

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
1276**

Première édition
First edition
1994-08

**Instrumentation nucléaire –
Principes de sélection de systèmes
spectrométriques des rayonnements nucléaires
assistés par des mesures**

**Nuclear instrumentation –
Guidelines for selection of metrologically
supported nuclear radiation spectrometry
systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1276: 1994

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV)*.

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.

**RAPPORT
TECHNIQUE – TYPE 3
TECHNICAL
REPORT – TYPE 3**

**CEI
IEC
1276**

Première édition
First edition
1994-08

**Instrumentation nucléaire –
Principes de sélection de systèmes
spectrométriques des rayonnements nucléaires
assistés par des mesures**

**Nuclear instrumentation –
Guidelines for selection of metrologically
supported nuclear radiation spectrometry
systems**

© CEI 1994 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 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application et objet	10
2 Documents de référence	10
3 Catégories de spectromètres	12
4 Caractéristiques des informations fournies en sortie	12
5 Tableaux	14
Tableau 1 – Spectromètres de rayonnements alpha avec détecteurs semiconducteurs au Si	14
Tableau 2 – Spectromètres de rayonnements X avec détecteurs semiconducteurs au Si (Li)	16
Tableau 3 – Spectromètres de rayonnements X avec détecteurs semiconducteurs au Ge	18
Tableau 4 – Spectromètres de rayonnements X à compteurs proportionnels	20
Tableau 5 – Spectromètres de rayonnements gamma avec détecteurs semiconducteurs au Ge	22
Tableau 6 – Spectromètres de rayonnements gamma avec détecteurs à scintillation au NaI (Tl)	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Reference documents	11
3 Spectrometer groups	13
4 Output information characteristics	13
5 Tables	15
Table 1 – Alpha-radiation energy spectrometers with Si semiconductor detectors	15
Table 2 – X-ray energy spectrometers with Si (Li) semiconductor detectors	17
Table 3 – X-ray energy spectrometers with Ge semiconductor detectors	19
Table 4 – X-ray energy spectrometers with proportional counters	21
Table 5 – Gamma-radiation energy spectrometers with Ge semiconductor detectors	23
Table 6 – Gamma-radiation energy spectrometers with NaI (TI) scintillation detectors	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – PRINCIPES DE SÉLECTION DE SYSTÈMES SPECTROMÉTRIQUES DES RAYONNEMENTS NUCLÉAIRES ASSISTÉS PAR DES MESURES

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1276, rapport technique de type 3, a été établie par le comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR INSTRUMENTATION –
GUIDELINES FOR SELECTION OF METROLOGICALLY SUPPORTED
NUCLEAR RADIATION SPECTROMETRY SYSTEMS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example, "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1276, which is a technical report of type 3, has been prepared by IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
45(SEC)326	45(SEC)333

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce rapport technique.

Le présent rapport technique fournit des indications supplémentaires aux utilisateurs de spectromètre nucléaire. Pour cette raison, ce rapport donne des informations sur les paramètres techniques des spectromètres modernes. Les tableaux contiennent les valeurs de certaines caractéristiques du spectromètre qui sont apparues après une étude approfondie des données techniques modernes disponibles issues de l'expérience scientifique actuelle des experts engagés dans la préparation de ce rapport et sur des informations dans des publications scientifiques et techniques.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 61276-1994

The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
45(SEC)326	45(SEC)333

Full information on the voting for the approval of this technical report can be found in the report on voting indicated in the above table.

This technical report provides additional guidance for the nuclear spectrometer users. For that reason this report gives information about the technically based parameters of modern spectrometers. The tables containing the values of certain spectrometer characteristics appeared after a thorough study of modern technical data available from the actual scientific experience of experts involved in the preparation of this report and information from technical and scientific publications.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 61276:1994

INTRODUCTION

Dans de nombreuses situations le choix des spécifications maximales ne s'impose pas et ne mène qu'à l'augmentation du coût sans apporter d'améliorations significatives quant au résultat final. Les tableaux joints correspondent aux applications générales et aux principaux types de détecteurs. Ces tableaux ont été, de surcroît, subdivisés en quatre groupes qui se rapportent aux applications spécifiques, prenant en compte des exigences de précision et de résolution. Ces groupes ne mènent pas à définir de manière rigide les spécifications pour les quatre classes de systèmes, puisqu'il est évident que les besoins pour un objet particulier ne peuvent pas être aussi nettement cadrés. En tout cas, lorsqu'une spécification est largement meilleure que celle se rapportant à la catégorie spécifique la plus appropriée, les utilisateurs pourront toujours juger si le surcroît de coût est justifié.

Les divers documents préparés par la CEI ne donnent pas les valeurs exactes de certaines des caractéristiques des spectromètres de mesure des rayonnements nucléaires et c'est pourquoi il a semblé raisonnable de faire état dans le présent rapport des conditions réelles applicables aux caractéristiques des spectromètres qui présentent une utilité pour les constructeurs et les utilisateurs de ces appareils de haute précision très employés en science et en technologie.

INTRODUCTION

In many instances, the best possible state-of-the-art specification of nuclear radiation spectrometers is not needed and serves only to increase the cost without providing significant improvement in the final result. The accompanying tables correspond to general application and detector types. These tables have been further subdivided into four groups which correspond to specific application, taking into consideration the required precision and resolution. These groups are not intended to rigidly define the specifications for four classes of systems since it is obvious that the needs of a specific end use cannot be so neatly categorized. However, in any case where a specification is significantly better than what is listed for the most appropriate specific application category, the user should consider whether increase in cost is justified.

In various documents prepared by the IEC, the exact figures related to certain characteristics of nuclear radiation spectrometers are not stated. That is why it is reasonable to reflect in this report the actual situation with spectrometer characteristics that would be useful for the manufacturers and users of these high-precision instruments widely used in science and technology.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC TR 61215:1994

INSTRUMENTATION NUCLÉAIRE – PRINCIPES DE SÉLECTION DE SYSTÈMES SPECTROMÉTRIQUES DES RAYONNEMENTS NUCLÉAIRES ASSISTÉS PAR DES MESURES

1 Domaine d'application et objet

Le présent rapport s'applique aux systèmes spectrométriques de mesure des rayonnements nucléaires à base métrologique.

Il a pour objet de fournir des éléments d'aide aux utilisateurs de systèmes spectrométriques de rayonnements pour la sélection des spécifications appropriées pour des types définis d'applications.

Les spectromètres de rayonnements nucléaires sont largement utilisés, non seulement dans le domaine spécifiquement nucléaire, mais aussi dans beaucoup de domaines de la technologie moderne: analyses par activation et par fluorescence X, contrôle de l'environnement, surveillance géologique, études géochimiques, biologie, physique sanitaire, etc. Les spectromètres modernes de rayonnements font partie des instruments les plus précis. Cette dernière précision est très importante car il y a lieu de tenir compte de la nécessité de ne pas oublier d'exposer comment on contrôle et étalonne les spectromètres.

Aux fins métrologiques, il existe, à la disposition des utilisateurs comme des constructeurs, des sources de rayonnement et des moyens de mesure qui donnent de manière reproductible et fiable les grandeurs permettant de connaître les caractéristiques des spectromètres.

Dans la majeure partie des cas, un spectromètre nucléaire se compose d'un détecteur, d'un amplificateur, d'un convertisseur analogique-numérique, d'une unité d'acquisition, d'une mémoire, de sous-ensembles d'affichage et d'entrées-sorties (écran de visualisation, imprimante, traceur, etc.).

Les méthodes de mesure des caractéristiques sont basées sur les CEI 333, CEI 462, CEI 759, CEI 1151 ou sur d'autres normes actuellement en préparation.

2 Documents de référence

CEI 333: 1993, *Instrumentation nucléaire – Détecteurs semiconducteurs pour particules chargées – Méthodes d'essai*

CEI 462: 1974, *Méthodes d'essais normalisées des tubes photomultiplicateurs utilisés dans les ensembles de comptage à scintillation*

CEI 759: 1983, *Méthodes d'essais normalisées des spectromètres d'énergie X à semicteurs*

CEI 1151: 1992, *Instrumentation nucléaire – Amplificateurs et préamplificateurs utilisés avec des détecteurs de rayonnements ionisants – Méthodes d'essais*

NUCLEAR INSTRUMENTATION – GUIDELINES FOR SELECTION OF METROLOGICALLY SUPPORTED NUCLEAR RADIATION SPECTROMETRY SYSTEMS

1 Scope and object

This report applies to nuclear radiation spectrometry systems which are metrologically supported.

The purpose of this report is to aid nuclear radiation spectrometer users in the selection of appropriate systems specifications for certain types of application.

Nuclear radiation spectrometers are widely used not only in nuclear science but also in many fields of modern technology: activation and X-ray fluorescent analysis, environmental control, geological survey, geochemical studies, biology, health physics, etc. Modern nuclear radiation spectrometers are one of the most precise instruments. The last statement is very important taking into consideration the necessity of providing the unsight checking and calibration of spectrometers.

From the point of view of metrology, it means that they are available as for the user and for the manufacturer as radiation sources and measurement means that provide the reproducible and valid quantities describing certain spectrometer characteristics.

In most cases a nuclear spectrometer consists of a detector, an amplifier, an analog-to-digital converter (ADC), an acquisition unit, a memory, a display and different input/output (I/O) units (a display, a printer, a plotter, etc.).

The ways to measure most of the characteristics are based on IEC 333, IEC 462 and IEC 759 as well as on IEC 1151.

2 Reference documents

IEC 333: 1993, *Nuclear instrumentation – Semiconductor charged-particle detectors – Test procedures*

IEC 462: 1974, *Standard test procedures for photomultiplier tubes for scintillation counting*

IEC 759: 1983, *Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers*

IEC 1151: 1992, *Nuclear instrumentation – Amplifiers and preamplifiers used with detectors of ionizing radiation – Test procedures*

3 Catégories de spectromètres

Tous les spectromètres sont classés dans les groupes suivants:

- A spectromètres de précision;
- B spectromètres principalement destinés à la recherche;
- C spectromètres à but plus général (moins chers que A et B);
- D autres types de spectromètres (utilisation en contrôle de processus, éducation, etc.).

4 Caractéristiques des informations fournies en sortie

Logiciels et matériels doivent comprendre, par exemple:

- mode spécifié du programme de mesure;
- recherche et identification automatiques des pics;
- détermination de surface nette avec soustraction du fond;
- tracé de courbes de réponse en amplitude et de non-linéarité intégrale;
- détermination des concentrations relatives pour divers radionucléides ou éléments présents dans l'échantillon mesuré.

3 Spectrometer groups

All spectrometers are subdivided into the following groups:

- A precision spectrometers;
- B spectrometers intended mainly for scientific research;
- C general purpose spectrometers (less expensive than A and B spectrometers);
- D other types of spectrometers (for application in process control, education, etc.).

4 Output information characteristics

Software and hardware shall be provided including, for example:

- given program measurement mode;
- automatic peak search and its identification;
- peak area determination with background subtraction;
- plotting of pulse height response and integral non-linearity;
- relative contents determination of various radionuclides/elements in measured sample.

5 Tableaux

Tableau 1 – Spectromètres de rayonnements alpha avec détecteurs semiconducteurs au Si

Caractéristiques	Groupes de spectromètres			
	A	B	C	D
1 Gamme d'énergies*, MeV	3 à 8			
2 Résolution en énergie (FWHM) à 5,155 MeV (Pu 239), pas plus de, % (keV) selon la surface active du détecteur 0,2 à 0,25 cm ² 0,5 à 3,0 cm ²	0,25 (<13) 0,25-0,4 (13-21)	0,25 (<13) 0,3-0,4 (15-21)	0,4-0,45 (21-23) 0,5-0,6 (26-31)	0,8-0,9 (41-46) 0,9-1,0 (46-52)
3 Temps de fonctionnement continu de la partie électronique, pas moins de, h	24	48	24	24, 48, 120, 240 720
4 Temps de préchauffage, min	30	30	15	15
5 Type de réponse en amplitude (numéro de canal fonction de l'énergie)	Linéaire			
6 Non-linéarité intégrale, pas plus de, %	0,05	0,1	0,2	0,3
7 Taux statistique maximal de comptage en entrée**, pas plus de, s ⁻¹	1×10 ⁴	2×10 ⁴	5×10 ⁴	5×10 ⁴
8 Instabilité en temps de la réponse en amplitude (pour 16 h de fonctionnement continu), pas plus de, %, aux tensions d'alimentation et températures de références	0,05	0,05	0,1	0,3
9 Instabilité en température de la réponse en amplitude, pas plus de, %/°C	0,03	0,05	0,07	0,1
10 Instabilité de la réponse en amplitude sur variations (±10 %) de tension d'alimentation, pas plus de, %	0,03	0,05	0,1	0,1
11 Caractéristiques de tension d'alimentation	Devra être défini pour chaque type ou modèle de spectromètre			
12 Conditions de fonctionnement				
* Avec sources étalons commercialement disponibles.				
** Dérive de la position et élargissement du pic devront être définis (habituellement <0,025 % et <15 % respectivement).				

5 Tables

Table 1 – Alpha-radiation energy spectrometers with Si semiconductor detectors

Characteristics	Spectrometer groups			
	A	B	C	D
1 Energy range*, MeV	3 – 8			
2 Energy resolution (FWHM) for 5,155 MeV line (Pu 239), not more than, % (keV) depending on detector active area 0,2 – 0,25 cm ² 0,5 – 3,0 cm ²	 0,25 (13) 0,25-0,4 (13-21)	 0,25 (13) 0,3-0,4 (15-21)	 0,4-0,45 (21-23) 0,5-0,6 (26-31)	 0,8-0,9 (41-46) 0,9-1,0 (46-52)
3 Continuous operation time of the electronic part, not less than, h	24	48	24	24, 48, 120, 240 720
4 Warm-up time, min	30	30	15	15
5 Type of pulse height response (channel number versus energy)	Linear			
6 Integral non-linearity, not more than, %	0,05	0,1	0,2	0,3
7 Maximum input statistical count rate**, not more than, s ⁻¹	1×10 ⁴	2×10 ⁴	5×10 ⁴	5×10 ⁴
8 Time instability of pulse height response (for 16 h continuous operation), not more than, % at reference power supply voltage and temperature	0,05	0,05	0,1	0,3
9 Temperature instability of pulse height, not more than, %/°C	0,03	0,05	0,07	0,1
10 Pulse height response instability at supply voltage changes (±10 %) , not more than, %	0,03	0,05	0,1	0,1
11 Power supply characteristics	Should be stated for each type or model of spectrometers			
12 Operating conditions				
* By means of commercially available reference sources.				
** Peak position shift and broadening should be stated (usually <0,025 % and <15 % respectively).				

Tableau 2 – Spectromètres de rayonnements X avec détecteurs semiconducteurs au Si (Li)

Caractéristiques	Groupes de spectromètres			
	A	B	C	D
1 Gamme d'énergies, keV	1,0 à 30,0			
2 Résolution en énergie (FWHM) à 5,9 keV (Fe 55), pas plus de, % (eV) selon la surface active du détecteur 0,2 à 0,25 cm ² 0,5 à 1,0 cm ²	2,54 (150) 3,0 (180)	3,05 (180) 3,5 (210)	3,4 (200) 4,0 (240)	3,6 (210) 5,5 (325)
3 Temps de fonctionnement continu pas moins de, h	24	24	24	16, 24, 48, 720
4 Temps de préchauffage, min	30	30	15	15
5 Type de réponse en amplitude (numéro de canal fonction de l'énergie)	Linéaire			
6 Non-linéarité intégrale, pas plus de, %	0,01	0,01	0,05	0,05
7 Taux statistique maximal de comptage en entrée*, pas plus de, s ⁻¹	2×10 ⁴	8×10 ⁴	2×10 ⁵	2×10 ⁵
8 Instabilité en temps de la réponse en amplitude (pour 16 h de fonctionnement continu), pas plus de, %, aux tensions d'alimentation et températures de références	0,05	0,10	0,15	0,20
9 Instabilité en température de la réponse en amplitude, pas plus de, %/°C	0,03	0,06	0,10	0,15
10 Instabilité de la réponse en amplitude sur variations (±10 %) de tension d'alimentation, pas plus de, %	0,05	0,05	0,10	0,15
11 Efficacité de détection à 5,9 keV	Devra être défini pour chaque type ou modèle de spectromètre			
12 Caractéristiques de tension d'alimentation				
13 Conditions de fonctionnement				
14 Temps de refroidissement				
* Dérive de la position et élargissement du pic devront être définis.				

Table 2 – X-ray energy spectrometers with Si (Li) semiconductor detectors

Characteristics		Spectrometer groups			
		A	B	C	D
1	Energy range, keV	1,0 – 30,0			
2	Energy resolution (FWHM) for 5,9 keV line (Fe 55), not more than, % (eV) depending on detector active area 0,2 – 0,25 cm ² 0,5 – 1,0 cm ²	2,54 (150) 3,0 (180)	3,05 (180) 3,5 (210)	3,4 (200) 4,0 (240)	3,6 (210) 5,5 (325)
3	Continuous operation time, not less than, h	24	24	24	16, 24, 48, 720
4	Warm-up time, min	30	30	15	15
5	Type of pulse height response (channel number versus energy)	Linear			
6	Integral non-linearity, not more than, %	0,01	0,01	0,05	0,05
7	Maximum input statistical count rate*, not more than, s ⁻¹	2×10 ⁴	8×10 ⁴	2×10 ⁵	2×10 ⁵
8	Time instability of pulse height response (for 16 h continuous operation), not more than, % at reference power supply voltage and temperature	0,05	0,10	0,15	0,20
9	Temperature instability of pulse height response, not more than, %/°C	0,03	0,06	0,10	0,15
10	Pulse height response instability at supply voltage changes (±10 %), not more than, %	0,05	0,05	0,10	0,15
11	Efficiency for 5,9 keV line	Should be stated for each type or model of spectrometers			
12	Power supply characteristics				
13	Operating conditions				
14	Cooling time				
* Peak position shift and broadening should be stated.					

Tableau 3 – Spectromètres de rayonnements X avec détecteurs semiconducteurs au Ge

Caractéristiques		Groupes de spectromètres			
		A	B	C	D
1	Gamme d'énergies, keV	1,0 à 150,0			
2	Résolution en énergie (FWHM) à 5,9 keV (Fe 55), pas plus de, % (eV) selon la surface active du détecteur 0,2 à 0,25 cm ² 0,5 à 1,0 cm ² à 122 keV (Co 57), pas plus de, % (eV) selon la surface active du détecteur 0,2 à 0,25 cm ² 0,5 à 1,0 cm ²	2,7 (160) 3,3 (195) 0,35 (430) 0,5 (610)	3,0 (180) 4,0 (236) 0,40 (490) 0,65 (800)	3,2 (190) 5,5 (325) 0,45 (550) 1,0 (1200)	3,5 (206) 6,0 (355) 0,5 (600) 1,2 (1500)
3	Temps de fonctionnement continu pas moins de, h	24	24	24	16, 24, 48, 720
4	Temps de préchauffage, min	30	30	15	15
5	Type de réponse en amplitude (numéro de canal fonction de l'énergie)	Linéaire			
6	Non-linéarité intégrale, pas plus de, %	0,01	0,01	0,05	0,05
7	Taux statistique maximal de comptage en entrée*, pas plus de, s ⁻¹	2×10 ⁴	8×10 ⁴	2×10 ⁵	2×10 ⁵
8	Instabilité en temps de la réponse en amplitude (pour 16 h de fonctionnement continu), pas plus de, % aux tensions d'alimentation et températures de références	0,05	0,1	0,1	0,3
9	Instabilité en température de la réponse en amplitude, pas plus de, %/°C	0,03	0,06	0,1	0,15
10	Instabilité de la réponse en amplitude sur variations (±10 %) de tension d'alimentation, pas plus de, %	0,05	0,05	0,10	0,20
11	Efficacité de détection à 5,9 keV	Devra être défini pour chaque type ou modèle de spectromètre			
12	Caractéristiques de tension d'alimentation				
13	Conditions de fonctionnement				
14	Temps de refroidissement				
* Dérive de la position et élargissement du pic devront être définis.					

Table 3 – X-ray energy spectrometers with Ge semiconductor detectors

Characteristics	Spectrometer groups			
	A	B	C	D
1 Energy range, keV	1,0 – 150,0			
2 Energy resolution (FWHM) for 5,9 keV line (Fe 55), not more than, % (eV) depending on detector active area 0,2 – 0,25 cm ² 0,5 – 1,0 cm ² for 122 keV (Co 57), not more than, % (eV) depending on detector active area 0,2 – 0,25 cm ² 0,5 – 1,0 cm ²	2,7 (160) 3,3 (195) 0,35 (430) 0,5 (610)	3,0 (180) 4,0 (236) 0,40 (490) 0,65 (800)	3,2 (190) 5,5 (325) 0,45 (550) 1,0 (1200)	3,5 (206) 6,0 (355) 0,5 (600) 1,2 (1500)
3 Continuous operation time, not less than, h	24	24	24	16, 24, 48, 720
4 Warm-up time, min	30	30	15	15
5 Type of pulse height response (channel number versus energy)	Linear			
6 Integral non-linearity, not more than, %	0,01	0,01	0,05	0,05
7 Maximum input statistical count rate*, not more than, s ⁻¹	2×10 ⁴	8×10 ⁴	2×10 ⁵	2×10 ⁵
8 Time instability of pulse height response (for 16 h continuous operation), not more than, % at reference power supply voltage and temperature	0,05	0,1	0,1	0,3
9 Temperature instability of pulse height response, not more than, %/°C	0,03	0,06	0,1	0,15
10 Pulse height response instability at supply voltage changes (±10 %), not more than, %	0,05	0,05	0,10	0,20
11 Efficiency for 5,9 keV line	Should be stated for each type or model of spectrometers			
12 Power supply characteristics				
13 Operating conditions				
14 Cooling time				
* Peak position shift and broadening should be stated.				

Tableau 4 – Spectromètres de rayonnements X avec compteurs proportionnels

Caractéristiques	Groupes de spectromètres			
	A	B	C	D
1 Gamme d'énergies, keV	Spécifier pour chaque modèle en relation avec le compteur proportionnel utilisé ou le type de mesures à réaliser			
2 Résolution en énergie (FWHM) à 5,9 keV (Fe 55), pas plus de, %	14	16	20	25
3 Temps de fonctionnement continu, pas moins de, h	24	24	24	24
4 Temps de préchauffage, min	30	30	15	15
5 Type de réponse en amplitude (numéro de canal fonction de l'énergie)	Linéaire			
6 Non-linéarité intégrale, pas plus de, %	1	1	1	1
7 Taux statistique maximal de comptage en entrée*, pas plus de, s ⁻¹	1×10 ⁴	3×10 ⁴	3×10 ⁴	3×10 ⁴
8 Instabilité en temps de la réponse en amplitude (pour 16 h de fonctionnement continu), pas plus de, %, aux tensions d'alimentation et températures de références	0,5	0,5	1	1
9 Instabilité en température de la réponse en amplitude, pas plus de, %/°C	0,05	0,05	0,07	0,1
10 Efficacité	Devra être défini pour chaque type ou modèle de spectromètre			
11 Caractéristiques de tension d'alimentation				
12 Conditions de fonctionnement				
13 Puissance consommée à partir de la source de courant continu**, W	—	—	Spécifiée dans notices modèles	

* Dérive de la position et élargissement du pic devront être définis.

** Pour les systèmes portables du groupe C, pas plus de 10 W.