

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-12

Première édition
First edition
1966-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

Partie 12:

Méthodes de mesure de la résistance d'électrode,
de la transconductance, du facteur d'amplification,
de la résistance de conversion et de la pente de
conversion

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

Part 12:

Methods of measuring electrode resistance,
transconductance, amplification factor, conversion
resistance and conversion transconductance



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-12: 1966

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**

60151-12

Première édition
First edition
1966-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

Partie 12:

Méthodes de mesure de la résistance d'électrode, de la transconductance, du factor d'amplification, de la résistance de conversion et de la pente de conversion

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

Part 12:

Methods of measuring electrode resistance, transconductance, amplification factor, conversion resistance and conversion transconductance

© IEC 1966 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

N

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Domaine d'application	6
Sections	
1. Définitions	6
2. Théorie de base	8
3. Conditions de mesure	8
4. Circuits de mesure	10
5. Résistance d'électrode	10
6. Transconductance	12
7. Facteur d'amplification relatif à deux électrodes et facteur d'amplification	12
8. Résistance de conversion anodique (pour un tube mélangeur ou chargeur de fréquence) . .	14
9. Pente de conversion	14
FIGURES	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-12:1966

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Scope	7
Section	
1. Definitions	7
2. Basic theory	9
3. Measuring conditions	9
4. Measuring circuits	11
5. Electrode resistance	11
6. Transconductance	13
7. Voltage factor (μ factor) and amplification factor	13
8. Conversion resistance (of a mixer tube or frequency changer valve)	15
9. Conversion transconductance	15
FIGURES	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-12:1966

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES
DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Douzième partie : Méthodes de mesure de la résistance d'électrode,
de la transconductance, du facteur d'amplification, de la résistance
de conversion et de la pente de conversion

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 N° 39 de la C E I: 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 1960, à la suite de quoi un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en Décembre 1963.

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

Afrique du Sud	Japon
Belgique	Pays-Bas
Chine (République Populaire de)	Pologne
Corée (République de)	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

**Part 12: Methods of measuring electrode resistance, transconductance, amplification
factor, conversion resistance and conversion transconductance**

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 I E C 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. 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 1960 and, as a result, a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 12:

Belgium	Netherlands
China (People's Republic of)	Poland
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Israel	Turkey
Italy	Union of Soviet Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Korea (Republic of)	United States of America

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Douzième partie : Méthodes de mesure de la résistance d'électrode, de la transconductance, du facteur d'amplification, de la résistance de conversion et de la pente de conversion

Domaine d'application

Cette Recommandation est fondée sur la pratique courante des mesures de la résistance d'électrode, de la transconductance, du facteur d'amplification, de la résistance de conversion et de la pente de conversion. Elle ne doit pas être considérée 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.

SECTION UN — DÉFINITIONS *

1. Résistance d'électrode

La résistance d'électrode est le quotient entre une petite tension sinusoïdale appliquée à l'électrode et la composante correspondante en phase du courant de cette électrode, toutes les autres tensions étant maintenues constantes.

Un cas particulier de la résistance d'électrode est la résistance interne qui est la résistance d'anode.

2. Transconductance

La transconductance entre une électrode et une autre est le quotient de la composante sinusoïdale en phase du courant de court-circuit de la deuxième électrode par la composante sinusoïdale de la tension de la première électrode, toutes les autres tensions étant maintenues constantes.

Un cas particulier de transconductance est la pente, qui est la transconductance entre grille de commande et anode.

3. Facteur d'amplification relatif à deux électrodes et facteur d'amplification

Le facteur d'amplification relatif à deux électrodes n et m est le quotient entre une petite tension sinusoïdale appliquée à l'électrode n et une petite tension sinusoïdale appliquée à l'électrode m de façon telle que le courant de l'électrode l soit inchangé, toutes les autres tensions étant maintenues constantes. L'électrode l peut être la même que m ou n .

Un cas particulier du facteur d'amplification relatif à deux électrodes est le facteur d'amplification du tube électronique, c'est-à-dire le facteur d'amplification pour une électrode spécifiée et la grille de commande, le courant anodique restant inchangé.

4. Résistance de conversion anodique

La résistance de conversion anodique d'un tube mélangeur ou changeur de fréquence est le quotient entre une petite tension sinusoïdale appliquée à l'anode et la composante correspondante en phase du courant anodique, dans des conditions déterminées de fonctionnement en mélangeur ou en changeur de fréquence.

* Ces définitions ne s'appliquent rigoureusement que pour des amplitudes infinitésimales.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 12: Methods of measuring electrode resistance, transconductance, amplification factor, conversion resistance and conversion transconductance

Scope

This Recommendation is based on current practice on the measurement of electrode resistance, transconductance, amplification factor, conversion resistance and conversion transconductance. 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.

SECTION ONE — DEFINITIONS *

1. Electrode resistance

The electrode resistance is the ratio of a small sinusoidal voltage applied to the electrode to the corresponding in-phase component of the current of that electrode, all other voltages being maintained constant.

A special case of the electrode resistance is the anode resistance.

2. Transconductance

The transconductance from one electrode to another is the ratio of the in-phase sinusoidal component of the short-circuit current of the second electrode to the sinusoidal component of the voltage of the first electrode, all other voltages being maintained constant.

A special case of transconductance is the mutual conductance, which is the control grid to anode transconductance.

3. Voltage factor (μ factor) or amplification factor

The voltage factor (or μ factor) is the ratio of a small sinusoidal voltage applied to the electrode n , to a small sinusoidal voltage applied to the electrode m , under the conditions that the current to the electrode l remains unchanged and all other voltages are maintained constant. Electrode l may be the same as m or n .

A special case of the voltage factor is the amplification factor, which is the voltage factor for a specified electrode and the control grid, with the anode current remaining unchanged.

4. Anode conversion resistance

The anode conversion resistance of a mixer tube or a frequency changer valve is the ratio of a small sinusoidal voltage, applied to the anode, to the corresponding in-phase component of the anode current, under prescribed mixing or frequency changing conditions.

* These definitions apply rigorously only to infinitesimal amplitudes.

5. Pente de conversion

La pente de conversion est le quotient, mesuré dans des conditions déterminées de fonctionnement en mélangeur ou en changeur de fréquence, de la composante à une fréquence particulière unique du courant de sortie en court-circuit à la tension sinusoïdale d'entrée, de fréquence différente, qui provoque ce courant de sortie.

SECTION DEUX — THÉORIE DE BASE

Deux types de méthodes d'équilibre sont recommandés pour les mesures précises, en basse fréquence, des paramètres des tubes électroniques.

Dans la méthode de rapport de résistances, pour laquelle un signal est introduit seulement en un point du circuit, l'équilibre est obtenu par le réglage d'impédances et la valeur du paramètre est exprimée par un rapport de résistances. De tels circuits sont détaillés dans les figures 2, 4, 6, 8, 10, 12 et 14, pages 18, 19, 21, 22, 23 et 25.

Dans la méthode de rapport de tensions, il y a trois sources de tension de mesure, V_{10} , V_{20} et V_{30} , comme indiqué à la figure 1, page 18. Ces tensions sont exactement en phase et le rapport de deux d'entre elles à l'équilibre (V_1 et V_2) est connu avec précision par les réglages des atténuateurs. Une concordance de phase exacte est obtenue en utilisant des transformateurs semblables T_1 et T_2 . Puisque les sources de tension sont exactement en phase et que les impédances équivalentes de sources peuvent être suffisamment basses pour être négligées (pratiquement 1 à 25 ohms), le rapport V_2/V_1 donné à l'équilibre par les réglages d'atténuateurs peut être étalonné pour indiquer directement la valeur du paramètre. Les sources de tension étant isolées l'une de l'autre, les sources d'alimentation peuvent être mises à la masse à la cathode, et le système d'équilibrage de phase (V_{30} en série avec C) peut toujours être branché aux bornes du détecteur de zéro. Les chutes de tension dues aux courants d'électrodes dans les réseaux en échelle sont normalement négligeables. L'inverseur S permet de mesurer des paramètres de signes opposés. Des circuits de cette sorte apparaissent sur les figures 3, 7, 11, 13 et 15, pages 18, 21, 22, 24 et 25.

SECTION TROIS — CONDITIONS DE MESURE

Pour mesurer les caractéristiques d'un tube dans certaines conditions de fonctionnement, les tensions du signal utilisé doivent être suffisamment faibles pour qu'une diminution supplémentaire de leur valeur n'ait pas d'effet sur la mesure. Les conditions de fonctionnement du tube, comprenant l'utilisation de blindages, de dispositifs de refroidissement, etc., la tension de chauffage, les tensions d'électrodes et les impédances dans les circuits d'électrodes doivent être données dans les méthodes de mesure. Toutes les lectures doivent être faites lorsque l'état d'équilibre est atteint.

Les méthodes décrites ci-après ne valent que pour la composante active des caractéristiques; les fréquences de mesure utilisées doivent être suffisamment basses pour que le déphasage dû à l'admittance d'interface de cathode soit négligeable.

Les lettres l, m et n ont été choisies pour désigner les électrodes, de façon à faire apparaître que l'application est possible pour toutes sortes de systèmes d'électrodes.

Le circuit de mesure doit répondre à plusieurs conditions spéciales pour les méthodes d'équilibre:

- a) Faibles capacités et couplages parasites entre les éléments du réseau de mesure à l'aide d'une mise à la masse et de blindages appropriés.
- b) Faible capacité par rapport à la masse des générateurs et des détecteurs, obtenue aussi par un blindage approprié.

5. Conversion transconductance

The conversion transconductance is the ratio, measured under prescribed mixing or frequency changing conditions, of a specific single frequency component of the short-circuit output current of the device to the applied sinusoidal input voltage, of different frequency, causing this output current.

SECTION TWO — BASIC THEORY

Two forms of balance methods are recommended for precision measurements, at low frequency, of the electronic tubes or valve parameters.

In the resistance-ratio method in which a signal is introduced at only one point in the circuit, a null is obtained by the adjustment of impedances and the value of the coefficient is expressed by a resistance ratio. Such circuits are detailed in Figures 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14, pages 18, 19, 21, 22, 23 and 25.

In the voltage ratio-method there are three low-impedance test voltage sources, V_{10} , V_{20} and V_{30} as shown in Figure 1, page 18. These voltages are exactly in phase and the ratio of two of them at balance (V_1 and V_2) is accurately known from the attenuator settings. Exact phase relationship is obtained by using the similar transformers at T_1 and T_2 . Since the voltage sources are exactly in phase and the equivalent source impedances can be negligibly low (typically 1 to 25 ohms), the ratio V_2/V_1 as given at balance by the attenuator settings can be calibrated to indicate directly the value of the parameter. Since the voltage sources are insulated from each other, the power supplies may be grounded at the cathode and the phase-balancing system (V_{30} in series with C) may always be connected across the null detector. The d.c. voltage drops due to electrode current in the ladder networks are normally negligible. The reversing switch S permits measuring coefficients of reverse sign. Circuits of this kind are detailed in Figures 3, 7, 11, 13 and 15, pages 18, 21, 22, 24 and 25.

SECTION THREE — MEASURING CONDITIONS

To measure the characteristics of a tube or valve for a certain condition of operation, the signal voltages used should be sufficiently low so that a further reduction of their value would not affect the measurement. The condition of operation of the tube or valve, including the application of shields or cooling clamps, etc., heater or filament voltages, electrode voltages and electrode impedances should be given in the measuring method. All readings are to be taken when the equilibrium state is reached.

The methods here described refer solely to the active component of the characteristics; the measurement frequencies used should be sufficiently low so that the phase-angle of the cathode-interface admittance is negligible.

The letters l, m and n have been chosen for the designation of the electrodes in order to underline the common applicability to all sorts of electrode systems.

In the use of balancing methods, several special conditions should be met by the measuring circuit:

- a) Low stray capacitances, stray couplings and capacitances across the network elements by the use of proper grounding and shielding.
- b) Low capacitance to ground of the generators and detectors, also by using proper shielding.

- c) Faible impédance interne en courant continu et en courant alternatif pour les sources d'alimentation.
- d) Faible résistance interne en courant continu des éléments du réseau qui pourraient influencer sur les tensions continues des électrodes du tube. Lorsque ceci n'est pas possible, ces tensions doivent être mesurées directement sur les électrodes.
- e) Eléments d'étouffement appropriés pour éviter les oscillations parasites des tubes à grande pente, mais ayant une influence négligeable en courant continu et à la fréquence de mesure.
- f) Equilibrage approprié des courants en quadrature avant d'effectuer la lecture du rapport de résistances (ou de tensions).

SECTION QUATRE — CIRCUITS DE MESURE

Des circuits de mesure particuliers sont donnés ci-après. 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.

Les méthodes décrites dans cette recommandation ne s'appliquent pas nécessairement à tous les types de tubes, par exemple aux tubes d'émission.

SECTION CINQ — RÉSISTANCE D'ÉLECTRODE

1. Schémas simplifiés

Un schéma simplifié correspondant à une méthode de rapport de résistances est donné à la figure 2, page 18, et un correspondant à une méthode de rapport de tensions à la figure 3, page 18. Dans les deux cas, le condensateur C permet d'équilibrer les courants en quadrature. Ces deux schémas ne comprennent pas les sources d'alimentation nécessaires au fonctionnement du tube en mesure. Les équations correspondantes sont les équations 1 et 2.

2. Circuit pratique, méthode d'équilibre

Un circuit tel que celui de la figure 4, page 19, est recommandé. Les résistances correspondant à celles de la figure 2, page 18, sont repérées de façon identique.

3. Circuit pratique, méthode d'approximation

Pour des mesures rapides, une méthode d'approximation non équilibrée (à lecture directe), correspondant à la figure 5, page 20, est recommandée.

L'instrument indicateur Ind. dans ce circuit peut être étalonné simplement en équilibrant les courants qui traversent le support de tube seul avec R_1 et C, en insérant des résistances non réactives et de valeurs connues à la place du tube, en rétablissant l'équilibre avec C, si nécessaire, ce qui permet d'obtenir une courbe d'étalonnage $V_o = f(R_{cal})$.

Cette méthode, étant une méthode d'approximation, ne peut être utilisée qu'entre certaines limites imposées principalement par l'amplificateur de mesure. Ces limites sont environ 500 ohms et 50 mégohms, pour une erreur inférieure ou égale à 1 %. Les imprécisions dans le réglage des conditions de mesure (y compris les erreurs dues aux appareils de mesure) augmenteront évidemment l'erreur.

- c) Low d.c. and a.c. internal impedance of the power supplies.
- d) Low d.c. internal resistance of the network elements which may influence the d.c. voltages at the electrodes. Where this is not possible, these voltages should be measured directly at the electrodes.
- e) Proper damping elements to avoid spurious oscillation of high-slope tubes and valves but which should have negligible effects at d.c. and at the measuring frequency.
- f) Proper balancing of the quadrature currents before reading the resistance (voltage) ratio.

SECTION FOUR — MEASURING CIRCUITS

Individual measuring circuits are given in the following. Modifications of detail may be made to these circuits provided they 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 measurement results.

The methods described herein are not necessarily applicable to all tubes or valves, for example transmitting types.

SECTION FIVE — ELECTRODE RESISTANCE

1. Simplified diagrams

A simplified diagram for a resistance-ratio method is given in Figure 2, page 18, and one for a voltage-ratio method in Figure 3, page 18. The capacitor C balances the quadrature currents in both cases. Both diagrams do not include the power sources required for operating the tube or valve being measured. The respective equations are equation 1 and equation 2.

2. Practical circuit, null balancing method

A circuit, as shown in Figure 4, page 19, is recommended. Identically marked resistors have the same significance as in Figure 2, page 18.

3. Practical circuit, approximation method

For quick measurements, an unbalanced (direct reading) approximation method as shown in Figure 5, page 20, is recommended.

The indicating instrument Ind. in this circuit can be calibrated simply by balancing the currents through the empty socket with R_1 and C, inserting non-reactive resistors of known value in place of the tube or valve, rebalancing with C, if necessary, and thus getting a calibration curve $V_o = f(R_{cal})$.

The method, being an approximation method, should only be used between certain limits which are largely dictated by the indicating amplifier. These limits are about 500 ohms and 50 megohms for an error less than or equal to 1%. Inaccuracies in the setting up of the measuring conditions (including meter inaccuracies) would of course add to the error.

SECTION SIX — TRANSCONDUCTANCE

1. Schémas simplifiés

Un schéma simplifié pour la méthode de rapport de résistances est donné à la figure 6, page 21, et un pour la méthode de rapport de tensions à la figure 7, page 21. Ces deux schémas ne comprennent pas les sources d'alimentation requises pour faire fonctionner le tube en mesure. Les équations correspondantes sont les équations 3 et 4. S'il n'y a pas de conductance $\frac{1}{r_{ml}}$ entre la grille de commande et la cathode, l'équation 3 associée peut être simplifiée, d'où équation 3a.

2. Circuit pratique, méthode d'équilibre

Un circuit tel que celui de la figure 8, page 21, est recommandé. Les résistances correspondant à celles de la figure 6, page 21, sont repérées de façon identique. En pratique, un équilibrage particulier de la phase peut ne pas être nécessaire.

3. Circuit pratique, méthode d'approximation

Pour des mesures rapides, une méthode d'approximation non équilibrée (à lecture directe), correspondant à la figure 9, page 22, est recommandée. Les équations applicables sont les équations 5 et 5a. L'instrument indicateur Ind. peut être étalonné en insérant des résistances non réactives de valeurs connues à la place du tube. L'équation 6 doit alors être utilisée.

La méthode étant une méthode d'approximation (équation 5a) ne peut être utilisée qu'entre certaines limites qui sont principalement imposées par l'amplificateur de mesure. Ces limites sont environ 0,03 et 50mA/V pour une erreur systématique inférieure ou égale à 1%, pour laquelle la formule suivante doit s'appliquer:

$$\sqrt{\frac{R_o^2 + \left(\frac{1}{\omega C_o}\right)^2}{(r_a + R_o)^2 + \left(\frac{1}{\omega C_o}\right)^2}} \leq \frac{1}{100}$$

(il est supposé que $\frac{1}{\omega L_o}$ est suffisamment faible pour pouvoir être négligé).

Les imprécisions dans le réglage des conditions de mesure (y compris les erreurs dues aux appareils de mesure) augmenteront évidemment l'erreur.

SECTION SEPT — FACTEUR D'AMPLIFICATION RELATIF A DEUX ÉLECTRODES ET FACTEUR D'AMPLIFICATION

1. Schémas simplifiés

Un schéma simplifié pour la méthode de rapport de résistances est donné à la figure 10, page 22, et un pour la méthode de rapport de tensions à la figure 11, page 22. Ces deux schémas ne comprennent pas les sources d'alimentation requises pour faire fonctionner le tube en mesure. Les équations correspondantes sont les équations 7 et 8. La connexion de l'indicateur de zéro aux bornes 1 et 2 ou 3 et 4 détermine si l'électrode 1 (dont le courant ne change pas) est la cathode ou l'anode. Dans le cas d'une triode sans courant de grille, les valeurs obtenues dans les deux cas sont identiques.

SECTION SIX — TRANSCONDUCTANCE

1. Simplified diagrams

A simplified diagram for a resistance-ratio method is given in Figure 6, page 21 and one for a voltage-ratio method in Figure 7, page 21. Both diagrams do not include the power sources required for operating the tube or valve being measured. The respective equations are equation 3 and equation 4. If there is no conductance $\frac{1}{r_{ml}}$ between the control grid and the cathode, the associated equation 3 can be simplified to equation 3a.

2. Practical circuit, null balancing method

A circuit as shown in Figure 8, page 21, is recommended. Identically marked resistors have the same significance as in Figure 6, page 21. In practice, a special phase balancing may be not necessary.

3. Practical circuit, approximation method

For quick measurements an unbalanced (direct reading) approximation method as shown in Figure 9, page 22, is recommended. The equations 5 and 5a apply. The indicating instrument Ind. can be calibrated by inserting non-reactive resistors of known value in place of the tube or valve. Equation 6 should then be used.

The method being an approximation method (equation 5a) should only be used between certain limits. These limits are largely dictated by the indicating amplifier. They are about 0.03 and 50 mA/V for a systematic error less or equal to 1 % for which:

$$\sqrt{\frac{R_o^2 + \left(\frac{1}{\omega C_o}\right)^2}{(r_a + R_o)^2 + \left(\frac{1}{\omega C_o}\right)^2}} \leq \frac{1}{100}$$

must apply (it is assumed that $\frac{1}{\omega L_o}$ is sufficiently low so that it can be neglected).

Inaccuracies in the setting up of the measuring condition (including meter inaccuracies) would of course add to the error.

SECTION SEVEN — VOLTAGE FACTOR (μ -FACTOR) AND AMPLIFICATION FACTOR

1. Simplified diagrams

A simplified diagram for a resistance-ratio method is given in Figure 10, page 22, and one for a voltage-ratio method in Figure 11, page 22. Both diagrams do not include the power sources required for operating the tube or valve being measured. The respective equations are equation 7 and equation 8. The connection of the null indicator to terminals 1 and 2 or 3 and 4 determines whether the electrode 1 (the current of which remains unchanged) is the cathode or the anode. In the case of a triode without grid current, the values obtained in both connections are identical.

2. Circuits pratiques

2.1 Méthode d'équilibre par rapport de tensions

Un circuit tel que celui de la figure 13, page 24, est recommandé.

2.2 Méthode d'équilibre par rapport de résistances

Un circuit tel que celui de la figure 12, page 23, est recommandé.

2.3 Méthode par rapport de résistances avec équilibrage automatique

Pour des mesures rapides, le circuit de la figure 12 peut être réalisé avec équilibrage automatique pour le rendre à lecture directe. Il reste une méthode d'équilibre et n'est limité que par le fait qu'une certaine tension résiduelle est nécessaire pour faire fonctionner le système d'équilibrage. En pratique, les limites sont comprises entre $\mu = 3$ et $\mu = 300$ pour le facteur d'amplification, pour une erreur inférieure ou égale à 1 % (en fonction de la façon dont l'équilibrage automatique est réalisé).

SECTION HUIT — RÉSISTANCE DE CONVERSION ANODIQUE (POUR UN TUBE MÉLANGEUR OU CHANGEUR DE FRÉQUENCE)

1. Schémas simplifiés

Un schéma simplifié pour la mesure de la résistance de conversion est donné à la figure 14, page 25, pour la méthode de rapport de résistances, et à la figure 15, page 25, pour la méthode de rapport de tensions. Ces schémas ne comprennent pas les sources d'alimentation requises pour faire fonctionner le tube en mesure.

La tension d'oscillation V_{osc} doit être appliquée sur la grille du tube sur laquelle elle est normalement appliquée en fonctionnement réel. Cette grille est spéciale dans le cas de mélange par multiplication, tandis que la grille de commande sert aussi de grille mélangeuse dans le cas de mélange additif. Pour la détermination de toutes les caractéristiques d'un tube mélangeur, la tension de signal est supposée faible; en conséquence, son influence peut être négligée pour la mesure de la résistance de conversion et seule la tension d'oscillation V_{osc} doit être prise en considération.

La fréquence f_m à laquelle la résistance de conversion est mesurée doit être suffisamment basse par rapport à la fréquence d'oscillation f_{osc} pour ne pas influencer le résultat de mesure et pour permettre une séparation convenable dans le circuit de sortie. Les équations 9 et 10 sont applicables.

2. Circuit pratique, méthode d'équilibre

Une méthode d'équilibre, correspondant à la figure 16, page 25, est recommandée. Les résistances correspondant à celles de la figure 14 sont repérées de façon identique. L'équation 9 est applicable.

SECTION NEUF — PENTE DE CONVERSION

1. Schémas simplifiés

Un schéma simplifié pour la mesure de la pente de conversion est donné à la figure 17, page 26, pour le mélange additif et à la figure 18, page 26, pour le mélange par multiplication.

Dans le cas de mélange additif, la tension d'entrée $V_i(f_i)$ et la tension d'oscillation $V_{osc}(f_{osc})$ sont reliées à la même grille (ou à plusieurs grilles en parallèle).

2. Practical circuits

2.1 Null balancing voltage-ratio method

A circuit as shown in Figure 13, page 24, is recommended.

2.2 Null balancing resistance-ratio method

A circuit as shown in Figure 12, page 23, is recommended.

2.3 Automatic balancing resistance-ratio method

For quick measurements the circuit in Figure 12 can be made self-balancing in order to make it a direct-reading method. It remains a null balancing method and is limited only by the fact that a certain residual voltage is required for actuating the balance mechanism. In practice, the limits lie between $\mu = 3$ and $\mu = 300$, for an error less than or equal to 1% (depending on how automatic balancing is accomplished).

SECTION EIGHT — CONVERSION RESISTANCE (OF A MIXER TUBE OR FREQUENCY CHANGER VALVE)

1. Simplified diagrams

A simplified diagram for the measurement of the conversion resistance is given in Figure 14, page 25, for a resistance-ratio method and in Figure 15, page 25, for a voltage-ratio method. The diagrams do not include the power sources required for operating the tube or valve being measured.

The oscillator voltage V_{osc} is applied to the same grid as that to which it is applied for the actual function of the tube or valve. This is a special grid in the case of multiplicative mixing, whereas the signal grid serves as a mixer grid also in the case of additive mixing. The signal voltage is assumed to be small for the determination of all mixer characteristics; therefore, its influence can be neglected for the measurement of the conversion resistance and only the oscillator voltage V_{osc} is to be taken into account.

The frequency f_m at which the conversion resistance is measured should be low enough with respect to the oscillator frequency f_{osc} , in order not to influence the measuring result and to allow adequate separation in the output circuit. The equations 9 and 10 apply.

2. Practical circuit, null balancing method

A null balancing method as shown in Figure 16, page 25, is recommended. Identically marked resistors have the same significance as in Figure 14. The equation 9 applies.

SECTION NINE — CONVERSION TRANSCONDUCTANCE

1. Simplified diagrams

A simplified diagram for the measurement of conversion transconductance for the case of additive mixing is given in Figure 17, page 26, and for the case of multiplicative mixing in Figure 18, page 26.

In the case of additive mixing, the input voltage $V_i (f_i)$ and the oscillator voltage $V_{osc} (f_{osc})$ are connected to the same grid (or several grids in parallel).

Dans le cas de mélange par multiplication, elles sont reliées à deux grilles différentes d'un tube mélangeur ou changeur de fréquence. Les schémas simplifiés ne comprennent pas les sources d'alimentation requises pour le fonctionnement du tube en mesure. Le fait que la pente de conversion ne puisse être mesurée que par une méthode à lecture directe et non par une méthode d'équilibre est dû aux phénomènes physiques du fonctionnement en mélangeur. L'impédance R_o du transformateur de couplage doit être reconnue négligeable par rapport à la résistance de conversion du tube en mesure. L'équation 11 est applicable.

2. Circuits pratiques, méthodes d'approximation

Pratiquement, le choix existe entre deux méthodes.

Première méthode

Le circuit de la figure 19, page 27, est recommandé. Les fréquences des deux générateurs de signaux doivent être suffisamment distinctes afin que l'on puisse brancher ces générateurs en série sans interaction importante pour mesurer la pente de conversion par addition. L'instrument indicateur Ind. peut être étalonné en faisant glisser la fréquence du générateur de signal f_i jusqu'à f_o sans modifier la tension de signal et en plaçant des résistances non réactives de valeurs connues à la place du tube. Cette méthode étant une méthode à lecture directe, sa limite inférieure se trouve à environ $10 \mu\text{A/V}$. La précision que l'on peut obtenir varie suivant le type de tube et dépend aussi des possibilités de dimensionnement de la résistance de charge R_o pour l'amplificateur de mesure, de façon telle que le tube fonctionne pratiquement sur un court-circuit.

Deuxième méthode

Le circuit de la figure 20, page 28, est recommandé. Le résultat de la conversion est un courant continu. Les deux générateurs de signaux d'entrée ont la même fréquence qui peut être choisie à volonté. La pente de conversion se détermine en inversant la phase de V_i (inverseur S_1). S_2 permet de passer du mélange additif au mélange par multiplication en reliant les tensions V_i et V_{osc} à la même grille (ou à plusieurs grilles en parallèle) ou à deux grilles différentes du tube.

Pour le calcul l'équation 12 doit être utilisée. Cette méthode est une méthode d'approximation dont la limite inférieure est donnée par la relation entre la variation de courant anodique et le courant anodique. En pratique, des pentes de conversion dépassant $0,1 \text{ mA/V}$ peuvent être mesurées, selon la résistance interne du tube, avec une erreur inférieure ou égale à 1 % (due aux variations de chute de tension dans l'instrument de mesure pendant la mesure du courant anodique). Les imprécisions dans le réglage des conditions de mesure (y compris les erreurs dues aux appareils de mesure) augmenteront évidemment l'erreur.

In the case of multiplicative mixing, they are connected to two different grids of a mixer tube or frequency changer valve. The simplified diagrams do not contain the power sources required for the operation of the tube or valve being measured. The fact that the conversion transconductance can be measured only by a direct reading method and not by a null balancing method is due to the physics of the mixing operation. The impedance R_o of the coupling transformer should be negligible compared with the conversion resistance of the tube or valve being measured. The equation 11 applies.

2. Practical circuits, approximation methods

For practical purposes, a choice exists between two methods.

Method 1

The circuit shown in Figure 19, page 27, is recommended. The frequencies of the two signal generators should be spaced so that it is possible to connect these generators in series without appreciable interaction for measuring the additive conversion transconductance. The indicating instrument Ind. can be calibrated by shifting the frequency of the signal generator f_i to f_o without affecting the signal voltage and placing non-reactive resistors of known value in place of the tube or valve. Because the method is a direct reading method, its lower limit lies approximately at $10 \mu\text{A/V}$. The attainable accuracy varies according to type of tube or valve and depends on the possibility of dimensioning the load resistor R_o for the indicating amplifier, so that the tube or valve operates virtually in a short-circuit.

Method 2

The circuit shown in Figure 20, page 28, is recommended. The conversion product appears as a direct current. The two input signal generators have the same frequency, which may be chosen freely. The conversion transconductance is determined by reversing the phase of V_i (switch S_1). S_2 serves for switching over from additive to multiplicative mixing by connecting the voltages V_i and V_{osc} to the same grid (or several grids in parallel) or to two different grids of the tube or valve.

For the evaluation equation 12 should be used. This method is an approximation method with a lower limit that is given by the relation of the anode current variation to the anode current. In practice, conversion transconductance in excess of approximately 0.1 mA/V can be measured, depending on the anode resistance of the tube or valve and for an error of less than or equal to 1 % (due to the variation of the voltage drop at the measuring instrument during the measurement of anode current). Inaccuracies in the setting up of the measuring condition (including meter inaccuracies) would of course add to the error.

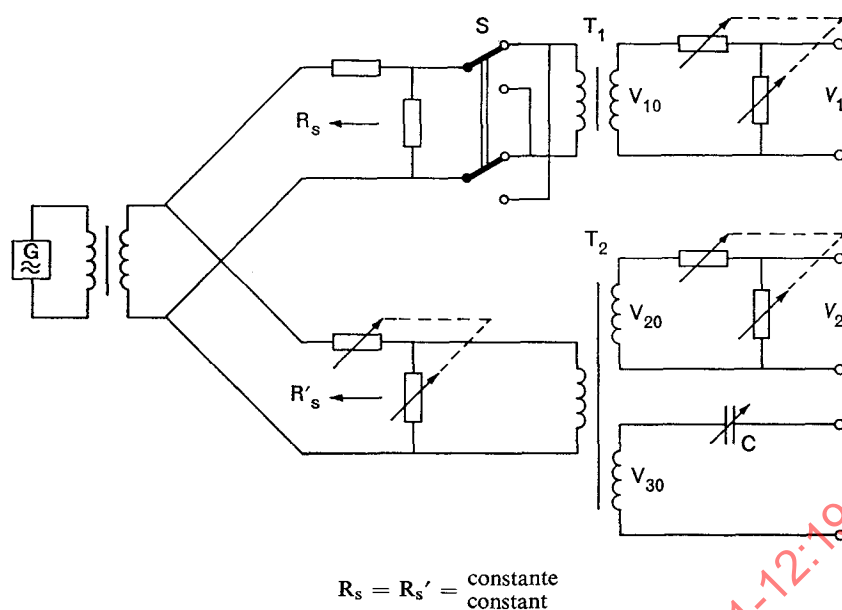
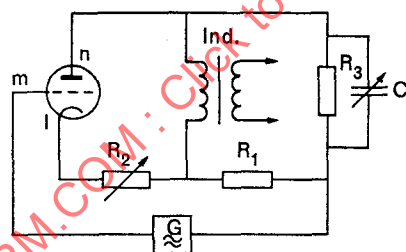


FIG. 1. — Circuit de base pour la mesure des coefficients en basse fréquence par la méthode du rapport de tensions.

Basic circuit for the voltage-ratio method of measuring low-frequency coefficients.

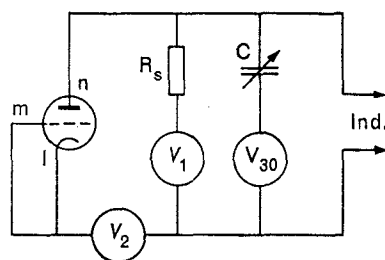


Ind. = indicateur de zéro
null indicator

$$\text{eq. 1 } r_{\text{In}} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

FIG. 2. — Schéma simplifié pour la mesure de la résistance d'électrode par la méthode du rapport de résistances.

Simplified diagram for the resistance-ratio method of measuring electrode resistance.

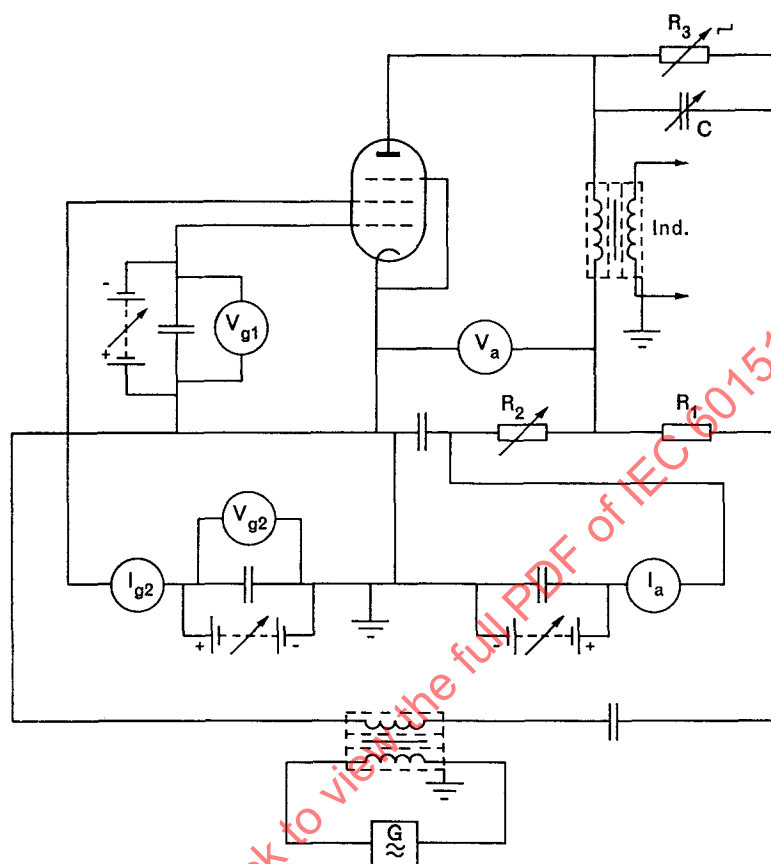


Ind. = indicateur de zéro
null indicator

$$\text{eq. 2 } r_{\text{In}} = \left| \frac{V_2}{V_1} \right| R_s$$

FIG. 3. — Schéma simplifié pour la mesure de la résistance d'électrode par la méthode du rapport de tensions.

Simplified diagrams for the voltage-ratio method of measuring electrode resistance.



Ind. = indicateur de zéro
null indicator

FIG. 4. — Circuit pratique pour la mesure de la résistance d'électrode par la méthode d'équilibre.

Practical circuit for the null balancing method of measuring electrode resistance.

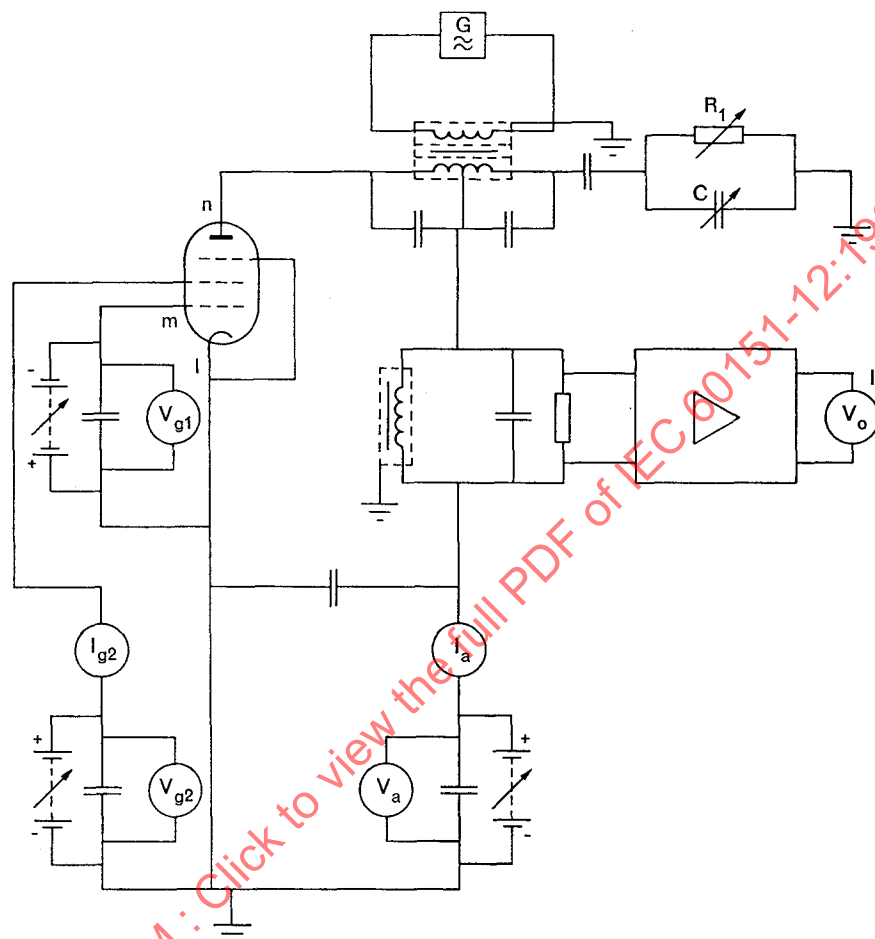
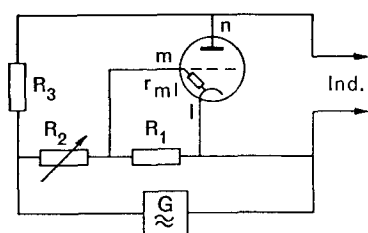


FIG. 5. — Circuit pratique pour la mesure de la résistance d'électrode par la méthode d'approximation.

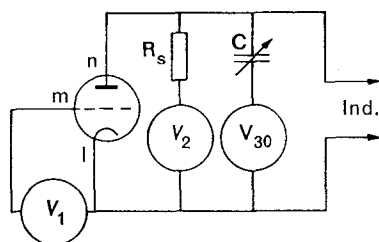
Practical circuit for the approximation method of measuring electrode resistance.



Ind. = indicateur de zéro
null indicator

$$\text{eq. 3 } S_{mn} = \frac{R_1 R_2 + r_{m1} (R_1 + R_2)}{R_1 R_3 r_{m1}}$$

$$\text{eq. 3a } S_{mn} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_3}$$



Ind. = indicateur de zéro
null indicator

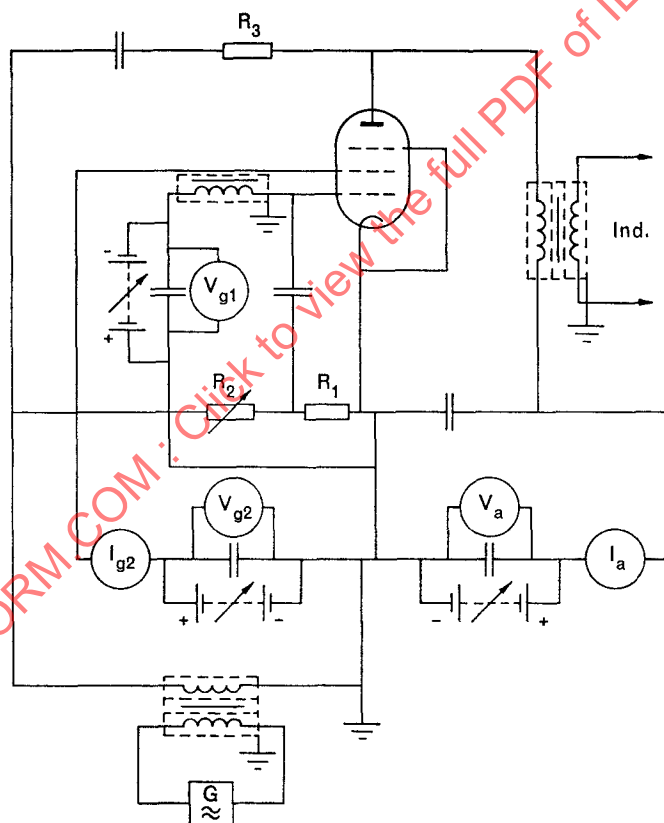
$$\text{eq. 4 } S_{mn} = \left| \frac{V_2}{V_1} \right| \frac{1}{R_s}$$

FIG. 6. — Schéma simplifié pour la mesure de la transconductance par la méthode du rapport de résistances.

Simplified diagram for the resistance-ratio method of measuring transconductance.

FIG. 7. — Schéma simplifié pour la mesure de la transconductance par la méthode du rapport de tensions.

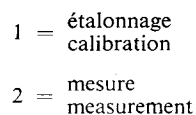
Simplified diagram for the voltage-ratio method of measuring transconductance.



Ind. = indicateur de zéro
null indicator

FIG. 8. — Circuit pratique pour la mesure de la transconductance par la méthode d'équilibre.

Practical circuit for the null balancing method of measuring transconductance.



$$\text{eq. 5} \quad S = \frac{(R_o + r_a) V_o}{R_o r_a V_i}$$

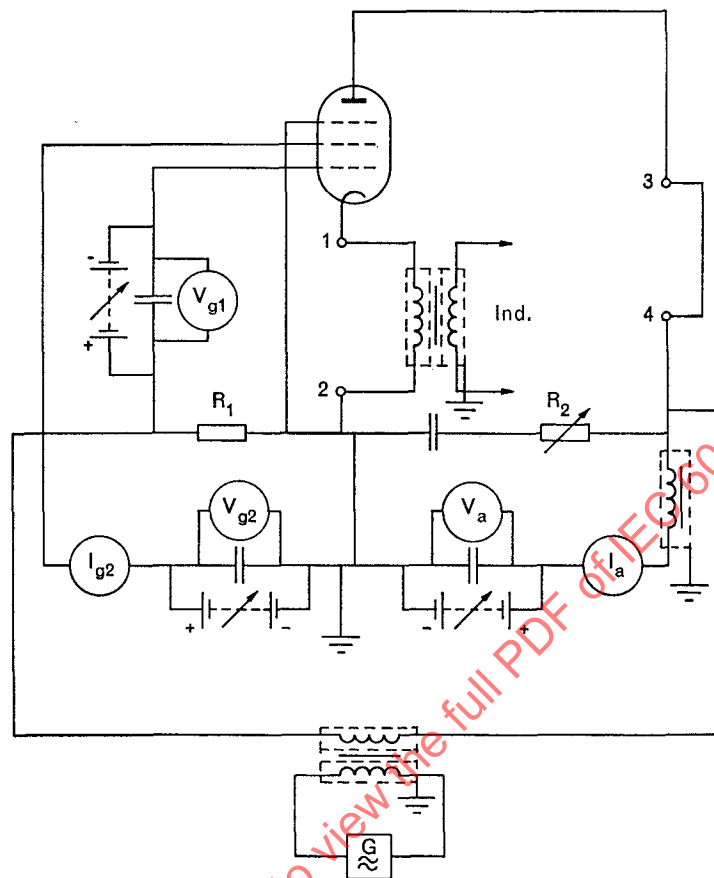
$$\text{eq. 5a} \quad S = \frac{V_o}{R_o V_i} \dots (r_a > R_o)$$

$$\text{eq. 6} \quad S = \frac{1}{R_o + R_{cal}}$$

FIG. 10. — Schéma simplifié pour la mesure du facteur d'amplification relatif à deux électrodes et du facteur d'amplification par la méthode du rapport de résistances.

FIG. 11. — Schéma simplifié pour la mesure du facteur d'amplification relatif à deux électrodes et du facteur d'amplification par la méthode du rapport de tensions.

Simplified diagram for the voltage-ratio method of measuring voltage factor (μ -factor) and amplification factor.



Ind. = indicateur de zéro
null indicator

FIG. 12. — Circuit pratique pour la mesure du facteur d'amplification relatif à deux électrodes et du facteur d'amplification par la méthode d'équilibre par rapport de résistances.

Practical circuit for the null balancing resistance-ratio method of measuring the voltage factor (μ -factor) and amplification factor.