

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60759**

Première édition  
First edition  
1983-01

---

---

**Méthodes d'essais normalisés des spectromètres  
d'énergie X à semicteur**

**Standard test procedures for semiconductor  
X-ray energy spectrometers**

© IEC 1983 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

**X**

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

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE .....	4
PRÉFACE .....	4
Articles	
1. Domaine d'application .....	6
2. Objet .....	6
3. Glossaire .....	6
4. Symboles .....	22
5. Introduction .....	32
5.1 Système détecteur .....	32
5.2 Limite statistique de la résolution .....	34
5.3 Bruit du préamplificateur .....	34
5.4 Bruit du détecteur .....	36
5.5 Pertes de charges .....	36
5.6 Stabilité électronique et bruit extérieur .....	38
5.7 Effets du taux de comptage .....	38
5.8 Choix du matériau du détecteur: germanium ou silicium .....	42
5.9 Rendement du détecteur .....	44
5.10 Résolution de raies adjacentes et rapport raie/bruit de fond .....	44
5.11 Autres effets .....	46
6. Généralités .....	48
6.1 Définition du spectromètre d'énergie X à semicteur .....	48
6.2 Précautions et spécifications générales .....	48
6.3 Simulation du signal impulsion d'un détecteur .....	50
7. Résolution en énergie et distorsion spectrale .....	50
7.1 Mesure du bruit par distribution d'amplitude d'impulsion (méthode préférée) .....	50
7.2 Autres méthodes de mesure du bruit .....	52
7.3 Largeur du bruit considérée comme une fonction des constantes de temps de l'amplificateur .....	54
7.4 Mesure de la largeur de la raie X par distribution d'amplitude d'impulsion .....	54
7.5 Rapports pic/vallée et pic/trainée .....	58
8. Linéarité d'amplitude d'impulsion .....	60
8.1 Linéarité d'un système par la méthode de l'analyseur d'amplitude (méthode préférée) .....	60
8.2 Linéarité intégrale par la méthode du pont .....	62
9. Effets du taux de comptage .....	62
9.1 Montage expérimental .....	62
9.2 Déplacement du pic de distribution d'amplitude d'impulsion .....	66
9.3 Résolution spectrale et forme de la raie en fonction du taux de comptage .....	66
9.4 Pertes de comptage .....	66
10. Effets de surcharge .....	68
10.1 Généralités .....	68
10.2 Temps de restitution du gain de l'amplificateur .....	68
11. Stabilité de la hauteur d'amplitude .....	68
11.1 Variations de la tension du réseau d'alimentation .....	68
11.2 Effets de la température .....	70
11.3 Stabilité du gain .....	70
12. Efficacité .....	72
12.1 Mesure de l'atténuation de la fenêtre au moyen d'une source fluorescente en verre (méthode préférée pour appareils destinés à être utilisés en dessous de 5 keV) .....	72
12.2 Mesure de l'atténuation de la fenêtre au moyen de sources radioactives .....	76
12.3 Mesure de l'efficacité à haute énergie .....	78
FIGURES .....	82

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
PREFACE .....	5
Clause	
1. Scope .....	7
2. Object .....	7
3. Glossary .....	7
4. Symbols .....	23
5. Introduction .....	33
5.1 Detector system .....	33
5.2 Statistical limit of resolution .....	35
5.3 Preamplifier noise .....	35
5.4 Detector noise .....	37
5.5 Charge loss .....	37
5.6 Electronic stability and extraneous noise .....	39
5.7 Count-rate effects .....	39
5.8 Detector material selection: germanium versus silicon .....	43
5.9 Detector efficiency .....	45
5.10 Resolution of adjacent lines and line-to-background ratio .....	45
5.11 Miscellaneous other effects .....	47
6. General .....	49
6.1 Definition of semiconductor X-ray energy spectrometer .....	49
6.2 General precautions and specifications .....	49
6.3 Simulating the signal pulse of a detector .....	51
7. Energy resolution and spectral distortion .....	51
7.1 Noise measurement by pulse-height distribution (preferred method) .....	51
7.2 Alternate techniques for noise measurement .....	53
7.3 Noise linewidth as a function of amplifier time constants .....	55
7.4 X-ray linewidth measurements by pulse-height distribution .....	55
7.5 Peak-to-valley and peak-to-tail ratios .....	59
8. Pulse-height linearity .....	61
8.1 System X-ray linearity by pulse-height analyzer method (preferred method) .....	61
8.2 Integral linearity by the bridge method .....	63
9. Count-rate effects .....	63
9.1 Experimental arrangement .....	63
9.2 Pulse-height distribution peak shift .....	67
9.3 Spectral resolution and line shape versus count-rate .....	67
9.4 Counting losses .....	67
10. Overload effects .....	69
10.1 General .....	69
10.2 Amplifier gain recovery time .....	69
11. Pulse-height stability .....	69
11.1 Line voltage variations .....	69
11.2 Temperature effects .....	71
11.3 Gain stability .....	71
12. Efficiency .....	73
12.1 Window attenuation measurements with glass fluorescent source (preferred method for instruments intended for use below 5 keV) .....	73
12.2 Window attenuation measurement with radioactive sources .....	77
12.3 High energy efficiency measurements .....	79
FIGURES .....	82

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

**MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉS  
DES SPECTROMÈTRES D'ÉNERGIE X À SEMICTEUR**

---

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 norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1980. A la suite de cette réunion, un projet, document 45(Bureau Central)146, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1981.

Des modifications, document 45(Bureau Central)157, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en janvier 1982.

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

Afrique du Sud (République d')	Italie
Australie	Nouvelle-Zélande
Belgique	Pays-Bas
Canada	Pologne
Espagne	République Démocratique Allemande
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques

*Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:*

- Publications n°s 50: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).  
333: Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.  
340: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour semicteurs pour rayonnements ionisants.  
656: Méthodes d'essais pour semicteurs au germanium de haute pureté pour rayonnements X et gamma.
-

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## STANDARD TEST PROCEDURES FOR SEMICONDUCTOR X-RAY ENERGY SPECTROMETERS

### 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 recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

### PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 45: Nuclear Instrumentation.

A first draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1980. As a result of this meeting, a draft, Document 45(Central Office)146, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1981.

Amendments, Document 45(Central Office)157, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1982.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	New Zealand
Canada	Poland
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Finland	Spain
France	Union of Soviet
German Democratic Republic	Socialist Republics
Italy	United States of America

*Other IEC publications quoted in this standard:*

- Publications Nos. 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV).  
 333: Test Procedures for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.  
 340: Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.  
 656: Test Procedures for High-purity Germanium Detectors for X and Gamma Radiation.

## MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉS DES SPECTROMÈTRES D'ÉNERGIE X À SEMICTEUR

---

### 1. **Domaine d'application**

La présente norme expose les méthodes d'essais normalisés des spectromètres d'énergie X à semicteur. De tels systèmes sont constitués d'un semicteur et de l'électronique de traitement du signal liée par une interface à un analyseur d'amplitude couplé à un ordinateur. Cette norme ne couvre pas les méthodes d'essais des analyseurs d'amplitude ni des ordinateurs. L'article 5 est essentiellement d'ordre pratique.

**STANDARD TEST PROCEDURES  
FOR SEMICONDUCTOR X-RAY ENERGY SPECTROMETERS**

---

**1. Scope**

This standard presents standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers. Such systems consist of a semiconductor radiation detector assembly and signal processing electronics interfaced to a pulse-height analyzer/computer. Test procedures for pulse-height analyzers and computers are not covered in this standard. Clause 5 is essentially tutorial.