

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-7

Première édition
First edition
1964-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 7:
Mesure de la résistance équivalente de bruit**

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

**Part 7:
Measurement of equivalent noise resistance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-7: 1964

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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**

60151-7

Première édition
First edition
1964-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 7:
Mesure de la résistance équivalente de bruit**

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

**Part 7:
Measurement of equivalent noise resistance**

© IEC 1964 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**

Septième partie : Mesure de la résistance équivalente de bruit

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 cette unification internationale, la CEI 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 CEI 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 N° 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 CEI donne tous renseignements sur les autres parties de cette série.

Le premier projet fut discuté lors d'une réunion tenue à Interlaken en juin 1961, à la suite de quoi un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1962.

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

Afrique du Sud	Pays-Bas
Australie	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
Italie	Turquie
Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 7: Measurement of equivalent noise resistance

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC 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 electronics tubes and valves and reference should be made to the current catalogue of IEC Publications for information on the other parts of the series.

The first draft was discussed at a meeting held in Interlaken in June 1961 and as a result a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1962.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 7:

Australia	Poland
Belgium	Romania
Canada	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Turkey
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Septième partie : Mesure de la résistance équivalente de bruit

1. Domaine d'application

Ce document décrit des méthodes de mesure de la résistance équivalente de bruit des tubes électroniques, due à l'effet de grenaille et au bruit de répartition. Les méthodes données sont fondées sur la pratique courante des mesures de résistance équivalente de bruit. Ce document ne doit pas être considéré comme une « recommandation » prise au sens de « norme », car une description 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. Généralités

Les principales causes de bruit dans les amplificateurs et mélangeurs à fréquence intermédiaire ou à fréquence radioélectrique sont l'effet de grenaille et le bruit de répartition. Pour un amplificateur à fréquence radioélectrique ou à fréquence intermédiaire, on considère que le bruit est dans la même bande de fréquences que celle couverte par l'amplificateur. Le cas d'un changeur de fréquence est plus complexe, mais en pratique on considère encore que le bruit n'occupe que la bande de fréquences du signal, et non la fréquence image ou la bande de fréquence intermédiaire. Ce bruit ne tient compte ni de l'effet de scintillement, qui apparaît principalement dans la bande des fréquences acoustiques et peut s'étendre jusqu'à 1 MHz, ni des effets du bruit induit dans la grille, qui deviennent sensibles à des fréquences supérieures à 20 MHz environ. Les résultats de mesures dans la gamme de fréquences de 1 MHz à 20 MHz sont sensiblement les mêmes.

Dans les méthodes de mesure indiquées ci-après, il apparaît que les méthodes décrites aux paragraphes 4.1 et 4.3 ne peuvent s'appliquer directement aux changeurs de fréquence, à moins que les circuits d'entrée ne soient modifiés afin de réduire la bande passante d'entrée.

3. Définition de la résistance équivalente de bruit

L'expression « résistance équivalente de bruit » (R_{eq}) désigne la résistance qui, si elle était insérée dans le circuit de grille d'un tube parfaitement exempt de bruit, du type mesuré, produirait dans la bande de fréquences appropriée définie ci-dessus un bruit de même niveau que celui causé par l'effet de grenaille et le bruit de répartition dans le tube réel mesuré. Cette expression intervient pour aider celui qui détermine les circuits.

4. Méthodes de mesure

Des modifications de détail peuvent être apportées aux circuits décrits ci-après 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.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 7: Measurement of equivalent noise resistance

1. Scope

This document gives methods of measurement of equivalent noise resistance of electronic tubes and valves due to shot effect and partition noise. The methods given are based on current practice of the measurement of equivalent noise resistance. The document 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. General

The main causes of noise in i.f. (intermediate-frequency) and r.f. (radio-frequency) amplifiers and mixers are shot effect and partition noise. In the case of an r.f. or i.f. amplifier the noise is considered to be in the same frequency band as that over which the amplifier operates. The case of a frequency-changer is more complex, but in practice the noise is again considered to occupy only the signal-frequency band and not the image-frequency band or the i.f. band. This noise does not include flicker effect which occurs mainly in the audio-frequency band and which may extend up to about 1 MHz (Mc/s), neither does it include grid noise effects which become significant at frequencies above about 20 MHz (Mc/s). The results of measurement within the frequency range of 1 MHz (Mc/s) to 20 MHz (Mc/s) will be substantially the same.

In the methods of measurement detailed below, it follows that the methods described in Sub-clauses 4.1 and 4.3 are not directly applicable to frequency-changers, unless the input circuits are modified to restrict the input bandwidth.

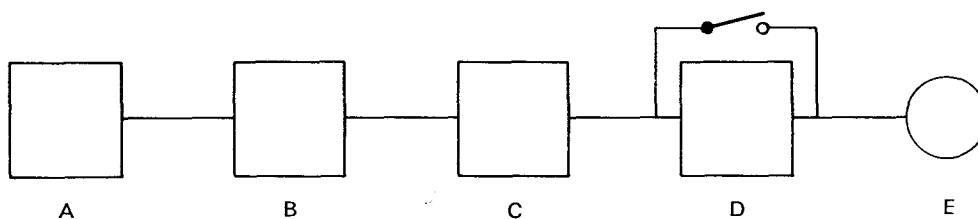
3. Definition of equivalent noise resistance

The term "Equivalent noise resistance" (R_{eq}) is that resistance which, if introduced into the grid circuit of a perfectly noiseless tube or valve of the type being measured, would produce over the appropriate frequency band defined above, noise of the same level as that of the shot effect and partition noise occurring in the actual tube or valve being measured. The term is introduced for the convenience of the circuit designer.

4. Methods of measurement

Modification of detail may be made in the circuits given below 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 measurement results.

4.1 Le schéma fonctionnel de la figure 1 indique une méthode de mesure de la résistance équivalente de bruit.



- A. Diode de bruit (par exemple diode à vide à filament tungstène, fonctionnant en saturation)
- B. Tube en mesure
- C. Amplificateur
- D. Atténuateur 3 dB
- E. Appareil indicateur

FIG. 1

L'alimentation du filament de la diode de bruit étant coupée et l'atténuateur étant mis en court-circuit, le gain de l'amplificateur, dont la bande passante doit se trouver bien à l'intérieur des fréquences limites indiquées plus haut, est réglé de façon à donner sur l'appareil indicateur une lecture convenable du bruit produit par le tube en mesure.

La diode de bruit et l'atténuateur sont alors mis en circuit, et le courant de la diode est réglé de façon à obtenir la même lecture sur l'appareil indicateur. Dans ces conditions, pourvu que l'on puisse négliger l'apport de bruit de l'amplificateur suivant le tube, l'équation suivante est applicable :

$$R_{eq} = \frac{eI_d R_s^2}{2kT} - R_s$$

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

I_d = courant dans la diode de bruit, en ampères

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

R_s = résistance de charge de la diode de bruit (ohms)

T = température absolue de la résistance de source de bruit, en degrés Kelvin

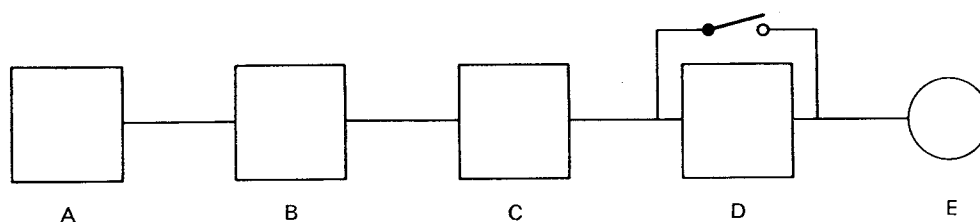
R_{eq} est normalement indiquée pour la valeur $T = 290^\circ \text{ K}$.

Si la valeur de la résistance de source s'écarte sensiblement de 290° K , une correction doit être faite.

Les inconvénients de cette méthode sont les suivants :

- a) La capacité d'entrée du tube en cours de mesure produit un effet de shunt sur la résistance de charge de la diode; cet effet est en général peu important pour des valeurs de résistance de charge inférieures à 500 ohms environ.
- b) Des difficultés peuvent être provoquées par la réaction due à la capacité anode-grille du tube mesuré.

4.1 The block diagram shown in Figure 1 illustrates one method by which equivalent noise resistance of a tube or valve may be measured.



- A. Noise diode (e.g. tungsten filament vacuum diode, operated in saturation)
- B. Tube or valve being measured
- C. Amplifier
- D. 3 dB attenuator
- E. Indicating instrument

FIG. 1

With the noise diode filament supply turned off and the attenuator short-circuited, the gain of the amplifier, whose bandwidth should lie well within the frequency limits quoted above, is adjusted to give a convenient reading on the indicating device of the noise produced by the tube or valve being measured.

The noise diode and the attenuator are then switched into circuit and the current of the noise diode is adjusted until the indicating device returns to its first reading. Under this condition, providing that the noise contribution of the amplifier following the tube or valve can be neglected, the following equation applies :

$$R_{eq} = \frac{e I_d R_s^2}{2kT} - R_s$$

e = charge of the electron = 1.60×10^{-19} coulombs

I_d = current through the noise diode, in amperes

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

R_s = the load resistance of the noise diode (ohms)

T = absolute temperature of the noise source resistance, in degrees Kelvin

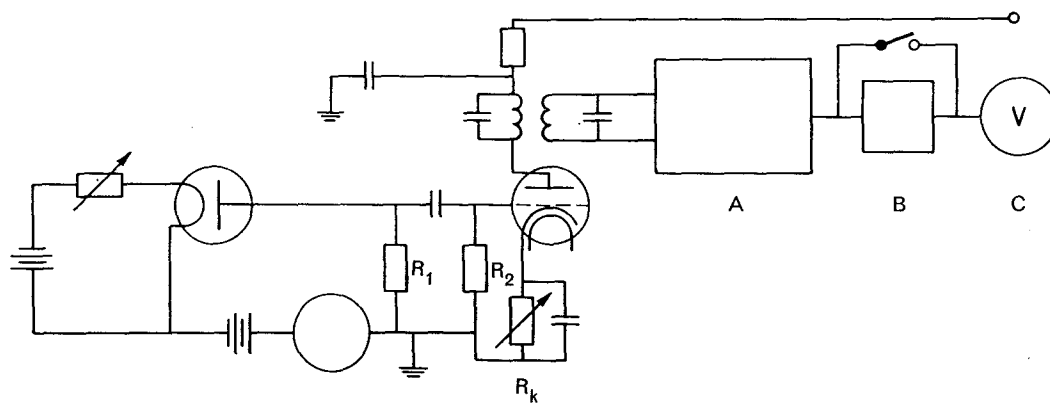
R_{eq} is normally quoted for the value $T = 290^\circ \text{ K}$.

If the temperature of the noise source resistance differs appreciably from 290° K , a correction should be made.

Disadvantages of this method of measurement are as follows :

- a) The input capacitance of the tube or valve being measured has a shunting effect upon the diode load resistance; usually this effect is small for values of load resistance up to about 500 ohms.
- b) Difficulties may arise due to feedback through the anode to grid capacitance of the tube or valve being measured.

4.1.1 Exemple pratique de circuit



- A. Amplificateur (étage de sortie à charge cathodique)
- B. Atténuateur 3 dB
- C. Voltmètre à tube

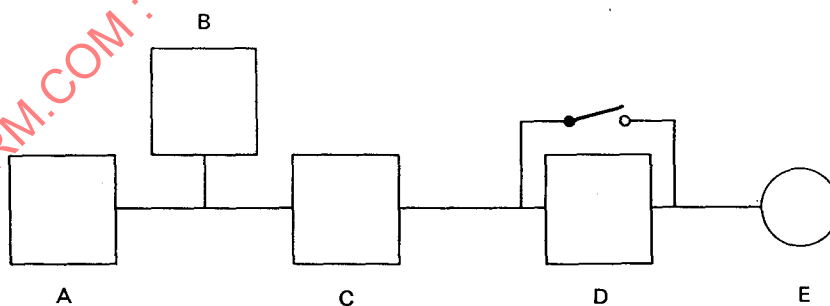
FIG. 2

La procédure adoptée est semblable à celle décrite au paragraphe 4.1, après qu'on ait réglé le courant du tube mesuré à la valeur nécessaire en agissant sur la résistance de cathode R_k . Les valeurs typiques de résistances R_1 dans le circuit de la diode et R_2 dans le circuit de grille du tube mesuré sont respectivement :

100 Ω et 1 M Ω lorsque R_{eq} est comprise entre 100 Ω et 2 000 Ω
 700 Ω et 1 M Ω lorsque R_{eq} est comprise entre 2 000 Ω et 100 000 Ω

- 4.2 Une autre méthode de mesure, utilisant aussi une diode de bruit, consiste à mettre la diode de bruit dans le circuit anodique du tube, comme indiqué par le schéma fonctionnel de la figure 3.

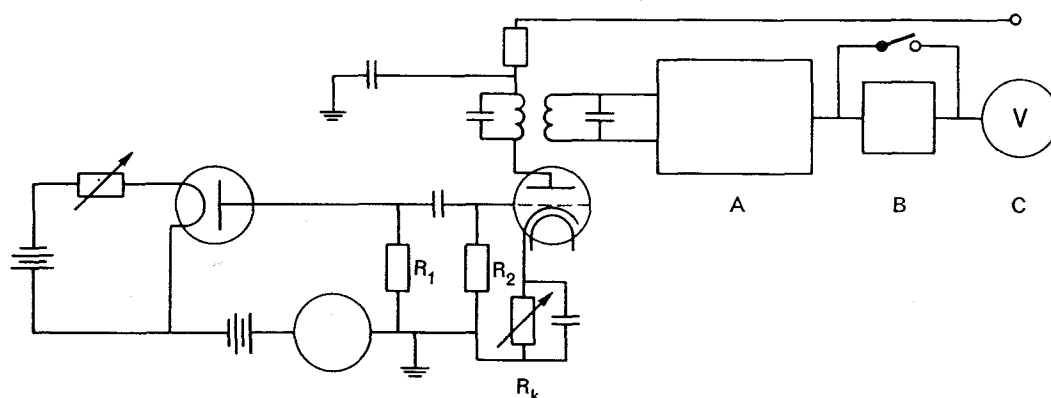
Les bornes d'entrée du tube mesuré doivent être mises en court-circuit.



- A. Tube mesuré
- B. Diode de bruit
- C. Amplificateur
- D. Atténuateur 3 dB
- E. Appareil indicateur

FIG. 3

4.1.1 Typical practical circuit



- A. Amplifier (with cathode follower output stage)
- B. 3 dB attenuator
- C. Tube or valve voltmeter

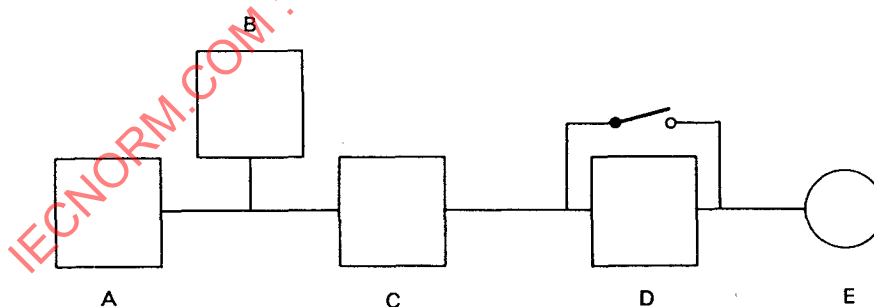
FIG. 2

The procedure adopted is similar to that described in Sub-clause 4.1. The tube or valve, to be measured, is first set up to the required current conditions by adjustment of the cathode resistor R_k . Typical values of the resistors R_1 in the diode circuit and R_2 in the grid circuit of the tube or valve being measured are :

100 Ω and 1 M Ω respectively for values of R_{eq} between 100 Ω and 2 000 Ω
 700 Ω and 1 M Ω respectively for values of R_{eq} between 2 000 Ω and 100 000 Ω

4.2 An alternative method of measurement, also making use of a noise diode, is to insert the diode noise source into the anode circuit of the tube or valve, as shown diagrammatically in Figure 3.

The input terminals of the tube or valve being measured should be short-circuited.



- A. Tube or valve being measured
- B. Noise diode
- C. Amplifier
- D. 3 dB attenuator
- E. Indicating instrument

FIG. 3

La procédure de mesure est semblable à celle donnée au paragraphe 4.1, et les équations suivantes sont applicables :

$$R_{eq} = \frac{eI_d}{2kT g_m^2} \text{ pour un amplificateur}$$

$$\text{ou } R_{eq} = \frac{eI_d}{2kT g_c^2} \text{ pour un changeur de fréquence}$$

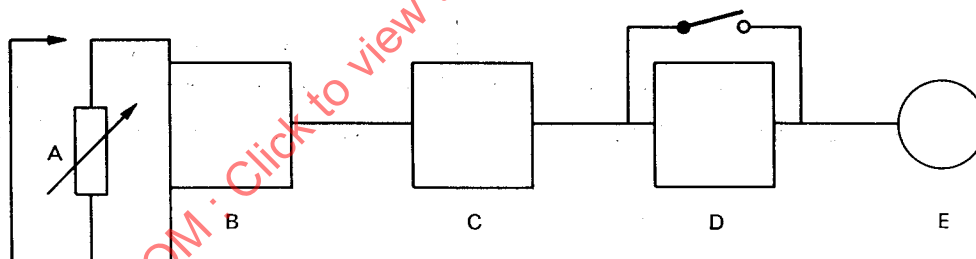
Lorsque les unités sont celles du paragraphe 4.1, et que g_m et g_c sont mesurés en ampères par volt, ces formules deviennent :

$$R_{eq} = \frac{20 I_d}{g_m^2} \text{ pour un amplificateur}$$

$$R_{eq} = \frac{20 I_d}{g_c^2} \text{ pour un changeur de fréquence}$$

Un inconvénient de cette méthode est qu'il faut connaître les valeurs de la pente g_m ou de la pente de conversion g_c du tube mesuré, dans les conditions de mesure.

- 4.3 Le schéma fonctionnel de la figure 4 correspond à une troisième méthode de mesure de la résistance équivalente de bruit. A cause des difficultés mentionnées aux alinéas a) et b) ci-dessous, cette méthode a une bande de fréquences relativement basse, et les résultats obtenus peuvent alors comprendre un apport de bruit dû à l'effet de scintillement.



- A. Résistance réglable étalonnée
- B. Tube mesuré
- C. Amplificateur
- D. Atténuateur 3 dB
- E. Appareil indicateur

FIG. 4

Dans cette méthode, une résistance réglable étalonnée, mise dans le circuit de grille, remplace la diode de bruit, la procédure étant par ailleurs semblable à celle de la méthode décrite au paragraphe 4.1. Dans ce cas, la valeur de la résistance nécessaire pour ramener l'indication de l'appareil de sortie à sa valeur originale donne une mesure directe de la résistance équivalente de bruit du tube mesuré.