

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
60151-4**

Première édition
First edition
1963-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 4:
Méthodes de mesure du facteur de bruit**

**Measurements of the electrical properties
of electronic tubes and valves**

**Part 4:
Methods of measuring noise factor**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-4: 1963

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
60151-4

Première édition
First edition
1963-01

Mesures des caractéristiques électriques des tubes électroniques

Partie 4: Méthodes de mesure du facteur de bruit

Measurements of the electrical properties of electronic tubes and valves

Part 4: Methods of measuring noise factor

© IEC 1963 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

G

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES
DES TUBES ÉLECTRONIQUES**

4^{me} partie : Méthodes de mesure du facteur de bruit

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. 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 cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes № 39 : Tubes électroniques.

Elle fait partie d'une série de publications traitant des mesures des caractéristiques électriques des tubes électroniques. Le catalogue des publications de la C.E.I. donne tous renseignements sur les autres parties de cette série.

Le premier projet fut discuté lors d'une réunion tenue à Londres en juin 1960, à la suite de quoi un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1961.

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

Allemagne	Pays-Bas
Autriche	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Norvège	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC
TUBES AND VALVES**

Part 4: Methods of measuring noise factor

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. 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 this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Technical Committee No. 39, Electronic tubes and valves.

It forms one of a series dealing with the measurement of the electrical properties of electronic tubes and valves and reference should be made to the current catalogue of I.E.C. Publications for information on the other parts of the series.

The first draft was discussed at a meeting held in London in June 1960 and, as a result of the former meeting, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1961.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 4:

Austria	Norway
Belgium	Romania
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Japan	United States of America
Netherlands	

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

4^{me} partie : Méthodes de mesure du facteur de bruit

1. Domaine d'application

Ce document est fondé sur la pratique courante des mesures de facteur de bruit. Il ne doit pas être considéré comme une « Recommandation » prise au sens de « norme », car une description beaucoup plus détaillée des méthodes de mesure est nécessaire si l'on veut que les résultats des mesures basées sur ces principes soient comparables dans des tolérances définies.

2. Définitions du facteur de bruit et de la température de bruit

Le facteur de bruit F d'un amplificateur peut se définir par l'expression :

$$F = \frac{s_1/n_1}{s_2/n_2}$$

où : s_1/n_1 représente le rapport des puissances disponibles de signal et de bruit à l'entrée de l'amplificateur.

s_2/n_2 représente le rapport des puissances disponibles de signal et de bruit à la sortie de l'amplificateur quand la température de source est normale (290°K).

L'expression « puissance disponible » désigne la puissance pouvant être transmise entre des impédances conjuguées.

Le facteur de bruit peut aussi s'exprimer en décibels, comme suit :

$$F = 10 \log \frac{s_1/n_1}{s_2/n_2}$$

La température de bruit T_F , en degrés Kelvin, est liée au facteur de bruit par la formule :

$$T_F = 290 (F-1)$$

Une autre définition du facteur de bruit d'un amplificateur, ne différant pas dans ses fondements, est la suivante :

Le facteur de bruit d'un amplificateur peut se définir comme le rapport entre :

- 1) la puissance totale de bruit disponible lorsque l'entrée est reliée à une résistance de source qui se trouve à la température normale (290°K)
- et 2) la partie de cette puissance totale de bruit disponible due seulement à la résistance de source.

Le bruit dû à un amplificateur n'est pleinement défini par son facteur de bruit que si l'impédance de la source est aussi définie.

Les informations obtenues par l'une ou l'autre des méthodes de mesure données dans ce document sont identiques, quelle que soit la définition employée.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 4: Methods of measuring noise factor

1. Scope

This document is based on current practice on the measurement of noise factor. It should not be regarded as a recommendation in the sense of a standard because a more detailed description of the measuring methods is needed if measuring results on the basis of these principles have to be comparable within definite tolerances.

2. Definition of noise factor and noise temperature

The noise factor F of an amplifier can be defined by the expression:

$$F = \frac{s_1/n_1}{s_2/n_2}$$

where s_1/n_1 is the available signal-to-noise power ratio at the amplifier input, and s_2/n_2 is the available signal-to-noise power ratio at the amplifier output when the temperature of the source is standard (290°K).

“ Available power ” in the term “ available signal to noise power ratio ” means the power that could be transferred between conjugate impedances.

The noise factor F can also be expressed in decibel notation as

$$F = 10 \log \frac{s_1/n_1}{s_2/n_2}$$

The noise temperature T_F in degrees Kelvin is related to the noise factor by the expression

$$T_F = 290 (F-1)$$

An alternative definition of the noise factor of an amplifier, which does not differ in basic fundamentals is as follows:

The noise factor of an amplifier may be defined as the ratio of

- 1) the total available output noise power with the input connected to the source resistance which is at the standard temperature 290°K ,
- to 2) the portion of this total available output noise power due only to the source resistance.

The noisiness of an amplifier is fully defined by its noise factor only if the source impedance is also defined.

The information from both the measuring methods given in this document is identical irrespective of the definition used.

3. Généralités

Les mesures de bruit sur des tubes peuvent être effectuées à l'aide d'une source de signal dispersé. La source est fréquemment une diode à température limitée.

Cette source est satisfaisante jusqu'à la fréquence à laquelle les effets du temps de transit et de l'inductance des connexions deviennent appréciables. Avec les diodes actuelles, cette limite se situe aux environs de quelques centaines de MHz (Mc/s). Pour des fréquences supérieures, des tubes à décharge dans un gaz peuvent être utilisés.

Une vue d'ensemble de l'appareillage est indiquée sous forme de schéma fonctionnel à la figure 1.

Le tube dont le facteur de bruit est à mesurer constitue le premier étage du système récepteur. Un facteur de bruit global est mesuré, mais, si le gain du premier étage est suffisamment important, le bruit créé par les étages suivants devient négligeable et le facteur de bruit mesuré est seulement celui du premier étage. Si les étages suivants contribuent de façon appréciable au bruit, le facteur de bruit global de l'amplificateur est donné par :

$$F = F_1 + \frac{F_2-1}{G_1} + \frac{F_3-1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_r-1}{G_1 G_2 \dots G_{r-1}}$$

où F_r : facteur de bruit du $r^{\text{ième}}$ étage alimenté par une source d'impédance égale à l'impédance de sortie du $(r-1)^{\text{ième}}$ étage.

G_r : Gain de puissance du $r^{\text{ième}}$ étage.

Il est toutefois d'usage courant de faire en sorte que le gain du premier étage soit suffisamment élevé pour que la contribution des étages suivants au bruit soit réduite à des proportions négligeables.

De plus, la bande passante du premier étage doit être plus large que celle des étages suivants.

Pour mesurer le facteur de bruit, il est pratique de comparer le bruit de l'amplificateur à celui d'une source étalon de bruit thermique.

Une diode de bruit est utilisée comme source; la puissance de bruit qu'elle délivre est proportionnelle à son courant anodique.

Il faut, soit connaître la loi du détecteur pour pouvoir doubler avec précision la puissance de bruit injectée, soit utiliser un dispositif permettant d'éliminer l'influence de cette loi.

Dans une des méthodes décrites, ceci a été réalisé en utilisant un dispositif d'étalonnage à double source, et un shunt sur l'appareil de mesure.

4. Méthodes de mesure

Des modifications de détail peuvent être apportées à ces circuits, pourvu qu'elles ne changent ni le principe de la mesure, ni le degré de raffinement du circuit. Toute modification doit maintenir le degré de corrélation désiré entre les résultats de mesure.

4.1 Méthode A

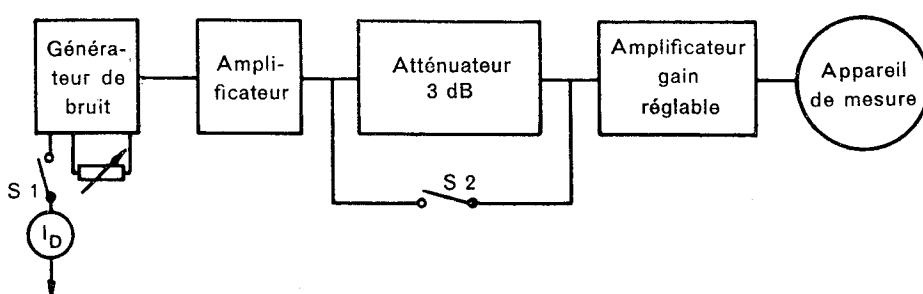


FIGURE 1

3. General

Noise measurements on individual tubes or valves may be made by means of the dispersed signal source method. The source is often a temperature limited diode. This source is satisfactory up to the frequency at which transit time and lead inductance effects become appreciable. With present diodes, this is in the region of some hundreds of MHz (Mc/s). For higher frequencies, gas-discharge tubes may be used.

A general outline of the equipment is shown in block diagram form in Figure 1.

The tube or valve to be measured for noise factor comprises the first stage of the receiving system. An overall noise factor is measured and, if the gain of the first stage is made high enough, the noise arising from succeeding stages will be negligible and the noise factor measured will be only that of the first stage. If appreciable noise is contributed by succeeding stages, the overall noise factor of the amplifier is given by:

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_r - 1}{G_1 G_2 \dots G_{r-1}}$$

where F_r = the noise figure of the r th stage when fed from a source impedance equal to the output impedance of the $(r-1)$ th stage.

G_r = available power gain of the r th stage.

It is usual practice, however, to arrange that the gain of the first stage is made high enough to reduce the noise contribution of succeeding stages to negligible proportions.

In addition, the bandwidth of the first stage must be wider than that of all the following stages.

For noise factor measurements, it is convenient to compare the noise from the amplifier with that from a standard thermal noise source. A temperature limited diode is used for this noise source. Its noise power output is directly proportional to its anode current.

Either the law of the detector must be known, so that an accurate doubling of noise input power can be obtained, or some device must be used to eliminate the effect of this law. In one method described, this has been accomplished by the use of a twin noise source calibrator and a meter shunt.

4. Methods of measurement

Modifications in detail may be made in the circuits, which do not change either the principle of measurement or the degree of refinement of the circuit. Any changes made should maintain the required correlation of the measuring results.

4.1 Method A

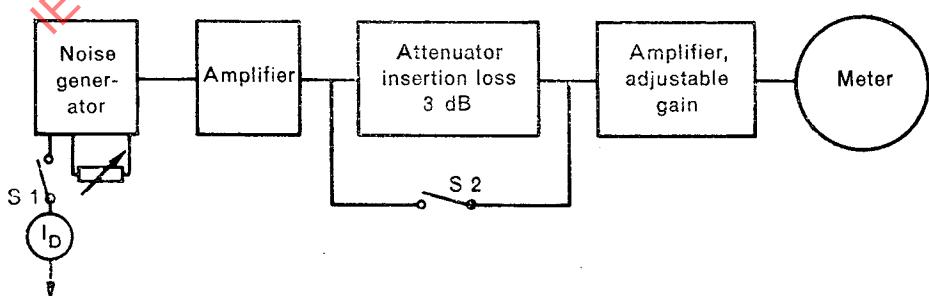


FIGURE 1

Cette méthode, pour laquelle il n'est pas nécessaire de connaître la loi particulière du dispositif indicateur de sortie, correspond à la figure 1. Elle utilise un atténuateur passif divisant la puissance par deux, placé aussitôt que possible dans le système, alors que le signal est suffisamment faible pour éviter toute erreur due aux non-linéarités du circuit. Un tel atténuateur peut être calibré, par des méthodes classiques, indépendamment du reste de l'appareillage. Une petite erreur de x dB dans l'atténuateur causera une erreur de $2x$ dB dans la valeur observée pour le facteur de bruit. L'atténuateur ne doit pas influer sur la réponse en fréquence du système.

Lorsqu'on utilise cette méthode, il suffit que l'appareil indicateur de sortie soit muni d'un seul repère, à un niveau de sortie arbitraire.

La diode de bruit étant coupée, l'indication est amenée sur ce repère en ajustant le gain de l'amplificateur auxiliaire. La diode est alors mise en service, et l'atténuateur en circuit. Le courant anodique de la diode est alors réglé en agissant sur le courant de chauffage de la diode jusqu'à ce que l'indication corresponde à nouveau au repère.

Le facteur de bruit peut se calculer par la formule :

$$F = \frac{e}{2kT} I_D R$$

où :

e = charge de l'électron = $1,60 \times 10^{-19}$ coulomb

k = constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ joule par degré Kelvin

T = température de la résistance de source (degrés Kelvin)

I_D = courant anodique de la diode de bruit (ampères)

R = valeur de la résistance de source (ohms).

Lorsque la température de la résistance de source est 290°K , cette formule devient :

a) sous forme de rapport : $F = 20 I_D R$

b) exprimé en décibels : $F = 10 \log (20 I_D R)$.

4.2 Méthode B

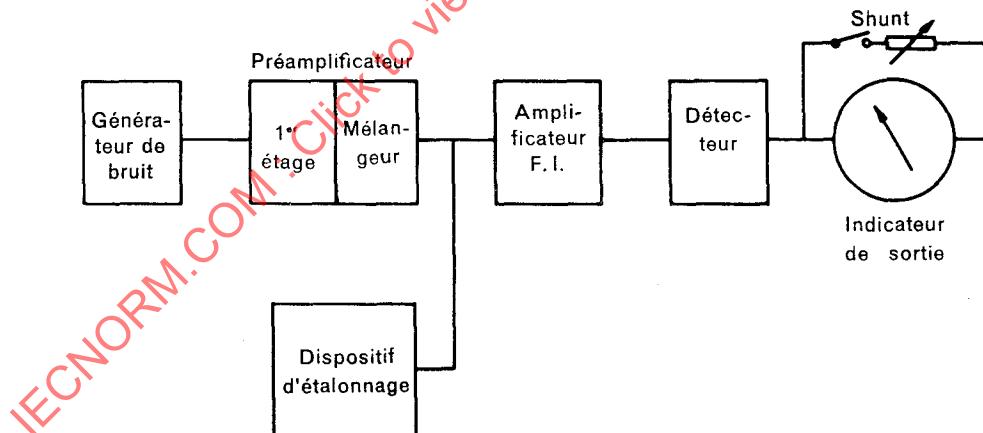


FIGURE 2

La mesure est effectuée en comparant le bruit issu du premier étage à un bruit de même amplitude en provenance du générateur, c'est-à-dire que l'on ajuste le bruit sortant du générateur de façon à doubler exactement le bruit dû au premier étage. Cette méthode correspond à la figure 2.

Il dépend uniquement de la loi du détecteur que le fait de doubler la puissance d'entrée donne ou non une indication exactement double de la lecture de sortie. Pour obtenir des résultats précis, le récepteur doit être étalonné pour savoir quelle lecture de l'appareil de sortie correspond à une puissance d'entrée double.

This method does not require the particular scale law of the output indicating device to be known. It is outlined in Figure 1.

It uses a passive power-halving attenuator as early in the system as is practicable where the signal level is small enough to avoid any errors due to circuit non-linearities. Such an attenuator can be calibrated, by known methods, independently of the rest of the equipment. A small error of x dB in the attenuator will cause an error of $2x$ dB in the observed value of the noise factor. The attenuator must not affect the frequency response of the system.

Using this method, the output indicating meter is required to have but one mark at some arbitrary output level.

With the noise diode off, the meter is set to the mark by adjusting the gain of its auxiliary amplifier. The diode is then turned on and the attenuator is switched into circuit. The diode anode current is adjusted by control of the diode filament supply until the meter is again set to the same mark.

The noise factor may be calculated from the formula:

$$F = \frac{e}{2kT} I_D R$$

where:

e = electron charge = 1.60×10^{-19} coulomb

k = Boltzmann's constant = 1.38×10^{-23} joule per degree Kelvin

T = temperature of the source resistor (degrees Kelvin)

I_D = noise diode anode current (amperes)

R = value of source resistor (ohms).

For a source resistor temperature of 290°K this formula reduces to:

a) as a ratio $F = 20 I_D R$

b) in decibel notation $F = 10 \log (20 I_D R)$.

4.2 Method B

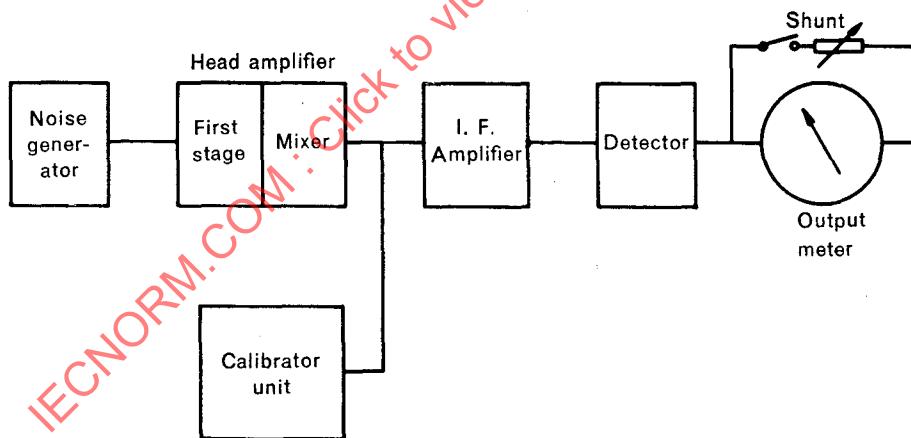


FIGURE 2

The measurement is made by comparing the noise output of the first stage with an equal amount of noise produced by the noise generator, i.e. the output of the noise generator is adjusted until it exactly doubles the noise output of the first stage. It is outlined in Figure 2.

It will depend entirely on the law of the detector whether or not a doubling of input power produces an accurate doubling of output reading. For accurate results, the receiver is calibrated to define the indication at the output which corresponds to a doubling of the input power.

Le dispositif d'étalonnage comprend deux diodes saturées, ayant chacune son amplificateur propre, dont les sorties sont réunies. Le bruit provenant des diodes doit être considérablement supérieur à celui des amplificateurs, pour que celui-ci n'ait pas d'influence sur l'étalonnage.

Un tube d'un type déterminé étant en position, le gain du récepteur est réglé de façon à donner une indication convenable sur l'appareil de sortie (en général vers la moitié de l'échelle).

Pour étalonner le récepteur, le dispositif d'étalonnage est branché à l'amplificateur à fréquence intermédiaire et, l'une des sources de bruit de ce dispositif étant en fonctionnement, le gain de cette source est réglé jusqu'à obtenir sur l'indicateur la même lecture qu'avec le tube à essayer. Après avoir branché la deuxième source de bruit à l'entrée de l'amplificateur à fréquence intermédiaire, cette source est aussi réglée pour obtenir la même lecture. Ainsi chaque source procure la même quantité de bruit. Les deux sources étant alors mises en service simultanément, doublant avec précision le bruit à l'entrée du récepteur, le shunt de l'appareil indicateur est ajusté de façon telle qu'on obtienne la même déviation que lorsqu'une seule des sources était en circuit.

Chaque fois que l'on doublera exactement la puissance d'entrée et que le shunt sera mis en service, on n'obtiendra aucune modification de lecture.

Le tube à essayer étant en circuit et la source de bruit de mesure étant branchée, ainsi que le shunt de l'appareil indicateur, on règle la source pour obtenir la lecture initiale.

Ainsi le bruit à l'entrée du récepteur aura été exactement doublé. On lit alors le courant anodique de la diode de bruit, et le facteur de bruit de l'amplificateur est calculé par la formule donnée dans la méthode A.

5. Précautions

5.1 Alimentation de la diode de bruit

Il est recommandé de stabiliser contre les fluctuations de tension du réseau à la fois la tension anodique et la tension de chauffage de la diode, et de prendre les précautions nécessaires pour éliminer par filtrage tout signal à radiofréquence qui pourrait se trouver à la sortie des sources d'alimentation.

5.2 Blindage

Il est en général recommandé de placer l'appareillage et son opérateur dans un local bien blindé et de filtrer de façon satisfaisante contre les radiofréquences toutes les arrivées du réseau dans ce local.

5.3 Température de la résistance de source de bruit

La température de la résistance de source de bruit doit être connue. Si l'on veut effectuer des mesures absolues, il est essentiel de maintenir la température de la résistance de source de bruit à 290°K, ou d'effectuer les corrections nécessaires pour tout écart par rapport à cette valeur. Des dispositions doivent être prises pour maintenir l'amplificateur d'essai à une température constante qui doit être enregistrée.

5.4 Adaptation des circuits d'entrée

Le générateur de bruit doit avoir une impédance égale à celle de la source utilisée avec le circuit en essai.

La valeur de la résistance de source doit être connue avec précision. Cette résistance de source est constituée par une résistance en parallèle sur un circuit accordé, dont l'effet peut ne pas toujours être négligeable. Il est donc nécessaire, pour des mesures absolues, de pouvoir préciser l'impédance dynamique de ce circuit accordé, et ainsi calculer la valeur résultante de la résistance de source, qui sera la vraie valeur en ce qui concerne le facteur de bruit.

Des vérifications fréquentes de la valeur de résistance de source doivent être faites pour éliminer les erreurs dues à toute variation dans le temps, causée par le vieillissement de la résistance, etc.