

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60151-25**

Première édition  
First edition  
1971-01

---

---

**Mesures des caractéristiques électriques  
des tubes électroniques**

**Partie 25:  
Méthodes de mesure des tubes-compteurs  
de Geiger-Müller**

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

**Part 25:  
Methods of measurement of  
Geiger-Müller counter tubes**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60151-25: 1971

## Numéros des publications

Depuis le 1<sup>er</sup> 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**

**60151-25**

Première édition  
First edition  
1971-01

---

---

**Mesures des caractéristiques électriques  
des tubes électroniques**

**Partie 25:  
Méthodes de mesure des tubes-compteurs  
de Geiger-Müller**

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

**Part 25:  
Methods of measurement of  
Geiger-Müller counter tubes**

© IEC 1971 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**Q**

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 élémentaire . . . . .         | 14    |
| 4. Méthodes de mesure . . . . .          | 18    |
| 5. Caractéristiques mécaniques . . . . . | 28    |
| FIGURES . . . . .                        | 30    |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-25:1971

## CONTENTS

|                                     | Page |
|-------------------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .                  | 5    |
| PREFACE . . . . .                   | 5    |
| Clause                              |      |
| 1. Scope . . . . .                  | 7    |
| 2. Definitions . . . . .            | 7    |
| 3. Basic theory . . . . .           | 15   |
| 4. Methods of measurement . . . . . | 19   |
| 5. Mechanical data . . . . .        | 29   |
| FIGURES . . . . .                   | 30   |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60151-25:1971

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES  
DES TUBES ÉLECTRONIQUES

Vingt-cinquième partie: Méthodes de mesure des tubes-compteurs de Geiger-Müller

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.

PREFACE

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.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à New Haven en 1967, à la suite de laquelle un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1968. Des projets de modifications furent soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en mars 1970.

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES  
OF ELECTRONIC TUBES

Part 25: Methods of measurement of Geiger-Müller counter tubes

---

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.

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.

A first draft was discussed at the meeting held in New Haven in 1967, as a result of which a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1968. Draft amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in March 1970.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 25:

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

---

## MESURES DES CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TUBES ÉLECTRONIQUES

### Vingt-cinquième partie : Méthodes de mesure des tubes-compteurs de Geiger-Müller

#### 1. Domaine d'application

Cette recommandation contient les termes, les définitions, la théorie élémentaire, les méthodes de mesure et les détails mécaniques pour les tubes-compteurs de Geiger-Müller.

#### 2. Définitions

*Note.* — Un certain nombre de termes utilisées dans cette recommandation peuvent être employés pour d'autres types de tubes-compteurs, et l'on doit préciser "de Geiger-Müller" (G.M.) pour les termes de cette recommandation lorsqu'on veut éviter les confusions.

##### 2.1 *Tube-compteur (compteur d'ionisation à gaz ou tube-compteur)*

Dispositif dans lequel une ionisation est produite dans un gaz par des particules ou des photons individuels, ce qui permet de les compter.

##### 2.2 *Impulsion*

Rapide variation de courant ou de tension, résultant du passage d'une particule ionisante (ou de plusieurs particules simultanées) à travers un tube-compteur.

##### 2.2.1 *Impulsion parasite*

Impulsion créée par une perturbation électrique ou autre.

##### 2.3 *Coup/Compte*

2.3.1 Coup : une impulsion qui a été enregistrée.

2.3.2 Compte : nombre d'impulsions enregistrées dans une durée spécifiée.

##### 2.4 *Taux de comptage*

Nombre de coups par unité de temps.

## MEASUREMENTS OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ELECTRONIC TUBES

### Part 25: Methods of measurement of Geiger Müller counter tubes

---

#### 1. Scope

This Recommendation provides terms, definitions, basic theory, recommended methods of measurement and mechanical data for Geiger-Müller counter tubes.

#### 2. Definitions

*Note.* – A number of terms used in this Recommendation may be used for other types of counter tubes and the prefix “G.M.” (Geiger-Müller) should be used for terms relating to this Recommendation if confusion is likely to arise.

##### 2.1 Counter tube (*gas ionization counter or counter tube*)

A device in which ionization is produced in a gas by individual particles or photons, thus enabling them to be counted.

##### 2.2 Pulse

A brief change in current or voltage such as results from the passage of an ionizing particle (or two or more simultaneous ones) through a counter tube.

##### 2.2.1 Spurious pulse

A pulse generated by an electrical or other disturbance.

##### 2.3 Count

2.3.1 A pulse which has been registered.

2.3.2 The number of pulses recorded in a specified period.

##### 2.4 Counting (*count*) rate

The number of counts per unit time.

2.5 *Mouvement propre*

Taux de comptage en l'absence du rayonnement que le tube-compteur doit mesurer.

2.6 *Coup fortuit*

Coup causé par toute action autre que le passage, à l'intérieur ou au travers du tube-compteur, de rayonnements ionisants auxquels il est sensible.

2.7 *Avalanche*

Ensemble des ions produits à partir d'un unique ion primaire par le processus d'ionisation cumulative.

2.8 *Multiplication (amplification) due au gaz*

Processus par lequel, dans un champ électrique suffisamment élevé, les ions produits dans un gaz par un rayonnement ionisant créent des ions supplémentaires.

2.9 *Facteur de multiplication due au gaz*

Facteur par lequel l'ionisation initiale est multipliée par suite de l'effet de multiplication due au gaz, dans des conditions données.

2.10 *Région de proportionnalité*

Domaine des tensions appliquées dans lequel la charge recueillie par coup isolé est proportionnelle à la charge libérée par l'événement ionisant initial.

*Note.* — Dans cette région, le facteur de multiplication due au gaz est supérieur à l'unité et est indépendant de la charge libérée par l'événement ionisant initial.

2.11 *Région de proportionnalité limitée*

Domaine des tensions appliquées, dans un tube-compteur, dans lequel l'effet de multiplication due au gaz dépend du nombre d'ions produits par l'événement ionisant initial ainsi que de la tension.

2.12 *Région de Geiger*

Dans un tube-compteur de Geiger-Müller, domaine des tensions appliquées dans lequel la charge recueillie par coup isolé est indépendante du nombre des ions primaires produits par l'événement ionisant initial, et résulte en une décharge unique (à auto-extinction).

2.13 *Tube-compteur de Geiger-Müller*

Tube à gaz, consistant généralement en une cathode cylindrique creuse avec une anode en fil le long de son axe, que l'on fait fonctionner dans la région de Geiger, et dans lequel chaque événement ionisant est suivi par une seule décharge complète.

2.5 *Background*

The counting rate in the absence of radiation which the counter tube is meant to measure.

2.6 *Spurious count*

A count caused by any event other than the passage into or through a counter tube of the ionizing radiations to which it is sensitive.

2.7 *Avalanche*

All the ions produced from a single primary ion through the process of cumulative ionization.

2.8 *Gas multiplication (amplification)*

The process whereby in a sufficiently strong electric field the ions produced in a gas by ionizing radiation produce additional ions.

2.9 *Gas multiplication factor*

The factor by which the initial ionization is multiplied as a result of the gas multiplication process under stated conditions.

2.10 *Proportional region*

The range of applied voltage in which the charge collected per isolated count is proportional to the charge liberated by the initial ionizing event.

*Note.* – In this region the gas multiplication factor is greater than unity and is independent of the charge liberated by the initial ionizing event.

2.11 *Limited proportionality (region of)*

The range of applied voltages for a counter tube over which the gas multiplication depends upon the number of ions produced in the initial ionizing event as well as on the voltage.

2.12 *Geiger region*

In a Geiger-Müller counter tube, the range of applied voltages over which the charge collected per isolated count is independent of the number of primary ions produced in the initial ionizing event and which results in a single (self-terminated) discharge.

2.13 *Geiger-Müller counter tube*

A gas-filled tube, usually consisting of a hollow cylindrical cathode with a wire anode along its axis, which is operated in the Geiger region and in which each ionizing event is followed by only one terminated discharge.

2.14 *Coupage*

Processus consistant à arrêter une impulsion de courant d'ionisation dans un tube-compteur de Geiger-Müller. Ceci peut être effectué de façon interne (coupage interne ou autocoupage) en utilisant, par exemple, un remplissage de gaz ou de vapeur convenable, ou de façon externe (coupage externe) en réduisant momentanément la différence de potentiel appliquée entre les électrodes du tube-compteur.

2.15 *Tube-compteur autocoupeur*

Tube-compteur de Geiger-Müller dans lequel la décharge est arrêtée à l'aide d'un constituant convenable dans le gaz.

2.16 *Tube-compteur à vapeur organique*

Tube-compteur de Geiger-Müller autocoupeur dans lequel le coupage est obtenu à l'aide d'une vapeur organique.

2.17 *Tube-compteur à halogène*

Tube-compteur de Geiger-Müller autocoupeur dans lequel le coupage est obtenu à l'aide d'un gaz halogène, généralement du brome ou du chlore.

2.18 *Temps mort*

Intervalle de temps suivant le début d'une impulsion d'amplitude normale, pendant lequel un tube-compteur est insensible à d'autres événements ionisants.

2.19 *Temps de résolution*

Dans un tube-compteur ou un système de comptage, intervalle de temps minimal entre deux événements ionisants distincts, qui permettra de les compter tous deux.

2.20 *Correction de temps mort*

Correction à apporter au taux de comptage observé, basée sur la probabilité d'arrivée d'événements ionisants au cours du temps mort du tube-compteur de Geiger-Müller.

2.21 *Correction de temps de résolution*

Correction à apporter au taux de comptage observé, pour tenir compte de la probabilité d'arrivée d'événements ionisants pendant le temps de résolution du système.

2.22 *Temps de restitution*

Dans un tube-compteur de Geiger-Müller, intervalle de temps minimal compris entre le début d'une impulsion d'amplitude normale et l'impulsion d'amplitude normale suivante.

2.14 *Quenching*

The act of terminating a pulse of ionization current in a Geiger-Müller counter tube. This may be effected internally (internal or self quenching) by the use, for example, of an appropriate gas or vapour filling, or externally (external quenching) by momentary reduction of the applied potential difference between the counter tube electrodes.

2.15 *Self-quenched counter tube*

A Geiger-Müller counter tube in which the discharge is quenched by means of a suitable constituent in the gas.

2.16 *Organic-vapour quenched counter tube*

A self-quenched Geiger-Müller counter tube in which the quenching agent is an organic vapour.

2.17 *Halogen-quenched counter tube*

A self-quenched Geiger-Müller counter tube in which the quenching agent is a halogen, usually bromine or chlorine.

2.18 *Dead time*

The time interval, after the initiation of a normal size pulse, during which a counter tube is insensitive to further ionizing events.

2.19 *Resolution (resolving) time*

Of a counter tube or counting system, the minimum time interval between two distinct ionizing events which will permit both to be counted.

2.20 *Dead-time correction*

A correction to the observed counting rate based on the probability of the occurrence of ionizing events during the dead time of a Geiger-Müller counter tube.

2.21 *Resolution time correction*

Correction of the observed counting rate to allow for the probability of the occurrence of ionizing events within the resolution time of the system.

2.22 *Recovery time*

Of a Geiger-Müller counter tube, the minimum time interval after the initiation of a normal size pulse before the next pulse of normal size.

2.23 *Tension de seuil* (voir figure 1, page 30)

Tension la plus faible appliquée à un tube-compteur pour laquelle les impulsions peuvent être détectées par un système de caractéristiques données.

2.24 *Plateau (d'un tube-compteur de Geiger-Müller)* (voir figure 1)

Portion de la caractéristique donnant le taux de comptage en fonction de la tension, pour laquelle le taux de comptage est sensiblement indépendant de la tension appliquée.

2.25 *Tension de début du plateau* (voir figure 1)

Tension appliquée qui correspond au début du plateau, pour une sensibilité donnée du circuit de mesure.

2.26 *Longueur du plateau*

Domaine des tensions appliquées sur lequel s'étend le plateau.

2.27 *Pente du plateau*

Variation du taux de comptage en centièmes par volt pour une modification donnée de la tension appliquée (généralement 100 V).

2.28 *Volume utile*

Partie d'un tube-compteur dans laquelle un événement ionisant peut être à l'origine d'une impulsion de sortie.

2.29 *Fenêtre (d'un tube-compteur)*

Partie de la paroi d'un tube-compteur étudiée pour permettre l'entrée des rayonnements désirés.

2.30 *Tube-compteur à fenêtre en bout*

Tube-compteur étudié pour que le rayonnement entre à une extrémité. C'est généralement un tube-compteur à fenêtre mince, appelé parfois "tube-compteur cloche".

2.31 *Tube-compteur à paroi mince*

Tube-compteur dont une partie de la paroi est amincie pour permettre l'entrée du rayonnement désiré.

2.32 *Surface utile*

Partie de la fenêtre d'un tube-compteur à travers laquelle une particule ou un quantum incident peut pénétrer dans le volume utile et être à l'origine d'une impulsion de sortie.

2.23 *Starting voltage* (see Figure 1, page 30)

The lowest voltage applied to a counter tube at which pulses can be detected by a system of stated characteristics.

2.24 *Plateau (of a Geiger-Müller counter tube)* (see Figure 1)

The portion of the counting rate versus voltage characteristic in which the counting rate is substantially independent of the applied voltage.

2.25 *Plateau threshold voltage* (see Figure 1)

The applied voltage that corresponds to the start of the plateau for a stated sensitivity of the measuring circuit.

2.26 *Plateau length*

The range of applied voltage over which the plateau extends.

2.27 *Plateau slope*

The percentage change in counting rate per volt, for a stated change in applied voltage (usually 100 V).

2.28 *Sensitive volume*

The volume within a counter tube in which an ionizing event may produce an output pulse.

2.29 *Window (of a counter tube)*

That part of the wall of a counter tube which is designed to allow the entry of the required radiation.

2.30 *End window counter tube*

A counter tube designed for the radiation to enter at one end. It is usually a thin window counter tube, sometimes called a bell-shaped counter tube.

2.31 *Thin wall counter tube*

A counter tube in which part of the envelope is made thinner to allow the entry of the required radiation.

2.32 *Useful area*

Part of the window of a counter tube through which a particle or an incident quantum may penetrate into the sensitive volume and be the origin of an output pulse.

2.33 *Sensibilité au rayonnement (rayonnements X et gamma)*

Taux de comptage pour un débit d'exposition donné, produit par un rayonnement d'énergie donnée.

2.34 *Rendement (d'un tube-compteur)*

Pour un rayonnement donné, fraction comptée de toutes les particules ionisantes ou quanta qui pénètrent dans le volume utile du tube-compteur, lorsque le taux de comptage est suffisamment faible pour qu'une correction de temps mort ne soit pas nécessaire.

2.35 *Rendement de détection*

Rapport du nombre de coups au nombre total de particules ionisantes ou de quanta incidents sur la surface utile, lorsque le taux de comptage est suffisamment faible pour qu'une correction de temps mort ne soit pas nécessaire.

2.36 *Tube-compteur à aiguille*

Tube-compteur de Geiger-Müller dont le volume utile est de faible diamètre (généralement 2 mm à 3 mm), utilisé en chirurgie.

2.37 *Tube-compteur à source gazeuse*

Tube-compteur dans lequel le gaz de remplissage est, en tout ou en partie, le gaz radioactif dont l'activité doit être mesurée.

2.38 *Compteur à circulation de gaz*

Compteur dans lequel une atmosphère appropriée est maintenue en faisant circuler lentement un gaz dans le volume.

2.39 *Compteur à source liquide*

Compteur utilisé pour la vérification des échantillons liquides.

Il comprend souvent un tube-compteur de Geiger-Müller à paroi mince en verre, scellé ou fixé à un tube d'essai, et laissant un espace annulaire pour l'échantillon.

2.40 *Compteur à circulation de liquide*

Compteur construit spécialement pour mesurer la radioactivité d'un liquide en circulation.

3. **Théorie élémentaire**

3.1 *Considérations générales*

Les caractéristiques d'un tube-compteur de Geiger-Müller sont principalement définies par son plateau qui est spécifié en fonction de la tension de début du plateau, de la longueur du plateau et de la

2.33 *Radiation sensitivity (gamma and X-ray)*

The counting rate, for a given exposure (dose) rate, produced by radiation of a stated energy.

2.34 *Efficiency (of a counter tube)*

For a stated radiation, the fraction counted of all the ionizing particles or quanta that enter the sensitive volume of the counter tube when the counting rate is so low that dead-time correction is unnecessary.

2.35 *Detection efficiency*

The ratio of the number of counts to the total number of ionizing particles or quanta falling on the useful area, when the counting rate is so low that dead-time correction is unnecessary.

2.36 *Needle counter tube*

A Geiger-Müller counter tube in which the sensitive volume is of small diameter (usually 2 mm to 3 mm), used in surgery.

2.37 *Gas sample counter tube*

A counter tube in which the filling gas consists wholly or partly of the radioactive gas whose activity is to be measured.

2.38 *Gas flow counter*

A counter in which an appropriate atmosphere is maintained by allowing a gas to flow slowly through the volume.

2.39 *Liquid sample counter*

A counter suitable for the assay of liquid samples.

It often consists of a thin glass-walled Geiger-Müller counter tube; sealed into or attached to a test tube, providing an annular space for the sample.

2.40 *Liquid flow counter*

A counter specially constructed for measuring the radioactivity of a flowing liquid.

3. **Basic theory**

3.1 *General considerations*

The characteristics of a Geiger-Müller counter tube are primarily defined by its plateau which is specified in terms of the plateau threshold voltage, plateau length and plateau slope (see Figure 1,

penne du plateau (voir figure 1, page 30). En ce qui concerne cette recommandation, les tubes-compteurs de Geiger-Müller autocoupeurs peuvent être divisés en deux classes: (1) à vapeur organique et (2) à halogène.

Des exemples d'impulsions de courant sont donnés aux figures 2 et 3, pages 30 et 31. La figure 6, page 32, indique le circuit dans lequel ces impulsions de courant peuvent être observées. Dans les deux classes de tubes-compteurs, la charge produite par événement compté sera fonction de la tension appliquée et, à une tension quelconque, le nombre d'événements enregistrés peut être influencé par les paramètres d'entrée du circuit de mesure. Il est donc nécessaire de spécifier le circuit de mesure aussi précisément que possible pour éviter des différences dans les résultats mesurés.

- 3.1.1 Le tube-compteur à *vapeur organique* nécessite un champ électrique très élevé pour provoquer une avalanche d'électrons. Pour cette raison, l'anode du compteur a la forme d'un fil fin et le gradient de potentiel très rapide qui en résulte près du fil produit une impulsion de courant de faible durée, suivie d'une "queue" de faible amplitude. La forme de l'impulsion de courant n'est pas affectée par le circuit externe car elle dépend entièrement de la géométrie interne et de la tension appliquée.
  - 3.1.2 Dans la plupart des tubes-compteurs à *halogène*, l'avalanche d'électrons peut se produire pour des valeurs de champ électrique relativement faibles, et il est courant que l'anode soit de diamètre plus grand. La charge d'espace plus diffuse qui se produit ainsi donne au tube-compteur certaines des caractéristiques d'un dispositif à décharge lumineuse. Contrairement au tube à vapeur organique, la charge totale engendrée pour chaque événement compté peut être grandement influencée par le circuit extérieur, et la fraction de charge contenue dans la longue "queue" de l'impulsion peut atteindre 80 %. La décharge du tube-compteur à halogène est fortement influencée par l'impédance du tube (résistance et capacité). De plus, le nombre de coups enregistrés est fortement influencé par l'appareillage de mesure (sensibilité d'entrée, impédance d'entrée, constante de temps).
- 3.2 *Choix des paramètres du circuit de mesure fondamental*

Pour tout type de tube-compteur, le circuit de mesure fondamental peut être représenté comme dans la figure 4, page 31.

Les composants  $C_1$  et  $R_1$  sont nécessaires avec les tubes-compteurs à halogène de façon à définir une charge acceptable ayant peu d'effet sur le fonctionnement du tube, mais ne sont pas nécessaires avec les tubes-compteurs à vapeur organique. Les condensateurs indiqués peuvent être des capacités parasites (qui doivent être maintenues au minimum) ou de vrais composants et les résistances peuvent avoir une valeur quelconque. Le condensateur de couplage  $C_{co}$  peut être de valeur aussi élevée que désiré et, en conséquence, peut être négligé lorsqu'on parle de circuit équivalent. La figure 4 peut alors être tracée comme indiqué en figure 5, page 32.

La valeur  $C_1$  doit être suffisamment faible pour que  $(C_1 + C_s)$  soit une charge négligeable pour le tube, mais doit être suffisamment élevée par rapport à  $C_s$  pour donner un bon transfert de charges vers le circuit de comptage.  $C_s$  peut être de 1 pF à 2 pF ou plus (dans certains cas jusqu'à 5 pF à 10 pF selon la construction du tube).  $C_1$  doit être comprise entre 1 pF et 10 pF et sa valeur optimale peut être recommandée par le fabricant.

La valeur  $R_1$  est généralement comprise entre 2,7 M $\Omega$  et 10 M $\Omega$  et doit être indiquée par le fabricant. La valeur  $C_2$  doit être élevée par rapport à  $C_1$ , de façon à réduire les variations de la capacité parallèle effective donnée par  $C_1$  et  $C_2$  en série, résultant de variations dans la longueur de câble,

page 30). For the purposes of this Recommendation, internally quenched Geiger-Müller counter tubes may be divided into two classes viz (1) organic vapour-quenched and (2) halogen-quenched.

Typical current pulses are shown in Figures 2 and 3, pages 30 and 31. Figure 6, page 32, shows the circuit in which these current pulses may be observed. In both classes of counter tube the charge generated per counting event will be a function of applied voltage and at any voltage the number of recorded events may be influenced by the input parameters of the measuring circuit. It is, therefore, necessary to specify the measuring circuit as accurately as possible to avoid differences in the measured results.

- 3.1.1 The *organic vapour-quenched* counter tube requires a very high electric field to produce an electron avalanche. For this reason, the counter anode is in the form of a thin wire and the resulting steep potential gradient near the wire produces a current pulse of short duration, followed by a “tail” of small amplitude. The shape of the current pulse is unaffected by the external circuit, being controlled entirely by the internal geometry and the applied voltage.
- 3.1.2 In most *halogen-quenched* counter tubes, the electron avalanche is able to develop at relatively low field strengths and it is usual for the anode to be of larger diameter. The more diffuse space charge which thus occurs gives the counter tube some of the characteristics of a glow discharge device. Unlike the organic vapour-quenched tube, the total charge generated at each counting event may be greatly influenced by the external circuit, and the fraction of the charge contained in the long “tail” of the pulse may be as high as 80 %.

The discharge of the halogen-quenched counter tube is strongly influenced by the impedance of the tube (resistance and capacitance). Moreover, the number of recorded counts is strongly influenced by the measuring equipment (input sensitivity, input impedance, time constant).

### 3.2 *Choice of basic measuring circuit parameters*

For any type of counter tube, the basic measuring circuit may be represented as in Figure 4, page 31.

Components  $C_1$  and  $R_1$  are required with halogen-quenched counter tubes in order to define an acceptable load having little effect on the performance of the tube, but are not necessary with organic vapour-quenched counter tubes. The capacitors indicated may be stray capacity (which should be kept to a minimum) or actual components, and the resistors of any value. The value of the coupling capacitor  $C_{co}$  can be as large as desired and hence may be neglected when discussing an equivalent circuit. Figure 4 may then be redrawn as in Figure 5, page 32.

The value  $C_1$  shall be small enough so that  $(C_1 + C_s)$  is a negligible load on the tube, but should be sufficiently large compared with  $C_s$  to give good transfer of charge to the counting circuit.  $C_s$  may be 1 pF to 2 pF or more (in some cases as high as 5 pF to 10 pF depending on counter tube construction).  $C_1$  should be within the range 1 pF to 10 pF and its optimum value may be recommended by the manufacturer.

The value  $R_1$  is usually in the range 2.7 M $\Omega$  - 10 M $\Omega$  and it should be stated by the manufacturer. The value  $C_2$  should be large compared with  $C_1$  to minimize variations in the effective shunt capacity given by  $C_1$  and  $C_2$  in series, resulting from changes in cable length, and a value  $C_2 = 100$  pF is

et une valeur  $C_2 = 100 \text{ pF}$  est recommandée. Il est pratique de rendre faible la constante de temps d'entrée  $C_2 R_2$ , pourvu qu'elle soit suffisamment longue pour intégrer la plus grande partie de la charge contenue dans la "pointe" de courant initial, et une valeur de  $3 \text{ }\mu\text{s}$  est recommandée, ce qui rend  $R_2$  proche de  $33 \text{ k}\Omega$ .  $R_{\text{in}}$  peut être du même ordre de grandeur que  $R_2$ , avec  $R_L > 10 \times R_{\text{in}}$ .

En prenant comme valeurs typiques (de la majorité des types de tubes-compteurs) pour la charge moyenne par impulsion d'un tube à vapeur organique et d'un tube à halogène,  $4 \times 10^{-10} \text{ C}$  et  $8 \times 10^{-9} \text{ C}$  respectivement aux tensions de service recommandées, et pour la charge effective par impulsion (avec une constante de temps d'entrée de  $3 \text{ }\mu\text{s}$ )  $\approx 2 \times 10^{-11} \text{ C}$  et  $\approx 5 \times 10^{-11} \text{ C}$  respectivement aux tensions de seuil, la sensibilité d'entrée recommandée pour le circuit de comptage, avec  $C_2 = 100 \text{ pF}$ , est de  $0,2 \text{ V}$  pour les tubes à vapeur organique et de  $0,5 \text{ V}$  pour les tubes halogène.

#### 4. Méthodes de mesure

##### 4.1 Circuits de mesure

Les facteurs régissant le choix des paramètres d'entrée des circuits de mesure sont mentionnés au paragraphe 3.2 et des circuits recommandés pour chaque classe de tubes-compteurs sont donnés aux figures 7 et 8, page 33. Les valeurs des composants indiquées dans ces circuits doivent convenir à la plupart des tubes-compteurs couramment utilisés, mais d'autres valeurs peuvent être choisies si les caractéristiques d'un tube-compteur particulier sont très différentes de celles qui ont été supposées. Lorsque d'autres valeurs sont choisies, les arguments indiqués aux paragraphes 3.1 et 3.2 doivent être pris en considération.

Il est important de noter que le circuit de comptage ne doit pas être lui-même source de formes d'ondes qui pourraient être appliquées au tube-compteur de Geiger-Müller, ni avoir un temps de résolution supérieur au temps mort du tube-compteur en mesure.

##### 4.2 Conditions ambiantes

Sauf indication contraire, les mesures sont effectuées dans une plage de températures de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Sauf indication contraire, le tube-compteur est exposé à un rayonnement de niveau tel qu'un taux de comptage d'environ 100 coups par seconde soit enregistré lorsque le tube fonctionne à sa tension de service recommandée. Le champ de rayonnement doit être uniforme.

*Note.* — Lorsqu'on mesure des tubes-compteurs ayant un temps mort supérieur à  $500 \text{ }\mu\text{s}$  (à la tension de service recommandée), le champ de rayonnement doit être réduit de façon telle que le taux de comptage soit approximativement :

$$\frac{5 \times 10^4}{\text{temps mort } (\mu\text{s})} \quad \text{coups par seconde}$$

##### 4.3 Variations statistiques

Certaines des mesures décrites dans cette recommandation sont soumises à des variations statistiques. Lorsque les résultats d'une mesure sont indiqués, on doit les accompagner d'une indication concernant l'écart type estimé ou l'intervalle de confiance associé à ces résultats.

recommended. It is convenient to make the input time constant  $C_2 R_2$  short, provided that it is sufficiently long to integrate most of the charge contained in the initial current “spike” and a value of 3  $\mu\text{s}$  is recommended, making  $R_2$  about 33 k $\Omega$ .  $R_{\text{in}}$  can be of the same order as  $R_2$ , with  $R_L > 10 \times R_{\text{in}}$ .

Taking typical values (of the majority of counter tube types) for the average charge per pulse of organic vapour- and halogen-quenched counter tubes, as  $4 \times 10^{-10}$  C and  $8 \times 10^{-9}$  C respectively at their recommended working voltages, and for the effective charge per pulse (with an input time constant of 3  $\mu\text{s}$ ) as  $\approx 2 \times 10^{-11}$  C and  $\approx 5 \times 10^{-11}$  C respectively at their starting voltages, the recommended counter circuit input sensitivity, with  $C_2 = 100$  pF, is 0.2 V for organic vapour-quenched and 0.5 V for halogen-quenched counter tubes respectively.

#### 4. Methods of measurement

##### 4.1 Measuring circuits

The factors governing the choice of the input parameters of the measuring circuits are given in Sub-clause 3.2 and recommended circuits for each class of counter tube are given in Figures 7 and 8, page 33. The component values given in these circuits should be suitable for most commonly used counter tubes, but alternative values may need to be selected if the characteristics of a particular counter tube differ widely from those assumed. If other values are chosen, the arguments set out in Sub-clauses 3.1 and 3.2 should be considered.

It is important to note that the counting circuit must not generate any wave-form within itself which could be applied to the Geiger-Müller counter tube, or have a resolution time greater than the dead time of the counter tube being measured.

##### 4.2 Ambient conditions

Unless otherwise stated, the measurements are carried out in the temperature range 15 °C - 35 °C.

Unless otherwise stated, the counter tube is exposed to a radiation of such a level that a count rate of approximately 100 counts per second is recorded when the tube is operated at its recommended working voltage. The radiation field should be uniform.

*Note.* – When measuring counter tubes having a dead time greater than 500  $\mu\text{s}$  (estimated at the recommended working voltage), the radiation field should be reduced so that the count rate is approximately:

$$\frac{5 \times 10^4}{\text{dead time } (\mu\text{s})} \quad \text{counts per second}$$

##### 4.3 Statistical variations

Some of the measurements described in this Recommendation are subject to statistical variations. When the results of a measurement are quoted, these should be accompanied by a statement of the estimated standard deviation, or of the confidence level associated with these results.

#### 4.4 Tension de seuil

On fait fonctionner le tube-compteur dans le circuit de mesure approprié (voir figures 7 et 8, page 33) et dans un champ de rayonnement comme décrit au paragraphe 4.2. La sortie de ce circuit est branchée sur un amplificateur et un oscilloscope ou une échelle de comptage, réglés pour enregistrer des impulsions d'amplitude minimale donnée aux bornes du tube-compteur (sauf indication contraire, 0,2 V pour les tubes à vapeur organique et 0,5 V pour les tubes à halogène sont les valeurs recommandées). La tension d'alimentation est augmentée progressivement depuis une valeur basse jusqu'à ce que, à la tension de seuil, le taux de comptage atteigne environ un coup par seconde. La tension de seuil est généralement arrondie au plus proche multiple de 5 V et est ramenée à 20 °C.

*Note.* – La valeur mesurée peut dépendre du seuil de sensibilité du circuit de mesure.

#### 4.5 Tension de début de plateau

On fait fonctionner le tube-compteur (comme au paragraphe 4.4) dans le circuit de mesure approprié (voir figures 7 et 8) et dans un champ de rayonnement comme décrit au paragraphe 4.2, et la tension d'alimentation est augmentée par paliers depuis la valeur correspondant à la tension de seuil, jusqu'à ce que le plateau soit atteint, c'est-à-dire jusqu'à ce que le taux de comptage soit sensiblement constant. Le nombre de coups est enregistré à chaque palier de tension (par exemple, tous les 10 V) pendant une durée suffisamment longue (par exemple, 1 min) pour réduire les variations aléatoires à un niveau convenable. Les résultats sont portés sur un graphique et la tension correspondant au début du plateau est notée.

Le fabricant peut aussi indiquer la tension de début de plateau comme étant :

$$\text{Tension de début de plateau} = \text{Tension de seuil} + X \text{ V}$$

la valeur de  $X$  étant donnée pour chaque type de tube-compteur (voir figure 1, page 30).

#### 4.6 Longueur et pente du plateau

On fait fonctionner le tube-compteur dans le circuit de mesure approprié (voir figures 7 et 8) et dans un champ de rayonnement comme décrit au paragraphe 4.2. Le nombre de coups est enregistré pendant une durée suffisante (par exemple, 1 min) pour réduire les variations aléatoires à un niveau convenable à chaque extrémité du plateau ( $V_1$  et  $V_3$ ).

Normalement, une longueur de plateau minimale sera indiquée par le fabricant, avec des limites définies par  $V_1$  et  $V_2$  dans la figure 1. La pente du plateau est calculée sur la longueur de plateau minimale et, si les nombres de coups enregistrés (pendant la même durée) aux tensions  $V_1$  et  $V_2$  sont respectivement  $N_1$  et  $N_2$ , la pente du plateau est donnée par :

$$\frac{N_2 - N_1}{\frac{1}{2} (N_2 + N_1)} \times \frac{100}{(V_2 - V_1)} \quad \text{pour-cent par volt}$$

#### 4.7 Tension de service recommandée

Le fabricant devrait recommander une tension de service. Si elle n'est pas indiquée, on prendra comme tension de service le milieu du plateau minimal (c'est-à-dire  $\frac{V_1 + V_2}{2}$ ).

#### 4.4 *Starting voltage*

The counter tube is operated in the appropriate measuring circuit (see Figures 7 and 8, page 33) in a radiation field as described in Sub-clause 4.2. The output of this circuit is connected to an amplifier and an oscilloscope or scaler, adjusted to record pulses of a given minimum amplitude across the counter tube (unless otherwise stated, 0.2 V for organic vapour-quenched and 0.5 V for halogen-quenched counter tubes is recommended). The supply voltage is increased slowly from a low value until, at the starting voltage, the counting rate reaches about one count per second. Starting voltage is normally read to the nearest 5.0 V and is corrected to 20 °C.

*Note.* – The measurement value may depend upon the sensitivity threshold of the measuring circuit.

#### 4.5 *Plateau threshold voltage*

The counter tube is operated (as in Sub-clause 4.4) in the appropriate measuring circuit (see Figures 7 and 8) in a radiation field as described in Sub-clause 4.2 and the supply voltage is increased in steps from the value corresponding to the starting voltage until the plateau is reached, i.e. the counting rate is substantially constant. The number of counts is recorded at each voltage interval (for example, every 10 V) over a sufficient period of time (for example, 1 min) to reduce random variations to a suitable level. The results are plotted graphically and the voltage corresponding to the threshold of the plateau is recorded.

Alternatively, the threshold voltage may be stated by the manufacturer as being:

$$\text{Plateau threshold voltage} = \text{Starting voltage} + X \text{ V}$$

the value of  $X$  being given for each counter tube type (see Figure 1, page 30).

#### 4.6 *Plateau length and plateau slope*

The counter tube is operated in the appropriate measuring circuit (see Figures 7 and 8) and in a radiation field as described in Sub-clause 4.2. The number of counts is recorded over a sufficient period of time (for example, 1 min) to reduce random variations to a suitable level at each end of the plateau ( $V_1$  and  $V_2$ ).

Normally a minimum plateau length will be stated by the manufacturer, with limits defined by  $V_1$  and  $V_2$  in Figure 1. The plateau slope is calculated over the minimum plateau length and if the number of counts recorded (for the same period of time) at  $V_1$  and  $V_2$  is  $N_1$  and  $N_2$  respectively, the plateau slope is given by:

$$\frac{N_2 - N_1}{\frac{1}{2} (N_2 + N_1)} \times \frac{100}{(V_2 - V_1)} \quad \text{percent per volt}$$

#### 4.7 *Recommended working voltage*

The manufacturer should recommend a working voltage. If this is not quoted, the working voltage should be taken as the middle of the minimum plateau (i.e.  $\frac{V_1 + V_2}{2}$ ).

#### 4.8 *Mouvement propre avec blindage*

On fait fonctionner le tube-compteur dans le circuit de mesure approprié (voir figures 7 et 8, page 33) et à la tension de service recommandée. Les sources de rayonnement sont supprimées et le tube est blindé avec au moins 35 mm (1,4 in) de plomb, avec une couche interne de 3,2 mm (0,125 in) d'aluminium.

Pour les tubes destinés à des applications spéciales, d'autres formes de blindage peuvent être utilisées et doivent être spécifiées. Le taux de comptage est déterminé pendant une période suffisamment longue pour réduire les variations aléatoires à un niveau convenable.

#### 4.9 *Charge électrique moyenne par événement compté*

On fait fonctionner le tube-compteur dans le circuit de mesure approprié (voir figure 6, page 32), avec la tension de service recommandée, et en l'exposant au rayonnement comme décrit au paragraphe 4.2.

Le courant moyen demandé par le tube-compteur est mesuré en même temps que le taux de comptage. La charge électrique moyenne par événement compté est alors donnée par :

$$\text{charge électrique moyenne par événement compté} = \frac{\text{courant moyen}}{\text{taux de comptage}}$$

où le taux de comptage est exprimé en coups par secondé.

#### 4.10 *Amplitude d'impulsion*

On fait fonctionner le tube-compteur dans le circuit de mesure approprié (voir figures 7 et 8) sous la tension de service recommandée et on l'expose au rayonnement comme décrit au paragraphe 4.2. Un oscilloscope, ou tout autre appareil de mesure convenable d'une amplitude d'impulsion, est branché aux bornes de sortie conformément aux recommandations des paragraphes 3.1 et 4.1. L'amplitude d'impulsion est exprimée comme la valeur de crête de la variation de tension aux bornes du condensateur et de la résistance d'entrée indiqués.

#### 4.11 *Temps mort et temps de restitution*

##### *a) Méthode A*

On fait fonctionner le tube-compteur sous sa tension de service recommandée dans le circuit de mesure approprié (voir figure 6) et la sortie de ce circuit (point A) est reliée à l'entrée des plaques Y d'un oscilloscope. La base de temps de l'oscilloscope est réglée de façon à ne se déclencher que pour des impulsions ayant approximativement la pleine amplitude et à ce que le temps mis à traverser l'axe X soit à peine supérieur au temps de restitution du tube-compteur. On fait fonctionner le tube-compteur à un taux de comptage élevé (par exemple, 500 impulsions par seconde), ce qui donne une image sur l'oscilloscope à partir de laquelle on peut estimer à la fois le temps mort et le temps de restitution. Des exemples types sont indiqués aux figures 9 et 10, page 34.

#### 4.8 *Shielded background*

The counter tube is operated in the appropriate measuring circuit (see Figures 7 and 8, page 33), and at the recommended working voltage. Sources of radiation are removed and the tube is shielded by at least 35 mm (1.4 in) of lead, with an inner liner of 3.2 mm (0.125 in) of aluminium.

For tubes intended for special applications, other forms of shielding may be used and should be specified. The count rate is determined over a sufficient period of time to reduce random variations to a suitable level.

#### 4.9 *Average electrical charge per counting event*

The counter tube is operated in the appropriate measuring circuit (see Figure 6, page 32) with the recommended working voltage applied and is exposed to radiation as described in Sub-clause 4.2.

The average current drawn by the counter tube is measured simultaneously with a measurement of count rate. The average electrical charge per counting event is then given by:

$$\text{average charge per counting event} = \frac{\text{average current}}{\text{count rate}}$$

in which the count rate is expressed in counts per second.

#### 4.10 *Pulse height*

The counter tube is operated in the appropriate measuring circuit (see Figures 7 and 8), with the recommended working voltage applied and is exposed to radiation as described in Sub-clause 4.2. An oscilloscope, or other suitable pulse-height measuring apparatus, is connected to the output terminals in accordance with the recommendations in Sub-clauses 3.1 and 4.1. The pulse height is expressed as the peak voltage change across the stated input capacitor and resistor.

#### 4.11 *Dead time and recovery time*

##### *a) Method A*

The counter tube is operated at its recommended working voltage in the appropriate measuring circuit (see Figure 6) and the output of this circuit (point A) is connected to the Y-plate input of an oscilloscope. The time base of the oscilloscope is set to trigger only on pulses of approximately full amplitude, and so that the time to traverse the X-axis is just greater than the recovery time of the counter tube. The counter tube is operated at a high counting rate (e.g. 500 pulses per second) resulting in an oscilloscope display from which both dead time and recovery time can be estimated. Typical examples are shown in Figures 9 and 10, page 34.

*b) Méthode B*

Une autre méthode de mesure du temps mort consiste à utiliser un appareil à rayons X à double impulsion, dans lequel l'intervalle de temps relatif entre les deux impulsions de rayons X peut être réglé.

On fait fonctionner le tube de Geiger-Müller sous sa tension de service recommandée dans le circuit de mesure approprié (voir figure 6) et la sortie de ce circuit est branchée sur l'entrée des plaques Y d'un oscilloscope. La base de temps de l'oscilloscope est déclenchée à la première impulsion du tube-compteur. L'intervalle de temps entre les deux impulsions de rayons X est diminué jusqu'à la valeur minimale pour laquelle le tube-compteur réagit encore à la seconde impulsion de rayons X. Le temps mort est cette valeur minimale d'intervalle de temps entre les deux impulsions, et peut être lu sur l'oscilloscope.

4.12 *Sensibilité aux rayonnements (rayons X et gamma)*

On dispose le tube-compteur de façon qu'il reçoive le minimum de rayonnements parasites provenant des objets environnants, et on le fait fonctionner dans le circuit de mesure approprié sous la tension de service recommandée. Une source convenable de rayonnement X ou gamma (voir note 1) est placée de face ou de profil (voir note 2) par rapport au tube, à une distance telle que le tube soit dans un champ de rayonnement sensiblement uniforme.

Si l'épaisseur de paroi du tube-compteur est inférieure à celle requise pour atteindre un équilibre électronique (de particules chargées) avec l'énergie de rayonnement particulière utilisée, un capuchon en plastique très ajusté peut être emmanché sur le tube-compteur pour lui donner l'épaisseur de paroi totale appropriée (voir note 3).

La puissance et la distance de la source doivent être choisies de façon telle que le taux de comptage du tube soit suffisamment élevé pour permettre des mesures relativement rapides et ayant une précision statistique suffisante, sans toutefois l'être au point de conduire à des pertes appréciables pendant le temps mort.

Le taux de comptage du tube est déterminé en enregistrant le nombre de coups pendant une durée suffisante pour réduire les variations aléatoires à un niveau acceptable. Le taux de comptage net du tube est obtenu en soustrayant le mouvement propre du taux de comptage mesuré.

Le débit d'exposition auquel le tube-compteur est exposé est déterminé soit en remplaçant le tube par un appareil de mesure de débit d'exposition convenable, soit (dans le cas d'une source radioactive) en connaissant la puissance et la distance de la source (voir note 4). La sensibilité est alors le quotient du taux de comptage net du tube par le débit d'exposition, et s'exprime en coups par seconde par milli-Röntgen par heure. On doit noter que la sensibilité est susceptible de varier avec l'énergie du rayonnement. Lorsqu'une courbe de réponse énergétique n'est pas donnée, la source de rayonnement doit donc être spécifiée. Il est recommandé de donner la sensibilité pour le  $^{60}\text{Co}$  (voir note 1).

*Notes 1. -* Le rayonnement des sources gamma doit être filtré pour supprimer les rayonnements bêta et les rayonnements gamma mous non désirés. Si le filtre modifie sensiblement le débit d'exposition gamma, la nature et l'épaisseur du filtre doivent être spécifiées.

Pour le  $^{60}\text{Co}$ , le filtre minimal doit comporter 0,3 mm d'aluminium. Sauf indication contraire, on supposera que les produits radioactifs sont en équilibre avec les produits issus de leur décomposition (s'ils existent).

Le rayonnement des tubes à rayons X doit aussi être filtré. On devra spécifier le filtrage ou l'épaisseur entraînant une atténuation d'énergie de 2 du faisceau filtré.

Des précautions doivent être prises pour éviter l'effet Compton dû à la géométrie source-tube compteur.

*b) Method B*

An alternative method for measuring the dead time is to use a doubly pulsed X-ray apparatus, wherein the relative time delay between the two X-ray pulses can be adjusted.

The Geiger-Müller tube is operated at its recommended working voltage in the appropriate measuring circuit (see Figure 6) and the output of this circuit is connected to the Y-plate input of an oscilloscope. The time base of the oscilloscope is triggered on the first pulse of the counter tube. The time delay between the two X-ray pulses is decreased to the minimum value at which the counter tube still reacts to the second X-ray pulse. The dead time is this minimum value of the time delay between the two pulses and can be read from the oscilloscope.

4.12 *Radiation sensitivity (gamma and X-ray)*

The counter tube is positioned so as to receive the minimum stray and scattered radiation from surrounding objects and is operated in the appropriate measuring circuit with the recommended working voltage applied. A suitable source of gamma or X-radiation (see Note 1) is placed either side on or end on (see Note 2) to the tube at such a distance that the tube is in a sensibly uniform radiation field.

If the wall thickness of the counter tube is less than that required for electronic (charged particle) equilibrium at the particular radiation energy used, a close-fitting plastic build-up cap should be fitted over the counter tube to give the appropriate total wall thickness (see Note 3).

The strength of the source and the distance must be chosen so that the tube counting rate is high enough to permit reasonably rapid measurements of sufficient statistical accuracy and yet not so high as to lead to appreciable dead-time losses.

The tube counting rate is determined by recording the number of counts over a sufficient time to reduce random variations to an acceptable level. The net tube count rate is obtained by subtracting the background count rate from the measured tube count rate.

The exposure rate to which the counter tube is exposed is determined either by replacing the tube with a suitable exposure rate meter, or (in the case of a radioactive source) from a knowledge of the source strength and distance (see Note 4). The sensitivity is then the quotient of the net tube count rate and the exposure rate, and is expressed in counts / second per milli-Röntgen / hour. It should be noted that the sensitivity is likely to vary with the energy of the radiation. When an energy response curve is not given, therefore, the radiation source should be specified. It is recommended that the sensitivity should be given for  $^{60}\text{Co}$  (see Note 1).

*Notes 1.*— Radiation from gamma sources should be filtered to remove beta radiation and unwanted soft gamma components. Whenever the gamma exposure-rate is appreciably altered by the filter, the nature and thickness of the filter should be specified.

For  $^{60}\text{Co}$ , the minimum filter should be 0.3 mm Al. Unless otherwise stated, it will be assumed that radioactive materials are in equilibrium with their daughter products (if any).

Radiation from X-ray tubes should also be filtered. The filtration and/or the half-value thickness (H.V.T.) of the filtered beam should be specified.

Precautions should be taken to avoid Compton effect due to the counter-tube-source geometry.

- 2.— Pour les mesures de sensibilité gamma, la position de profil par rapport à la source sera généralement utilisée.

Une indication de l'éventuelle influence de la direction sur la réponse est utile. Pour mesurer la sensibilité de tubes à fenêtre en bout à des rayonnements plus mous, la position extrémité face à la source sera utilisée.

- 3.— Pour obtenir l'équilibre électronique pour le rayonnement du  $^{60}\text{Co}$ , l'épaisseur minimale de la paroi du tube-compteur doit être d'environ  $400 \text{ mg/cm}^2$ . Si l'épaisseur de paroi est inférieure à  $400 \text{ mg/cm}^2$ , on ajustera un capuchon en plastique permettant d'amener l'épaisseur effective de paroi à  $400 \text{ mg/cm}^2$ .
- 4.— Le débit d'exposition d'une source ponctuelle de rayonnement gamma est donné par :

$$\text{Débit d'exposition en mR/h} = \frac{\Gamma}{d^2} \times \text{activité de la source, en millicuries.}$$

où :

$\Gamma$  est une constante du produit radioactif utilisé, acceptée internationalement par l'organisation autorisée

$d$  est la distance, en centimètres

(pour le  $^{60}\text{Co}$  :  $\Gamma \approx 13,2 \times 10^3$ )

#### 4.13 Coefficient de température de la tension de seuil et de la tension de début de plateau

Lorsqu'il n'y a pas de linéarité dans la plage de fonctionnement requise, il peut être nécessaire de définir plusieurs coefficients correspondant à plusieurs plages de températures, et la tension de seuil doit être mesurée à des intervalles de température appropriés couvrant la plage de températures de fonctionnement. Les résultats sont portés graphiquement, et à partir de cette courbe, la variation du coefficient de température sur les plages de températures données peut être calculée.

Si le coefficient de température est linéaire sur la plage de températures de fonctionnement, on mesure la tension de seuil à deux températures différentes qui sont choisies près des extrémités de la plage de températures de fonctionnement. Si les tensions de seuil sont  $V_{s1}$  et  $V_{s2}$  respectivement aux températures  $T_1$  et  $T_2$ , le coefficient de température est donné par :

$$\frac{V_{s2} - V_{s1}}{\frac{1}{2}(V_{s2} + V_{s1})} \times \frac{100}{(T_2 - T_1)} \quad \text{pour-cent par degré Celsius}$$

La différence entre la tension de seuil et la tension de début de plateau étant approximativement constante, le coefficient de température de la tension de seuil sera aussi celui de la tension de début de plateau.

#### 4.14 Coefficient de température de la sensibilité aux rayonnements

Si la sensibilité ne varie pas linéairement avec la température dans la plage de fonctionnement requise, il peut être nécessaire de définir plusieurs coefficients correspondant à plusieurs plages de températures, et la sensibilité doit être mesurée à des intervalles de température appropriés, couvrant la plage de températures de fonctionnement. Les résultats sont portés graphiquement, et à partir de cette courbe, la variation de coefficient de température sur les plages de températures données peut être calculée.

Si le coefficient de température est linéaire sur la plage de températures de fonctionnement, on mesure la sensibilité à deux températures différentes qui sont choisies près des extrémités de la plage de températures de fonctionnement.

2. – The side-on position will normally be used for gamma sensitivity measurements.

A statement about the directional dependence (if any) of response is valuable. For measuring the sensitivity of end-window tubes to softer radiation, the end-on position should be used.

3. – To achieve electronic equilibrium for  $^{60}\text{Co}$  radiation, the counter tube wall should have a minimum wall thickness of about  $400 \text{ mg/cm}^2$ . If the wall thickness is less than  $400 \text{ mg/cm}^2$ , a plastic build-up cap should be fitted to bring the effective wall thickness up to  $400 \text{ mg/cm}^2$ .
4. – The exposure-rate from a point source of gamma radiation is given by:

$$\text{Exposure-rate in mR/h} = \frac{\Gamma}{d^2} \times \text{activity, in millicuries}$$

where:

$\Gamma$  is a constant, for the radioactive material used, which is internationally accepted by the authorized organization

$d$  is the distance, in centimetres

$$(\text{for } ^{60}\text{Co}: \Gamma \approx 13.2 \times 10^3)$$

#### 4.13 *Temperature coefficient of starting voltage and plateau threshold voltage*

If the relationship over the required operating range is non-linear, it may be necessary to define different coefficients over different temperature ranges and the starting voltage should be measured at appropriate temperature intervals over the operating temperature range. The results are plotted graphically and from this graph the variation in temperature coefficient over given temperature ranges can be calculated.

If the temperature coefficient is linear over the operating temperature range, the starting voltage is measured at two different temperatures which are chosen to be near the ends of the operating temperature range. If the starting voltages are  $V_{s1}$  and  $V_{s2}$  at temperatures  $T_1$  and  $T_2$  respectively, then the temperature coefficient is given by:

$$\frac{V_{s2} - V_{s1}}{\frac{1}{2}(V_{s2} + V_{s1})} \times \frac{100}{(T_2 - T_1)} \quad \text{percent per Celsius degree}$$

Since the difference between the threshold voltage and the starting voltage is approximately constant, the temperature coefficient of the starting voltage will also be the temperature coefficient of the threshold voltage.

#### 4.14 *Temperature coefficient of radiation sensitivity*

If the relationship over the required operating range is non-linear, it may be necessary to define different coefficients over different temperature ranges and the sensitivity should be measured at appropriate temperature intervals over the operating temperature range. The results are plotted graphically and from this graph the variation in temperature coefficient over the given temperature range can be calculated.

If the temperature coefficient is linear over the operating temperature range, the sensitivity is measured at two different temperatures which are chosen to be near the ends of the operating temperature range.

Si les sensibilités sont  $S_1$  et  $S_2$ , respectivement aux températures  $T_1$  et  $T_2$ , le coefficient de température est donné par :

$$\frac{S_2 - S_1}{\frac{1}{2} (S_2 + S_1)} \times \frac{100}{T_2 - T_1} \quad \text{pour-cent par degré Celsius}$$

## 5. Caractéristiques mécaniques

### 5.1 Dimensions

Le fabricant doit donner dans son catalogue des dessins du tube-compteur de Geiger-Müller indiquant les dimensions et tolérances ainsi que la position de la partie active du tube (pour les dispositifs sensibles aux rayons gamma) ou la position et la surface de la fenêtre mince (pour les dispositifs sensibles aux rayons alpha et bêta). Des indications doivent aussi être données concernant les moyens de montage et la position des contacts électriques avec leur polarité (si nécessaire).

Il est recommandé, lorsque c'est possible, de faire référence aux publications CEI existantes, par exemple pour le culot octal indiqué sur la feuille 67-I-5a de la Publication 67 de la CEI: Dimensions de tubes électroniques.

### 5.2 Epaisseur de fenêtre ou de paroi

Le fabricant doit fournir des informations sur l'épaisseur de fenêtre ou de paroi (selon le type de tube-compteur) indiquée en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ , ainsi que sur la matière qui constitue la fenêtre ou la paroi.