

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60151-17

Deuxième édition
Second edition
1969-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 17:
Méthodes de mesure des tubes à gaz**

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

**Part 17:
Methods of measurement of gasfilled tubes
and valves**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60151-17: 1969

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**

60151-17

Deuxième édition
Second edition
1969-01

**Mesures des caractéristiques électriques
des tubes électroniques**

**Partie 17:
Méthodes de mesure des tubes à gaz**

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

**Part 17:
Methods of measurement of gasfilled tubes
and valves**

© IEC 1969 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

U

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 de base et précautions	12
4. Mesures des tubes à gaz à cathode chaude	14
5. Mesures des tubes à gaz à cathode froide	34
FIGURES	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-17:1969

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Definitions	7
3. Basic theory and precautions	13
4. Hot cathode gasfilled tube or valve measurements	15
5. Cold cathode gasfilled tube measurements	35
FIGURES	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-17:1969

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES
ÉLECTRONIQUES

Dix-septième partie: Méthodes de mesure des tubes à gaz

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 39 de la CEI: Tubes électroniques.

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

Le premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965, à la suite de laquelle un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1967.

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

Allemagne
Australie
Belgique
Canada
Danemark
France
Israël
Italie

Japon
Pologne
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 17: Methods of measurement of gasfilled tubes and valves

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 39, Electronic Tubes and Valves.

It forms one of a series dealing with the measurements 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 the meeting held in Tokyo in 1965 as a result of which, a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1967.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 17:

Australia	Italy
Belgium	Japan
Canada	Poland
Czechoslovakia	Romania
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israel	United Kingdom

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Dix-septième partie: Méthodes de mesure des tubes à gaz

1. Domaine d'application

Cette recommandation concerne:

I: tubes à cathode chaude.

Ia: tubes redresseurs à remplissage gazeux.

Ib: thyratrons, à l'exception de ceux utilisés pour la modulation en impulsions.

II: tubes à cathode froide.

Ila: tubes stabilisateurs de tension, à l'exclusion des tubes stabilisateurs à effluves.

Ilb: tubes-relais.

Cette recommandation est fondée sur la pratique courante des mesures des tubes à gaz. 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.

2. Définitions

2.1 Classification des tubes

2.1.1 Tube à gaz (VEI-07-25-060 - deuxième édition)

Tube électronique dont les propriétés électriques dépendent essentiellement de l'ionisation d'un gaz ou d'une vapeur enclos dans l'enveloppe.

2.1.2 Tube redresseur à gaz (VEI-07-40-020 - deuxième édition)

Tube à gaz dont la fonction est de redresser un courant alternatif.

2.1.3 Thyatron (VEI-07-40-015 - deuxième édition) *

Tube à gaz à cathode chaude dans lequel une ou plusieurs électrodes permettent d'amorcer mais non de régler le courant anodique.

2.1.4 Tube stabilisateur de tension

Tube à gaz à décharge luminescente ou à effluves conçu pour avoir une tension de maintien sensiblement constante dans une gamme spécifiée de conditions de fonctionnement telles que courant, température et temps.

2.1.5 Tube de référence de tension

Tube stabilisateur de tension conçu pour avoir une tension de maintien constante en fonction du temps dans une plage étroite de courant et de température.

* Cette définition n'est pas exactement la définition donnée dans le VEI. Le numéro de référence est donné pour information.

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES AND VALVES

Part 17: Methods of measurement of gasfilled tubes and valves

1. Scope

This Recommendation deals with:

I: hot cathode tubes and valves.

Ia: gasfilled rectifier tubes and valves.

Ib: thyratrons except for those used for pulse modulation.

II: cold cathode tubes.

IIa: voltage stabilizing tubes, excluding corona stabilizers.

IIb: trigger tubes.

This Recommendation is based on current practice of the measurement of gasfilled tubes and valves. It should not be regarded as a Recommendation in the sense of a standard, because a more detailed description of the methods of measurement is needed if measuring results on the basis of these principles have to be comparable within definite tolerances.

2. Definitions

2.1 *Classification of tubes and valves*

2.1.1 *Gasfilled tube or valve* (IEV-07-25-060 - second edition)

An electronic tube or valve in which the electrical characteristics are substantially determined by the enclosed gas or vapour.

2.1.2 *Gasfilled rectifier tube or valve* (IEV-07-40-020 - second edition)

A gasfilled tube or valve whose function is to rectify an alternating current.

2.1.3 *Thyratron* (IEV-07-40-015 - second edition) *

A hot cathode gasfilled tube or valve in which one or more electrodes initiate, but do not control the anode current.

2.1.4 *Voltage stabilizing tube*

A gasfilled glow or corona discharge tube designed to have a maintaining voltage which is substantially constant over a specified range of operating conditions, such as current, temperature and time.

2.1.5 *Voltage reference tube*

A voltage stabilizing tube designed to have a maintaining voltage constant with time within a narrow range of current and temperature.

* This definition is not exactly the definition given in the IEV. The reference number is given for information.

2.1.6 *Tube-relais*

Tube à gaz à cathode froide dans lequel une ou plusieurs électrodes permettent d'amorcer mais non de régler le courant anodique.

2.2 *Electrodes et espaces de décharge*

2.2.1 *Espace principal de décharge* (VEI-07-40-135 - deuxième édition) *

Espace parcouru par le courant de la charge.

2.2.2 *Electrode d'amorçage* (VEI-07-40-095 - deuxième édition) *

Electrode auxiliaire, dans un tube à gaz à cathode froide, destinée à amorcer la conduction.

2.2.3 *Espace d'amorçage* (VEI-07-40-140 - deuxième édition) *

Espace de décharge entre une électrode d'amorçage et l'autre électrode à laquelle la tension d'amorçage est appliquée.

2.3 *Tensions*

2.3.1 *Décharge disruptive (dans un gaz)* (VEI-07-13-080 - deuxième édition) *

Décharge autonome, décharge luminescente, ou arc qui s'amorce brusquement entre deux électrodes pour une certaine valeur de tension qui dépend de la densité du gaz, de la constitution de la cathode, de la disposition des électrodes et de leur polarité.

2.3.2 *Tension d'amorçage (dans un gaz)* (VEI-07-13-085 - deuxième édition) *

Tension nécessaire pour provoquer une décharge disruptive.

2.3.3 *Tension d'amorçage d'anode* (VEI-07-40-145 - deuxième édition) *

Tension anodique nécessaire pour rendre l'espace principal conducteur, l'espace d'amorçage étant non-conducteur et tous les autres éléments du tube étant maintenus à un potentiel sensiblement égal à celui de la cathode avant l'amorçage.

2.3.4 *Tension d'amorçage de l'électrode d'amorçage*

Tension de l'électrode d'amorçage nécessaire pour produire une décharge autonome dans l'espace d'amorçage, tous les autres éléments du tube à l'exception de l'anode principale étant maintenus à un potentiel sensiblement égal à celui de la cathode avant l'amorçage.

2.3.5 *Tension critique de grille* (VEI-07-40-155 - deuxième édition) *

Valeur instantanée de la tension de grille d'un thyatron pour laquelle le courant de charge commence à circuler dans l'espace principal, pour une tension anodique spécifiée et dans des conditions spécifiées.

2.3.6 *Tension critique d'anode*

Valeur instantanée de la tension anodique d'un thyatron pour laquelle le courant de charge commence à circuler dans l'espace principal, pour une tension de grille spécifiée et dans des conditions spécifiées.

* Cette définition n'est pas exactement la définition donnée dans le VEI. Le numéro de référence est donné pour information.

2.1.6 *Trigger tube*

A cold cathode gasfilled tube in which one or more electrodes initiate but do not control the anode current.

2.2 *Electrodes and gaps*

2.2.1 *Main gap* (IEV-07-40-135 - second edition) *

The conduction path which carries the load current.

2.2.2 *Starting electrode or trigger* (IEV-07-40-095 - second edition) *

An auxiliary electrode, in cold cathode gasfilled tubes, intended to initiate conduction.

2.2.3 *Trigger gap* (IEV-07-40-140 - second edition) *

The conduction path between a starting electrode and the other electrode to which starting voltage is applied.

2.3 *Voltages*

2.3.1 *Ignition (in a gas)* (IEV-07-13-080 - second edition) *

A self-maintained discharge, a glow discharge or an arc, which is abruptly produced between two electrodes, at a certain value of voltage which depends on the density of the gas, the cathode material, the arrangement of the electrodes and their polarity.

2.3.2 *Ignition voltage (in a gas)* (IEV-07-13-085 - second edition) *

The voltage necessary to produce an ignition.

2.3.3 *Anode ignition voltage* (IEV-07-40-145 - second edition) *

The anode voltage required to cause conduction across the main gap with the starter gap non-conducting and with all other tube elements held at substantially cathode potential before ignition.

2.3.4 *Trigger ignition voltage*

The trigger voltage required to produce a self-maintained discharge across the trigger gap with all other tube elements, except for the main anode, held at substantially cathode potential before ignition.

2.3.5 *Critical grid voltage* (IEV-07-40-155 - second edition) *

The instantaneous value of the grid voltage in a thyatron at which the load current starts to flow across the main gap, for a specified anode voltage and under specified conditions.

2.3.6 *Critical anode voltage*

The instantaneous value of the anode voltage in a thyatron at which the load current starts to flow across the main gap, for a specified grid voltage and under specified conditions.

* This definition is not exactly the definition given in the IEC. The reference number is given for information.

2.3.7 *Caractéristiques de commande* (VEI-07-40-225 - deuxième édition)

Relation, en général représentée sous forme graphique, entre la tension critique de grille et la tension anodique.

2.3.8 *Chute de tension du tube* (VEI-07-27-040 - deuxième édition) *

Tension anodique lorsque le tube est conducteur, dans des conditions spécifiées.

2.3.9 *Tension de maintien*

Différence de potentiel entre la cathode et une électrode donnée d'un tube à gaz lorsque cette électrode conduit le courant.

2.3.10 *Tension de réamorçage*

Tension d'amorçage à la suite d'une interruption du courant anodique.

2.3.11 *Régulation* (VEI-07-40-150 - deuxième édition) *

Différence entre les valeurs maximale et minimale de la tension anodique de maintien d'un tube stabilisateur de tension sur une plage définie de courant anodique.

2.3.12 *Vitesse de dérive*

Pente à un instant donné de la courbe lissée représentant la tension anodique de maintien d'un tube stabilisateur de tension en fonction du temps, dans des conditions de fonctionnement constantes.

2.3.13 *Reproductibilité de la différence de potentiel*

Aptitude d'un tube à gaz à atteindre la même valeur de tension anodique de maintien en un temps déterminé après le début de toute période de conduction.

Note. — Le manque de reproductibilité s'exprime par la variation de cette tension entre une période de conduction et n'importe quelle autre, les conditions de fonctionnement restant inchangées.

2.3.14 *Saut de tension*

Variation brusque de la chute de tension d'un tube à décharge lumineuse pendant son fonctionnement.

Note. — Cet effet peut se produire soit au cours de la durée dans des conditions de fonctionnement constantes, soit lorsqu'on fait varier le courant ou la température dans la plage de fonctionnement.

2.4 *Courants*

2.4.1 *Courant critique de grille* (VEI-07-40-190 - deuxième édition) *

Valeur du courant de grille correspondant à la tension critique de grille à l'instant où la décharge vient juste de s'établir.

2.4.2 *Courant de transfert*

Courant, dans l'espace d'amorçage, nécessaire pour établir une décharge autonome dans l'espace principal, dans des conditions de fonctionnement données.

* Cette définition n'est pas exactement la définition donnée dans le VEI. Le numéro de référence est donné pour information.

2.3.7 *Control characteristic* (IEV-07-40-225 - second edition)

A relation, usually shown by a graph, between critical grid voltage and anode voltage.

2.3.8 *Tube or valve voltage drop* (IEV-07-27-040 - second edition) *

The anode voltage during conduction under specified conditions.

2.3.9 *Maintaining voltage*

The difference of potential between the cathode and a stated electrode of a gasfilled tube or valve when that electrode is carrying current.

2.3.10 *Re-ignition voltage*

The ignition voltage following an interruption of anode current.

2.3.11 *Regulation* (IEV-07-40-150 - second edition) *

The difference between the maximum and minimum values of the anode maintaining voltage of a voltage stabilizing tube within a defined range of anode current.

2.3.12 *Drift rate*

The slope at a stated time of the smoothed curve of the anode maintaining voltage of a voltage stabilizing tube, plotted against time at constant operating conditions.

2.3.13 *Repeatability of difference of potential*

The ability of a gasfilled tube to attain the same anode maintaining voltage at a stated time after the beginning of any conducting period.

Note. — The lack of repeatability is expressed by the change in this voltage from one conducting period to any other, the operating conditions remaining unchanged.

2.3.14 *Voltage jump*

An abrupt change in tube voltage drop of a glow-discharge tube during operation.

Note. — This may occur either during life under constant operating conditions, or as the current or temperature is varied over the operating range.

2.4 *Currents*

2.4.1 *Critical grid current* (IEV-07-40-190 - second edition) *

The value of grid current corresponding to the critical grid voltage at the instant when the discharge has just been established.

2.4.2 *Transfer current*

The current in the trigger gap required to establish a self-maintained discharge in the main gap under specified operating conditions.

* This definition is not exactly the definition given in the IEC. The reference number is given for information.

2.4.3 *Courant de surcharge d'électrode*

Courant de crête qui passe dans une électrode dans des conditions exceptionnelles telles que :

- c) conditions de mise en route;
- b) conditions de fonctionnement anormal, par exemple retours d'arc et courts-circuits extérieurs.

Note. — Dans ce dernier cas, le courant de surcharge est appelé courant de défaut (VEI-07-40-200 - deuxième édition).

2.5 *Temps*

2.5.1 *Temps d'ionisation* (VEI-07-40-260 - deuxième édition) *

Intervalle de temps qui s'écoule entre le début de la décharge et l'établissement de celle-ci dans un tube à gaz, par exemple l'intervalle de temps séparant l'application de la tension de grille ou d'électrode d'amorçage et l'instant où la chute de tension du tube atteint une valeur définie dans des conditions de fonctionnement spécifiées.

2.5.2 *Temps de désionisation* (VEI-07-40-265 - deuxième édition) *

Intervalle de temps nécessaire après une interruption du courant anodique pour que la grille ou l'électrode d'amorçage reprenne son rôle de commande dans des conditions de fonctionnement spécifiées.

2.6 *Température*

2.6.1 *Température du mercure condensé* (VEI-07-40-275 - deuxième édition) *

Température mesurée à l'extérieur de l'enveloppe du tube, dans la région où le mercure se condense pour les tubes ayant une ampoule en verre ou en un point spécifié pour les tubes ayant une enveloppe métallique.

2.6.2 *Coefficient de température de la chute de tension*

Quotient de (1) la variation de chute de tension d'un tube à décharge lumineuse (en excluant tout saut de tension) par (2) la variation de température d'enveloppe dans des conditions de circuit constantes.

3. *Théorie de base et précautions*

Les caractéristiques des tubes à gaz diffèrent sensiblement de celles des tubes à vide. Comme la chute de tension du tube est pratiquement indépendante de l'amplitude du courant circulant dans le tube, et que la grille ou l'électrode d'amorçage n'a en général aucun rôle de réglage après que la décharge ait été établie, le courant traversant le tube est déterminé principalement par la tension appliquée et les paramètres du circuit. Une résistance (ou une impédance) suffisante doit toujours être mise en série avec l'anode et la grille ou l'électrode d'amorçage pour limiter, après l'amorçage, les courants d'anode, de grille, ou d'électrode d'amorçage à des valeurs suffisamment faibles pour ne pas endommager le tube.

La pression de vapeur dans les tubes à vapeur de mercure affecte les caractéristiques électriques et varie rapidement en fonction de la température du mercure condensé. Pour mesurer les tubes à vapeur de mercure, il faut donc prendre soin de régler la température du mercure

* Cette définition n'est pas exactement la définition donnée dans le VEI. Le numéro de référence est donné pour information.

2.4.3 *Surge electrode current*

The peak current that flows through an electrode under exceptional conditions such as:

- a) switching-on conditions;
- b) fault conditions, e.g. arc-backs and external short-circuits.

Note. — In this case, the surge current is called fault current (IEV-07-40-200 - second edition).

2.5 *Time*

2.5.1 *Ionization time* (IEV-07-40-260 - second edition) *

The time interval between the initiation and the establishment of a discharge in a gasfilled tube or valve, e.g. the time interval from the application of the grid or trigger voltage to the instant at which the tube or valve voltage drop attains a stated value under specified operating conditions.

2.5.2 *Recovery time* (IEV-07-40-265 - second edition) *

The time required after interruption of anode current for the grid or trigger to regain control under specified operating conditions.

2.6 *Temperature*

2.6.1 *Condensed mercury temperature* (IEV-07-40-275 - second edition) *

The temperature measured on the outside of the tube or valve envelope in the region where the mercury is condensing (in tubes or valves with glass envelopes) or at a specified point (in tubes or valves with metal envelopes).

2.6.2 *Temperature coefficient of tube voltage drop*

The quotient of (1) the change of tube voltage drop (excluding any voltage jumps) of a glow-discharge tube, by (2) the change of envelope temperature under constant circuit conditions.

3. **Basic theory and precautions**

The characteristics of gasfilled tubes and valves differ substantially from those of vacuum tubes and valves. Because the tube or valve voltage drop is nearly independent of the magnitude of current conducted and the grid or trigger in general has no control after the discharge has started, the current through the tube or valve is determined principally by the applied voltage and the circuit parameters. Sufficient resistance (or impedance) must always be used in series with the anode and the grid or trigger to limit the anode and grid or trigger currents, following ignition, to values low enough to prevent damage to the tube or valve.

The pressure of the vapour in mercury vapour tubes and valves affects the electrical characteristics and is a rapidly varying function of the condensed mercury temperature. In measuring mercury vapour tubes and valves, care must therefore be taken to control condensed mercury

* This definition is not exactly the definition given in the IEV. The reference number is given for information.

condensé afin d'obtenir des résultats reproductibles. En général, lorsque la température augmente, la chute de tension du tube et la tension directe de crête diminuent, la tension inverse de crête que le tube peut supporter décroît, la tension critique de grille devient plus négative, et le temps de désionisation devient plus long.

En général, le temps requis pour atteindre la température désirée du mercure condensé est plus long que le temps de chauffage de la cathode.

Lors de la mesure de la tension maximale inverse de crête ou des caractéristiques de commande, des précautions doivent être prises pour s'assurer qu'il ne reste pas de mercure condensé dans les parties supérieures du tube. En général, ceci est obtenu par un processus de préchauffage dans lequel seulement la puissance de chauffage de cathode est appliquée au tube. Le tube doit être maintenu en position verticale, à l'abri des courants d'air, afin d'empêcher le mercure de se recondenser dans la partie supérieure de l'enveloppe.

4. Mesures des tubes à gaz à cathode chaude

4.1 *Caractéristiques électriques de chauffage*

Les lectures de courant et de tension de chauffage sont effectuées avec la tension appliquée uniquement aux extrémités du filament. Le courant doit être mesuré lorsqu'il a atteint un état d'équilibre.

4.1.1 *Précautions*

La résistance d'un filament froid est très inférieure à sa résistance dans les conditions normales de fonctionnement. Si le filament d'un tube de forte puissance est branché directement sur la source de chauffage, un courant de filament excessif peut circuler et endommager le tube ou l'équipement de mesure. En conséquence, il peut être nécessaire de limiter le courant de filament à une valeur de départ spécifiée.

Pour les tubes ayant un courant de filament élevé, il peut être nécessaire d'effectuer une correction correspondant à la chute de tension dans le support lorsque la tension est mesurée sur les bornes du support.

4.2 *Caractéristiques de commande*

Les informations permettant de tracer les caractéristiques de commande sont obtenues comme suit.

4.2.1 *Tension critique de grille*

La tension de chauffage étant appliquée et une tension continue suffisante pour empêcher la conduction étant appliquée à la grille de commande, une tension alternative est appliquée à l'anode par l'intermédiaire d'une résistance permettant de limiter le courant de conduction à une valeur convenable (voir la figure 1, page 42).

La tension de grille de commande est progressivement rendue plus positive (ou moins négative) jusqu'à ce que le courant anodique circule à la suite d'un amorçage (formation d'un arc) entre l'anode et la cathode du tube, moment où la tension critique de grille est observée juste avant la décharge. Si la tension critique de grille est positive, un courant de grille appréciable peut circuler avant la décharge. La tension de grille doit alors être mesurée à la sortie de grille.

temperature in order to obtain reproducible results. In general, with increase of temperature, the tube or valve voltage drop and peak forward voltage will decrease, the peak inverse voltage that the tube or valve will withstand will decrease, the critical grid voltage will become more negative, and the recovery time will become longer.

In general, the time required to attain the desired condensed mercury temperature is longer than the cathode heating time.

When measuring the maximum peak inverse voltage or the control characteristics, precautions must be taken to ensure that no condensed mercury exists in the upper parts of the tube or valve. This is generally achieved by a preheating process in which only cathode heating power is applied to the tube or valve. The tube or valve must be maintained in an upright position, away from air currents, in order to prevent mercury from recondensing in the upper part of the envelope.

4. Hot cathode gasfilled tube or valve measurements

4.1 Filament or heater electrical characteristics

Readings of filament or heater current and voltage are taken with voltage applied only to the filament or heater terminals. The current should be measured when it has reached equilibrium.

4.1.1 Precautions

The resistance of a cold filament or heater is much smaller than its resistance under normal operating conditions. If the filament of a tube or valve of high power is connected directly to the heating source, excessive filament current may flow and cause damage to the tube or valve or to the measurement equipment. Therefore, it may be necessary to limit the filament current to some specified starting value.

For tubes and valves with high filament current, it may be necessary to correct for voltage drop in the socket when the voltage is measured at the socket terminals.

4.2 Control characteristics

Data for plotting the control characteristics is obtained as follows.

4.2.1 Critical grid voltage

With voltage applied to the filament or heater, and with sufficient direct voltage applied to the control grid to prevent conduction, alternating voltage is applied to the anode through a resistance which will limit the current during conduction to a suitable value (see Figure 1, page 42).

The control grid voltage is gradually made more positive (or less negative) until anode current flows as a result of breakdown (the occurrence of an arc) between the anode and the cathode of the tube or valve, and the critical grid voltage is noted just before the discharge. If the critical grid voltage is positive, appreciable grid current may flow before breakdown. The grid voltage must then be measured at the grid terminal.

La température de mercure condensé des tubes à vapeur de mercure doit être maintenue à la valeur désirée, qui doit être mentionnée avec les résultats. Cette valeur dépend des conditions de fonctionnement et de la structure du tube mais est, en général, comprise entre 20 °C et 50 °C. Pour les tubes ayant des grilles écrans, le potentiel de grille écran est un paramètre supplémentaire, et doit être maintenu à une valeur spécifiée, généralement zéro.

4.2.1.1 *Précautions*

Il peut être nécessaire de brancher un condensateur de faible valeur entre chaque grille et la cathode pour que d'éventuelles surtensions anodiques n'affectent pas la tension de grille. Un condensateur peut perturber le résultat si la mesure est faite à l'aide d'une résistance de grille de forte valeur. Ceci parce que le condensateur intègre le courant de grille qui circule durant les diverses parties du cycle.

La résistance de grille doit être suffisamment élevée pour éviter de surcharger la grille lorsque le tube conduit et suffisamment faible pour ne pas affecter le résultat de mesure.

Pour les tubes à chauffage direct, il est normalement nécessaire de spécifier que le retour de cathode est effectué soit à la prise médiane du transformateur de chauffage, soit à la prise médiane du filament si elle existe.

Toutefois, dans le cas de tubes dont une des sorties du filament est reliée intérieurement à un écran de filament et est indiquée par le fabricant comme devant être utilisée comme sortie de cathode, le point de référence de tension doit être la sortie mentionnée par le fabricant.

Si le tube est à chauffage direct, la relation de phase entre les tensions de filament et d'anode doit être prescrite.

4.2.2 *Tension anodique critique*

La tension de chauffage étant appliquée, les grilles, s'il y en a, sont maintenues aux tensions désirées, et la tension alternative d'anode est augmentée jusqu'à ce que le courant anodique circule à la suite d'un amorçage (formation d'un arc) entre l'anode et la cathode du tube. La valeur de crête de la tension anodique à cet instant est la tension anodique critique. Une résistance de valeur suffisante doit être insérée dans le circuit d'anode pour limiter le courant de conduction à une valeur convenable.

4.2.2.1 *Précautions*

Pour les tubes à chauffage direct, il est normalement nécessaire de spécifier que le retour de cathode est effectué soit à la prise médiane du transformateur de chauffage, soit à la prise médiane du filament si elle existe.

Toutefois, dans le cas de tubes dont une des sorties du filament est reliée intérieurement à un écran de filament et est indiquée par le fabricant comme devant être utilisée comme sortie de cathode, le point de référence de tension doit être la sortie mentionnée par le fabricant.

Si le tube est à chauffage direct, la relation de phase entre les tensions de filament et d'anode doit être prescrite.

4.3 *Emission*

Pour un tube de structure donnée, la chute de tension dépend avant tout de l'émission. Une faible chute de tension est une indication d'émission élevée.

La caractéristique d'émission électronique d'un tube à gaz est couramment déterminée en mesurant la chute de tension pour un courant anodique suffisamment élevé pour indiquer les possibilités de la cathode. Ceci s'effectue parfois dans des conditions de conduction en régime continu.

The condensed mercury temperature of mercury vapour tubes should be held to the desired value, which should be recorded with the results. This value is dependent upon operating conditions and tube or valve structure, but it is in general between 20 °C and 50 °C. For tubes and valves having shield grids, the shield grid potential is an additional parameter, and should be held at a specified value, usually zero.

4.2.1.1 *Precautions*

It may be necessary to use a capacitor of small value between each grid and the cathode to prevent possible anode voltage surges from affecting the grid voltage. A capacitor can affect the result if the measurement is made using a grid resistor of large value. This is because the capacitor integrates the grid current which flows during different parts of the cycle.

The grid resistor shall be sufficiently high to avoid overloading the grid when the tube or valve is conducting and sufficiently low to have no effect on the measuring result.

For directly heated tubes and valves, it is normally necessary to specify that the cathode return be made either to the centre tap of the filament transformer or to the centre tap of the filament if present.

However, in the case of tubes and valves having a filament terminal which is internally connected to a filament shield and which is specified by the manufacturer to be used as a cathode terminal the voltage reference point must be the terminal quoted by the manufacturer.

If the tube or valve is directly heated, the relative phasing of the filament and anode voltages should be prescribed.

4.2.2 *Critical anode voltage*

With voltage applied to the filament or heater, the grid or grids, if present, are held at desired voltages and the alternating anode voltage is increased until anode current flows as the result of breakdown (the occurrence of an arc) between the anode and cathode of the tube or valve. The peak value of the anode voltage at this point is the critical anode voltage. Sufficient resistance must be inserted into the anode circuit to limit the current during conduction to a suitable value.

4.2.2.1 *Precautions*

For directly heated tubes and valves, it is normally necessary to specify that the cathode return be made either to the centre tap of the filament transformer or to the centre tap of the filament if present.

However, in the case of tubes and valves having a filament terminal which is internally connected to a filament shield and which is specified by the manufacturer to be used as a cathode terminal, the voltage reference point must be the terminal quoted by the manufacturer.

If the tube or valve is directly heated, the relative phasing of the filament and anode voltages should be prescribed.

4.3 *Emission*

For a tube or valve of given design, the voltage drop is primarily a function of emission. Lower voltage drop is an indication of higher emission.

The electron-emission characteristic of a gasfilled tube or valve is commonly determined by measurement of the voltage drop at an anode current sufficiently high to indicate cathode capability. This is sometimes done under conditions of continuous-current conduction.

Une méthode de conduction en régime intermittent est plus précise à cause de la diminution de l'échauffement ou du refroidissement de la cathode par le courant d'arc. La formation d'une tache cathodique, indiquée par une réduction discontinue de la chute de tension dans l'arc, indique un fonctionnement cathodique défectueux.

4.3.1 Méthodes en tensions continue et alternative

- a) la tension de chauffage désirée étant appliquée, avec une tension de source anodique suffisante pour permettre l'amorçage et une résistance en série permettant de limiter le courant cathodique à la valeur désirée, la chute de tension est mesurée à l'aide d'un voltmètre si une tension continue est utilisée ou à l'aide d'un oscilloscope ou de tout autre moyen si une tension alternative est utilisée. Dans ce dernier cas, la tension est lue au moment où le courant atteint sa valeur de crête;
- b) le tube à mesurer est branché dans le circuit à basse tension d'une source de tension alternative (voir figure 2a, page 42). La grille doit être reliée à l'anode par l'intermédiaire d'une résistance donnée R_g . En faisant varier la résistance de charge R , la valeur efficace du courant anodique peut être lue au moment où une bosse apparaît sur la courbe de tension anodique observée sur l'écran de l'oscilloscope (voir figure 2b, page 42). La valeur de crête du courant anodique, qui est approximativement égale au courant d'émission cathodique, est calculée à partir de la valeur efficace du courant anodique.

4.3.2 Méthode en tension intermittente

La tension de chauffage désirée étant appliquée, le courant cathodique étant limité par le circuit à la valeur désirée et la tension anodique étant appliquée de façon intermittente avec un facteur d'utilisation tel qu'il ne se produise pas d'échauffement appréciable de la cathode, la chute de tension du tube est mesurée au moyen d'un oscilloscope ou par tout autre moyen convenable au moment où le courant atteint sa valeur de crête. La durée de conduction doit être suffisante pour s'assurer que le tube est suffisamment ionisé afin que les mesures de chute de tension soient indépendantes de la durée de conduction.

4.3.3 Précautions

Dans ces mesures, toute grille ayant une sortie séparée doit être reliée à l'anode soit directement soit par l'intermédiaire d'une résistance limitant le courant. La valeur de résistance doit être spécifiée car la chute de tension du tube est affectée par la répartition du courant entre la grille et l'anode.

La chute de tension dans les tubes à vapeur de mercure variant en fonction de la pression de vapeur, la plage autorisée de température de mercure condensé doit être maintenue dans des limites étroites.

4.4 Courant de grille

Le courant critique de grille d'un thyatron est fonction de la tension anodique et comprend les courants dus aux ions positifs, aux électrons et aux fuites. Les courants de charge des capacités entre électrodes peuvent aussi avoir une importance.

Ces courants de grille sont généralement de faibles valeurs. Ils sont habituellement mesurés en lisant la chute de tension aux bornes d'une résistance en série avec la grille.

4.4.1 Méthode de la tension critique de grille (pour des tubes ayant une caractéristique de commande négative)

La méthode de détermination du courant de grille à partir de la tension critique de grille s'effectue en général en chauffant le tube à sa température de fonctionnement en lui faisant

An intermittent-conduction method is more accurate because of the reduction of cathode heating or cooling by arc current. Formation of a cathode spot, as indicated by a discontinuous reduction in the arc drop, indicates faulty cathode operation.

4.3.1 *Direct and alternating voltage methods*

- a) With the desired voltage applied to the filament or heater, with an anode supply voltage sufficient to cause firing, and with the cathode current limited to the desired value by a series resistor, the voltage drop is measured by a voltmeter if direct voltage is used, and by an oscillograph or other suitable means if alternating voltage is used. In the latter case, the voltage is read at the instant the current is at its peak value.
- b) The tube or valve to be measured should be inserted into the low voltage circuit of an alternating voltage source (see Figure 2a, page 42). The grid should be connected to the anode through a given resistance R_g . By varying the load resistance R , an effective value of the anode current can be read at the moment at which a hump on the anode voltage curve is observed on the oscillograph screen (see Figure 2b, page 42). The peak value of the anode current which is approximately equal to the cathode emission current is calculated from the effective value of the anode current.

4.3.2 *Intermittent voltage method*

With the desired voltage applied to the filament or heater, with the cathode current limited to a desired value by the circuit, and with the anode voltage to be applied intermittently at a duty factor such that appreciable heating or cooling of the cathode does not occur, the tube or valve voltage drop is measured by an oscillograph or other suitable means at the instant when the current is at its peak value. The period of conduction should be of sufficient duration to ensure that the tube or valve is sufficiently ionized to make the measured voltage drop independent of the conduction period.

4.3.3 *Precautions*

In these measurements, any grids having separate terminals should be connected to the anode either directly or through a current limiting resistor. The value of resistance should be specified since the tube or valve voltage drop is affected by the current distribution between the grid and the anode.

Since the voltage drop in mercury-vapour tubes or valves varies with vapour pressure, the permissible range of condensed mercury temperature should be controlled within narrow limits.

4.4 *Grid current*

The critical grid current of a thyatron is a function of the anode voltage and includes positive ion, electron and leakage currents. The interelectrode capacitance charging currents may also be important.

These grid currents are usually of low value. They are generally measured by reading the voltage drop across a resistor in series with the grid.

4.4.1 *Critical grid voltage method (for tubes or valves having negative control characteristics)*

The critical grid voltage method for determining grid current is usually made with the tube or valve heated to operating temperature by conduction of rated average anode current.

conduire un courant moyen égal à la valeur nominale. La valeur désirée de tension anodique alternative étant appliquée et la source de tension de grille étant réglée pour permettre la conduction pendant pratiquement des demi-périodes entières, l'impédance du circuit anodique est ajustée de façon telle que le courant anodique spécifié soit établi. Avec une résistance R_g en série dans la grille, comme indiqué dans le circuit de la figure 1, page 42, la tension de source de grille est alors rendue plus négative jusqu'à ce que la conduction cesse. Cette tension est appelée V_1 . La mesure est ensuite répétée avec une valeur de résistance différente R_g' , qui doit être suffisamment faible pour que la chute de tension à ses bornes due au courant de grille de préconduction soit négligeable, et suffisamment élevée pour éviter des variations dans la tension de source de grille dues au courant de grille pendant la conduction. La deuxième valeur mesurée est appelée V_2 . Puisque l'on peut admettre que la tension critique de grille a la même valeur dans les deux mesures, le courant de grille circulant juste avant la conduction est:

$$i_g = \frac{V_1 - V_2}{R_g - R_g'}$$

Normalement R_g' est très inférieure à R_g et peut être négligée. La fréquence doit être suffisamment faible pour que l'effet des capacités du tube et du circuit puisse être négligé. L'émission électronique primaire de la grille est fonction de la température de grille. Pour pouvoir mesurer complètement la valeur du courant total de grille, la grille doit être chauffée en faisant fonctionner le tube aux valeurs désirées de courant anodique pendant une durée convenable immédiatement avant que les mesures soient faites. Dans cette mesure, la grille écran, s'il y en a une, est reliée à la cathode. Les mesures d'autres courants de grille peuvent être faites avec une tension continue appliquée sur la grille-écran.

4.4.1.1 Précaution

Cette méthode peut être imprécise si le courant d'ions positifs vers la grille, résultant du courant de préconduction dans le thyatron, est d'un ordre de grandeur comparable aux autres composantes du courant de grille et si la résistance R_g est de valeur trop élevée.

4.4.2 Courant d'émission thermo-électronique de grille

Le tube à mesurer est branché comme indiqué dans le circuit de la figure 3, page 43. Avant d'effectuer les mesures, le tube doit être parcouru par le courant nominal anodique pendant le temps requis pour que toutes ses parties soient chauffées et atteignent une température stable.

Une tension négative de grille de valeur suffisante pour éteindre la décharge est alors appliquée, le circuit anodique est débranché, et simultanément le micro-ampèremètre est branché dans le circuit de grille.

4.4.2.1 Précaution

Les tubes à vapeur de mercure doivent être mesurés à la température ambiante maximale autorisée.

4.5 Courant de surcharge (courant de défaut)

L'aptitude du tube à supporter un courant de surcharge direct sans dommage excessif est évaluée dans un circuit dans lequel le tube est branché en série avec un dispositif à fort courant, par exemple un ignitron, comme indiqué à la figure 4, page 43.

En réglant l'ignitron, on peut faire passer dans le tube pendant un temps défini un courant en demi-sinusoïdes de valeur de crête désirée.

With the desired value of alternating anode voltage and with the grid supply voltage adjusted to assure substantially full half-wave conduction, the impedance of the anode circuit is adjusted so that the specified anode current is established. With a resistance R_g in series with the grid, as shown in the circuit of Figure 1, page 42, the grid supply voltage is then made more negative until conduction ceases. This voltage is denoted by V_1 . The measurement is then repeated with a different resistance R_g' , which should be sufficiently low so that there is a negligible voltage drop across it due to pre-conduction grid currents and sufficiently large to avoid variations in grid supply voltage resulting from the grid current during conduction. The second measured value is denoted by V_2 . Since the critical grid voltage can be assumed to have the same values in both measurements, the grid current flowing just before conduction is:

$$i_g = \frac{V_1 - V_2}{R_g - R_g'}$$

Normally R_g' is much less than R_g and can be neglected. The frequency should be low enough for the effect of the tube or valve and circuit capacitances to be neglected. The primary electron emission from the grid is a function of the grid temperature. In order that the full value of total grid current can be measured, the grid must be heated by operating the tube or valve at the desired values of anode current for an adequate time immediately before the measurements are made. In this measurement, the shield grid, if any, is connected to the cathode. Other grid current measurements may be made with direct voltage on the shield grid.

4.4.1.1 Precaution

This method may be inaccurate if the positive-ion current to the grid resulting from the pre-conduction current in the thyatron is comparable in magnitude to the other grid current components, and if the value of R_g is too great.

4.4.2 Grid thermionic emission current

The tube or valve to be measured is connected as shown in the circuit of Figure 3, page 43. Before measurements are made, the tube or valve shall carry the nominal anode current for the time required for all its parts to be heated and to reach a stable temperature.

A negative grid voltage of a value sufficient to extinguish the discharge is then applied, the anode circuit is disconnected and simultaneously the micro-ammeter is connected into the grid circuit.

4.4.2.1 Precaution

The mercury vapour tubes or valves should be measured at the maximum permissible ambient temperature.

4.5 Surge current (fault current)

The ability of a tube or valve to withstand a forward surge current without excessive damage is checked in a circuit in which the tube or valve is connected in series with a high current device such as an ignitron, as shown in Figure 4, page 43.

By control of the ignitron, the desired peak value of half-wave current can be passed through the tube or valve for a definite time.

4.6 *Mesure en service*

Les tubes à gaz peuvent être mesurés en service en les faisant fonctionner dans des circuits redresseurs conventionnels. La figure 5, page 44 correspond à un circuit-type monophasé à double alternance. La figure 6, page 44 correspond à un circuit-type triphasé en zig-zag, avec des thyratrons. Pour mesurer des diodes, les circuits de grille sont supprimés. On fait fonctionner le tube à une température définie pendant un temps défini pour observer la fréquence des retours d'arc et vérifier si la grille de commande agit ou non.

La sévérité des conditions de mesure dépend d'un certain nombre de facteurs tels que ceux illustrés sur la figure 7, page 45. Ceux-ci et d'autres facteurs importants, sont:

1. Le courant anodique de crête.
2. La tension anodique inverse de crête.
3. Le courant au début de la commutation.
4. La tension inverse immédiatement après la commutation.
5. Le temps de commutation.
6. Le courant de retour d'arc.

L'importance de ces facteurs dépend des paramètres suivants du circuit:

- a) Nombre de phases du redresseur.
- b) Type de circuit de filtrage.
- c) Impédance du transformateur.
- d) Type de circuit de charge (la puissance peut être absorbée par une résistance ou par une charge à force contre-électromotrice. Des exemples de cette dernière sont: une batterie, un condensateur, un moteur, qui peuvent augmenter le courant de retour d'arc).
- e) L'angle d'amorçage dans les tubes à grille de commande.
- f) L'impédance du circuit de retour d'arc.

La corrélation des résultats de mesure peut être difficile à moins que les mesures ne soient faites dans des conditions qui sont identiques pour les paramètres donnés ci-dessus. Pour des raisons pratiques cette mesure est souvent effectuée avec un redresseur monophasé à double alternance débitant sur une charge résistive, telle qu'une résistance à liquide. L'influence des facteurs 3, 4 et 5 est alors réduite au minimum. Pour que la sévérité de la mesure soit comparable avec celle d'une mesure en polyphasé, il est en général nécessaire d'augmenter la tension de mesure.

4.6.1 *Mesure sur « circuit simulateur »*

Il est possible de réaliser des circuits de mesure, appelés « circuits simulateurs » qui imitent les formes de courants et de tensions du circuit décrit dans le dernier alinéa du paragraphe 4.6. En général, ces circuits comprennent des sources d'alimentation à faible tension et fort courant qui fournissent le courant direct dans le tube en mesure, et des sources à haute tension et faible courant qui appliquent la tension inverse à la fin de la période de conduction. Des méthodes de commutation synchrone sont utilisées pour passer d'une source à l'autre au moment voulu du cycle. Le but de ces circuits est de réduire la demande énergétique ainsi que le prix de l'équipement. Ceci nécessite en général que la source d'alimentation à haute tension ait une capacité relativement faible et une impédance relativement élevée. En conséquence, le courant qui traverse le tube lors d'un retour d'arc est relativement réduit. Dans ces conditions il est possible que la fréquence à laquelle se produisent les retours d'arc soit réduite par rapport à celle qui serait obtenue avec une source d'alimentation d'impédance plus faible. L'utilisation d'indicateurs de retour d'arc sensibles permet d'observer les faibles courants inverses qui circulent lorsque les

4.6 Operation measurement

Gasfilled tubes or valves may be given an operation measurement by operating them in conventional rectifier circuits. Figure 5, page 44, shows a typical full-wave, single-phase circuit. Figure 6, page 44, shows a typical three-phase zig-zag circuit as connected for thyra-trons. When measuring diodes, the grid circuits are eliminated. The tube or valve is operated at a definite temperature for a definite time to observe the frequency of arc-back and whether grid control is lost.

The severity of the measurement conditions depends upon a number of factors such as those illustrated in Figure 7, page 45. These and other important factors are:

1. Peak anode current.
2. Peak inverse anode voltage.
3. Current at the beginning of commutation.
4. Inverse voltage immediately after commutation.
5. Commutating time.
6. Arc-back current.

The magnitude of these factors depends upon the following circuit parameters:

- a) Number of phases of the rectifier.
- b) Type of filtering circuit.
- c) Transformer impedance.
- d) Type of load circuit (the power may be absorbed either by a resistor or by a reverse e.m.f. load. Examples of the latter are a battery, a capacitor, or a motor, which can increase the arc-back current).
- e) Firing angle in grid controlled tubes or valves.
- f) The impedance of the arc-back circuit.

The correlation of measurement results may be difficult unless the measurements are made under conditions that are identical with respect to the foregoing parameters. For convenience, this measurement is often made with a full-wave, single-phase rectifier operating into a resistive load, such as a water resistor. The influence of the factors 3, 4 and 5 is then minimized. In order to make the measurement comparable in severity with a poly-phase measurement, it is usually necessary to increase the measurement voltage.

4.6.1 "Cheater circuit" measurement

It is possible to construct measurement circuits, called "cheater circuits", which simulate the current and voltage wave-forms of the circuit described in the last paragraph of Sub-clause 4.6. These circuits usually consist of high-current, low-voltage sources of power to supply the forward current through the tube or valve under measurement, and low-current high-voltage sources to apply inverse voltage after the end of the conduction period. Synchronous switching methods are used to switch from one source to another at the proper time in the cycle. The object of such circuits is to reduce the energy requirements and the equipment cost. This usually requires that the high-voltage source of power be of relatively small capacity and high impedance. The current through the tube or valve on occurrence of arc-back is therefore relatively small. Under such conditions, it is possible that the rate of occurrence of arc-back may be reduced compared to that which would be obtained from a power source of lower impedance. By the use of sensitive arc-back indicators, the small reverse currents that flow when arc-backs occur can be

retours d'arc se produisent. Une telle méthode de mesure nécessite une corrélation soignée des résultats de mesure avec ceux obtenus dans les conditions pratiques d'utilisation. Les conditions thermiques du tube sont différentes de celles obtenues dans les conditions normales d'utilisation car le bombardement de l'anode est réduit pendant la période de non-conduction à cause de l'impédance élevée du circuit. La commutation entre les sources s'effectue à l'aide d'un commutateur rotatif ou d'un circuit convenable utilisant des thyratrons. La figure 8, page 45, indique une forme de « circuit simulateur » dans laquelle la commutation s'obtient à l'aide de thyratrons.

4.7 *Mesures thermiques des tubes à vapeur de mercure à cathode chaude*

La température de fonctionnement d'un tube à vapeur de mercure à cathode chaude refroidi par convection d'air dépend de la puissance dissipée dans le tube et du rendement du refroidissement par l'air. Ce rendement dépend de la température de l'air ambiant et du débit d'air le long des surfaces de refroidissement du tube. Le temps requis pour que la température d'un tube s'élève d'une valeur faible à la valeur minimale désirée pour le fonctionnement dépend de la puissance de chauffage et de la température ambiante. Les pertes dues à l'arc dans le tube n'entrent pas en jeu, car on ne doit pas laisser le tube conduire du courant avant qu'il ne soit chauffé à sa température minimale de service.

Pour fixer les conditions dans lesquelles le rendement de refroidissement est mesuré, il est nécessaire de déterminer la méthode de montage. Une disposition possible est indiquée à la figure 9, page 46.

On doit utiliser des écrans ou d'autres dispositifs pour abriter des courants d'air extérieurs.

4.7.1 *Température du mercure condensé*

La méthode de mesure préférentielle de la température du mercure condensé s'effectue à l'aide d'un thermocouple en contact étroit avec le tube dans la région dans laquelle le mercure se condense. L'emplacement du thermocouple est généralement situé juste au-dessus de l'embase pour un tube en verre ou sur le radiateur d'un tube en métal. Le diamètre du fil de thermocouple doit être suffisamment faible pour que l'erreur due à la conduction de chaleur soit négligeable. La mesure peut aussi s'effectuer à l'aide d'un thermomètre à thermistance ou d'un thermomètre à mercure ou à alcool.

4.7.2 *Vitesse d'échauffement du mercure condensé*

La température de mercure condensé du tube est mesurée en fonction du temps, en commençant au moment où le circuit de chauffage est fermé. La tension de chauffage doit être maintenue constante, de préférence à la valeur de fonctionnement désirée la plus basse. Les résultats obtenus peuvent être présentés sous forme de courbe d'échauffement au-dessus de la température ambiante en fonction du temps.

4.7.3 *Echauffement du mercure condensé à l'équilibre*

La tension de chauffage étant à la valeur de fonctionnement la plus élevée et le courant anodique moyen à sa valeur maximale, l'échauffement du mercure condensé à l'équilibre est mesuré pour diverses températures ambiantes. Les résultats obtenus peuvent être présentés sous forme d'une courbe de la température du mercure condensé en fonction de la température ambiante.

observed. Such a method of measurement requires careful correlation of measurement results with those obtained under actual working conditions. The thermal conditions of the tube or valve are different from those under normal working conditions as the anode bombardment is reduced during the non-conduction period because of the high impedance of the circuit. The switching between sources is done by a rotating commutator or by a suitable thyatron circuit. Figure 8, page 45, shows one form of "cheater circuit" in which switching is accomplished by thyatrons.

4.7 *Thermal measurements for hot cathode mercury tubes or valves*

The operating temperature of a hot cathode mercury-vapour tube or valve, cooled by air convection, depends on the power dissipated in the tube or valve and on the efficiency of the air cooling. The latter depends on the ambient air temperature and on the air flow past the cooling surfaces of the tube or valve. The time required for the temperature of a tube or valve to rise from a low value to its minimum desired operating value depends on the filament power and on the ambient temperature. Tube or valve arc losses are not involved, because the tube or valve should not be allowed to conduct before it is heated to the minimum operating temperature.

In order to fix the conditions under which cooling efficiency is measured, it is necessary to establish the mounting method. A suggested arrangement is shown in Figure 9, page 46.

Baffles or other means should be used to prevent extraneous air currents.

4.7.1 *Condensed-mercury temperature*

The preferred method of measuring the condensed-mercury temperature is by means of a thermocouple in close contact with the tube or valve in the region in which the mercury is condensing. The location of the thermocouple is usually immediately above the base of a glass tube or valve or on the radiator of a metal tube or valve. The diameter of the thermocouple wire must be small enough to make the error caused by heat conduction negligible. The measurement can also be made by means of a thermistor thermometer or with a mercury or alcohol thermometer.

4.7.2 *Rate of condensed mercury temperature rise*

The condensed mercury temperature of the tube or valve is measured as a function of time, starting at the time the heater circuit is closed. The heater voltage should be held constant, preferably at the lowest desired operating value. The data obtained may be plotted as a curve of temperature rise above ambient temperature versus time.

4.7.3 *Equilibrium condensed mercury temperature rise*

With the filament or heater voltage at the highest operating value and with maximum average anode current, the condensed mercury temperature rise at equilibrium is measured for various ambient temperatures. The data obtained may be presented as a curve of condensed mercury temperature versus ambient temperature.

4.8 Temps de désionisation

Ce temps est fonction d'un certain nombre de paramètres dont les plus importants sont la tension et l'impédance du circuit de grille, le courant anodique avant extinction, la tension anodique et (pour les tubes à vapeur de mercure) la température de l'enveloppe.

4.8.1 Méthode par décharge de condensateur

Si un condensateur chargé est branché entre l'anode et la cathode d'un tube à gaz en état de conduction, avec la polarité convenable pour rendre l'anode négative par rapport à la cathode, le courant anodique sera interrompu. Le courant circulant initialement à travers le tube décharge alors le condensateur et la tension anodique augmente jusqu'à la tension de source d'anode à une vitesse qui dépend des paramètres du circuit de décharge. Simultanément, la tension anodique requise pour le réamorçage s'élève à une vitesse qui dépend de la vitesse de disparition des ions dans la région entre électrodes. Si la tension anodique ne dépasse jamais la tension de réamorçage le courant anodique reste interrompu jusqu'à ce que la tension de grille soit à nouveau élevée au-dessus de la valeur critique. La figure 10, page 46, représente un circuit basé sur ce principe pour mesurer le temps de désionisation. Le tube en mesure conduit un courant continu de la valeur désirée. Le condensateur, qui est branché en parallèle sur la résistance de charge R_1 , est chargé à travers R avec une polarité telle que la sortie reliée à l'anode du tube soit négative. Lorsque l'interrupteur est fermé, la tension anodique V_a devient négative, et par conséquent la conduction cesse. Le condensateur se décharge alors à travers la résistance de charge R_1 . La forme de la tension aux bornes du tube est aussi indiquée à la figure 10.

Dans cette méthode, on considère arbitrairement que le temps de désionisation est le temps mis par la tension anodique V_a à s'élever jusqu'à une valeur égale à la valeur de la chute de tension dans le tube, le condensateur étant réglé à la valeur la plus faible pour laquelle le tube cesse de conduire pour un pourcentage de fois donné dans un certain nombre d'essais. Le temps de désionisation peut être calculé par la formule:

$$t = RC \ln \frac{2V_s - V_a}{V_s - V_a}$$

où:

V_a est la chute de tension du tube

V_s la tension d'alimentation

Note. — Lorsque la chute de tension du tube est inférieure à 10% de la tension d'alimentation anodique, on peut sans erreur importante la négliger. La formule donnant le temps de désionisation se simplifie alors en: $t = 0,7 RC$.

4.8.2 Autre méthode par décharge de condensateur

Dans la disposition de circuit représentée à la figure 11a, page 47, la décharge du condensateur s'effectue directement dans le circuit RC . La tension requise V_g doit être appliquée à la grille du tube en mesure. Puis les tensions V_1 et V_2 sont appliquées, l'interrupteur S_1 étant en position 1. Pour provoquer l'amorçage d'anode, la tension anodique est appliquée à la grille pendant un court instant à l'aide de l'interrupteur S_2 .

Le courant dans le circuit de charge du tube en mesure est alors réglé à la valeur désirée. Ensuite, le tube supporte le courant anodique pendant la durée nécessaire pour atteindre l'équilibre thermique.

Lorsque l'interrupteur S_1 est retourné en position 2, la conduction dans le tube cesse et la tension de réamorçage d'anode du tube commence à s'élever. Simultanément une augmentation de la tension entre anode et cathode se produit. La vitesse d'augmentation de la tension

4.8 Recovery time

This time is a function of a number of variables, among the more important of which are the voltage and the impedance of the grid circuit, the anode current previous to extinction, the anode voltage, and (in mercury-vapour tubes and valves) the temperature of the envelope.

4.8.1 Capacitor discharge method

If a charged capacitor is connected between the anode and the cathode of a conducting gasfilled tube or valve in the proper polarity to make the anode negative with respect to the cathode, the anode current will be interrupted. The current initially flowing through the tube or valve then discharges the capacitor and the anode voltage rises towards the anode supply voltage at a rate dependent upon the parameters of the discharging circuit. At the same time, the anode voltage required for re-ignition rises at a rate dependent upon the rate of disappearance of ions in the interelectrode region. If the anode voltage at no time exceeds the re-ignition voltage, the anode current remains off until the grid voltage is again raised above the critical value. Figure 10, page 46, shows a circuit using this principle to measure recovery time. The tube or valve under measurement is conducting direct current of the desired value. The capacitor, which is connected in parallel with the load resistor R_1 is charged via R in such polarity that the terminal connected to the tube or valve anode is negative. When the switch is closed the anode voltage V_a becomes negative, and the conduction therefore ceases. The capacitor then discharges through the load resistor R_1 . The waveform of the voltage across the tube or valve is also shown in Figure 10.

In this method, the recovery time is arbitrarily considered to be the time taken by the anode voltage V_a to rise to a value equal to the tube or valve voltage drop, with the capacitance adjusted to the smallest value at which the tube or valve stops conducting for a desired percentage of a number of trials. The recovery time can be calculated from the formula:

$$t = RC \ln \frac{2V_s - V_a}{V_s - V_a}$$

where:

V_a is the tube or valve voltage drop

V_s is the supply voltage

Note. — When the tube or valve voltage drop is less than 10% of the anode supply voltage, it may, without serious error, be assumed to be zero. The formula for recovery time then simplifies to $t = 0.7 RC$.

4.8.2 Alternative capacitor discharge method

In the circuit arrangement given in Figure 11a, page 47, the capacitor discharge takes place directly in the RC circuit. The required voltage V_g should be applied to the grid of the tube or valve being measured. Then the voltages V_1 and V_2 are applied, the switch S_1 being in position 1. To initiate anode breakdown the anode voltage is applied to the grid for a short time by means of switch S_2 .

The current in the load circuit of the tube or valve under measurement should then be adjusted to the desired value. After this, the tube or valve carries the anode current for the time required to reach thermal equilibrium.

When the switch S_1 is returned to position 2, the conduction in the tube or valve ceases and the anode re-ignition voltage of the tube or valve begins to rise. At the same time, a rise of voltage between the anode and cathode will occur. The rate of the anode voltage rise is

anodique est déterminée par la constante de temps de la décharge du condensateur (RC). Lorsque la tension anodique devient égale à la tension de réamorçage, l'amorçage d'anode se produit à nouveau. Cette valeur de tension de réamorçage est déterminée à l'aide d'un oscilloscope et plusieurs valeurs sont mesurées en faisant varier la capacité C .

Le temps de désionisation peut être calculé à partir de la formule:

$$t = RC \ln \frac{V_2 - V_a}{V_1 - V_3}$$

où:

V_a est la chute de tension du tube

V_3 la tension de réamorçage

La caractéristique de la tension de réamorçage d'anode en fonction du temps est tracée à partir des valeurs mesurées de la tension de réamorçage et des valeurs correspondantes calculées du temps, obtenues à la fois pour une polarisation de grille fixe et un courant de charge constant. (Voir figure 11b, page 47.) Par cette méthode il est possible de représenter le début de la courbe caractéristique du temps de désionisation en fonction du temps.

4.8.3 Méthode en impulsions

Cette méthode consiste à faire traverser le tube en mesure par une impulsion rectangulaire du courant et ensuite à appliquer à l'anode une impulsion rectangulaire de tension dans le sens direct, au bout d'une durée variable après cessation du courant anodique.

Il est en général pratique d'obtenir les impulsions de courant anodique et de tension anodique à partir de générateurs d'impulsions différents. Les mesures de temps et d'amplitude des impulsions sont faites à l'aide d'oscilloscopes convenables.

Cette méthode est répétitive et une fréquence de répétition de 50 Hz, 60 Hz, ou plus donne des résultats que l'on peut observer de façon continue. Un schéma de principe est représenté à la figure 12, page 48, et les formes d'ondes qui se produisent sont représentées à la figure 13, page 49.

4.8.3.1 Méthode de mesure

L'impulsion de courant traversant le tube est réglée à la valeur requise. Cette valeur est mesurée en branchant l'entrée de l'oscilloscope aux bornes d'une faible résistance permettant de mesurer le courant (R_k) dans le circuit de cathode du tube. La tension de polarisation de grille est réglée à la valeur requise et l'impulsion de grille amorce le tube au début de l'impulsion de courant. La forme de la tension anodique dans le tube est alors observée sur un oscilloscope en utilisant un diviseur de potentiel capacitif si nécessaire. Cette forme de tension anodique fait apparaître une petite impulsion pendant la période de conduction. Cette impulsion représente la chute de tension du tube augmentée de la petite chute de tension dans la résistance de mesure du courant.

Le flanc arrière de cette impulsion sert de référence et toutes les mesures sont effectuées à partir de celui-ci. L'amplitude de l'impulsion anodique d'essai est réglée à la valeur requise, après que l'on ait réglé le retard aux environs du maximum. L'oscilloscope fait apparaître l'impulsion anodique d'essai complète lorsque son flanc avant est retardé, après la cessation de la conduction, d'un intervalle de temps supérieur au temps de désionisation du tube à mesurer. L'impulsion anodique d'essai dans le sens direct peut alors être déplacée vers l'impulsion de courant jusqu'à ce que l'impulsion anodique soit écrêtée parce qu'un réamorçage direct se produit. Le temps de désionisation est le temps minimal après cessation de la conduction pour lequel l'écrêtage de l'impulsion anodique d'essai dans le sens direct n'est pas visible.

determined by the time constant of the capacitor discharge (RC). The moment the anode voltage reaches a value equal to the re-ignition voltage, anode breakdown again occurs. This value of the re-ignition voltage is determined by means of an oscillograph and several values are measured by varying the capacitance C .

The recovery time can be calculated from the formula:

$$t = RC \ln \frac{V_2 - V_a}{V_1 - V_3}$$

where:

V_a is the tube or valve voltage drop

V_3 is the re-ignition voltage

The characteristic of the anode re-ignition voltage versus time is plotted from the measured values of the re-ignition voltage and the corresponding calculated values of time obtained both at the fixed grid bias and at the constant load current. (See Figure 11b, page 47.) This method makes it possible to plot the initial part of the characteristic of the recovery time vs. time.

4.8.3 Pulse method

This method consists of passing a rectangular pulse of current through the tube or valve under measurement and then, at a variable time after the cessation of anode current, applying to the anode a rectangular voltage pulse in the forward direction.

It is usually convenient to obtain the anode current pulse and the anode voltage pulse from different pulse generators. The time and amplitude of the pulses are measured using suitable cathode-ray oscilloscopes.

This method is repetitive and a 50 Hz, 60 Hz or greater repetition rate gives continuously observable results. A block schematic diagram is shown in Figure 12, page 48, and the waveforms that occur are shown in Figure 13, page 49.

4.8.3.1 Method of measurement

The current pulse through the tube or valve is adjusted to the required value. This is measured with the oscilloscope input connected across a small current measuring resistor (R_k) in the tube or valve cathode circuit. The grid supply voltage is set to the required value, and the grid pulse ignites the tube or valve at the start of the current pulse period. The anode voltage waveform across the tube or valve is then displayed on an oscilloscope using a capacitive potential divider if necessary. This anode waveform will contain a small pulse during the conduction period. This pulse represents the tube or valve voltage drop plus the small voltage drop in the current measuring resistor.

The trailing edge of this pulse serves as a reference and all the measurements are made from it. The amplitude of the anode probe pulse is set to the required value, having first set the time delay to near maximum. The oscilloscope will show the anode probe pulse in full when its leading edge is delayed from the cessation of conduction by a period greater than the recovery time of the tube or valve to be measured. The forward anode probe pulse may then be advanced towards the current pulse until the anode pulse is clipped because forward re-ignition is occurring. The recovery time is taken as the minimum time after the cessation of conduction at which no clipping of the forward anode probe pulse can be seen.

4.8.3.2 Précautions

Lorsque l'impulsion d'essai est appliquée, la tension réelle de grille peut être différente de la tension de polarisation de grille. Ceci provient d'un courant ionique de grille circulant dans la résistance R_g , et du couplage de la grille à l'impulsion anodique d'essai par l'intermédiaire de la capacité anode-grille. S'il n'est pas possible de mesurer le potentiel de grille réel lorsque l'impulsion d'essai est appliquée, l'erreur causée par ces effets doit être réduite à un minimum par l'emploi d'une faible valeur de R_g .

Lorsqu'on mesure le temps de désionisation par des techniques d'impulsions, la vitesse de croissance de l'impulsion de tension anodique dans le sens direct doit être supérieure à la pente de rétablissement de la tension anodique critique.

4.8.4 Méthode d'opposition

Le temps nécessaire pour la désionisation peut se mesurer en branchant deux tubes dans un circuit d'opposition, comme le montre la figure 14, page 50.

Une pratique courante consiste à utiliser un tube de caractéristiques connues dans ce circuit en même temps que le tube à mesurer. Le circuit de mesure est analogue à celui d'un redresseur monophasé à deux alternances sauf que la charge, une génératrice à courant continu dans ce cas, peut produire un courant traversant les tubes.

Les impulsions de déclenchement sont appliquées aux grilles des tubes de façon telle que chaque tube s'amorce un court instant avant que la tension alternative sur son anode ne devienne négative. L'ensemble de la génératrice à courant continu et de la réactance de filtrage oblige le courant à parcourir les tubes en opposition avec la tension du transformateur.

Ainsi, pendant la plus grande partie du cycle alternatif, la puissance circule du générateur vers la source alternative. On peut représenter le fonctionnement du circuit en se référant à la figure 14 et aux formes de courants et de tensions de la figure 15, page 51. On suppose que le courant circule dans le tube N° 2 comme indiqué à la figure 15c). Puisque la chute de tension dans le tube est faible par rapport aux tensions appliquées, la tension du point F de la figure 14 peut être considérée comme égale à celle du point E, tant que le tube N° 2 est conducteur. D'après les figures 14 et 15a), on peut voir que lorsque le tube N° 2 est conducteur, l'anode du tube N° 1 est positive par rapport à la cathode pendant la dernière partie du cycle de conduction du tube N° 2, et que le tube N° 1 est empêché d'être conducteur uniquement parce que sa polarisation de grille est plus négative que la valeur critique. Au point 2 de la figure 15a), la tension de grille du tube N° 1 est composée d'impulsions comme l'indique la figure 15i).

Le tube N° 1 devient immédiatement conducteur. Cependant, à cause de l'inductance de fuite du transformateur, le courant à travers le secondaire du transformateur DE ne peut être supprimé instantanément, et, de même, le courant à travers le tube N° 1 et l'enroulement de transformateur CD ne peut s'établir instantanément. En conséquence, pendant une période finie, appelée le temps de commutation, les deux tubes sont conducteurs. Puisque le point C de la figure 14 est maintenant positif et que le point E est négatif, le tube N° 1 continue à conduire, et le tube N° 2 cesse de conduire. La tension entre F et D aux bornes de l'inductance et de la génératrice a l'allure indiquée dans la figure 15e). C'est la somme de la tension alternative redressée et de la tension continue.

4.8.3.2 Precautions

The actual grid voltage when the probe pulse is applied may differ from the grid supply voltage. This is due to a grid ion current flowing through the resistor R_g and due to coupling of the grid to the anode probe pulse by the anode-grid capacity. If it is not possible to measure the actual grid potential when the probe pulse is applied, the error produced by these effects should be kept to a minimum by using a low value of R_g .

When the recovery time is measured using pulse techniques, the rate-of-rise of the forward anode potential pulse must be greater than the rate of the recovery of the critical anode voltage.

4.8.4 Inverter method

The time necessary for recovery may be measured by connecting two of the tubes or valves in an inverter circuit, as shown in Figure 14, page 50.

It is common practice to use a tube of known characteristics in this circuit, together with the tube or valve to be measured. The measurement circuit is similar to a full-wave single-phase rectifier except that the load, a d.c. generator in this case, can cause current to flow through the tubes or valves.

Triggering pulses are applied to the grids of the tubes or valves so that each tube or valve ignites a short time before the alternating voltage on its anode becomes negative. The d.c. generator in combination with the smoothing reactor forces current through the tubes or valves in opposition to the transformer voltage.

Thus, during the greater part of the a.c. cycle, power flows from the generator to the a.c. source. The operation of the circuit may be visualized by referring to the circuit of Figure 14 and to the voltage and current wave-forms in Figure 15, page 51. Assume current to be flowing in tube or valve No. 2, as shown in Figure 15c). Since the voltage drop in the tube or valve is small relative to the applied voltages, the voltage of point F in Figure 14 may be assumed to be equal to that at point E as long as tube or valve No. 2 is conducting. From Figures 14 and 15a), it can be seen that, with tube or valve No. 2 conducting, the anode of tube or valve No. 1 is positive with respect to its cathode during the latter portion of the conduction cycle of tube or valve No. 2 and tube or valve No. 1 is kept from conducting only because its grid bias is more negative than the critical value. At point 2 of Figure 15a), the grid of the tube or valve No. 1 is pulsed as shown in Figure 15i).

Tube or valve No. 1 immediately starts to conduct. However, because of the leakage inductance of the transformer, the current through the transformer secondary DE cannot stop instantly, and similarly the current through tube or valve No. 1 and the transformer winding CD cannot build up instantly. Therefore, for a finite period, known as the commutation time, both tubes or valves are conducting. Since point C of Figure 14 is now positive and point E is negative, tube or valve No. 1 continues to conduct and tube or valve No. 2 ceases to conduct. The voltage from F to D across the inductance and the generator is as shown in Figure 15e). It is the sum of the rectified alternating voltage and the direct voltage.

La tension de l'anode par rapport à la cathode du tube N° 2, comme le montre la figure 15h), est alors la tension de E par rapport à D diminuée de la tension de F par rapport à D. La méthode de réglage de ce circuit est la suivante :

1. Régler la polarisation continue à la valeur indiquée pour la mesure.
2. La génératrice de courant continu étant débranchée, régler la tension continue de la génératrice à une valeur faible par rapport à la valeur de fonctionnement.
3. Régler la tension alternative jusqu'à obtenir la valeur de crête directe indiquée.
4. Régler le déphaseur de façon à amorcer les tubes avec un peu d'avance sur la phase désirée.
5. Mettre la génératrice en circuit et augmenter la tension alternative jusqu'à ce que les tubes commencent à conduire un courant appréciable.
6. Régler la tension de la génératrice continue et la phase d'amorçage simultanément de façon à obtenir le courant moyen désiré dans le tube. (Un amorçage en retard dans le cycle ou une augmentation du courant d'anode modifie la tension inverse et nécessite l'ajustement de la tension de la génératrice.)
7. Faire fonctionner pendant le temps indiqué et noter les défaillances de commutation.
8. Répéter la mesure pendant des temps plus ou moins longs de tension négative d'anode jusqu'à ce qu'on obtienne la durée de tension négative d'anode qui provoque le nombre indiqué de défaillances de désionisation par unité de temps.

Les tensions inverses et directes des tubes dépendent de la tension alternative. La valeur moyenne du courant qui circule est fonction de la tension continue et de l'angle de retard de la tension de grille pour une valeur de tension anodique alternative donnée. Lorsqu'un tube réamorçe dans le temps disponible, le courant continu croît à une valeur élevée. Un disjoncteur doit donc être dans le circuit continu pour protéger les tubes. Une inductance d'arrêt est utilisée pour filtrer le courant et pour diminuer la vitesse de croissance du courant continu en cas de réamorçage, et par conséquent éviter que le courant continu n'atteigne une valeur suffisante pour endommager le tube pendant le temps de fonctionnement du disjoncteur. Des défauts de commutation peuvent provenir de défauts d'amorçage de l'arc dans l'un des tubes. La tension de déclenchement de grille doit donc être rendue suffisamment positive pendant le temps nécessaire pour assurer avec certitude l'amorçage de l'arc.

4.9 *Mesure du temps d'ionisation des thyratrons*

La tension de chauffage étant à la valeur désirée et la température du tube étant réglée à une valeur comprise dans la gamme désirée, une tension, continue ou alternative, est appliquée à l'anode par l'intermédiaire d'une résistance de valeur déterminée. La grille étant polarisée à une tension sensiblement plus négative (ou moins positive) que la tension critique de grille, une impulsion pratiquement rectangulaire de tension, de durée variable, est appliquée au circuit de grille. Cette impulsion doit avoir une valeur telle que la tension résultante de grille soit moins négative (ou plus positive) que la tension critique de grille, avec une différence spécifiée, et, si l'on utilise une tension alternative d'anode, doit se produire lors de la crête de la tension d'anode. La conduction doit se produire pendant la durée de l'impulsion, ce que l'on constate sur un oscilloscope. La durée minimale d'impulsion pour laquelle la conduction se produit est le résultat de la mesure.

4.9.1 *Précaution*

Le temps de croissance de l'impulsion appliquée doit être court par rapport au temps d'ionisation à mesurer.

The voltage of the anode with respect to the cathode of tube or valve No. 2, shown in Figure 15*h*), is then the voltage of E with respect to D minus the voltage of F with respect to D. The method of adjustment of this circuit is as follows:

1. Set the d.c. bias at the value stated for the measurement.
2. With the d.c. generator disconnected from the inverter, set the d.c. generator voltage to a low value compared with its operating value.
3. Adjust the alternating voltage until the stated forward peak voltage is obtained.
4. Adjust the phase shifter to ignite the tubes or valves somewhat in advance of the desired phase.
5. Connect generators to the circuit and raise the alternating voltage until the tubes or valves start to conduct an appreciable current.
6. Adjust the d.c. generator voltage and phase of ignition together to obtain the desired average tube or valve current. (Ignition later in the cycle or raising the anode current will change the inverse voltage and require adjustment of the generator voltage.)
7. Continue for the stated time and note failures to commute.
8. Repeat the measurement for longer or shorter times of negative anode voltage until a duration of negative anode voltage is established for the stated number of recovery failures per unit time.

The inverse and forward voltages on the tubes or valves depend on the alternating voltage. The average amount of current flowing is a function of the direct voltage and of the angle of lag of the grid voltage at a given alternating anode voltage. When a tube or valve re-ignites within the available time, the direct current rises to a high value. A circuit-breaker must therefore be provided in the d.c. circuit to protect the tubes or valves. A choke should be used to smooth the current in case of re-ignition and to decrease the rate-of-rise of direct current on recovery failure, and thus to prevent the direct current from increasing sufficiently to damage the tubes or valves within the operating time of the circuit-breaker. Commutation failure may result from failure of arc initiation in one of the tubes or valves. The triggering grid voltage should therefore be made sufficiently positive for an adequate time to ensure reliable initiation of the arc.

4.9 *Thyratron ionization time measurements*

With the filament or heater voltage at the desired value and the tube or valve temperature adjusted to a value within the desired range, a voltage, either direct or alternating, is applied to the anode through a resistance of specific value. With the grid biased to a voltage substantially more negative (or less positive) than the critical grid voltage, an essentially rectangular voltage pulse of variable duration is applied in the grid circuit. This pulse should be of such value that the resultant grid voltage is less negative (or more positive) than the critical grid voltage by a specified amount and, when alternating anode voltage is used, should occur at the peak of the anode voltage wave. Conduction should take place within the time of the pulse duration, as indicated by a cathode-ray oscillograph. The minimum pulse duration when conduction takes place is the measurement result.

4.9.1 *Precaution*

The time of rise of the applied pulse should be short compared with the ionization time to be measured.

5. Mesures des tubes à gaz à cathode froide

5.1 Précautions générales

Les caractéristiques des tubes à cathode froide sont influencées par plusieurs facteurs qui, en général, ne sont pas communs aux autres types de tubes. Les plus importants de ces facteurs sont analysés dans les paragraphes suivants.

5.1.1 Eclairement

La tension d'amorçage et le temps d'ionisation des tubes sans revêtement opaque peuvent être affectés de façon sensible par la longueur d'onde et l'intensité de l'éclairement. Lorsqu'on augmente l'éclairement du tube, la tension d'amorçage et le temps d'ionisation diminuent. Pour obtenir des résultats de mesure homogènes, il est conseillé de déterminer toutes les caractéristiques des tubes dans une plage où elles ne sont pas sensiblement modifiées par l'éclairement, les tubes destinés à fonctionner dans l'obscurité complète étant mesurés dans cette condition.

En général, les tubes à cathode froide ont un effet de mémoire en ce qui concerne l'éclairement. Après une décroissance subite de l'intensité d'éclairement, l'effet de la valeur précédente plus élevée tend souvent à persister, mais décroît avec le temps.

5.1.2 Stockage et manipulation

Lorsqu'on laisse un tube en stockage, le temps d'ionisation et la tension d'amorçage peuvent augmenter. Cet effet est particulièrement sensible lorsque le tube est ensuite mis en fonctionnement à de faibles valeurs d'éclairement. Après que le tube ait conduit pendant quelques secondes, le temps d'ionisation et la tension d'amorçage retournent approximativement à leur valeur primitive. Les variations maximales dues au stockage se produisent en général entre 24 heures et une semaine. Afin de déterminer l'effet maximum du stockage, la tension d'amorçage et le temps d'ionisation doivent être mesurés après une période de conduction et après un stockage des tubes pendant une semaine.

5.1.3 Variation en fonction de la température

Dans les tubes ne contenant que des gaz inertes, l'effet des variations de température sur les caractéristiques du tube est en général négligeable sauf en ce qui concerne la chute de tension des tubes stabilisateurs de tension.

5.1.4 Méthodes de mesure rapides

Les tubes à gaz à cathode froide peuvent avoir des temps d'ionisation et de désionisation relativement longs. Pour mesurer des caractéristiques telles que la tension d'amorçage et le courant de transfert, il est en conséquence nécessaire lorsqu'on utilise des méthodes de mesure rapides ou automatiques, de laisser parvenir à l'équilibre dans les conditions de mesure.

5.1.5 Effets de capacité

Lors de la mesure du courant de transfert, des erreurs importantes peuvent être introduites si l'on ignore les effets de la capacité. La capacité du circuit entre l'électrode d'amorçage et la cathode peut provoquer un courant de transfert appréciable qui n'apparaît pas sur l'appareil de mesure du courant.

Note. — Ce courant est causé par la décharge de cette capacité à travers le tube, la tension diminuant d'une valeur égale à la différence entre la tension d'amorçage et la chute de tension de l'électrode d'amorçage. Il est en général souhaitable de supprimer cet effet, dans cette mesure, en plaçant les résistances du circuit d'électrode d'amorçage aussi près que possible de l'électrode d'amorçage.

5. Cold cathode gasfilled tube measurements

5.1 General precautions

The characteristics of cold cathode tubes are affected by several factors that are not, in general, common to other types of tubes or valves. The more important factors are discussed in the following sections.

5.1.1 Illumination

The ignition voltage and ionization time of tubes without an opaque coating may be markedly affected by the wavelength and intensity of illumination. As illumination on the tube is increased, the ignition voltage and ionization time decrease. For consistent measurement results, it is advisable that all characteristics be determined in a range of illumination in which the tube characteristics are not materially affected by the illumination; tubes intended for operation in complete darkness being measured under this condition.

Cold cathode tubes, in general, have a memory effect with regard to illumination. With a sudden decrease in illumination intensity, the effect of the previous higher value often tends to persist, but decreases with time.

5.1.2 Storage and handling

When a tube is allowed to stand idle, ionization time and ignition voltage may increase. This effect is especially apparent when the tube is subsequently operated at low levels of illumination. After the tube has conducted for a few seconds, the ionization time and ignition voltage revert to approximately their original values. The maximum changes due to storage ordinarily take place in from twenty-four hours to one week. In order to determine the maximum storage effect, ignition voltage and ionization time should be measured after a conduction period and after storage of the tubes for one week.

5.1.3 Temperature dependence

In tubes containing only inert gases, the effect of temperature changes on the tube characteristics is usually negligible except for the tube voltage drop of voltage stabilizing tubes.

5.1.4 Rapid measurement methods

Cold cathode gasfilled tubes may have comparatively long ionization and recovery times. In measuring such characteristics as ignition voltage and transfer current, it is therefore necessary in automatic or rapid measurement methods that the tube be allowed to reach equilibrium under measurement conditions.

5.1.5 Capacitance effects

In the measurement of transfer current, major errors may be introduced if capacitance effects are ignored. Circuit capacitance between the trigger and the cathode can supply an appreciable transfer current not indicated on the current meter.

Note. — This current is caused by the discharge of this capacitance through the tube, the voltage falling by an amount equal to the difference between the ignition voltage and the voltage drop of the trigger. It is normally desirable that this effect be eliminated in this measurement by placing the trigger resistors as close as possible to the trigger.

5.1.6 *Préconditionnement*

Si des procédures de préconditionnement sont recommandées sur les feuilles de catalogue du fabricant, elles doivent être suivies avant d'effectuer les mesures.

5.2 *Tension d'amorçage*

5.2.1 *Mesure de la tension d'amorçage d'anode*

Toutes les électrodes, à l'exception de l'anode considérée, doivent être maintenues sensiblement au potentiel de la cathode avant qu'un courant d'électrode ne circule par suite de l'amorçage dans le tube. Le circuit d'anode doit comprendre une résistance de valeur suffisante pour limiter le courant à une valeur convenable. Une tension positive d'anode est appliquée et augmentée progressivement à une vitesse définie, soit de façon continue soit par petits paliers, jusqu'à ce que le tube conduise du courant. La tension minimale requise pour provoquer l'amorçage est mesurée.

5.2.1.1 *Précautions*

Dans certains types de tubes à gaz à cathode froide à électrode d'amorçage, des détériorations peuvent se produire si un courant négatif de l'électrode d'amorçage apparaît. Dans ce cas il peut être conseillé de relier l'électrode d'amorçage à un potentiel autre que celui de la cathode pour éviter les détériorations. Les autres électrodes, c'est-à-dire, les électrodes de préionisation et les grilles-écrans doivent fonctionner de façon normale, mais pas forcément au potentiel de la cathode. De plus, si le tube est prévu pour usage en courant alternatif, il peut être nécessaire d'effectuer la mesure avec une tension alternative d'anode, ou d'effectuer une mesure supplémentaire avec une tension négative d'anode.

5.2.2 *Tension d'amorçage de l'électrode d'amorçage*

Une tension positive est appliquée à l'électrode d'amorçage et augmentée progressivement à une vitesse définie, soit de façon continue soit par petits paliers, jusqu'à ce que le tube conduise du courant entre l'électrode d'amorçage et la cathode. La tension minimale requise pour provoquer cet amorçage est mesurée. Les circuits d'anode et d'électrode d'amorçage doivent comprendre chacun une résistance de valeur suffisante pour limiter le courant à une valeur convenable. La tension anodique doit normalement se trouver à l'intérieur de la plage de tensions anodiques de fonctionnement. De plus, dans les tubes destinés à travailler avec une tension négative d'électrode d'amorçage, une tension négative doit être appliquée. Si un tube a plus d'une électrode d'amorçage, les électrodes d'amorçage dont la tension d'amorçage n'est pas mesurée doivent être maintenues sensiblement au potentiel de la cathode par l'intermédiaire d'une résistance limitant le courant.

5.3 *Tensions de maintien d'anode et d'électrode d'amorçage*

Dans les tubes à trois électrodes, on mesure en général la tension de maintien d'anode ainsi que la tension de maintien de l'électrode d'amorçage. Pendant la mesure de la tension de maintien d'anode, l'électrode d'amorçage peut être laissée flottante ou peut être reliée à la cathode à travers une résistance suffisante pour limiter le courant de cette électrode d'amorçage à un faible pourcentage de courant anodique. Lors de la mesure de la tension de maintien de l'électrode d'amorçage, l'anode doit être laissée flottante.

5.3.1 *Méthode en courant continu*

Un potentiel continu positif est appliqué à l'anode (ou à l'électrode d'amorçage) par l'intermédiaire d'une résistance suffisante pour limiter le courant à une valeur désirée. On mesure alors la tension entre anode et cathode (ou entre électrode d'amorçage et cathode).

5.1.6 *Preconditioning*

If preconditioning procedures are recommended on the data sheets of the manufacturer, these should be followed before measurements are made.

5.2 *Ignition voltage*

5.2.1 *Anode ignition voltage*

All electrodes except the appropriate anode, should be held substantially at cathode potential before electrode current flows as a result of an ignition within the tube. The anode circuit should contain a resistor having sufficient resistance to limit the current to a suitable value. A positive anode voltage is applied and gradually increased either continuously or in small steps at a defined rate until the tube conducts current. The minimum voltage required to cause ignition is measured.

5.2.1.1 *Precautions*

In some trigger types of cold cathode gasfilled tubes, damage may occur if negative trigger current occurs. In this case, it may be advisable for the potential of the trigger to differ from the cathode potential to avoid damage. Other electrodes, viz., priming electrodes and shield grids should function in their normal manner, not necessarily at cathode potential. Furthermore, if the tube is intended for a.c. use, it may be necessary to make the measurement with alternating anode voltage or to make an additional measurement with negative anode voltage.

5.2.2 *Trigger ignition voltage*

A positive trigger voltage is applied and gradually increased either continuously or in small steps at a defined rate until the tube conducts current between trigger and cathode. The minimum voltage required to cause this ignition is measured. The trigger and anode circuits should each contain a resistor having sufficient resistance to limit the current to a suitable value. The anode voltage should normally be somewhere in the working range of the anode voltage. Furthermore, in tubes intended to work with a negative trigger voltage, a negative voltage should be applied. If a tube has more than one trigger, the trigger(s), the ignition voltage of which is not measured, should be held substantially at cathode potential via a resistor to limit the (probe) current.

5.3 *Anode and trigger maintaining voltage*

In three electrode tubes, ordinarily both anode maintaining voltage and trigger maintaining voltage are measured. When the anode maintaining voltage is being measured, the trigger may be allowed to float or may be connected to the cathode through sufficient resistance to limit the trigger current to not more than a small percentage of the anode current. In the measurement of trigger maintaining voltage, the anode should be left floating.

5.3.1 *Direct current method*

A positive direct potential is applied to the anode (or trigger) through sufficient resistance to limit the current to the desired value. The anode-to-cathode (or trigger-to-cathode) voltage is then measured.

5.3.2 *Méthode en courant alternatif*

Une tension alternative est appliquée à l'anode (ou à l'électrode d'amorçage) par l'intermédiaire d'une résistance suffisante pour limiter la valeur de crête du courant à la valeur désirée. À l'aide d'un oscilloscope ou de tout autre moyen convenable on mesure alors la tension entre anode et cathode (ou entre électrode d'amorçage et cathode) au moment de la crête de courant.

5.4 *Courant de transfert*

Une résistance de valeur suffisante étant en série dans le circuit anodique du tube à gaz à cathode froide afin de limiter le courant à la valeur désirée, un potentiel positif spécifié est appliqué à l'anode. Une tension positive est appliquée à l'électrode d'amorçage à travers une résistance de valeur suffisante pour limiter le courant d'électrode d'amorçage à une valeur inférieure à la valeur de transfert. Le courant de l'électrode d'amorçage est augmenté progressivement et est mesuré juste avant le début de la décharge lumineuse dans l'espace principal. La résistance du circuit d'électrode d'amorçage doit être placée près de cette électrode (voir paragraphe 5.1.5).

5.5 *Régulation (d'un tube régulateur de tension)*

On détermine la différence entre les valeurs minimale et maximale de la tension de maintien d'anode en faisant varier le courant anodique sur la plage désirée.

5.6 *Taux de dérive (d'un tube régulateur de tension ou de référence de tension)*

Un potentiel continu positif est appliqué à l'anode à partir d'une source à courant constant permettant d'obtenir un courant déterminé. Le tube fonctionnant de façon continue à ce courant, des mesures de chute de tension sont faites à des intervalles de temps déterminés. Les résultats sont portés graphiquement et une courbe lissée est tracée en faisant la moyenne des variations de faible durée. Le taux de dérive en tout point est la pente de la courbe à cet instant. La température ambiante doit être maintenue constante au cours de la mesure.

5.7 *Reproductibilité de la différence de potentiel (d'un tube régulateur de tension ou de référence de tension)*

Un potentiel continu positif est appliqué à l'anode à partir d'une source à courant constant permettant d'obtenir un courant déterminé et la chute de tension du tube est mesurée après une durée déterminée. La tension anodique est supprimée pendant un temps déterminé puis réappliquée successivement un certain nombre de fois. La chute de tension du tube est mesurée après la durée déterminée suivant chaque application. Le manque de reproductibilité est la différence maximale entre les valeurs mesurées de la chute de tension.

5.8 *Coefficient de température de la chute de tension (d'un tube de référence de tension)*

Une tension continue positive est appliquée à l'anode à partir d'une source à courant constant permettant d'obtenir un courant déterminé. Le tube fonctionnant de façon continue à ce courant, la chute de tension du tube est mesurée à deux valeurs spécifiées de température d'enveloppe. Le coefficient de température est le quotient de (1) la chute de tension du tube (en excluant tout saut de tension) par (2) la variation de température d'enveloppe.

Note. — Pour mesurer le coefficient de température, un temps suffisant doit être prévu pour que la température du tube atteigne l'équilibre avant chaque mesure. Un bain d'huile bien agité permet d'obtenir l'uniformité requise de température.

5.9 *Saut de tension (provenant de variations dans le courant)*

Le courant traversant le tube en mesure est modifié, à approximativement la vitesse indiquée, entre deux valeurs données. La chute de tension du tube est surveillée à l'aide d'un instrument

5.3.2 *Alternating current method*

An alternating voltage is applied to the anode (or trigger) through sufficient resistance to limit the peak current to the desired value. The anode-to-cathode (or trigger-to-cathode) voltage is then measured at peak current with a cathode-ray oscillograph or by other suitable means.

5.4 *Transfer current*

With sufficient series resistance in the anode circuit of the cold cathode gasfilled tube to limit the current to the desired value, a specified positive potential is applied to the anode. A positive voltage is applied to the trigger through sufficient resistance to limit the trigger current to less than the transfer value. The trigger current is gradually increased and is measured just prior to the initiation of the glow discharge in the main gap. The trigger resistor must be close to the trigger (see Sub-clause 5.1.5).

5.5 *Regulation (of a voltage regulator tube)*

The difference between the maximum and the minimum values of the anode maintaining voltage is determined as the anode current is varied over the desired range.

5.6 *Drift rate (of a voltage reference or regulator tube)*

A positive direct potential is applied to the anode from a constant current source to obtain a specific current. With the tube in continuous operation at this current, measurements of the anode maintaining voltage are made at specific intervals of time. The data is plotted and a smoothed curve is drawn by averaging short-time variations. Drift rate at any time is the slope of the curve at that time. The ambient temperature should be maintained constant throughout the measurement.

5.7 *Repeatability of difference of potentials (of a voltage reference or regulator tube)*

A positive direct potential is applied to the anode from a constant current source to obtain a specific current and the tube voltage drop is measured after a specific time interval. The anode voltage is removed for a specific time and reapplied successively a specific number of times. The tube voltage drop is measured at the specific time after each application. The lack of repeatability is the maximum difference between the measured values of tube voltage drop.

5.8 *Temperature coefficient of voltage drop (of a voltage reference tube)*

A positive direct potential is applied to the anode, from a constant current source, to obtain a specific current. With the tube in continuous operation at this current, the tube voltage drop is measured at two specific envelope temperatures. The temperature coefficient is the quotient of (1) the change of tube voltage drop (excluding any voltage jump) by (2) the change of envelope temperature.

Note. — In measuring the temperature coefficient, sufficient time must be allowed for the tube temperature to reach equilibrium before each measurement. A well-stirred oil bath allows the required uniformity in temperature to be reached.

5.9 *Voltage jump (arising from changes in current)*

Current through the tube under measurement is changed at approximately the stated rate between two given values. The tube voltage drop is monitored on an instrument having stated

ayant des caractéristiques de bande passante données. En effectuant cette mesure, si le cycle de courant est répété périodiquement, l'observateur ou l'instrument de contrôle doit ignorer les sauts de tension dus à des variations brusques de courant au début et à la fin de chaque cycle.

5.10 *Mesure de la capacité de transfert*

Un condensateur de commande de valeur définie est branché entre l'électrode d'amorçage et la cathode du tube. Une tension nettement supérieure à la tension d'amorçage de l'électrode d'amorçage est appliquée à cette électrode par l'intermédiaire d'une résistance élevée qui limite le courant de l'électrode d'amorçage à une valeur très inférieure au courant de transfert. Une tension positive, appliquée à l'anode par l'intermédiaire d'une résistance limitant le courant, est progressivement augmentée jusqu'à ce que l'amorçage d'anode se produise. En faisant varier la capacité entre l'électrode d'amorçage et la cathode et en répétant les mesures de la tension d'amorçage d'anode on obtient une courbe donnant la tension d'amorçage d'anode en fonction de la capacité de commande. Dans ce circuit, la capacité de l'électrode d'amorçage, la résistance du circuit d'électrode d'amorçage et l'espace entre cathode et électrode d'amorçage constituent un oscillateur de relaxation.

Lorsque le condensateur se charge à travers la résistance, la tension de l'électrode d'amorçage augmente exponentiellement avec la constante de temps de l'ensemble résistance-condensateur jusqu'à ce que l'amorçage de l'électrode d'amorçage se produise et que le condensateur se décharge par l'électrode d'amorçage. En effectuant la mesure, il est nécessaire de s'assurer que le temps de croissance de la tension anodique est long par rapport à la période de l'oscillation de relaxation, et que la période de l'oscillation de relaxation est plus longue que le temps de désionisation du trajet cathode-électrode d'amorçage.

5.11 *Potentiel non-asservi de l'électrode d'amorçage*

Lorsque l'espace principal d'un tube à cathode froide est conducteur, l'électrode d'amorçage se comporte comme une sonde dans la décharge et elle prélève un courant et prend un potentiel qui dépendent pour une construction de tube donnée:

- a) du courant cathodique;
- b) de la tension d'alimentation de l'électrode d'amorçage;
- c) de la résistance entre la source d'alimentation de l'électrode d'amorçage et cette électrode.

Le potentiel que prend l'électrode d'amorçage peut être mesuré avec un appareil de mesure statique branché entre l'électrode d'amorçage et la cathode. Le potentiel de l'électrode d'amorçage peut être déterminé en fonction du courant de cette électrode, avec le courant anodique comme paramètre, en reliant l'électrode d'amorçage, par l'intermédiaire d'une résistance limitant le courant, à une source de tension continue variable. Cette mesure est d'un intérêt particulier pour trois valeurs de courant anodique: zéro, courant minimal, et courant maximal.

band pass characteristics. In performing this measurement, if the current cycle is repeated periodically, the observer or the monitoring instrument must ignore the voltage jumps arising from the abrupt change in current at the beginning and end of each cycle.

5.10 *Transfer capacitance*

A control capacitance of defined value is inserted between the trigger and the cathode of the tube. A voltage well above the trigger ignition voltage is applied to the trigger through a high resistance that limits the trigger current to a value far below the transfer current. A positive voltage applied to the anode through a current-limiting resistor is gradually increased until anode ignition occurs. By varying the capacitance between the trigger and the cathode and repeating the measurement of the anode ignition voltage, a curve giving the anode ignition voltage as a function of the control capacitance is obtained. In this circuit, the trigger capacitor, the trigger resistor, and the trigger cathode path constitute a relaxation oscillator.

As the capacitor charges through the resistor, the trigger voltage rises exponentially with the resistor-capacitor time constant until trigger ignition occurs and the capacitor discharges through the trigger. In making the measurement, it is necessary to ensure that the anode voltage rise time is long compared with the period of the relaxation oscillation and that the period of the relaxation oscillation is longer than the deionization time in the trigger cathode path.

5.11 *Free-running potential of trigger*

When the main gap of a cold cathode tube is conducting, the trigger acts as a probe in the discharge. It draws a current and assumes a potential that depends, for a given tube construction, on:

- a) the cathode current;
- b) the trigger supply voltage;
- c) the resistor between the trigger supply source and the trigger.

The potential that the trigger assumes can be measured with a static measuring instrument, connected between the trigger and the cathode. The trigger potential can be determined as a function of the trigger current with the anode current as a parameter by connecting the trigger via a current-limiting resistor to a variable d.c. supply voltage source. This measurement is of special interest at three values of anode current: zero, minimum and maximum.