

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60151-9**

Première édition  
First edition  
1966-01

---

---

**Mesures des caractéristiques électriques  
des tubes électroniques**

**Partie 9:  
Méthodes de mesure de l'impédance d'interface  
de cathode**

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

**Part 9:  
Methods of measuring the cathode-interface  
impedance**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60151-9: 1966

## 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**

**60151-9**

Première édition  
First edition  
1966-01

---

---

**Mesures des caractéristiques électriques  
des tubes électroniques**

**Partie 9:  
Méthodes de mesure de l'impédance d'interface  
de cathode**

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

**Part 9:  
Methods of measuring the cathode-interface  
impedance**

© 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](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**R**

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

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

## SOMMAIRE

|                                                                                                                              | Pages |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                                                                          | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                                                                                            | 4     |
| Articles                                                                                                                     |       |
| 1. Objet . . . . .                                                                                                           | 6     |
| 2. Définitions . . . . .                                                                                                     | 6     |
| 3. Théorie . . . . .                                                                                                         | 8     |
| 4. Conditions générales de mesure . . . . .                                                                                  | 10    |
| 5. Appareillage de mesure . . . . .                                                                                          | 10    |
| 6. Comportement de l'appareillage et procédé d'étalonnage . . . . .                                                          | 12    |
| 7. Mode opératoire . . . . .                                                                                                 | 16    |
| ANNEXE A – Méthode du pont à réseau complémentaire . . . . .                                                                 | 18    |
| ANNEXE B – Méthode de l'admittance parallèle . . . . .                                                                       | 20    |
| ANNEXE C – Méthode de comparaison avec un tube étalon . . . . .                                                              | 22    |
| ANNEXE D – Méthode de comparaison différentielle . . . . .                                                                   | 24    |
| ANNEXE E – Méthode des oscillations entretenues . . . . .                                                                    | 26    |
| ANNEXE F – Méthode de mesure de la résistance totale de revêtement et d'interface de cathode en<br>basse fréquence . . . . . | 28    |
| FIGURES . . . . .                                                                                                            | 32    |

## CONTENTS

|                                                                                                         | Page |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                                                                                      | 5    |
| PREFACE . . . . .                                                                                       | 5    |
|                                                                                                         |      |
| Clause                                                                                                  |      |
| 1. Scope . . . . .                                                                                      | 7    |
| 2. Definitions . . . . .                                                                                | 7    |
| 3. Theory . . . . .                                                                                     | 9    |
| 4. General measurement conditions . . . . .                                                             | 11   |
| 5. Measuring equipment . . . . .                                                                        | 11   |
| 6. Equipment performance and calibration procedure . . . . .                                            | 13   |
| 7. Operating procedures . . . . .                                                                       | 17   |
|                                                                                                         |      |
| APPENDIX A – Complementary network bridge method . . . . .                                              | 19   |
| APPENDIX B – Shunt admittance method . . . . .                                                          | 21   |
| APPENDIX C – Standard tube or valve comparison method . . . . .                                         | 23   |
| APPENDIX D – Differential comparison method . . . . .                                                   | 25   |
| APPENDIX E – Continuous wave method . . . . .                                                           | 27   |
| APPENDIX F – Low-frequency method of measuring total cathode coating and interface resistance . . . . . | 29   |
|                                                                                                         |      |
| FIGURES . . . . .                                                                                       | 32   |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES  
DES TUBES ÉLECTRONIQUES**

**Neuvième partie: Méthodes de mesure de l'impédance d'interface de cathode**

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 Interlaken en 1961, à la suite de quoi un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1963.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette neuvième 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                          | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |
| Italie                          |                                               |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

**Part 9: Methods of measuring the cathode-interface impedance**

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 IEC 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 IEC Publications for information on the other parts of the series.

The first draft was discussed at a meeting held in Interlaken in 1961 and as a result a draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1963.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 9:

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

## MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

### Neuvième partie: Méthodes de mesure de l'impédance d'interface de cathode

#### 1. Objet

- 1.1 Le but principal de cette recommandation est de définir les moyens de mesure de l'impédance d'interface plutôt que de décrire des procédures d'essai précises pour préconditionner, stabiliser et faire fonctionner les tubes à mesurer, bien que l'on sache que les conditions de fonctionnement du tube dans lesquelles la mesure de l'impédance d'interface est faite ont un effet non négligeable sur les résultats obtenus.
- 1.2 De plus, le but de cette recommandation est aussi de fournir les moyens d'évaluer les possibilités de l'appareillage de mesure de l'impédance d'interface en ce qui concerne:
  - 1.2.1 La précision en fonction de la pente du tube en mesure.
  - 1.2.2 La précision en fonction de la valeur de la résistance d'interface.
  - 1.2.3 La précision en fonction de la constante de temps du réseau équivalent à l'interface.
- 1.3 Les méthodes et les procédés de mesure décrits dans cette recommandation sont déterminés pour donner des informations sur les caractéristiques suivantes concernant l'impédance d'interface de cathode des tubes:
  - 1.3.1 La présence de l'impédance d'interface de cathode.
  - 1.3.2 La résistance équivalente de l'impédance d'interface de cathode.
  - 1.3.3 La capacité équivalente de l'impédance d'interface de cathode.

L'article 7 précise les précautions à prendre et les résultats à attendre dans certaines conditions de fonctionnement des tubes en mesure, en ce qui concerne les caractéristiques de l'impédance d'interface.

#### 2. Définitions

##### 2.1 *Impédance d'interface de cathode*

Impédance électrique existant entre le métal de base de la cathode et le revêtement de la cathode.

*Note.* — Cette impédance peut être due à une couche de matériaux partiellement conducteurs à haute résistivité, ou à une mauvaise liaison mécanique entre le métal de base et le revêtement. On peut la représenter approximativement par un réseau *RC* équivalent.

##### 2.2 *Résistance d'interface de cathode*

Limite en basse fréquence de l'impédance d'interface de cathode.

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

### Part 9: Methods of measuring the cathode-interface impedance

---

#### 1. Scope

- 1.1 The main purpose of this Recommendation is to define means by which interface impedance may be measured, rather than to describe precise procedures for pre-processing, stabilizing and operating the tubes or valves to be measured, although the tube or valve operating conditions, under which the measurement of interface impedance may be made, are known to have a substantial effect on the results obtained.
- 1.2 It is also an objective of this Recommendation to describe means for evaluating the performance of interface impedance measuring equipment with respect to:
  - 1.2.1 Accuracy as a function of the transconductance of the tube or valve being measured.
  - 1.2.2 Accuracy as a function of the resistance of the interface.
  - 1.2.3 Accuracy as a function of the time constant of the equivalent interface network.
- 1.3 The measuring methods and procedures described in this Recommendation are designed to provide information on the following cathode-interface impedance characteristics of tubes or valves:
  - 1.3.1 The presence of cathode-interface impedance.
  - 1.3.2 The equivalent resistance of cathode-interface impedance.
  - 1.3.3 The equivalent capacitance of cathode-interface impedance.

Clause 7 outlines precautions to be taken and results to be expected under certain conditions of operation of the tubes or valves being measured for interface impedance characteristics.

#### 2. Definitions

##### 2.1 *Cathode-interface impedance*

An electrical impedance existing between the cathode base metal and the cathode coating.

*Note.* — This impedance can be the result of a layer of high-resistivity partially conducting material or of a poor mechanical bond between the metallic base and the coating. It can be approximately represented by an equivalent *RC* network.

##### 2.2 *Cathode-interface resistance*

The low-frequency limit of the cathode-interface impedance.

### 2.3 *Capacité d'interface de cathode*

Capacité qui, en parallèle avec une résistance convenable, constitue une impédance approximativement équivalente à l'impédance d'interface de cathode.

*Note.* — Comme l'impédance d'interface de cathode ne peut être exactement représentée par un circuit *RC* à deux éléments, cette valeur de capacité n'est pas unique et dépend de la méthode d'approximation.

### 2.4 *Impédance de revêtement de cathode*

Impédance, excluant l'impédance d'interface de cathode, entre le métal de base et la surface émissive d'une cathode revêtue.

### 2.5 *Résistance totale de revêtement et d'interface de cathode*

Résistance effective totale apparaissant dans le revêtement de cathode et la couche d'interface de cathode.

## 3. **Théorie**

- 3.1 Bien que l'une ou l'autre puisse être négligeable dans des conditions particulières, trois impédances existent toujours entre la surface de la cathode à oxydes d'un tube et sa connexion extérieure: l'impédance de la connexion de cathode, l'impédance d'interface de cathode et l'impédance de revêtement de cathode. Dans ces trois impédances, l'impédance de connexion de cathode est avant tout une réactance inductive, déterminée par la construction mécanique du tube. L'impédance d'interface de cathode et l'impédance de revêtement de cathode dépendent considérablement de l'état chimique de la cathode et en conséquence varient à mesure que le tube vieillit. L'ordre de grandeur de l'impédance de revêtement est relativement constant depuis les basses fréquences audibles jusqu'aux hyperfréquences. Pour des fréquences supérieures, cette impédance est réduite par la diminution de réactance capacitive du revêtement. Au contraire, l'impédance d'interface de cathode évolue entre une résistance pratiquement pure à environ 10 kHz et une réactance essentiellement capacitive à environ 10 MHz. Par effet de rétroaction, cette variation se traduit en une augmentation de pente lorsque la fréquence croît dans cette gamme. Cette variation de pente dans les triodes et les pentodes rend l'impédance d'interface de cathode techniquement importante et procure aussi un moyen de la mesurer.
- 3.2 Puisque l'impédance d'interface de cathode n'est pas pourvue de bornes indépendantes, cette impédance doit être déduite de mesures sur d'autres paramètres du tube. Pour les triodes et les pentodes, on peut utiliser la variation de pente en fonction de la fréquence et pour les diodes, la variation de la résistance interne en fonction de la fréquence. Sur la bande de fréquences dans laquelle l'impédance d'interface de cathode rend la pente fonction de la fréquence, d'autres effets peuvent aussi amener la pente à varier avec la fréquence. La phase de la transadmittance dépend du temps de transit, de l'inductance de la connexion de cathode, de la capacité anode-grille, ainsi que de la fréquence. Tous ces effets doivent être considérés si l'on veut mesurer avec précision l'impédance d'interface de cathode.
- 3.3 L'impédance d'interface de cathode varie avec la température de cathode, avec la densité et la distribution du courant et avec le temps; par exemple, l'impédance d'interface mesurée à un instant déterminé dépend non seulement des conditions de mesure mais aussi de l'histoire entière du tube avant la mesure. Afin d'éviter des modifications dans l'impédance d'interface il est souhaitable que les mesures soient faites dans des conditions qui approchent sensiblement les conditions de fonctionnement réelles, lorsqu'elles sont connues, et que le temps requis pour la mesure ne soit pas indûment prolongé (voir paragraphes 7.1 et 7.3).
- 3.4 L'impédance d'interface de cathode est un réseau à constantes réparties. Toutefois, en pratique, l'impédance d'interface peut être représentée par l'un ou l'autre des circuits équivalents à constantes localisées indiqués sur les figures 1a et 1b, page 32, successivement. Le circuit le plus simple (figure 1a)

### 2.3 *Cathode-interface capacitance*

A capacitance which, in parallel with a suitable resistance, forms an impedance approximately equivalent to the cathode-interface impedance.

*Note.* — Because the cathode-interface impedance cannot be represented exactly by a two-element *RC* circuit, this value of capacitance is not unique and depends upon the method of approximation.

### 2.4 *Cathode-coating impedance*

The impedance, excluding the cathode-interface (layer) impedance, between the base metal and the emitting surface of a coated cathode.

### 2.5 *Total cathode coating and interface resistance*

Total effective resistance occurring in the cathode coating and the cathode-interface layer.

## 3. **Theory**

- 3.1 Although one or more may be negligible under specific conditions, three impedances always exist between the surface of a tube or valve oxide cathode and its external terminal: the cathode-lead impedance, the cathode-interface impedance and the cathode-coating impedance. Of these three impedances, the cathode-lead impedance is primarily that of an inductive reactance which is fixed by the mechanical design of the tube or valve. The cathode-interface impedance and the cathode-coating impedance are determined largely by the chemical state of the cathode and consequently change as a tube or valve ages. The magnitude of the coating impedance is relatively constant from low audio frequencies up to u.h.f. At higher frequencies, the impedance is reduced by the decreasing capacitive reactance of the coating. The cathode-interface impedance, however, changes from an essentially pure resistance at about 10 kHz (kc/s) to an essentially capacitive reactance at about 10 MHz (Mc/s). By feedback action this variation is translated into an increase in transconductance as the frequency increases over this range. This variation of transconductance in triodes and pentodes makes cathode-interface impedance both technically important and provides means for its measurement.
- 3.2 Since the cathode-interface impedance is not provided with an independent set of terminals, this impedance must be deduced from measurements of other tube or valve parameters. For triodes and pentodes the frequency dependence of transconductance can be used and for diodes the frequency dependence of the anode resistance can be used. Over the frequency band in which cathode-interface impedance causes the transconductance to be frequency-sensitive, other effects also cause the transconductance to change with frequency. The phase of the transadmittance is dependent upon transit time, cathode-lead inductance, and grid-anode capacitance as well as on the frequency. All these effects must be considered if the cathode-interface impedance is to be measured accurately.
- 3.3 Cathode-interface impedance varies with cathode temperature, with current density and distribution, and with time, i.e. the interface impedance measured at a given time is affected not only by the conditions of measurement but also by the entire history of the tube or valve prior to the measurement. In order to avoid changes of interface impedance, it is desirable that measurements be made under conditions which are closely approximate to the actual operating conditions when these are known, and that the time taken for the measurement be not unduly protracted. (See Sub-clauses 7.1 and 7.3.)
- 3.4 The cathode-interface impedance is actually a distributed network. However, for practical purposes, the interface impedance may approximately be represented by either of the lumped-constant equivalent circuits shown in Figures 1*a* and 1*b*, page 32, respectively. Frequently the simpler circuit

est souvent une approximation satisfaisante. Toutes les méthodes normales de mesure sont fondées sur le fait qu'à une fréquence suffisamment haute, l'impédance de ces circuits tend vers zéro. En pratique, pour des cathodes ayant une surface d'environ  $1 \text{ cm}^2$ , la résistance  $R$  peut varier de moins de  $1 \text{ ohm}$  jusqu'à plusieurs milliers d'ohms, et la constante de temps  $RC$  être comprise entre  $2 \times 10^{-8}$  et  $5 \times 10^{-6}$  secondes. Les résistances les plus grandes sont en général associées aux plus grandes constantes de temps. Le plus souvent, l'impédance tend vers zéro pour des fréquences supérieures à  $30 \text{ MHz}$  et tend vers  $R$  pour des fréquences inférieures à  $10 \text{ kHz}$ .

Pour des fréquences inférieures à  $100 \text{ Hz}$ , l'impédance totale de cathode peut continuer à augmenter à cause de la variation de l'impédance de revêtement de cathode en fonction de la fréquence. Dans les méthodes de mesure de l'impédance d'interface de cathode en oscillations entretenues, des fréquences de  $10 \text{ MHz}$  et  $5 \text{ kHz}$  sont souvent utilisées. Pour des mesures de type transitoire, on peut utiliser soit une onde carrée ayant une période de  $2 \times 10^{-5}$  secondes, soit une impulsion rectangulaire de durée  $1 \times 10^{-5}$  secondes. Le temps de croissance et le temps de décroissance dans l'un et l'autre cas doivent être inférieurs ou égaux à  $3 \times 10^{-8}$  secondes.

- 3.5 Un équilibre instable du pont utilisé pour mesurer l'impédance d'interface de cathode peut correspondre à une mauvaise adhérence du revêtement. Cette mauvaise adhérence est souvent accompagnée par une constante de temps courte ou des variations négligeables de l'impédance d'interface lorsqu'on modifie la température de cathode. Ceci est l'opposé des caractéristiques usuelles de l'impédance d'interface pour lesquelles un fort coefficient de température de la résistance et des constantes de temps supérieures à  $0,1 \text{ microseconde}$  sont courantes. Dans de telles conditions, il est pratiquement impossible d'équilibrer le réseau du pont pour le tube en mesure.

#### 4. Conditions générales de mesure

- 4.1 L'appareillage de mesure de l'impédance d'interface doit être étalonné conformément aux méthodes des paragraphes 6.2 à 6.5 inclus.
- 4.2 Le tube en mesure doit fonctionner dans les conditions données.
- 4.3 La tension de chauffage du tube en mesure doit être maintenue à moins de  $1\%$  de la valeur donnée pour la mesure. Une tension continue stable est recommandée.
- 4.4 Le tube en mesure doit être préchauffé en appliquant uniquement la tension de chauffage utilisée pour la mesure pendant une durée au moins égale à  $5 \text{ minutes}$  avant d'effectuer la mesure.
- 4.5 Les tubes ne doivent être soumis à aucune autre mesure électrique avant la mesure de l'impédance d'interface.
- 4.6 Les tubes doivent être mesurés dans les conditions de température ambiante du local ( $20$  à  $30^\circ\text{C}$ ) sauf indication contraire.

#### 5. Appareillage de mesure

- 5.1 Etant donné les différences considérables entre les diverses méthodes et les divers appareillages couramment utilisés pour mesurer l'impédance d'interface, on ne tentera pas de recommander l'un ou l'autre. La méthode choisie sera dans tous les cas fondée sur la comparaison avec les réseaux d'étalonnage de l'article 6, le choix de la méthode étant laissé libre, pourvu qu'elle réponde à la précision demandée.

Les annexes A à F décrivent six méthodes et indiquent aussi leurs avantages et leurs inconvénients.

Les diverses méthodes diffèrent quelque peu en ce qui concerne leurs possibilités de mesure des im-

(Figure 1a) is a satisfactory approximation. All normal methods of measurement are based on the fact that, at a sufficiently high frequency, the impedance of these circuits approaches zero. In practice, for cathodes having an area of about 1 cm<sup>2</sup>, the resistance ( $R$ ) may range from less than 1 ohm to several thousand ohms and the time constant ( $RC$ ) may range from  $2 \times 10^{-8}$  to  $5 \times 10^{-6}$  seconds. The larger resistances tend to be associated with the longer time constants. Ordinarily, the impedance approaches zero at frequencies above 30 MHz (Mc/s) and it approaches  $R$  at frequencies below 10 kHz (kc/s).

At frequencies below 100 Hz (c/s), the total cathode impedance may continue to rise because of the frequency dependence of the cathode-coating impedance. In c.w. methods of measuring cathode-interface impedance, frequencies of 10 MHz (Mc/s) and 5 kHz (kc/s) are frequently used. For transient-type measurements, either a square wave having a period of  $2 \times 10^{-5}$  seconds or a rectangular pulse having a duration  $1 \times 10^{-5}$  seconds may be used. The rise time and fall time in each case should be  $3 \times 10^{-8}$  seconds or less.

- 3.5 An unstable balance of the bridge used for the measurement of cathode interface impedance may indicate poor coating adherence. This poor adherence is often accompanied by a short time constant and/or a negligible change in interface impedance when the cathode temperature is varied. This contrasts with the usual characteristics of interface impedance where a large temperature coefficient of resistance and time constants larger than 0.1 microsecond are typical. Under these conditions, it is virtually impossible to achieve correct balancing of the interface bridge network for the tube or valve being measured.

#### 4. General measurement conditions

- 4.1 The interface-impedance measuring equipment should be calibrated in accordance with the procedures of Sub-clauses 6.2 to 6.5 inclusive.
- 4.2 The tube or valve being measured should be operated under given conditions.
- 4.3 The heater voltage for the tube or valve being measured should be controlled within 1% of the value given for the measurement. A stable d.c. source is recommended.
- 4.4 The tube or valve being measured should be preheated by applying only the heater voltage used for the measurement for a period of not less than 5 minutes prior to making the measurement.
- 4.5 Tubes or valves should not be subjected to any other electrical measurements prior to the interface-impedance measurement.
- 4.6 The tube or valve should be measured under room temperature ambient conditions (from 20 to 30 °C) unless otherwise stated.

#### 5. Measuring equipment

- 5.1 Because there is a considerable difference between the various methods and equipments currently used to measure interface impedance, no attempt is made to recommend one or the other. The chosen method will in all cases be based on a comparison with the calibration networks in Clause 6, the choice of the method being left open provided it meets the accuracy requirements.

Six methods are described in the Appendices A to F which also list their advantages and disadvantages.

The various methods differ somewhat in their ability to measure interface impedances with resistances

pédances d'interface ayant des résistances inférieures à 25 ohms et des constantes de temps inférieures à 0,1 microseconde. On doit remarquer qu'un oscilloscope à large bande ayant une réponse sensiblement constante entre 10 kHz et 10 MHz, est nécessaire pour les méthodes décrites dans les annexes A, B et D.

- 5.2 Toutes les méthodes décrites sont des méthodes à faible signal. L'amplitude du signal requis pour attaquer ces circuits n'a pas été indiquée avec précision car elle dépend beaucoup du type de tube. L'amplitude de signal utilisée lors d'une mesure doit être indiquée. Des méthodes à signal important sont utiles pour des buts particuliers. Toutefois, ces méthodes à fort signal peuvent modifier l'impédance d'interface du tube en mesure à moins que le signal ne soit sensiblement identique à celui utilisé dans le fonctionnement normal du tube et elles ne peuvent être recommandées pour une application générale.
- 5.3 Ces mesures étant faites dans des circuits à haute fréquence et large bande, toutes les précautions normales essentielles pour l'utilisation de tels circuits doivent être observées. En particulier, il est essentiel d'éliminer, ou de corriger, les effets des capacités et des inductances parasites qui pourraient fausser les résultats.
- 5.4 En général, les appareillages doivent être étalonnés avec des réseaux fictifs car des tubes ayant de l'impédance d'interface ne sont pas suffisamment stables pour effectuer les mesures d'étalonnage.
- 5.5 Les schémas des circuits, dans les figures 3 à 9, pages 34 à 39, indiquent des valeurs nominales pour les éléments des circuits. Pour la plupart des tubes de réception et des petits tubes d'émission qui utilisent des cathodes à oxydes équipotentielles, les valeurs nominales données seront satisfaisantes.

Toutefois, certains tubes d'émission demanderont des modifications dans les résistances de charge et les réseaux de polarisation, de façon à fonctionner correctement.

## 6. Comportement de l'appareillage et procédé d'étalonnage

- 6.1 Chacune des méthodes décrites dans les annexes a été étudiée pour mesurer les caractéristiques électroniques d'un réseau complexe sensible à la fréquence et comportant à la fois des éléments actifs et passifs. En conséquence, pour chaque méthode, les possibilités de déceler et de mesurer avec précision l'impédance d'interface de cathode sont directement liées aux caractéristiques de fonctionnement du tube en mesure. Il est donc nécessaire d'utiliser des réseaux passifs ayant des caractéristiques électriques connues et des tubes ayant des caractéristiques de fonctionnement connues lorsqu'on veut déterminer les possibilités et les limites d'un appareillage de mesure.
- 6.2 Les réseaux décrits dans le tableau ci-après doivent être utilisés pour les étalonnages. Ils doivent être réalisés de façon à réduire les inductances parasites et les capacités parasites et doivent utiliser des résistances à couche. Il faut noter que les quatre premiers réseaux dérivent du circuit de la figure 1a de façon à obtenir de faibles résistances effectives d'interface et, en même temps, à réduire les effets des inductances parasites. La valeur  $R_1$  correspond à la résistance dépendant de la fréquence de ce réseau et pour les quatre premiers réseaux peut s'obtenir en soustrayant de  $R_1$  la résistance équivalant à  $R_1$  et  $R_2$  en parallèle:

$$R_i = R_1 - \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

La constante de temps  $\tau$  de chaque réseau est:

$$\tau = C(R_1 + R_2).$$