

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 430

Première édition — First edition

1973

Méthodes d'essais des semicteurs gamma au germanium

Test procedures for germanium gamma-ray detectors



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

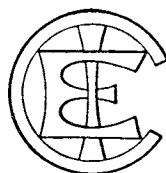
Publication 430

Première édition — First edition

1973

Méthodes d'essais des semicteurs gamma au germanium

Test procedures for germanium gamma-ray detectors



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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application et objet	6
2. Généralités	6
3. Caractéristiques électriques	6
4. Caractéristiques de détection	8
4.1 Surface du pic et bruit de fond	8
4.2 Localisation du pic	8
4.3 Largeur à mi-hauteur (LMH) et largeur au dixième de la hauteur (LDH) du pic	8
4.4 Rapport pic-Compton	10
5. Résolution en énergie du détecteur	10
5.1 Sources recommandées	10
5.2 Méthode	10
5.3 Asymétrie du pic	12
6. Caractéristiques de comptage	12
6.1 Rendement d'absorption totale de détection (en géométrie spécifiée)	12
6.2 Rendement d'absorption totale de détection rapporté à l'iodure de sodium	14
6.3 Mesure de la section efficace (d'absorption totale) du détecteur	14
6.4 Mesure de l'influence de l'angle d'incidence sur la section efficace du détecteur (anisotropie)	14
6.5 Indice d'épaisseur de la fenêtre	14
7. Possibilités de résolution en temps	14
7.1 Méthode de mesure	16
7.2 Résolution en temps	16
7.3 Paramètres à spécifier	16
FIGURES	18

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope and object	7
2. General	7
3. Electrical characteristics	7
4. Radiation detection characteristics	9
4.1 Peak area and spectral background	9
4.2 Peak location	9
4.3 Full width at half maximum (FWHM) and full width at tenth maximum (FWTM) of the peak	9
4.4 Peak-to-Compton ratio	11
5. Detector energy resolution	11
5.1 Recommended sources	11
5.2 Method	11
5.3 Peak asymmetry	13
6. Counting characteristics	13
6.1 Total absorption detection efficiency (fixed geometry)	13
6.2 Relative total absorption detection efficiency (relative to sodium iodide)	15
6.3 Detector cross-section measurement (total absorption)	15
6.4 Measurement of polar dependence of detector cross-section (anisotropy)	15
6.5 Window thickness index	15
7. Timing resolution capabilities	15
7.1 Measuring system	17
7.2 Timing resolution	17
7.3 System parameters to be specified	17
FIGURES.	18

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAIS
DES SEMICTEURS GAMMA AU GERMANIUM**

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 l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le premier projet fut discuté lors de la réunion de Washington en 1970, puis révisé lors de la réunion de Bucarest en 1971. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 45(Bureau Central)61, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en janvier 1972.

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

Afrique du Sud (République d')	Pologne
Australie	Roumanie
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Israël	Union des Républiques
Italie	Socialistes Soviétiques
Pays-Bas	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST PROCEDURES
FOR GERMANIUM GAMMA-RAY DETECTORS**

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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

The draft was first considered at the meeting held in Washington in 1970, and was revised during the meeting held in Bucharest in 1971. As a result of this latter meeting, a final draft, document 45(Central Office)61, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in January 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Romania
Belgium	South Africa (Republic of)
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Turkey
France	Union of Soviet
Israel	Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Netherlands	United States of America
Poland	Yugoslavia

MÉTHODES D'ESSAIS DES SEMICTEURS GAMMA AU GERMANIUM

1. Domaine d'application et objet

La présente recommandation s'applique aux semicteurs au germanium pour rayonnement gamma.

Les semicteurs au germanium sont très utilisés pour la détection et l'analyse des rayonnements gamma, essentiellement en raison de leur excellente résolution en énergie. Le développement rapide et l'utilisation de ces semicteurs dans un certain nombre de disciplines techniques ont rendu désirable l'élaboration de méthodes d'essais normalisées de façon que les mesures puissent avoir la même signification pour tous les constructeurs et utilisateurs. Les épaisseurs finies des fenêtres et le bruit de fond imposent des limitations à la précision pour les très basses énergies.

La présente recommandation n'implique pas l'obligation d'effectuer tous les essais décrits; elle implique seulement que si certains de ces essais sont effectués sur des dispositifs complets, ils doivent l'être conformément aux méthodes indiquées. La présente recommandation complète les publications suivantes de la CEI:

Publication 333: Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.

Publication 340: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.

2. Généralités

Un semicteur gamma au germanium est un dispositif semiconducteur au germanium qui utilise, pour la détection et la mesure de rayonnements X et gamma incidents, la création et le mouvement de porteurs de charge excédentaires produits par l'absorption de ces rayonnements.

Il est recommandé de prendre les précautions générales suivantes lorsqu'on effectue les essais décrits dans la présente recommandation: les valeurs limites fixées pour la tension et le courant, pour les conditions d'irradiation, pour la température ambiante et les conditions d'environnement, ainsi que les autres limites de fonctionnement spécifiées par le constructeur ne devraient pas être dépassées, car il pourrait en résulter des modifications permanentes des caractéristiques du détecteur. Toutes les mesures doivent être exécutées en plaçant le semiconducteur dans l'obscurité totale. Les valeurs des paramètres mesurés doivent être reproductibles, dans la limite de la précision spécifiée, après l'exécution de l'un quelconque ou de tous les essais. L'ondulation, le ronflement, la stabilité, etc., de l'alimentation assurant la polarisation du détecteur ne doivent pas influencer de façon significative les mesures de résolution ou d'autres paramètres du détecteur.

Etant donné que les semicteurs au germanium existent dans un certain nombre de dimensions et de configurations et fonctionnent dans le vide à basse température (habituellement au voisinage de 77°K), l'ensemble du détecteur est traité comme une «boîte noire» et toutes les mesures géométriques sont rapportées à l'enveloppe extérieure du conteneur. Les essais décrits s'appliquent aux configurations de détecteurs simples à deux bornes et non aux systèmes plus complexes tels ceux qui sont destinés à la suppression des coups dus à l'effet Compton.

3. Caractéristiques électriques

Les méthodes recommandées pour la mesure des caractéristiques électriques des semicteurs gamma au germanium sont décrites dans la Publication 333 de la CEI.

TEST PROCEDURES FOR GERMANIUM GAMMA-RAY DETECTORS

1. Scope and object

This recommendation applies to germanium detectors for gamma radiation.

Germanium detectors are extensively used for the detection and analysis of gamma radiation primarily because of their excellent energy resolution. The rapid development and utilization of these detectors in a variety of technical disciplines have made standard test procedures desirable so that measurements may have the same meaning for all manufacturers and users. Finite window thicknesses and background impose limitations in accuracy for very low energies.

This recommendation is not intended to imply that all tests described herein are mandatory, but only that such tests as are carried out on completed devices should be performed in accordance with these recommended procedures. This recommendation is in the nature of a supplement to the following IEC publications:

Publication 333: Test Procedures for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.

Publication 340: Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.

2. General

A germanium gamma-ray detector is a germanium semiconductor device that utilizes the production and motion of excess free charge carriers produced by radiation absorption for the detection and measurement of incident X- and gamma-radiation.

In carrying out the test procedures described herein, the following general precautions are recommended: maximum diode voltage, current, radiation flux ratings, device ambient temperature and environment and other operational limits specified by the detector manufacturer should not be exceeded, or permanent changes of the detector characteristics may result. All measurements shall be performed with the semiconductor material in total darkness. The values of the parameters measured shall be reproducible, within the stated precision of the measurement, after the performance of any one or all of the tests performed. The ripple, hum, stability, etc., of the detector bias supply shall not substantially influence the resolution or other detector parameter measurements.

Since germanium detectors exist in a variety of sizes and configurations, and operate in a vacuum environment at low temperatures (usually near 77°K), the detector assembly is treated as a "black box" and all geometrical measurements are referred to the outer encapsulating container. The tests described herein apply to simple, two-terminal detector configurations, and not to more complex systems such as those designed for suppression of Compton event counts.

3. Electrical characteristics

Recommended methods for measuring the electrical characteristics of germanium gamma-ray detectors are described in IEC Publication 333.

4. Caractéristiques de détection

Les essais en vue d'évaluer les caractéristiques des semicteurs au germanium impliquent la détermination d'un certain nombre de paramètres dans une distribution spectrale de l'amplitude des impulsions. L'origine et l'emploi de ces paramètres sont expliqués dans cet article. Les méthodes décrites ont été retenues en raison de leur simplicité et de la facilité des calculs, bien que dans certaines circonstances, par exemple en présence de pics très déformés, elles puissent conduire à des résultats trompeurs. Pour les analyses décrites ci-dessous, un pic doit présenter une largeur à mi-hauteur d'au moins six canaux et le nombre total de coups à l'intérieur de la LMH doit être au moins 10 000. Si les données sont traitées par ordinateur, le minimum de 10 000 coups ne s'applique pas pourvu que le ordinateur détermine la LMH à $\pm 3\%$ (niveau de confiance 90%).

4.1 Surface du pic et bruit de fond

Les données relatives au spectre d'amplitude devront être relevées sur un graphique représentant le logarithme du nombre de coups $N(x)$ dans le canal x en fonction du numéro x du canal. Sur ce graphique semi-logarithmique, on devra faire correspondre aux sections du spectre d'amplitude, situées de part et d'autre du pic, des lignes droites représentant une approximation de la distribution du bruit de fond, comme le montrent les droites $a-d$ et $e-h$ de la figure 4.1.1 (page 18). Pour faciliter la mise en correspondance de ces lignes de bruit de fond de part et d'autre du pic, on pourra utiliser les valeurs moyennes de groupes de 10 points. On fera passer une courbe par les points relevés de chaque côté de la base du pic de façon à prolonger la courbe du pic jusqu'au raccordement avec les lignes du bruit de fond, comme le montrent les courbes $E-F$ et $G-H$ de la figure 4.1.1. On considère que le bruit de fond est représenté par la surface située au-dessous de la portion de droite délimitée par les points d'intersection avec la courbe du pic, par exemple $A-D$ et $E-H$ de la figure 4.1.1.

La surface totale du pic A_t s'obtient en faisant la somme des coups par canal dans la partie du pic limitée par les points d'intersection avec la ligne de bruit de fond.

$$A_t = \sum_{x=E}^H N(x) \quad (4.1.1)$$

De même, la surface correspondant au bruit de fond A_b s'obtient en faisant la somme des coups par canal $B(x)$ pour le bruit de fond:

$$A_b = \sum_{x=E}^H B(x) \quad (4.1.2)$$

La surface du pic A est alors donnée par:

$$A = A_t - A_b$$

Il est souhaitable que le total des coups dus au bruit de fond (A_b) soit maintenu faible devant le total des coups dans le pic (A). Lorsque cela est possible, A_b/A devrait être inférieur à 0,10. Une courbe montrant la soustraction du bruit de fond devrait être fournie.

4.2 Localisation du pic

Calculer point par point le nombre de coups par canal diminué du bruit de fond $N(x) - B(x)$ en fonction du numéro de canal (x). Déterminer avec précision l'emplacement du pic $\hat{x}$ par son numéro et sa fraction de numéro de canal (par exemple, canal 863,9 comme dans la figure 4.2.1, page 19). Une technique convenable est la méthode de la moyenne pondérée pour les valeurs de $N(x)$ dans la partie où le pic est symétrique, par exemple au-dessus de la moitié de la hauteur maximale:

$$\hat{x} = \sum x [N(x) - B(x)] / \sum [N(x) - B(x)] \quad (4.2.1)$$

4.3 Largeur à mi-hauteur (LMH) et largeur au dixième de la hauteur (LDH) du pic

Sur une courbe de $[N(x) - B(x)]$ en fonction de x , déterminer la moitié et le dixième de la hauteur du pic. Déterminer la LMH et la LDH du pic en keV (voir paragraphe 5.1).