

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-23

Première édition
First edition
1970-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 23:
Méthodes de mesure des tubes à vide
modulateurs d'impulsions**

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

**Part 23:
Methods of measurement of vacuum pulse
modulator tubes and valves**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-23: 1970

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**

60151-23

Première édition
First edition
1970-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 23:
Méthodes de mesure des tubes à vide
modulateurs d'impulsions**

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

**Part 23:
Methods of measurement of vacuum pulse
modulator tubes and valves**

© IEC 1970 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 Varembe 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

L

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Définitions	6
3. Théorie	10
4. Exigences concernant la mesure des caractéristiques d'impulsion	12
5. Mesures	16
FIGURES	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-23:1970

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Theory	11
4. Pulse characteristic measurement requirements	13
5. Measurements	17
FIGURES	20

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-23:1970

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES
DES TUBES ÉLECTRONIQUES**

**Vingt-troisième partie : Méthodes de mesure des tubes à vide
modulateurs d'impulsions**

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.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à New Haven en 1967, à la suite de laquelle un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1968.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de cette vingt-troisième partie:

Allemagne	Pays-Bas
Australie	Pologne
Belgique	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
France	Suisse
Israël	Tchécoslovaquie
Italie	Turquie
Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

**Part 23 : Methods of measurement of vacuum pulse modulator tubes
and valves**

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.

It forms one of a series dealing with the measurements 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.

A first draft was discussed at the meeting held in New Haven in 1967, as a result of which a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1968.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 23:

Australia	Netherlands
Belgium	Poland
Czechoslovakia	Romania
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Vingt-troisième partie : Méthodes de mesure des tubes à vide modulateurs d'impulsions

1. Domaine d'application

Cette recommandation concerne les tubes à vide pour les applications en modulateurs d'impulsions. Les mesures sur ces tubes se font couramment à l'aide d'impulsions nominale-ment rectangulaires, et l'on supposera que c'est là le cas général. Les définitions et les méthodes peuvent, bien entendu, être étendues de façon à comprendre d'autres formes d'impulsions.

Avertissement important

On peut s'attendre à ce que les tubes-interrupteurs à vide fonctionnant à des tensions dépassant 16 kV produisent des rayons X pendant les périodes d'établissement et de coupure lors des périodes de fonctionnement actives, et à ce que quelques modulateurs à très haute tension produisent des quantités considérables de rayons X mous pendant les périodes de fonctionnement actives.

Les opérateurs doivent vérifier que des niveaux de rayonnement dangereux n'existent pas. On doit consulter le fabricant pour déterminer la nécessité et le mode de réalisation général de blindages convenables contre le rayonnement.

2. Définitions

Les définitions suivantes s'appliquent dans le cadre de cette recommandation.

2.1 Impulsion nominale-ment rectangulaire

Approximation pratique d'une impulsion rectangulaire.

Une impulsion de courant typique est représentée à la figure 1, page 20.

Elle diffère d'une forme vraiment rectangulaire par les points suivants:

- a) Temps de montée et de descente non nuls, ne devant pas dépasser 10 % de la durée d'impulsion pour le temps de montée et 20 % de la durée d'impulsion pour le temps de descente.
- b) Une chute du palier au sommet de l'impulsion.
- c) Possibilité d'une composante d'oscillation (ou d'ondulation) superposée au sommet de l'impulsion.

Note. — Si l'amortissement de la composante d'oscillation est important, ceci peut simplement apparaître sous forme d'un dépassement suivant le front avant de l'impulsion.

La variation totale par rapport au niveau de l'amplitude d'impulsion, due à l'ensemble de b) et c), ne doit pas dépasser la valeur donnée, en général 10 % de ce niveau (tel que défini au paragraphe 2.2).

Dans le cas de certaines impulsions de tension, il peut aussi se produire une oscillation amortie prenant simplement la forme d'un dépassement qui suit le front arrière de l'impulsion. La période correspondant à un cycle de cette oscillation est, en général, beaucoup plus longue que celle de l'oscillation ou de l'ondulation amortie au sommet de l'impulsion.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 23 : Methods of measurement of vacuum pulse modulator tubes and valves

1. Scope

This Recommendation refers to hard (i.e. vacuum) tubes and valves for pulse modulator applications. Measurements on such tubes and valves are commonly made using nominally rectangular pulses and this will be assumed to be the general case. The definitions and methods may, of course, be extended to include other forms of pulse.

Important warning

Vacuum switch tubes which operate at voltages in excess of 16 kV can be expected to produce X-rays during the “ turn-on ” and “ turn-off ” periods of their “ on ” periods, and some very high voltage modulators may produce considerable quantities of soft X-rays during the “ on ” periods.

Operators should ascertain that unsafe levels of radiation do not exist. The manufacturer should be consulted to determine the necessity for and the general design of suitable radiation shields.

2. Definitions

For the purpose of this Recommendation, the following definitions apply.

2.1 *Nominally rectangular pulse*

The practical approximation to a rectangular pulse.

A typical current pulse is illustrated in Figure 1, page 20.

It differs from a truly rectangular form in having:

- a) Finite rise and fall times which should not exceed 10% of the pulse duration for the rise time and 20% of the pulse duration for the fall time.
- b) Some droop in the top of the pulse.
- c) Possibly a ringing (or ripple) component superimposed on the top of the pulse.

Note. — If the ringing component is heavily damped, it may appear simply as an overshoot following the leading edge of the pulse.

The total variation from the pulse amplitude level due to b) and c) combined should not exceed the stated magnitude, usually 10% of this level. (As defined in Sub-clause 2.2.)

In the case of certain voltage pulses, there may also be a damped oscillation which may take the form merely of an overshoot, following the trailing edge of the pulse. The period of one cycle of this oscillation is in general much longer than that of the damped oscillation or ripple on the top of the pulse.

2.2 *Amplitude d'impulsion (d'une impulsion nominalement rectangulaire)*

Niveau moyen du sommet de l'impulsion (figure 1, page 20) déterminé par la hauteur du point-milieu de la ligne lissée x - y , tracée au sommet de l'impulsion.

2.3 *Durée de l'impulsion*

Intervalle de temps entre les instants où la valeur instantanée du courant ou de la tension est égale à 70 % de l'amplitude d'impulsion (voir figure 1).

2.4 *Temps de montée de l'impulsion*

Temps nécessaire pour que le courant ou la tension croisse de 10 % à 90 % de l'amplitude d'impulsion (voir figure 1).

2.5 *Temps de descente de l'impulsion*

Temps nécessaire pour que le courant ou la tension décroisse de 90 % à 10 % de l'amplitude d'impulsion (voir figure 1).

2.6 *Courant d'impulsion*

- a) Pour une impulsion de courant parfaitement rectangulaire, valeur du courant au sommet de l'impulsion.
- b) Pour une impulsion de courant nominalement rectangulaire, amplitude d'impulsion telle que définie au paragraphe 2.2 (voir figure 1).

2.7 *Tension d'impulsion*

- a) Pour une impulsion de tension parfaitement rectangulaire, valeur de la tension au sommet de l'impulsion.
- b) Pour une impulsion de tension nominalement rectangulaire, amplitude d'impulsion telle que définie au paragraphe 2.2 (voir figure 1).

2.8 *Fréquence de répétition des impulsions* (Publication 235-1 de la C E I: Mesure des caractéristiques électriques des tubes pour hyperfréquences, Première partie: Terminologie et définitions générales, paragraphe 2.3.2)

Nombre d'impulsions par seconde lorsque ce nombre est indépendant de l'intervalle de temps sur lequel il est mesuré.

2.9 *Facteur d'utilisation* (Publication 235-1 de la C E I: paragraphe 2.3.4)

Rapport entre (1) la somme des périodes actives et (2) un temps d'intégration déterminé.

Lorsque les phénomènes sont répétitifs, le temps d'intégration est la période de répétition des impulsions.

2.10 *Courant cathodique efficace*

Pour des impulsions parfaitement rectangulaires, le courant cathodique efficace est égal au courant d'impulsion multiplié par la racine carrée du facteur d'utilisation. Cette expression est suffisamment précise pour des impulsions nominalement rectangulaires telles que définies au paragraphe 2.1.

2.11 *Queue de caractéristique*

Zone à faible courant de la caractéristique du courant anodique en fonction de la tension de grille d'un tube à vide (voir figure 2, page 20).

2.2 *Pulse amplitude (of a nominally rectangular pulse)*

The average level at the top of the pulse (Figure 1, page 20) determined by the height of the midpoint of the smooth line x - y , drawn through the top of the pulse.

2.3 *Pulse duration*

The time interval between the instants at which the instantaneous value of the current or voltage equals 70% of the pulse amplitude (see Figure 1).

2.4 *Pulse rise time*

The time required for the current or voltage to rise from 10% to 90% of the pulse amplitude (see Figure 1).

2.5 *Pulse fall time*

The time required for the current or voltage to fall from 90% to 10% of the pulse amplitude (see Figure 1).

2.6 *Pulse current*

- a) For a perfectly rectangular current pulse, the value of the current at the top of the pulse.
- b) For a nominally rectangular current pulse, the pulse amplitude as defined in Sub-clause 2.2 (see Figure 1).

2.7 *Pulse voltage*

- a) For a perfectly rectangular voltage pulse, the value of the voltage at the top of the pulse.
- b) For a nominally rectangular voltage pulse, the pulse amplitude as defined in Sub-clause 2.2 (see Figure 1).

2.8 *Pulse repetition frequency* (I E C Publication 235-1, Measurement of the Electrical Properties of Microwave Tubes and Valves, Part 1: General Terms and Definitions, Sub-clause 2.3.2)

The number of pulses per second when this is independent of the interval of time over which it is measured.

2.9 *Duty factor* (I E C Publication 235-1, Sub-clause 2.3.4)

The ratio of (1) the sum of the "on" periods to (2) a stated averaging time.

In case of repetitive phenomena, the averaging time is the pulse repetition period.

2.10 *R.M.S. cathode current*

For perfectly rectangular pulses, the root mean square cathode current is equal to the pulse current multiplied by the square root of the duty factor. This expression is sufficiently accurate for nominally rectangular pulses as defined in Sub-clause 2.1.

2.11 *Tail*

The low current region of the anode current versus grid voltage characteristic of a vacuum tube or valve (see Figure 2, page 20).

2.12 Coude

Zone à fort courant et faible tension de la caractéristique du courant anodique en fonction de la tension anodique d'une tétrode ou pentode à vide, dans laquelle la variation maximale de pente se produit (voir figure 3, page 20).

3. Théorie

3.1 Dissipation des électrodes

Une valeur limite est donnée pour la valeur moyenne de la dissipation de puissance de chaque grille ou de l'anode. Pour un petit tube modulateur d'impulsions typique, à refroidissement par rayonnement, cette limite moyenne peut être utilisée avec sécurité pour toute forme d'impulsion ayant une période de répétition inférieure ou égale à 0,1 s.

Pour des périodes de répétition plus longues, ou des durées d'impulsion supérieures, il peut être nécessaire de réduire cette limite de dissipation moyenne. Le taux de réduction dépend de la forme d'onde et du type de tube. En cas de doute, le fabricant de tubes doit être consulté.

3.2 Courant cathodique en impulsions

La cathode d'un tube à vide modulateur d'impulsions est normalement soit un filament de tungstène thorié, soit une cathode à chauffage indirect à couche d'oxyde, ou imprégnée.

Le courant d'impulsion rectangulaire ($i_{k \text{ (imp)}}$) qui peut être obtenu d'un filament de tungstène thorié est donné par la valeur limite du courant cathodique de crête et ne dépend ni de la durée d'impulsion ni du facteur d'utilisation.

Le courant d'impulsion rectangulaire ($i_{k \text{ (imp)}}$) qui peut être obtenu d'une cathode à couche d'oxyde ou imprégnée, par contre, varie avec la durée d'impulsion t_p d'une manière qui est représentée en exemple à la figure 4, page 21. Cette variation peut être expliquée par les considérations suivantes:

- La valeur limite pour le courant cathodique de crête ($i_{k \text{ (cr)}}$) ne doit pas être dépassée, d'où la portion horizontale AB du côté des impulsions courtes sur la figure 4. On doit noter que la valeur réelle de t_p au point B dépend du type de tube.
- On peut indiquer une limite maximale pour le courant cathodique efficace d'un tube, de façon à limiter l'échauffement du revêtement de la cathode. Ceci s'applique à la partie inclinée BC de la figure 4 sur laquelle le courant disponible varie inversement à la racine carrée de la durée d'impulsion.
- Le temps d'intégration sur lequel est calculé ce courant efficace ne doit pas dépasser en général 1 ms. C'est ce qui motive l'avertissement porté sur la figure 4 et la partie horizontale CD du côté des impulsions longues sur le graphique. Dans cette région, le courant d'impulsion disponible devient égal à la valeur du courant cathodique purement continu pouvant être obtenu dans la limite des dissipations d'électrodes.

Ces considérations permettent d'étendre les calculs à des impulsions non rectangulaires.

Avec des impulsions nominalement rectangulaires telles que celles de la figure 1, page 20, on peut ignorer des variations de courant atteignant 10% de la valeur moyenne au sommet de l'impulsion. On peut aussi considérer la valeur limite du courant cathodique de crête comme la valeur maximale permise du courant cathodique d'impulsion.

2.12 *Knee*

The high current, low voltage region of the anode current versus anode voltage characteristic of a vacuum tetrode or pentode, in which the maximum rate of change of slope occurs (see Figure 3, page 20).

3. Theory

3.1 *Electrode dissipation*

A rating is given for the average power dissipation in each grid or anode. In the typical small radiation cooled pulse modulator tube or valve, this average dissipation rating may safely be applied for any pulse waveform with a repetition period of up to 0.1 s.

For longer repetition periods or pulse durations, the average dissipation rating may have to be reduced. The amount of reduction depends on the waveform and the tube or valve type. In cases of doubt, the tube or valve manufacturer should be consulted.

3.2 *Pulse cathode current*

The cathode in a vacuum pulse modulator tube or valve will normally be either a thoriated tungsten filament, or an indirectly heated oxide coated or impregnated cathode.

The rectangular pulse current ($i_{k \text{ (pulse)}}$) which may be drawn from a thoriated tungsten filament is given by the peak cathode current rating and is independent of the pulse duration and duty factor.

The rectangular pulse current ($i_{k \text{ (pulse)}}$) which may be drawn from an oxide-coated or impregnated cathode, however, varies with pulse duration t_p in a manner which is exemplified in Figure 4, page 21. The manner of variation may be explained by the following considerations:

- a) The rating for peak cathode current ($i_{k \text{ (pk)}}$) must not be exceeded, hence the horizontal portion AB at the short pulse end of Figure 4. It should be noted that the actual value of t_p at point B will depend on the tube or valve type.
- b) A tube or valve may be given a maximum rating for the r.m.s. cathode current, in order to limit the heating effect in the cathode coating. This applies on the sloping part BC of Figure 4 over which the available current is shown as varying inversely as the square root of pulse duration.
- c) The averaging time for calculating this r.m.s. current must typically not exceed 1 ms. This is the reason for the inset clause of Figure 4 and for the horizontal part CD at the long pulse end of the graph. In this region the available pulse current becomes equal to the pure d.c. cathode current which may be drawn if electrode dissipations permit.

These considerations enable calculations to be extended to non-rectangular pulses.

With nominally rectangular pulses such as that of Figure 1, page 20, it is permissible to ignore variations in current of up to 10% from the average value at the top of the pulse. One may also regard the peak cathode current rating as the maximum permissible pulse cathode current.

4. Exigences concernant la mesure des caractéristiques d'impulsion

4.1 Exigences concernant l'oscilloscope

On fait apparaître la forme de l'impulsion sur l'écran d'un oscilloscope. Cet instrument doit, de préférence, avoir les possibilités suivantes:

- a) Une base de temps linéaire de vitesse connue, telle qu'une impulsion complète puisse être observée.
- b) Une réponse en fréquence (à 3 dB) de l'amplificateur Y s'étendant du continu jusqu'à au moins $(1/2,5 t)$ MHz, où t est, en microsecondes, le plus court des temps de montée ou de descente.
- c) Une possibilité de mesure des amplitudes des signaux X et Y, par exemple à l'aide:
 - d'un quadrillage étalonné;
 - d'une tension réglable étalonnée;
 - d'une échelle étalonnée;
 - d'une méthode de comparaison.
- d) Des sondes pouvant être branchées directement aux points de mesure.
- e) Un ensemble différentiel d'entrées Y pour mesurer une chute de tension d'impulsion aux bornes d'un composant dont aucune extrémité n'est mise à la masse.
- f) Un transformateur de courant d'impulsion convenable peut être utilisé si nécessaire (voir paragraphe 4.2.2).

4.2 Mesure du courant d'impulsion

4.2.1 Méthode par résistance

Les courants d'impulsion peuvent être mesurés par l'intermédiaire de la chute de tension d'impulsion aux bornes d'une petite résistance de valeur connue. La figure 5, page 22, indique diverses positions que peut occuper cette résistance.

- 1) Position A: pour la mesure du courant anodique. Cette méthode donne une impulsion inversée sur l'oscilloscope, et n'est valable que si l'impédance de la source d'alimentation d'anode est très supérieure à l'impédance de charge vue par l'anode.
- 2) Position G: pour la mesure du courant de grille. Ceci n'est utile qu'avec un oscilloscope ayant des entrées différentielles.
- 3) Position G': pour la mesure du courant de grille. Ceci donne une impulsion inversée sur l'oscilloscope, et est une variante de la méthode 2, lorsque l'oscilloscope n'a pas d'entrées différentielles.

Note. — Cette méthode exige des précautions, à cause de la capacité parasite par rapport à la terre de la source de polarisation de grille et du transformateur d'excitation.

- 4) Position K: pour la mesure du courant cathodique.

4.2.2 Méthode par transformateur

Il est aussi possible de mesurer les courants d'impulsion à l'aide d'un transformateur d'impulsions ayant au secondaire une charge résistive aux bornes de laquelle la sonde de l'oscilloscope est branchée. Le courant d'impulsion à mesurer traverse le primaire.

4. Pulse characteristic measurement requirements

4.1 Oscilloscope requirements

The pulse waveform is displayed on the screen of an oscilloscope. This instrument shall preferably have the following facilities:

- a) A linear time sweep of known speed, such that a complete pulse can be observed.
- b) A y-amplifier frequency response (3 dB down) from zero frequency to not less than $(1/2.5 t)$ MHz where t is the pulse rise or fall time, whichever is the shorter, in microseconds.
- c) Measuring facilities of both X and Y signal amplitudes by some means such as:
 - calibrated graticule;
 - calibrated shift voltage;
 - calibrated scale;
 - comparison method.
- d) Probes which may be connected directly to the points of measurement
- e) A differential pair of Y inputs for measuring a pulse voltage drop across a component of which neither side is earthed.
- f) A suitable current pulse transformer may be used if required (see Sub-clause 4.2.2).

4.2 Measurement of pulse current

4.2.1 Resistor method

Pulse currents may be measured by means of the pulse voltage drop across a small resistor of known value. Figure 5, page 22, illustrates the use of resistors in various positions.

- 1) Position A: for the measurement of anode current. This presents an inverted pulse on the oscilloscope and is valid only provided that the anode supply impedance is much larger than the load impedance seen by the anode.
- 2) Position G: for the measurement of grid current. This is useful only with an oscilloscope having differential inputs.
- 3) Position G': for the measurement of grid current. This presents an inverted pulse on the oscilloscope and is an alternative to Method 2, when the oscilloscope does not have differential inputs.

Note. — This method requires precautions, because of the stray capacity to earth of the grid polarization source and the excitation transformer.

- 4) Position K: for the measurement of cathode current.

4.2.2. Transformer method

It is also possible to measure pulse currents by means of a pulse transformer with a resistive secondary load across which the oscilloscope probe is connected. The pulse current to be measured passes through the primary.

Divers rapports de transformation sont généralement disponibles pour donner des gammes de courant différentes. En plus de la nécessité évidente de s'assurer que l'isolement est adéquat pour les tensions présentes, deux précautions spéciales sont nécessaires :

- a) Pour éviter des erreurs dues au captage de faux signaux provenant des effets à forte amplitude qui se produisent dans des parties du circuit non comprises dans la mesure d'un paramètre particulier, le transformateur de courant doit (1) être situé aussi près que possible de l'électrode dont le courant est mesuré, (2) avoir un blindage de Faraday entre les enroulements primaire et secondaire, et (3) avoir une extrémité de son enroulement secondaire mise aussi directement que possible à la masse de façon à éviter les signaux inductifs pouvant interférer avec le courant à mesurer. La possibilité de courant parasite capacitif rend nécessaire de s'assurer que le courant ainsi mesuré est le vrai courant d'électrode.
- b) On doit empêcher que le transformateur de courant soit parcouru par un courant continu appréciable, par exemple lorsqu'on le laisse en circuit au cours d'une mesure statique. La magnétisation en résultant pourrait altérer de façon permanente les caractéristiques du transformateur.

4.3 *Mesure de la tension d'impulsion*

Lorsque la tension d'impulsion est trop élevée pour être mesurée directement par la sonde de l'oscilloscope, on peut utiliser un diviseur résistif de rapport connu avec précision. Sa résistance doit être suffisamment faible pour assurer que les capacités parasites ne modifieront pas la forme d'onde de sortie.

S'il existe une tension continue importante, on doit la mesurer séparément, et le diviseur sera couplé capacitivement comme indiqué en V à la figure 5, page 22.

On peut aussi, comme indiqué en O, prévoir des prises convenables sur la charge elle-même, pour la mesure de la tension d'impulsion de sortie.

Dans le circuit de la figure 6, page 22, le point de mesure O peut aussi être utilisé pour mesurer la tension d'impulsion de sortie. Dans ce cas, on mesure aussi la tension d'impulsion anodique et la méthode est équivalente à celle de A dans la figure 5 pour le courant d'impulsion anodique, pourvu que l'impédance combinée de la source d'alimentation d'anode et de la résistance R soit beaucoup plus grande que la résistance de charge. L'impulsion vue sur l'oscilloscope est inversée.

4.4 *Formes d'onde*

Une impulsion de courant anodique typique, telle que mesurée en A dans le circuit de la figure 5, est représentée à la figure 7, page 23, tandis que la figure 8, page 23, représente une impulsion de tension anodique typique vue en V, en supposant que l'impulsion d'attaque de grille est sensiblement rectangulaire. La composante d'oscillation durant l'impulsion de tension, et le dépassement qui la suit, sont dus au transformateur d'impulsions de sortie, et varient considérablement en forme et en amplitude d'un type de transformateur à l'autre.

On voit qu'il est possible que l'impulsion de courant soit conforme à la définition du paragraphe 2.1 d'une impulsion nominale rectangulaire, bien que la forme de la tension s'écarte considérablement de cette définition. Dans le circuit de la figure 6, les composantes d'oscillation de la figure 8 ne se produisent pas, sauf si la charge a une composante réactive appréciable.

Various turns ratios are usually provided to give different current ranges. In addition to the obvious need to ensure that the insulation is adequate for the voltages present, two special precautions are necessary:

- a) To avoid errors due to pick-up of spurious signals due to the large amplitude effects occurring in other parts of the circuit not involved in the measurement of the particular parameter, the current transformer (1) shall be located as close as possible to the electrode whose current is being measured, (2) shall have Faraday shielding between primary and secondary windings, and (3) shall have one terminal of its secondary winding securely earthed to avoid inductive signals which interfere with the current to be measured. The possibility of capacitive stray current makes it necessary to establish that the current so measured is the true electrode current.
- b) The current transformer must not be allowed to carry appreciable direct current, e.g. by leaving it in circuit during a static test. The resulting magnetisation may permanently degrade the transformer characteristics.

4.3 *Measurement of pulse voltage*

For pulse voltages too high to measure directly with the oscilloscope probe, a resistive divider of accurately known ratio may be used. Its resistance must be low enough to ensure that stray capacitances do not affect its output waveform.

If a large direct voltage is present, this must be measured separately and the divider capacitively coupled as shown at V in Figure 5, page 22.

Also shown, at O, is the provision of a suitable tapping on the load itself, for measurement of the output pulse voltage.

In the circuit of Figure 6, page 22, the measurement point O can again be used to measure the output pulse voltage. In this case, it also measures the anode pulse voltage and the method is equivalent to that of A in Figure 5 for anode pulse current, provided that the combined impedance of the anode supply and the resistor R is much larger than the load resistance. This presents an inverted pulse on the oscilloscope.

4.4 *Waveforms*

A typical anode current pulse, as measured at A in the circuit of Figure 5, is illustrated in Figure 7, page 23, whilst Figure 8, page 23, shows a typical anode voltage pulse seen at V, assuming the grid drive voltage pulse to be substantially rectangular. The ringing component during the voltage pulse and the overshoot following it are due to the output pulse transformer, and vary widely in shape and magnitude from one type of transformer to another.

It is seen to be possible for the current pulse to conform to the definition of Sub-clause 2.1 for a nominally rectangular pulse, although the voltage waveform may differ from this definition considerably. In the circuit of Figure 6 the ringing components of Figure 8 do not occur, unless the load is appreciably reactive.

4.5 Précautions

4.5.1 Mesures d'impulsions

Dans toutes les mesures d'impulsions, les connexions de mesure doivent être des câbles coaxiaux r.f. adaptés à l'impédance d'entrée de l'appareil de mesure, et pris aussi courts que possible pour éviter les captages de tension.

La disposition de la connexion de terre doit être étudiée avec soin pour réduire au minimum le captage des oscillations, etc.

4.5.2 Mesures des tensions élevées

Dans un tube à vide modulateur d'impulsions, de forts gradients de potentiel existent. Le circuit doit donc comprendre certains moyens de protection contre les dommages causés par des claquages éventuels. L'énergie libérée dans le tube, en cas de claquage, doit être limitée à une valeur de sécurité telle que le tube ne soit pas endommagé, autrement des arcs importants peuvent prendre naissance et le tube sera détruit. Pour un fonctionnement sûr, les points suivants doivent être observés:

- a) L'énergie $\frac{1}{2} CV^2$ emmagasinée dans le condensateur à haute tension (C dans les exemples de circuit des figures 5 et 6, page 22) ne doit pas dépasser:

$$5 \times \text{limite de } i_{k \text{ (imp)}} \text{ (donnée par la figure 4, page 21)} \times \text{limite de } V \text{ (continu)} \times t_p$$

en utilisant des unités cohérentes, par exemple ampères, volts, secondes et joules. Lorsque les conditions d'utilisation rendent nécessaires des valeurs de capacité supérieures à celles données dans les paragraphes ci-dessus et ci-dessous, il est recommandé que des circuits de protection par dérivation d'énergie soient employés à la fois dans les mesures et dans l'utilisation.

- b) Le total de l'impédance de la source d'alimentation anodique, et de l'impédance en série avec cette source (figures 5 et 6), doit être suffisant pour limiter le courant disponible en cas de court-circuit de longue durée dans le tube, à moins de vingt fois la valeur moyenne du courant anodique normal dans les conditions de fonctionnement.
- c) L'impédance du circuit entre le condensateur à haute tension et le tube doit être suffisante pour limiter le courant de surcharge de crête en cas de claquage à moins de dix fois la limite de $i_{k \text{ (imp)}}$ (donnée à la figure 4).

Une résistance limitant les surcharges peut être nécessaire et cette fonction est souvent combinée avec celle d'une résistance d'arrêt dans l'anode ou l'écran, R_s dans les figures 5 et 6.

Cette résistance absorbe la plus grande partie de l'énergie libérée durant un claquage.

5. Mesures

5.1 Mesure en haute tension de la queue de caractéristique

Les tensions positives continues spécifiées étant appliquées à l'anode et à l'écran par l'intermédiaire de résistances de sécurité convenables, un point de la queue de caractéristique (figure 2, page 20) est vérifié par l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

- a) En appliquant une tension de polarisation négative spécifiée à la grille de commande et en mesurant le courant anodique ou cathodique, pour lequel une limite maximale est spécifiée.
- b) En réglant la tension de polarisation négative de grille de commande pour obtenir une valeur spécifiée de courant anodique ou cathodique, une limite maximale étant indiquée pour la tension de polarisation ainsi obtenue.

4.5 Precautions

4.5.1 Pulse measurements

In all pulse measurements, the measurement leads shall be of r.f. coaxial cables matching the input impedance of the measuring instrument and shall be kept as short as possible to avoid voltage pick-up.

Care is needed in the routing of earth to minimise pick-up of ringing waveforms, etc.

4.5.2 High-voltage measurements

In a vacuum pulse modulator tube or valve, large voltage gradients exist. The circuit should therefore incorporate some protection against damage due to occasional flashing. The energy liberated in the tube or valve in the event of a flash must be limited to a safe value so that the tube or valve suffers no damage, otherwise serious arcing may develop and the tube or valve be destroyed. For safe operation the following points should be observed:

- a) The energy $\frac{1}{2} CV^2$ stored in the h.t. capacitor (C in the typical circuits of Figures 5 and 6, page 22) should not exceed:

$$5 \times i_{k \text{ (pulse)}} \text{ rating (given by Figure 4, page 21)} \times V \text{ (d.c.) rating} \times t_p$$

using consistent units, e.g. amperes, volts, seconds and joules. When conditions of use necessitate larger values of capacitance than those given in the above or subsequent paragraphs, it is recommended that suitable energy diversion protection circuits be employed in both measurement and use.

- b) The total impedance of, and in series with, the anode supply (Figures 5 and 6) should be high enough to limit the available long-period short-circuited current through the tube or valve to not more than twenty times the normal mean anode current under operating conditions.
- c) The circuit impedance between the high-voltage capacitor and the tube or valve should be sufficient to limit the peak surge current on flashing to not more than $10 \times i_{k \text{ (pulse)}} \text{ rating}$ (given in Figure 4).

A surge limiting resistor may be necessary and this function is often combined with that of an anode or screen grid parasitic suppressing resistor (stopper), R_s in Figures 5 and 6.

This resistor absorbs the major part of the energy liberated during a flash.

5. Measurements

5.1 High-voltage tail measurement

With the specified positive d.c. voltages applied to the anode and screen through suitable safety resistors, a point on the tail characteristic (Figure 2, page 20) is checked by either of two methods:

- a) Applying a specified negative control-grid bias voltage and measuring the anode or cathode current, for which a maximum limit is specified.
- b) Adjusting the negative control-grid bias voltage to give a specified value of anode or cathode current, a maximum limit being set for the bias voltage so obtained.

5.2 *Point de fonctionnement du courant d'impulsion*

On vérifie la caractéristique du tube au point de fonctionnement normal du courant d'impulsion, dans la région du coude (voir figure 3, page 20). Le circuit est celui de la figure 5, page 22, mais sans transformateur de sortie. Les résistances de mesure du courant anodique et du courant d'écran sont branchées dans la position R_s , la résistance d'anode étant branchée directement à la source d'alimentation anodique. Les tensions continues indiquées sont appliquées à l'anode et à l'écran, une tension de polarisation suffisante étant appliquée à la grille de commande pour maintenir le tube bloqué.

On attaque alors la grille avec une tension en impulsions, ayant une durée et une fréquence de répétition indiquées, la forme des impulsions étant aussi rectangulaire que possible. Les courants d'anode, d'écran et de grille en impulsions sont alors mesurés.

5.3 *Mesures en fonctionnement*

On fait fonctionner le tube dans un circuit modulateur d'impulsions, avec des conditions choisies de façon à couvrir autant que possible l'ensemble des limites du tube, en particulier celles concernant la tension anodique continue, la tension anodique positive de crête, le courant cathodique de crête et la dissipation anodique. Des circuits typiques sont indiqués aux figures 5 et 6. On mesure soit la tension d'impulsion de sortie, soit le courant d'impulsion d'anode. Le tube doit fonctionner de façon satisfaisante sans claquage pendant une durée donnée, mais il peut être toléré un temps de fonctionnement initial pendant lequel des claquages sont permis. La durée d'un claquage et de la suppression des impulsions doit être exactement spécifiée et illustrée par des figures.

5.4 *Mesure d'impulsions manquantes*

On fait fonctionner le tube dans un circuit modulateur d'impulsions, comme décrit au paragraphe 5.3, en combinaison avec un compteur d'impulsions manquantes. Ce dispositif compare les impulsions de sortie avec la forme d'onde d'impulsions d'attaque et compte tous les cas où l'impulsion attendue ne se produit pas ou est inférieure à une certaine amplitude ou à une certaine énergie, par exemple à cause d'un claquage dans le tube qui aurait déchargé le condensateur de récupération de haute tension. La durée d'un claquage et de la suppression des impulsions doit être exactement spécifiée et illustrée par des figures.

Lorsque cette mesure est requise, elle concerne normalement:

- a) la période suivant immédiatement la période de chauffage de la cathode; ou
- b) le fonctionnement dans des conditions de vibrations, ou les deux.