delta b/\Delta f$ peut être déterminée en mesurant b à deux fréquences voisines de f_o , dans un intervalle suffisamment étroit pour qu'une relation linéaire puisse être établie entre b et f .

Si la conductance et la susceptance de la cellule ont été déterminées comme il a été indiqué au paragraphe 2.2.7, $\Delta b/\Delta f$ est calculé à partir de la caractéristique taux d'ondes stationnaires/fréquence.

Une autre méthode de détermination de $\Delta b/\Delta f$ est la suivante:

La cellule est placée dans un circuit identique à celui de la figure 5, page 31, entre un générateur adapté et une charge adaptée. La position du maximum d'onde stationnaire le plus près du plan de symétrie de la cellule est considérée comme étant une fonction d'une fréquence proche de la fréquence de résonance. On en déduit le taux de variation à la résonance ($\Delta l/\Delta f$), et la quantité $\Delta b/\Delta f$ est calculée comme suit:

$$\frac{\Delta b}{\Delta f} = \frac{2\pi}{\lambda_g} (1 + 2g) \frac{\Delta l}{\Delta f}$$

où: λ_g = longueur d'onde du guide à la fréquence de référence

g = conductance normalisée de la cellule

$\frac{\Delta l}{\Delta f}$ = taux de variation de la position du maximum d'onde stationnaire, avant la cellule, par rapport à la fréquence

— for low- Q tubes (Q value less than 50) and for values of $r_0 \approx 1$:

$$r = \frac{A + B}{A - B}$$

where: $A = [(r_0 + 1)^2 + 0.1]^{1/2}$ and

$$B = [(r_0 - 1)^2 - 0.1]^{1/2}$$

The calculated value of v.s.w.r. (r) is then applied to the v.s.w.r./frequency characteristic and a corresponding value of Δf , say Δf_1 , is obtained. The loaded Q may then be computed from:

— for high- Q tubes:

$$Q_L = \frac{f_0}{\Delta f_1} \text{ or}$$

— for low- Q tubes:

$$Q_L = \frac{f_0}{\Delta f_1} \frac{0.316}{(1 + r_0)}$$

b) A.T.R. tubes

The loaded Q can be expressed in terms of rate of change of susceptance with frequency at resonance ($\Delta b/\Delta f$) as follows:

$$Q_L = \frac{f_0 \frac{\Delta b}{\Delta f}}{2(1 + g)}$$

Since f_0 is close to the reference frequency, the reference frequency may always be employed in place of f_0 in the above equation.

The quantity $\Delta b/\Delta f$ may be determined by the measurement of b at two frequencies near f_0 , in an interval narrow enough so that a linear relation may be assumed between b and f .

If the conductance and susceptance of the tube have been determined, as in Sub-clause 2.2.7, $\Delta b/\Delta f$ is computed from the v.s.w.r./frequency characteristic.

An alternative method for the determination of $\Delta b/\Delta f$ is the following:

The tube is inserted into a circuit similar to that of Figure 5, page 31, between a matched generator and a matched load. The position of the standing-wave maximum nearest to the plane of symmetry of the tube is determined as a function of frequency in the vicinity of the resonance frequency.

The rate of change at resonance ($\Delta l/\Delta f$) is derived and the quantity $\Delta b/\Delta f$ calculated as follows:

$$\frac{\Delta b}{\Delta f} = \frac{2\pi}{\lambda_g} (1 + 2g) \frac{\Delta l}{\Delta f}$$

where: λ_g = guide wavelength at reference frequency

g = normalized conductance of the tube

$\frac{\Delta l}{\Delta f}$ = rate of change of position of the standing-wave maximum, before the tube, with respect to frequency

Puisqu'il est impossible d'effectuer les mesures dans le plan de symétrie à l'intérieur de la cellule, les mesures sont effectuées en un point éloigné puis rapportées à la position convenable. Les valeurs correctes peuvent être déterminées à partir de:

$$\frac{\Delta l}{\Delta f} = k - \frac{m}{4} \left(\frac{\Delta \lambda_g}{\Delta f} \right)$$

où: k = pente de la courbe obtenue en notant la position d'un minimum de tension en fonction de la fréquence

m = nombre impair des quarts de longueurs d'ondes mesurés à la résonance, du minimum de référence au plan de symétrie de la cellule

Puisque la formule implique l'approximation:

$$\operatorname{tg} 4\pi \frac{\Delta l}{\lambda} \approx 4\pi \frac{\Delta l}{\lambda}$$

la variation Δl devrait être suffisamment petite par rapport à λ pour que l'approximation soit valable.

Des résonances sur un mode parasite peuvent exister en raison des différences entre les dimensions de la cellule A.T.R. avec sa monture et les dimensions du guide d'ondes. Ces modes d'oscillations ont pour résultat que l'on obtient de faibles valeurs de taux d'ondes stationnaires aux fréquences de résonance.

2.2.9 Longueur électrique (déphasage)

On mesure la longueur électrique à l'aide de l'une des deux méthodes suivantes:

Méthode A

La cellule est placée dans un circuit, tel que celui qui est représenté à la figure 7, page 32, ou dans un circuit équivalent. Le générateur de signal est réglé à la fréquence convenable, puis on règle l'amplitude des deux signaux incidents sur la ligne fendue de mesure pour qu'ils soient égaux.

On détermine le minimum d'onde stationnaire. La cellule est alors remplacée par une section de guide d'ondes ayant la même longueur mécanique (l). Le changement de position Δl du minimum de l'onde stationnaire est mesuré. La longueur électrique est $l + 2 \Delta l$.

Méthode B

La cellule est placée dans un circuit, tel que celui qui est représenté à la figure 6, page 32, la charge adaptée placée derrière la cellule étant remplacée par un court-circuit métallique fixé à la bride de sortie de la cellule. Le générateur de signal est réglé à la fréquence de référence et le piston de court-circuit est réglé de façon telle que le détecteur indique une puissance minimale. On mesure le changement de position (Δl) du piston de court-circuit qui donne une puissance minimale dans le détecteur lorsqu'on remplace la cellule par une section de guide d'ondes de même longueur mécanique (l) dont la bride de sortie est mise en court-circuit. La longueur électrique de la cellule est donnée par $l + \Delta l$.

2.3 Mesures à grande puissance

2.3.1 Temps d'allumage (cellules A.T.R. et cellules sans amorçage préalable)

Cette mesure est faite après la période de repos et avant toute autre mesure à niveau élevé. Le système de mesure comportera un support pour le tube et sera terminé de manière appropriée comme représenté dans la figure 8, page 33. La puissance en radiofréquence est réglée aux conditions indiquées avec un court-circuit dans le support à la place de la cellule. Le court-circuit est alors enlevé et la cellule est insérée. On mesure le temps nécessaire à son allumage après application de la puissance en radiofréquence.

Since it is not possible to take measurements at the plane of symmetry within the tube, measurements are made at a remote point and transformed to the correct position. The correct values can be determined from the relation:

$$\frac{\Delta l}{\Delta f} = k - \frac{m}{4} \left(\frac{\Delta \lambda_g}{\Delta f} \right)$$

where: k = measured slope of the line obtained by plotting the observed position of a voltage minimum as a function of frequency

m = odd number of quarter wavelengths measured at resonance from the reference minimum to the plane of symmetry of the tube

Since the formula involves the approximation

$$\tan 4\pi \frac{\Delta l}{\lambda} \approx 4\pi \frac{\Delta l}{\lambda}$$

the variation Δl should be sufficiently small with respect to λ for the approximation to hold.

Undesired mode resonances can be excited because of differences between the dimensions of the A.T.R. tube with its mount, and the dimensions of the waveguide. These undesired modes result in low values of v.s.w.r. at the resonance frequencies.

2.2.9 Electrical length (phase shift)

The electrical length is measured by one of the two following methods:

Method A

The tube is inserted into the circuit, of Figure 7, page 32, or into an equivalent circuit. The signal generator is tuned to a suitable frequency and the amplitude of the two signals incident upon the slotted line is adjusted for them to be equal.

A minimum in the standing-wave pattern is located. The tube is then replaced by a section of waveguide having the same mechanical length (l). The change in position Δl of the minimum in the standing-wave pattern is measured. The electrical length is $l + 2 \Delta l$.

Method B

The tube is inserted into the circuit of Figure 6, page 32, with the matched load behind the tube replaced by a metallic short-circuit at the output flange of the tube. The signal generator is tuned to the reference frequency and the short-circuiting plunger adjusted to give minimum detector output. The tube is then replaced by a section of waveguide having the same mechanical length (l) and short-circuited at its output. The resulting change in position (Δl) of the variable short-circuiting plunger to give minimum detector output is measured. The electrical length of the tube is $l + \Delta l$.

2.3 High-level r.f. measurements

2.3.1 Firing time (A.T.R. and primerless tubes)

This measurement is made after the holding period and before any other high-level measurement. The measuring system contains a mount for the tube and is suitably terminated as shown in Figure 8, page 33. The r.f. power is adjusted to the stated level, with a short-circuit in the mount in place of the tube. The short-circuit is then removed and the tube inserted. The measured period of time required for the tube to fire after the application of r.f. power is the firing time.

2.3.2 Perte dans l'arc

La cellule est placée dans le circuit représenté à la figure 8, page 33. La puissance en radiofréquence est réglée aux conditions indiquées et l'on note la puissance transmise (P_t).

La cellule est alors remplacée par un court-circuit spécifié et la puissance transmise (P_s) est de nouveau notée.

La perte dans l'arc, donnée en décibels, est égale à :

$$10 \log \frac{P_s}{P_t}$$

2.3.3 Taux d'ondes stationnaires à niveau élevé

La cellule est placée dans le circuit représenté à la figure 9, page 33. La puissance en radiofréquence est réglée dans la voie principale aux conditions indiquées, et l'on mesure le taux d'ondes stationnaires juste avant la cellule.

2.3.4 Mesures de fuite

a) Puissance de fuite totale

La cellule est placée comme il est indiqué dans le circuit de la figure 10, page 33. La puissance en radiofréquence dans la voie principale est réglée aux conditions indiquées et la puissance de fuite est mesurée au moyen du détecteur de puissance adapté. Par nécessité, pour cette mesure, l'impulsion de fuite est supposée être rectangulaire et avoir la même durée que la puissance en radiofréquence; la puissance de fuite totale peut alors être ainsi calculée :

$$\text{Puissance de fuite totale} = \frac{\text{Puissance de fuite moyenne (W)}}{\text{Fréquence de répétition} \times \text{Durée de l'impulsion de puissance en radiofréquence.}}$$

Le résultat est exprimé en watts.

b) Fuite maximale à faible puissance

La cellule est placée dans le circuit représenté à la figure 11, page 34. Son fonctionnement est réglé selon les conditions indiquées. En partant d'un niveau faible, la puissance est augmentée pour atteindre un niveau plus élevé. La valeur maximale de la puissance de fuite est notée.

2.3.5 Temps de désionisation

a) Méthode A — Méthode de l'atténuation

1) En utilisant un signal à bas niveau en impulsions :

La cellule est montée comme il est indiqué à la figure 12, page 34. Elle est accordée à la fréquence de référence et le courant d'amorçage est ajusté. Le générateur de signal de faible puissance est réglé à la fréquence de référence et la puissance d'émission est appliquée à la voie principale par l'intermédiaire d'un dispositif de couplage approprié. La puissance transmise à travers la cellule est amplifiée et le signal de sortie est appliqué aux plaques de déviation verticales d'un oscilloscope approprié dont le balayage horizontal est synchronisé avec le modulateur d'émission.

Comme le signal à bas niveau peut être déplacé dans le temps par rapport à l'impulsion d'émission, les variations de l'amplitude du signal à bas niveau sont observées sur le synchronoscope. On compare l'atténuation obtenue en déplaçant le signal à bas niveau par rapport à l'atténuation que l'on obtient lorsque le décalage entre le signal à bas niveau et le signal d'émission est suffisamment grand pour que la cellule soit considérée comme étant complètement revenue à l'état dans lequel elle se trouvait avant l'impulsion d'émission.

2.3.2 Arc loss

The tube is inserted into the circuit shown in Figure 8, page 33. The r.f. power is adjusted to the required level and the power transmitted (P_t) noted.

The tube is then replaced by a specified short-circuit and the transmitted power (P_s) again noted.

The arc loss in decibels is then:

$$10 \log \frac{P_s}{P_t}$$

2.3.3 High-level v.s.w.r.

The tube is inserted into the circuit shown in Figure 9, page 33. The r.f. power in the main line is adjusted to the required level, and the v.s.w.r. immediately before the tube is measured.

2.3.4 Leakage measurements

a) Total leakage power

The tube is connected as shown in the circuit of Figure 10, page 33. The r.f. power in the main line is adjusted to the required level and the leakage power measured on the matched power detector. For the purpose of this measurement, the leakage pulse is deemed to be rectangular and to have the same pulse duration as the r.f. power pulse. The total leakage power may be computed from the formula:

$$\text{Total leakage power} = \frac{\text{Average leakage power (W)}}{\text{Pulse repetition frequency} \times \text{R.F. pulse duration}}$$

The result is expressed in watts.

b) Maximum low-power leakage

The tube is connected in the circuit of Figure 11, page 34. The operating conditions are adjusted as required. Commencing at a low level, the power is raised to a higher level. The maximum value of leakage power indicated is recorded.

2.3.5 Recovery period

a) Method A — Attenuation method

1) By use of a pulse probe signal:

The tube is connected as shown in Figure 12, page 34. The tube is tuned to the reference frequency and the primer (ignitor) current adjusted. The low-power signal generator is tuned to the reference frequency and its output is introduced into the main line through a suitable coupling device. The power transmitted through the tube is amplified and the output applied to the vertical deflection plates of a suitable oscilloscope whose horizontal sweep is synchronized with the transmitter modulator.

As the low-level signal is varied in time, with respect to the transmitted pulse, the variation of low-level signal amplitude indicated on the monitor is observed. Comparison of attenuation is made with respect to the amplitude of the low-level signal obtained when the time delay after the r.f. high-power pulse is such a large proportion of the pulse repetition period that the tube can be considered as completely recovered to the state which existed prior to the transmitter pulse.

On peut aussi utiliser le décalage fixe entre le circuit de déclenchement et le modulateur d'émission, pour faire apparaître le signal à bas niveau avant l'impulsion d'émission.

Le temps de désionisation est mesuré du flanc arrière de l'impulsion d'émission au flanc avant de l'impulsion à bas niveau. Pour plus de facilité, cette mesure peut être effectuée en mesurant le temps du flanc avant de l'impulsion d'émission et en soustrayant de la valeur obtenue la durée de l'impulsion d'émission. La mesure du temps de désionisation peut être faite à l'aide d'un dispositif à retard variable étalonné, ou par la superposition d'un signal de fréquence convenable à la base de temps du synchroscope.

Précautions

Du fait que la forme de l'impulsion à bas niveau peut être modifiée selon la courbe de réponse en fréquence de l'amplificateur, les mesures d'amplitude des impulsions doivent être faites au centre de l'impulsion simulant le signal à bas niveau.

On devra s'assurer que la puissance de fuite en radiofréquence ne sature pas l'amplificateur et n'introduit donc pas d'erreurs dans la mesure du temps de désionisation par suite du retard des circuits d'amplification. On veillera à éviter la formation d'oscillations transitoires dans les circuits d'amplification.

- 2) En utilisant un signal à bas niveau en onde entretenue :

Procéder comme en 1) ci-dessus, en remplaçant le signal modulé en impulsion à bas niveau par un signal en onde entretenue. Cette modification est particulièrement utile dans le cas des cellules qui ont des temps de désionisation courts; elle permet d'observer la caractéristique de désionisation directement sur un oscilloscope.

Précautions

Une atténuation judicieuse est nécessaire pour empêcher la détérioration du détecteur cristal. Si l'on utilise une cellule T.R. après une cellule pré-T.R., les deux cellules devront être bien adaptées. Si la charge ne peut être ajustée, on peut utiliser un atténuateur fixe entre les cellules. On devra s'assurer que la caractéristique de désionisation de la cellule T.R. n'affectera pas la mesure du temps de désionisation de la cellule pré-T.R.

2.3.6 *Caractéristique d'atténuation (atténuateurs pour hyperfréquences)*

La cellule est placée dans un dispositif d'émission entre un générateur d'onde entretenue adapté (ou un générateur de signal modulé à onde carrée) et un atténuateur étalonné suivi d'un détecteur adapté. La puissance de sortie du détecteur est amplifiée et est dirigée vers un indicateur par l'intermédiaire d'un atténuateur étalonné. Le générateur de signal est réglé à la fréquence de référence et l'atténuateur en radiofréquence étant réglé au maximum, la puissance transmise est notée.

Le courant d'électrode de l'atténuateur étant réglé à la valeur indiquée, on ajuste l'atténuateur étalonné jusqu'à ce que l'indication de la puissance de sortie soit de nouveau à la valeur d'origine.

On note la variation des réglages de l'atténuateur: c'est la valeur de l'atténuation du signal, causée par le courant d'électrode de l'atténuateur; elle est généralement exprimée en décibels.

2.3.7 *Position du court-circuit*

a) Méthode A

L'appareillage de mesure est monté comme il est indiqué à la figure 13, page 35. En utilisant une source à faible puissance, la position du piston de court-circuit est réglée de façon à donner une puissance réfléchie minimale lorsque la cellule est remplacée par un court-circuit déterminé. La cellule est alors de nouveau placée dans le bras du T magique. La puissance de sortie en radiofréquence de la source est réglée à la valeur spécifiée. Ensuite, le piston de court-circuit étalonné est ajusté pour donner une puissance réfléchie minimale dans la ligne; on peut le contrôler en

Alternatively, by using the fixed delay in the transmitter modulator trigger circuit, the low-level signal can be made to appear before the transmitter pulse.

The recovery time is measured from the trailing edge of the transmitted pulse to the front edge of the low-level pulse. This measurement may be conveniently made by measuring the time delay from the front edge of the transmitter pulse and subtracting the value of the transmitter pulse duration. The measurement of time may be made by the use of a calibrated variable delay or by the superimposition of a signal of a suitable frequency on the time base of the monitor.

Precautions

Because the frequency response of the amplifier may modify the shape of the low-level pulse, the measurements concerning amplitude of pulse should be made at the centre of the low-level simulating pulse.

Care should be exercised to ensure that r.f. leakage power does not saturate the amplifier and thus introduce possible error into the measurement of recovery time because of the recovery period of the amplifier circuits. Care should be taken to avoid ringing in the amplifier circuits.

2) Using c.w. probe signal:

Proceed as for Method 1), but with the substitution of a c.w. signal for the low-level pulse modulated signal. With this modification, which is particularly useful for tubes having short recovery times, the recovery characteristic is displayed directly on the oscilloscope.

Precautions

Adequate attenuation is necessary to prevent detector crystal burn-out. If a T.R. tube is used following the pre-T.R. tube, the two should be well matched. If the loading cannot be adjusted, resistive padding may be used between the tubes. Precautions should be taken to ensure that the T.R. tube recovery characteristic will not affect the measurement of the pre-T.R. tube recovery time.

2.3.6 *Attenuation characteristic (microwave attenuators)*

The tube is included in a transmission system between a matched c.w. generator (or square-wave-modulated signal generator) and a calibrated attenuator followed by a matched detector. The output from the detector is amplified and passed through a calibrated attenuator to an indicator. The signal generator is tuned to the reference frequency, and with the r.f. attenuator set to maximum, transmitted power is recorded.

The attenuator electrode current is then set to the required value, and the calibrated attenuator adjusted until the output indication returns to the original value.

The result of the measurement is the signal attenuation caused by the attenuator electrode current, which is equal to the change in attenuator setting. This is usually expressed in dB.

2.3.7 *Short-circuit position*

a) Method A

The measuring equipment is connected as shown in Figure 13, page 35. By the use of a low-power source, the position of the adjustable short-circuiting plunger should be adjusted to give minimum reflected power when the tube is replaced by a stated short-circuit. The tube is then inserted into the arm of the magic tee. The r.f. output power from the source is adjusted to the stated value. The calibrated variable short-circuiting plunger is then adjusted to give minimum reflected power in the line, as indicated by a minimum in the power output detector.

recherchant la valeur minimale indiquée au détecteur de puissance. La cellule est ensuite remplacée par un court-circuit déterminé et le piston de court-circuit est rajusté pour donner une puissance réfléchie minimale. La différence entre les positions de réglage du piston de court-circuit correspond à la distance entre le plan de référence du court-circuit spécifié et le court-circuit effectif produit par l'allumage de la cellule.

b) Méthode B

En utilisant le montage représenté à la figure 14, page 35, la puissance en radiofréquence est ajustée aux conditions indiquées et les positions des minima de tension de l'onde stationnaire devant le court-circuit spécifié sont déterminées. Le court-circuit spécifié est alors remplacé par la cellule suivie d'une charge adaptée et le changement de position du minimum de tension de l'onde stationnaire est mesuré.

Précautions

On devra s'assurer que ni la position de la cellule, ni la position du court-circuit spécifié ne provoquent de désaccord sensible de désadaptation de l'oscillateur.

2.3.8 *Puissance d'allumage*

La cellule est placée dans le circuit représenté à la figure 8, page 33, et est mise en fonctionnement dans les conditions spécifiées. La puissance incidente est appliquée à la cellule à partir d'un niveau bas et elle est augmentée jusqu'à ce que la cellule s'allume. L'allumage de la cellule est indiqué par une chute brusque de puissance indiquée par le détecteur placé avant la charge. La puissance incidente, tout juste nécessaire pour provoquer l'allumage de la cellule, est mesurée. Cette puissance est la puissance d'allumage de la cellule.

The tube is then replaced by the stated short-circuit and the short-circuiting plunger re-adjusted for minimum reflected power. The difference in the short-circuiting plunger settings corresponds to the distance between the reference plane of the stated short-circuit and the effective short-circuit produced by the fired tube.

b) Method B

With the equipment shown in Figure 14, page 35, the r.f. power in the main line is adjusted for the stated conditions, and the positions of the voltage standing-wave minimum in front of the stated short-circuit are determined. The stated short-circuit is then replaced by the tube terminated by a matched load, and the shift in the position of the voltage standing-wave minimum is measured.

Precaution

Care must be taken to ensure that neither the position of the tube nor that of the stated short-circuit causes significant oscillator mismatch detuning.

2.3.8 *Firing power*

The tube is connected in the circuit shown in Figure 8, page 33, and operated under stated conditions. The r.f. power incident upon the tube is raised from a low level until the tube fires. The firing of the tube is indicated by a rapid decrease in the power recorded by the power detector in front of the load. The incident power that just causes the tube to fire is measured. This power is the firing power of the tube.

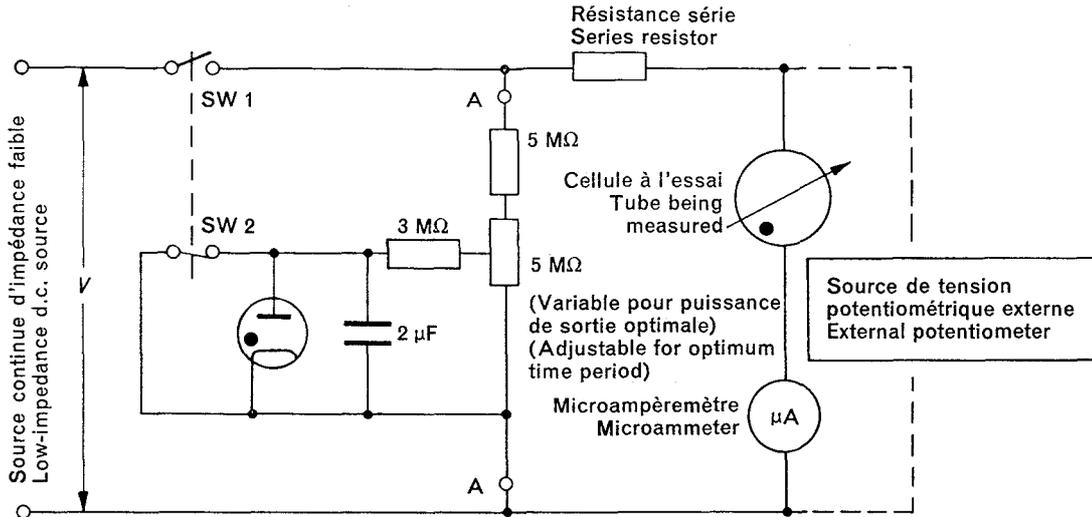


FIG. 1. — Circuit de mesure du courant et du temps d'amorçage.
Typical circuit for primer current and ignition measurements.

Note. — On peut omettre le circuit de comptage (entre les points A) si une variante de mesure du temps est utilisée.
Note. — Counting circuit (between points A) may be omitted if an alternative time measurement is used.

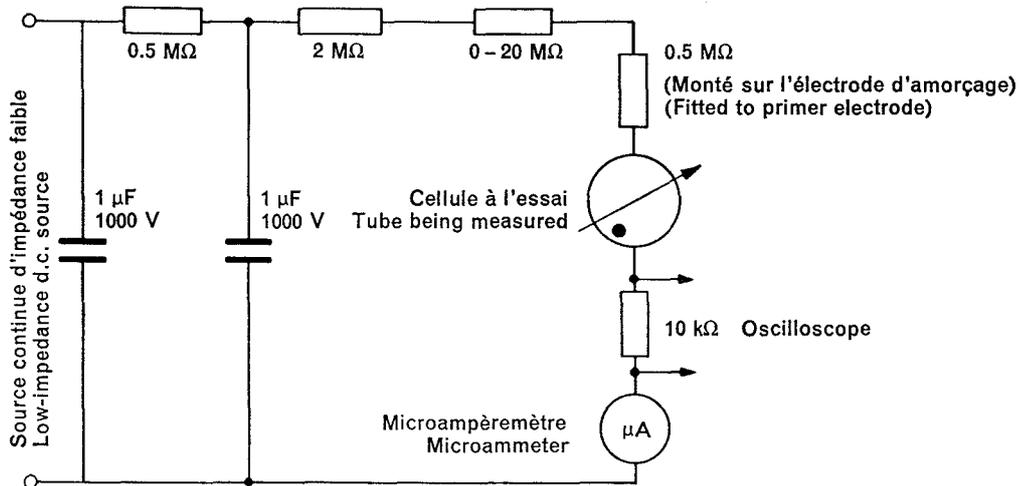


FIG. 2. — Circuit de mesure de relaxation d'amorçage.
Typical circuit for primer relaxation measurements.

Note. — Si un amplificateur est utilisé pour obtenir la déflexion maximale d'écran de l'oscilloscope, la largeur de bande du système aux points 3 dB ne doit pas être inférieure à la plage de 50 Hz à 500 kHz avec une impédance d'entrée de 10 KΩ connectée à travers un moniteur résistance de 10 KΩ.

Note. — If an amplifier is used to give full screen deflection of the oscilloscope, the bandwidth of the system to 3 dB points should not be less than 50 Hz to 500 kHz, with an input impedance of 10 KΩ connected across a 10 KΩ monitor resistor.

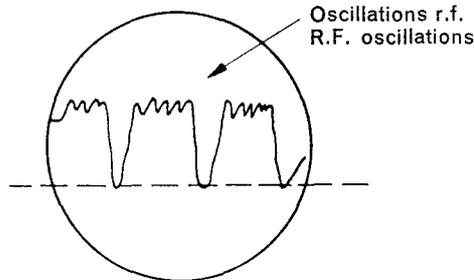


FIG. 2a. — Oscillations paraissant sur l'oscilloscope pendant la mesure.
Oscilloscope trace during measurement.

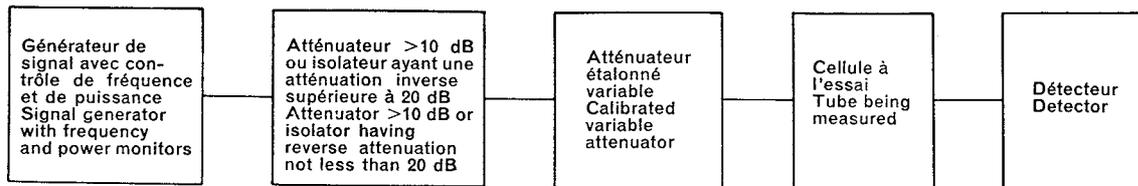


FIG. 3. — Schéma fonctionnel pour les mesures des systèmes de transmission.
Block diagram for transmission system measurements.

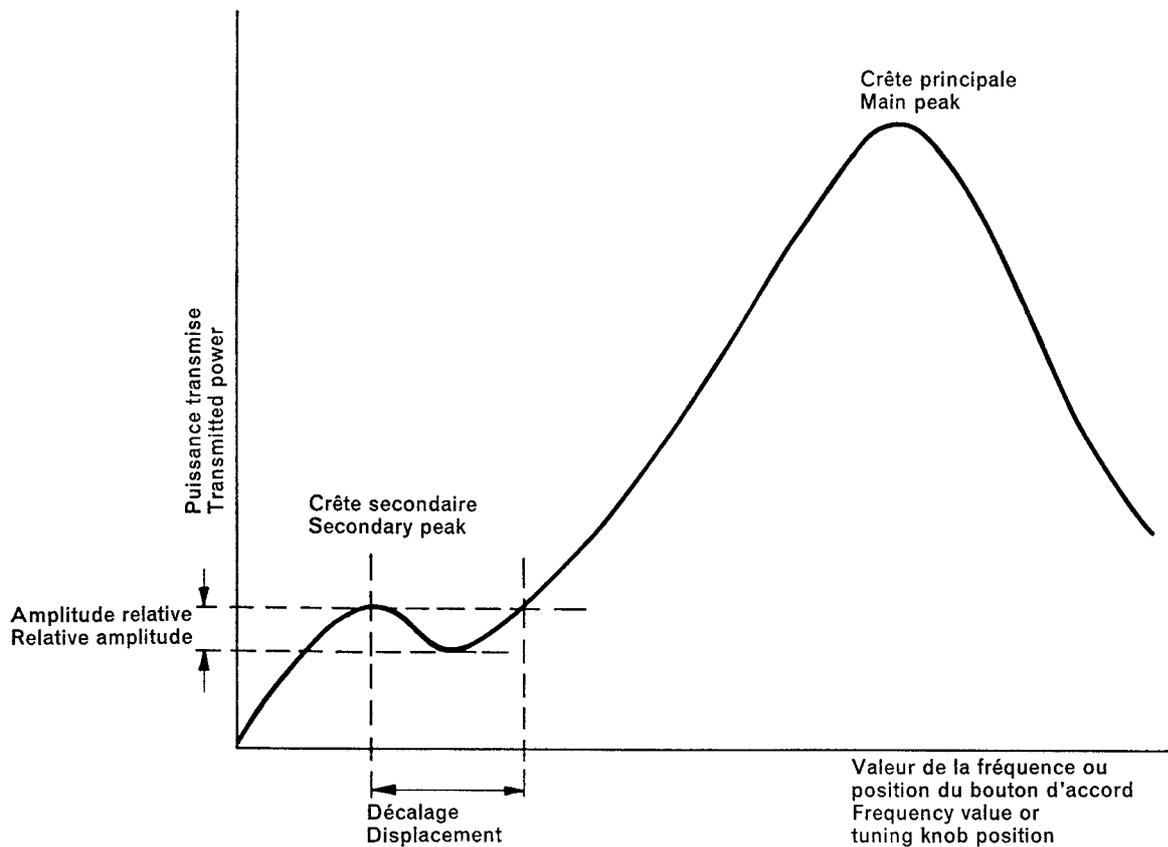


FIG. 4. — Caractéristique d'accord représentative indiquant une crête secondaire.
Representative tuning characteristic indicating a secondary peak.

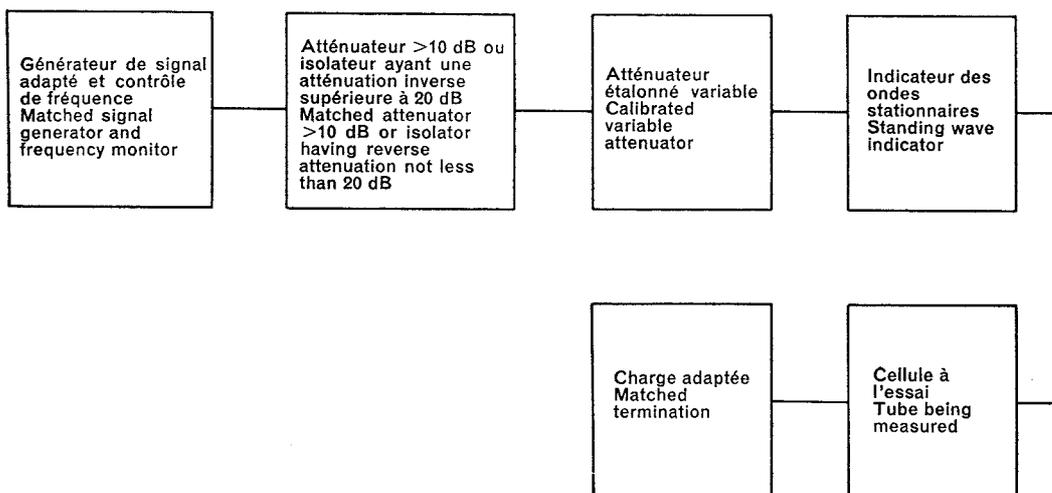


FIG. 5. — Schéma fonctionnel de mesure des circuits de transmission.
Block diagram for measurements in transmission-line circuits.

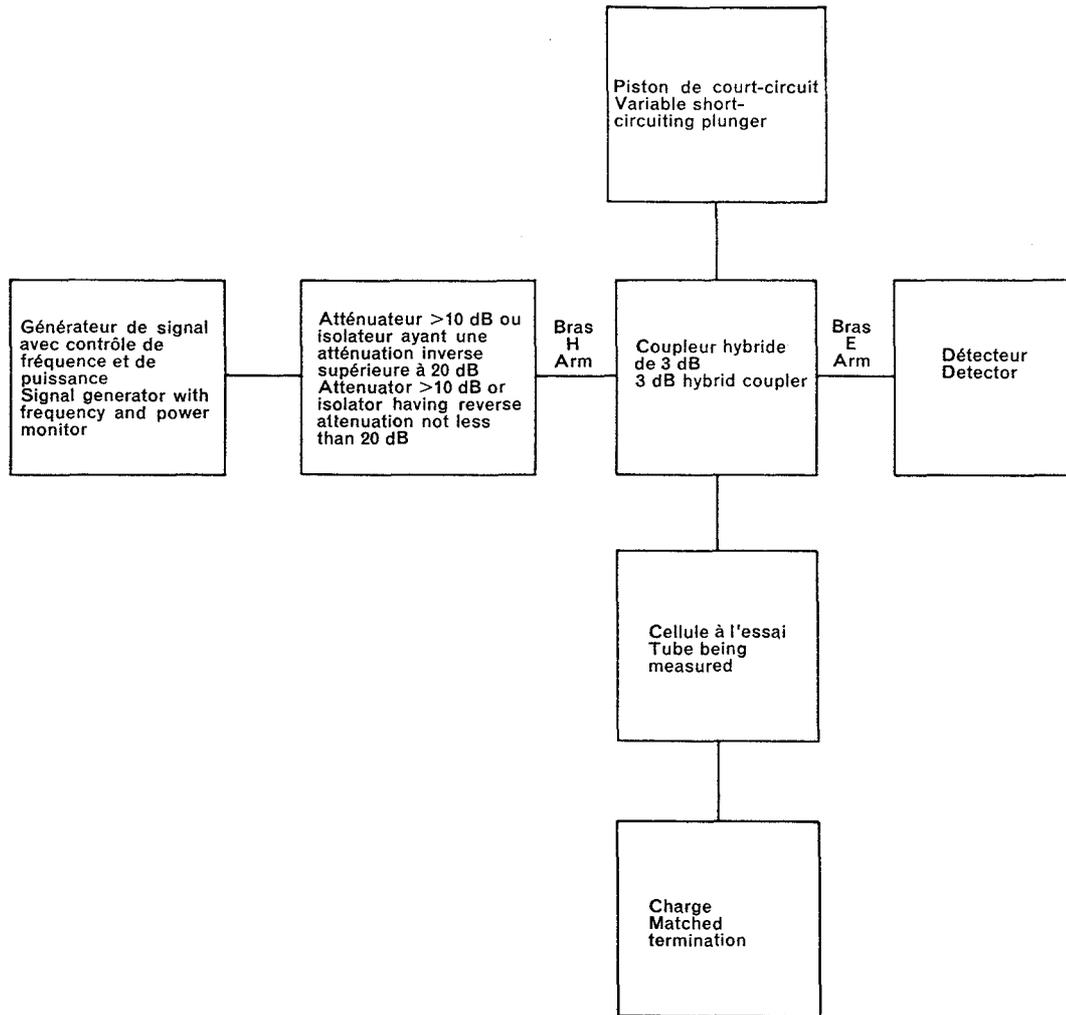


FIG. 6. — Schéma fonctionnel du circuit alternatif de mesure de la conductance et de la susceptance.
Block diagram of alternative circuit for measurements of conductance and susceptance.

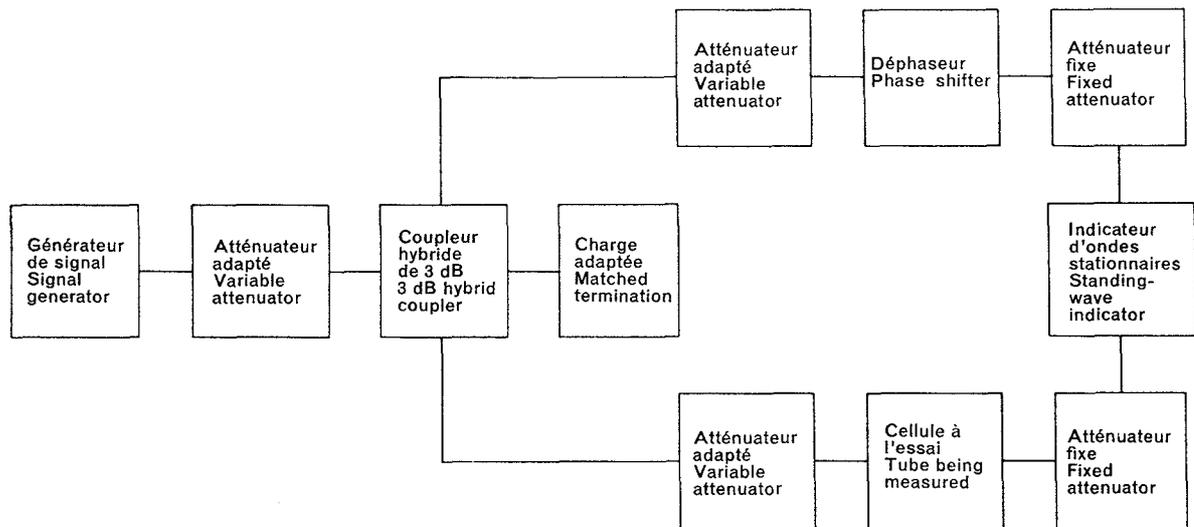


FIG. 7. — Schéma fonctionnel du circuit de mesure de la longueur électrique.
Block diagram of circuit for measurement of electrical length.

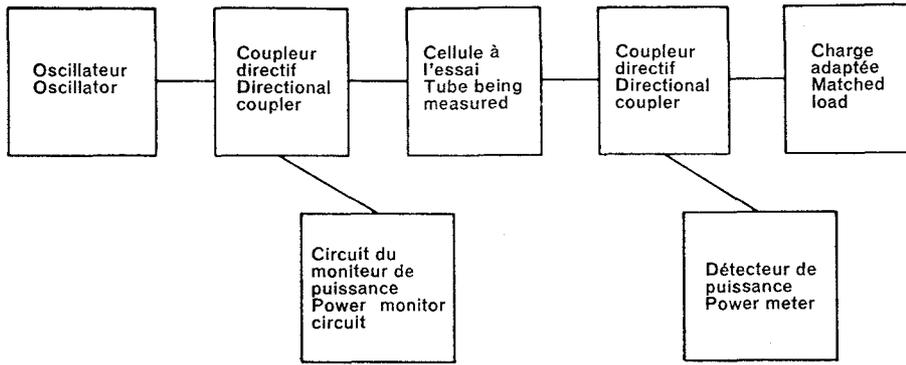


FIG. 8. — Schéma fonctionnel du circuit de mesure des pertes dans l'arc et de la puissance incidente.
Block diagram of circuit for measurement of arc loss and incident power.

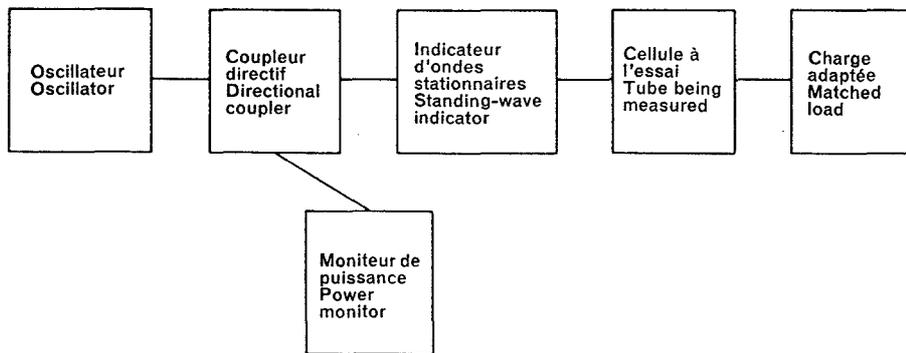


FIG. 9. — Schéma fonctionnel du circuit de mesure de taux d'ondes stationnaires aux niveaux élevés.
Block diagram of circuit for measurement of v.s.w.r. at high power levels.

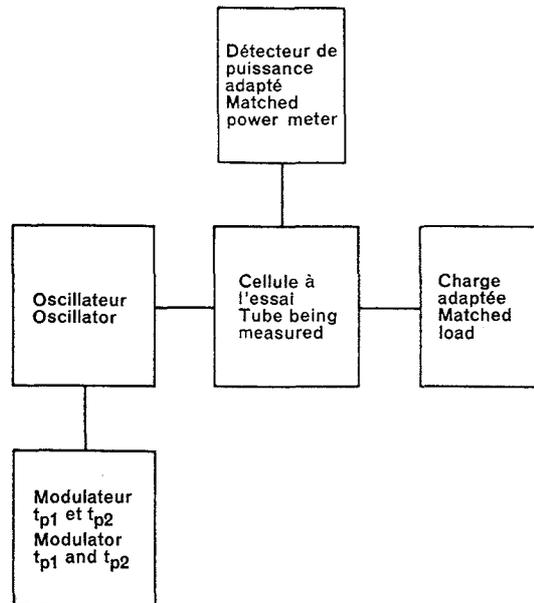


FIG. 10. — Schéma fonctionnel de mesure de la puissance de fuite.
Block diagram for leakage power measurements.

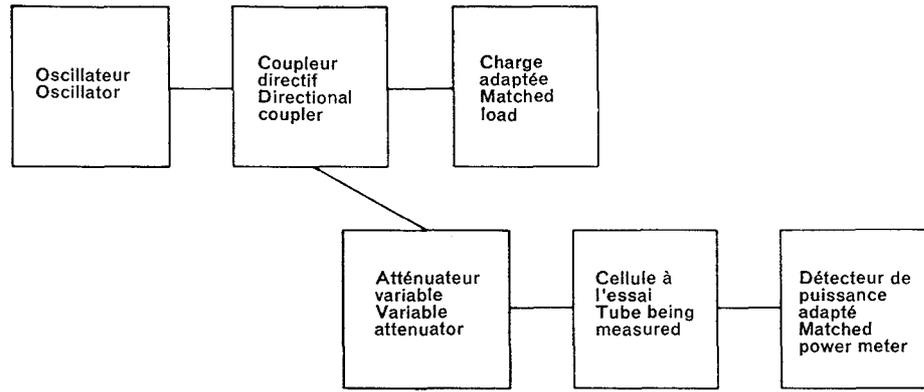


FIG. 11. — Schéma fonctionnel de mesure de la fuite maximale à faible puissance.
Block diagram for maximum low power leakage measurements.

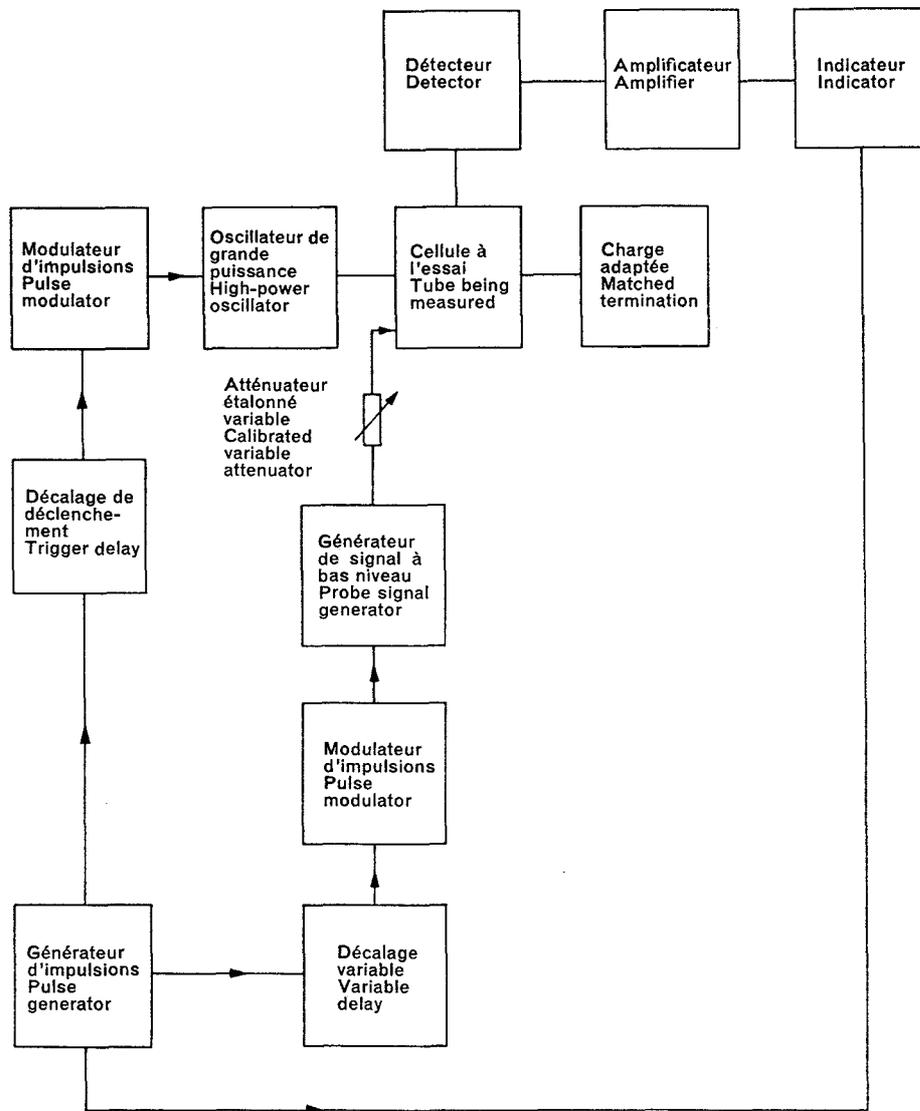


FIG. 12. — Schéma fonctionnel du circuit de mesure du temps de désionisation.
Block diagram of circuit for measurement of recovery time.

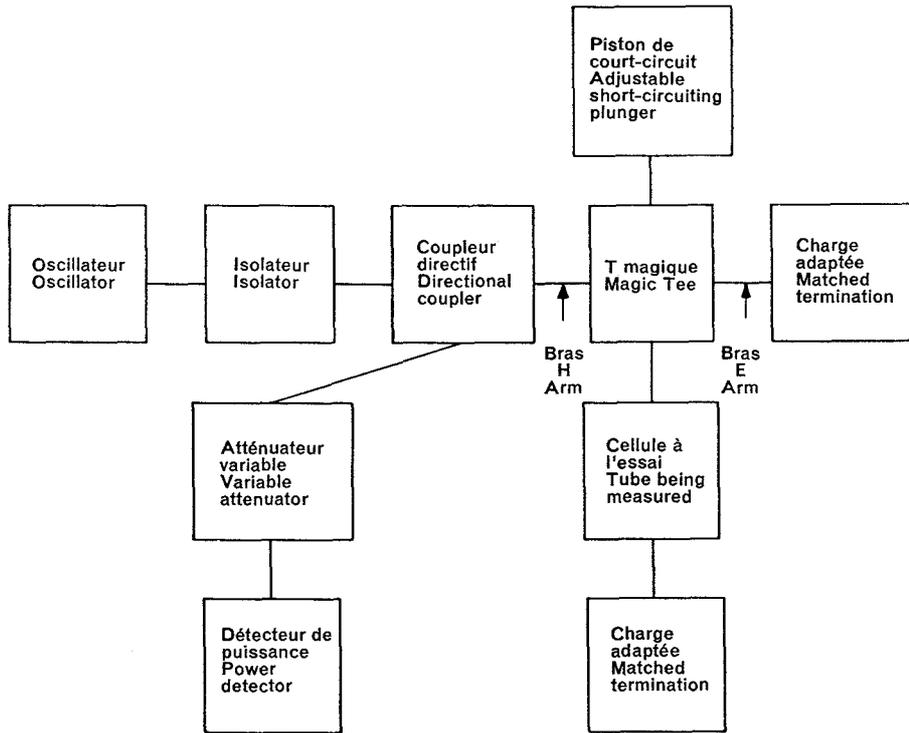


FIG. 13. — Schéma fonctionnel du circuit de mesure de la position du court-circuit — méthode A.
Block diagram of circuit for measurement of short-circuit position — Method A.

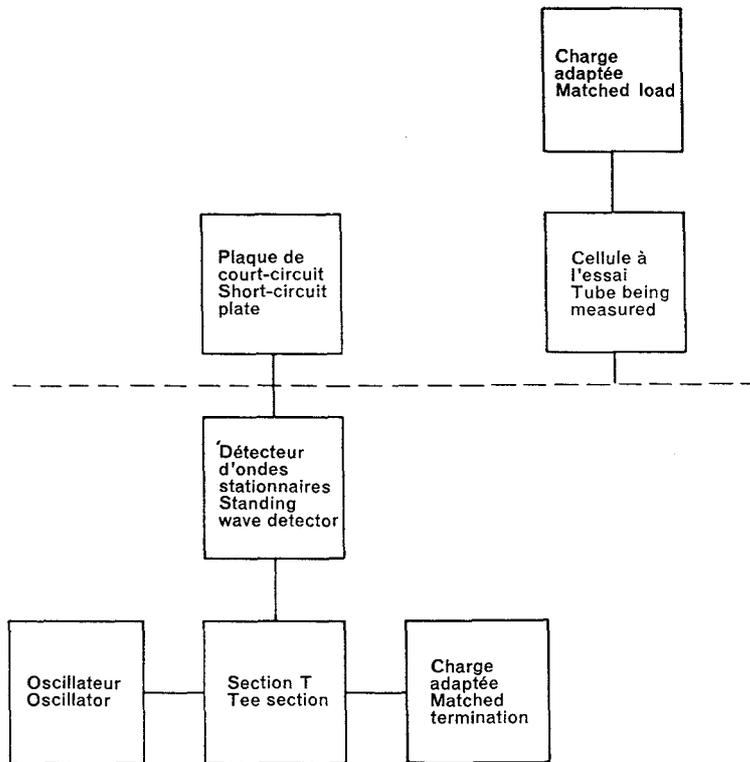


FIG. 14. — Schéma fonctionnel du circuit de mesure de la position du court-circuit — méthode B.
Block diagram of circuit for measurement of short-circuit position — Method B.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 31.100
