

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
61275**

Première édition
First edition
1997-09

**Instrumentation pour la radioprotection –
Analyse des radionucléides discrets
présents dans l'environnement –
Système de spectrométrie gamma *in situ*
utilisant un détecteur au germanium**

**Radiation protection instrumentation –
Measurement of discrete radionuclides
in the environment –
In situ photon spectrometry system
using a germanium detector**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61275:1997

Numéros des publications

Depuis le 1er 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 ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

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*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st 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 revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

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*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

61275

Première édition
First edition
1997-09

**Instrumentation pour la radioprotection –
Analyse des radionucléides discrets
présents dans l'environnement –
Système de spectrométrie gamma *in situ*
utilisant un détecteur au germanium**

**Radiation protection instrumentation –
Measurement of discrete radionuclides
in the environment –
In situ photon spectrometry system
using a germanium detector**

© IEC 1997 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 IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

| | Pages |
|---|-------|
| AVANT-PROPOS | 6 |
| Articles | |
| 1 Domaine d'application et objet | 8 |
| 2 Références normatives | 8 |
| 3 Terminologie | 10 |
| 4 Conception générale..... | 16 |
| 4.1 Instrument de base | 16 |
| 4.2 Choix du système | 16 |
| 5 Classification des caractéristiques de fonctionnement..... | 16 |
| 6 Procédures générales d'essais | 18 |
| 6.1 Nature des essais | 18 |
| 6.2 Conditions de référence et conditions normales d'essais | 18 |
| 6.3 Position de l'appareil pour les essais..... | 18 |
| 6.4 Mesures de faible niveau | 18 |
| 6.5 Fluctuations statistiques..... | 18 |
| 6.6 Rayonnement de référence..... | 18 |
| 7 Caractéristiques générales | 20 |
| 7.1 Indications | 20 |
| 7.2 Marquages de l'ensemble..... | 20 |
| 7.3 Etendue effective de mesure de l'appareil | 20 |
| 7.4 Refroidissement du détecteur..... | 20 |
| 7.5 Type de détecteur | 20 |
| 7.6 Enveloppe du détecteur | 20 |
| 7.7 Construction du détecteur | 20 |
| 7.8 Support..... | 22 |
| 7.9 Facilité de décontamination..... | 22 |
| 7.10 Considérations relatives à la sécurité | 22 |
| 8 Caractéristiques radiologiques | 22 |
| 8.1 Erreur relative intrinsèque | 22 |
| 8.2 Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement photonique | 22 |
| 8.3 Variation de la réponse avec l'angle d'incidence | 24 |
| 8.4 Résolution | 24 |
| 8.5 Efficacité relative | 24 |
| 8.6 Bruit de fond dû à la contamination de l'ensemble de mesure | 26 |
| 9 Caractéristiques électriques..... | 26 |
| 9.1 Fluctuations statistiques..... | 26 |
| 9.2 Temps de préchauffage | 26 |
| 9.3 Alimentation électrique – Fonctionnement sur batterie | 28 |
| 9.4 Alimentation électrique par le secteur | 28 |

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| FOREWORD | 7 |
| Clause | |
| 1 Scope and object | 9 |
| 2 Normative references | 9 |
| 3 Terminology | 11 |
| 4 General design | 17 |
| 4.1 Basic instrument | 17 |
| 4.2 Choice of system | 17 |
| 5 Classification of the performance characteristics | 17 |
| 6 General test procedures | 19 |
| 6.1 Nature of tests | 19 |
| 6.2 Reference conditions and standard test conditions | 19 |
| 6.3 Position of assembly for purposes of tests | 19 |
| 6.4 Low-level measurements | 19 |
| 6.5 Statistical fluctuations | 19 |
| 6.6 Reference radiation | 19 |
| 7 General characteristics | 21 |
| 7.1 Indication | 21 |
| 7.2 Assembly markings | 21 |
| 7.3 Effective range of measurement of an assembly | 21 |
| 7.4 Detector cooling | 21 |
| 7.5 Detector type | 21 |
| 7.6 Detector housing | 21 |
| 7.7 Detector construction | 21 |
| 7.8 Tripod | 23 |
| 7.9 Ease of decontamination | 23 |
| 7.10 Safety considerations | 23 |
| 8 Radiation characteristics | 23 |
| 8.1 Relative intrinsic error | 23 |
| 8.2 Variation of response with photon radiation energy | 23 |
| 8.3 Variation of response with angle of incidence | 25 |
| 8.4 Resolution | 25 |
| 8.5 Relative efficiency | 25 |
| 8.6 Background contamination from the instrument assembly | 27 |
| 9 Electrical characteristics | 27 |
| 9.1 Statistical fluctuations | 27 |
| 9.2 Warm-up time | 27 |
| 9.3 Power supplies – Battery operation | 29 |
| 9.4 Power supplies – Mains operation | 29 |

| Articles | Pages |
|---|-------|
| 10 Caractéristiques mécaniques | 30 |
| 10.1 Résistance aux vibrations et aux chocs pendant le transport et le chargement.. | 30 |
| 11 Prescriptions environnementales et essais | 34 |
| 11.1 Prescriptions et essais aux températures extrêmes | 34 |
| 11.2 Influence de l'humidité relative (HR) | 34 |
| 11.3 Prescriptions de résistance au vent et essais | 36 |
| 11.4 Prescriptions d'étanchéité des emballages | 36 |
| 11.5 Résistance du détecteur aux cycles thermiques..... | 36 |
| 11.6 Influence de la pression atmosphérique..... | 36 |
| 11.7 Prescriptions d'étanchéité des matériels..... | 36 |
| 11.8 Champs électromagnétiques externes | 36 |
| 11.9 Champs magnétiques externes | 36 |
| 11.10 Stockage et transport | 38 |
| 12 Résumé des caractéristiques | 38 |
| 13 Documentation | 38 |
| 13.1 Certificat..... | 38 |
| 13.2 Notice d'utilisation..... | 38 |
| Tableaux | |
| 1 Conditions de référence et conditions normales d'essais | 40 |
| 2 Essais effectués avec variation des grandeurs d'influence..... | 42 |
| 3 Performances mécaniques dans les conditions d'essai..... | 44 |
| 4 Essais de capacité de survie à différentes fréquences fixes de vibration..... | 44 |
| 5 Essais de résistance aux vibrations à des fréquences variant lentement..... | 44 |
| A.1 Paramètre donnant les valeurs du flux en fonction du profil en profondeur..... | 50 |
| C.1 Taux de comptage dans le pic d'absorption totale par unité d'activité surfacique en impulsions·min ⁻¹ ·kBq·m ⁻² | 54 |
| Figure 1 – Distribution angulaire du flux incident | 46 |
| Annexes | |
| A Utilisation et interprétation des données | 48 |
| B Réponse du détecteur en fonction de sa taille, de sa forme et de son efficacité relative.... | 52 |
| C Taux de comptage attendus dans le pic d'absorption totale par unité d'activité de dépôt pour des radionucléides déterminés récemment déposés | 54 |

| Clause | Page |
|---|------|
| 10 Mechanical characteristics | 31 |
| 10.1 Vibration and shock survival during transport and shipping | 31 |
| 11 Environmental requirements and tests | 35 |
| 11.1 Requirements and tests at temperature extremes | 35 |
| 11.2 Influence of relative humidity (RH) | 35 |
| 11.3 Wind resistance requirements and tests | 37 |
| 11.4 Waterproof requirements | 37 |
| 11.5 Temperature cycling of detector | 37 |
| 11.6 Influence of atmospheric pressure | 37 |
| 11.7 Sealing requirements | 37 |
| 11.8 External electromagnetic fields | 37 |
| 11.9 External magnetic fields | 37 |
| 11.10 Storage and transport | 39 |
| 12 Summary of characteristics | 39 |
| 13 Documentation | 39 |
| 13.1 Certificate | 39 |
| 13.2 Instruction manual | 39 |
| Tables | |
| 1 Reference and standard test conditions | 41 |
| 2 Tests performed with variations of influence quantities | 43 |
| 3 Mechanical performance under test conditions | 45 |
| 4 Tests for vibrating survival capability at various fixed frequencies | 45 |
| 5 Tests for vibration resistance at smoothly varying frequencies | 45 |
| A.1 Flux versus depth profile parameter | 51 |
| C.1 Total absorption peak count rate per minute per $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ | 55 |
| Figure 1 – Angular distribution of incident flux | 47 |
| Annexes | |
| A Data interpretation and use | 49 |
| B Estimation of detector response from detector size, shape and relative efficiency | 53 |
| C Expected total absorption peak count rates per unit deposition for selected freshly deposited radionuclides | 55 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ANALYSE DES RADIONUCLÉIDES DISCRETS PRÉSENTS DANS L'ENVIRONNEMENT – SYSTÈME DE SPECTROMÉTRIE GAMMA *IN SITU* UTILISANT UN DÉTECTEUR AU GERMANIUM

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 concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61275 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| | |
|--------------|-----------------|
| FDIS | Rapport de vote |
| 45B/190/FDIS | 45B/218/RVD |

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

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
MEASUREMENT OF DISCRETE RADIONUCLIDES
IN THE ENVIRONMENT –
IN SITU PHOTON SPECTROMETRY SYSTEM USING
A GERMANIUM DETECTOR**

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61275 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

The text of this standard is based on the following documents:

| FDIS | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 45B/190/FDIS | 45B/218/RVD |

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

Annexes A, B and C are for information only.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ANALYSE DES RADIONUCLÉIDES DISCRETS PRÉSENTS DANS L'ENVIRONNEMENT – SYSTÈME DE SPECTROMÉTRIE GAMMA *IN SITU* UTILISANT UN DÉTECTEUR AU GERMANIUM

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable à un ensemble portable ou transportable de spectrométrie gamma utilisant un détecteur au germanium (Ge) pour faire un relevé, *in situ*, généralement à 1 m au-dessus du niveau du sol, des radionucléides déposés dans l'environnement. Un tel équipement est utilisé pour faire une évaluation rapide des niveaux d'activité des radionucléides émetteurs gamma et des débits correspondants d'exposition à l'air libre. De telles mesures peuvent être utilisées pour orienter des actions ultérieures, incluant, par exemple, des évaluations radiologiques, des programmes d'échantillonnages et de mesures. (Cette norme ne s'applique pas aux systèmes de mesure des aérosols, qui sont couverts par une autre norme. Voir CEI 61134.)

La présente norme spécifie pour un tel ensemble les caractéristiques générales, les méthodes d'essais pour l'évaluation des caractéristiques radiologiques, des caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et d'environnement spécifiques aux applications décrites ci-dessus. Des recommandations sont également données en annexes pour étalonner, utiliser correctement le système et interpréter les mesures *in situ*.

Un système de spectrométrie gamma *in situ* est un ensemble d'instruments ou de sous-ensembles utilisés pour mesurer, *in situ*, le flux de rayonnement gamma frappant le détecteur, dans le but de déterminer rapidement, *in situ*, les radionucléides présents dans le sol ou dans l'air, qu'ils soient naturels ou artificiels.

Le but de la présente norme est de spécifier les caractéristiques de fonctionnement du système en vue de déterminer l'activité surfacique du sol.

En conséquence, cette norme spécifie

- a) les fonctions et les caractéristiques de fonctionnement de l'ensemble de mesure, et
- b) les méthodes d'essais qui sont utilisées pour déterminer la conformité aux exigences de la norme.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(393):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60068: *Essais d'environnement*

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
MEASUREMENT OF DISCRETE RADIONUCLIDES
IN THE ENVIRONMENT –
IN SITU PHOTON SPECTROMETRY SYSTEM USING
A GERMANIUM DETECTOR**

1 Scope and object

This International Standard is applicable to a portable or transportable photon spectrometry assembly using a germanium (Ge) detector to survey, *in situ*, generally at 1 m above ground level, areas in the environment for discrete radionuclides. Such equipment is used to make rapid assessments of activity levels and corresponding free air exposure rates from photon emitting radionuclides. Such measurements may be used to develop guidance for subsequent follow-on action, for example including radiological assessments, sampling and monitoring programmes. (This standard does not apply to airborne measurement systems, which are covered by a separate standard. See IEC 61134.)

This standard specifies for such an assembly the general characteristics, test methods for the evaluation of radiation characteristics, electrical, mechanical, safety and environmental characteristics specific to the applications described above. Advice is also provided in annexes as to the calibration, appropriate use and interpretation of the system for *in situ* measurements.

An *in situ* spectrometry system is a combination of instruments or subassemblies designed to measure, *in situ*, the flux of gamma rays incident on the detector, in order to rapidly survey areas for discrete radionuclides present in the soil or air, either natural or manmade.

The purpose of this standard is to specify the performance characteristics of assemblies intended for the determination of surface soil activity.

Accordingly, this standard

- a) specifies the functions and performance characteristics of measuring assemblies, and
- b) specifies the methods of test to be used to determine compliance with the requirements of this standard.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(393):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

IEC 60068: *Environmental testing*

CEI 60086: *Piles électriques*

CEI 60181:1964, *Inventaire d'appareils électriques de mesure utilisés en relation avec les rayonnements ionisants*

CEI 60973:1989, *Méthodes d'essais de détecteurs gamma en germanium*

CEI 61010-1:1990, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 61145:1992, *Étalonnage et utilisation de systèmes à chambre d'ionisation pour le dosage des radionucléides*

CEI 61187:1993, *Équipement de mesures électriques et électroniques – Documentation*

ISO 4037:1979, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons*

3 Terminologie

La terminologie générale concernant la détection et la mesure des rayonnements ionisants, l'instrumentation nucléaire et les détecteurs au germanium se trouve dans la CEI 60050(393), la CEI 60050(394) et la CEI 60973.

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables:

3.1

réponse angulaire

Surface du pic d'absorption totale correspondant à une énergie gamma incidente donnée et qui est fonction de l'angle d'incidence du rayonnement. Généralement elle est donnée par une série de rapports de l'aire du pic d'absorption pour un même flux photonique à différentes incidences axiales et azimuthales à l'aire du pic d'absorption pour une incidence de référence indiquée par le constructeur (généralement $\theta = 0^\circ$; voir figure 1).

3.2

bruit de fond interne

Taux de comptage (comptage par unité de temps) dû aux rayonnements gamma émis par les radionucléides présents dans le sous-ensemble de détection.

3.3

résolution en énergie

Valeur en kiloélectronvolts, de la largeur totale à mi-hauteur (LTMH) du pic d'absorption totale du cobalt 60 à 1 333 keV.

3.4

efficacité relative

Rapport, exprimé en pourcentage, du taux de comptage dans le pic d'absorption totale du cobalt 60 à 1 333 keV à celui obtenu avec un scintillateur NaI(Tl) de 7,5 cm × 7,5 cm, pour une incidence normale, placé à 25 cm de la source.

3.5 Erreurs de mesure

3.5.1

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

Valeur approchée de la valeur vraie d'une grandeur telle que, pour l'utilisation qui en est faite, la différence entre les deux valeurs puisse être négligée (voir VIE 301-08-02). Pour l'étalonnage des équipements, la grandeur utilisée est le flux incident, et sa valeur et son incertitude sont déterminées au moyen d'un étalon primaire ou secondaire, ou avec un instrument de référence qui a été étalonné avec un étalon primaire ou secondaire.

IEC 60086: *Primary batteries*

IEC 60181:1964, *Index of electrical measuring apparatus used in connection with ionizing radiation*

IEC 60973:1989, *Test procedures for germanium gamma-ray detectors*

IEC 61010-1:1990, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61145:1992, *Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides*

IEC 61187:1993, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation*

ISO 4037:1979, *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of photon energy*

3 Terminology

The general terminology concerning detection and measurement of ionizing radiation, nuclear instrumentation and germanium detectors is given in IEC 60050(393), IEC 60050(394) and IEC 60973.

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply:

3.1

angular response

The area of the total absorption peak corresponding to a given incident gamma energy, as a function of the angle of incidence of the radiation. Usually given as a set of ratios of the absorption peak for the same photon fluence over a range of axial and azimuthal incidences to the absorption peak area at a reference incidence given by the manufacturer (usually $\theta = 0^\circ$; see figure 1).

3.2

internal background

The count rate (counts per unit time) due to gamma rays emitted from radionuclides in detector subassembly.

3.3

energy resolution

The width, in kiloelectronvolts, at full width half maximum (FWHM) of the 1 333 keV ^{60}Co total absorption peak.

3.4

relative efficiency

The ratio, expressed in percentage, of the count rate in the ^{60}Co 1 333 keV total absorption peak to the one obtained with a 7,5 cm \times 7,5 cm NaI(Tl) scintillator for normal incidence and at 25 cm from the source.

3.5 Errors of measurement

3.5.1

conventionally true value of a quantity

A value approximating the true value of a quantity such that, for the purpose for which that value is used, the difference between the two values can be neglected (see IEC 301-08-02). When used for the calibration of equipment, this quantity is the incident flux, and its value and uncertainty are determined from a certified or traceable standard source, or by a reference instrument which has been calibrated against a certified or traceable standard source.

3.5.2

erreur relative d'indication

L'erreur relative d'indication, I , d'un appareil est donnée en pourcentage par la relation suivante:

$$I = \frac{(H_i - H_t)}{H_t} \times 100 \%$$

où

H_i est la valeur indiquée et H_t est la valeur conventionnellement vraie.

3.5.3

erreur relative intrinsèque

Erreur relative de l'indication d'un ensemble (voir 3.5.2) pour un rayonnement de référence déterminé dans des conditions de référence spécifiées.

3.5.4

coefficient de variation

Quotient V de l'écart type s par la moyenne arithmétique \bar{x} , d'un ensemble de n mesures de x_i , donné par la formule suivante:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3.6

réponse

La réponse, R , d'un ensemble est le rapport de la valeur indiquée H_i par l'ensemble soumis à un flux incident de photons d'énergie donnée, calculé à partir de l'aire du pic d'absorption totale à la valeur conventionnellement vraie H_t du flux incident. La réponse, ou le pic d'absorption totale, dépend de l'énergie des photons incidents. Le constructeur peut donner également une indication de la valeur de l'activité du sol pour un radionucléide déterminé évaluée à partir de l'aire du pic d'absorption totale correspondant à des photons d'énergie donnée.

3.7

point de référence d'un ensemble

Un ou des repères gravés sur l'ensemble qui sont utilisés pour positionner celui-ci en un point où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue. Généralement, ce point est choisi de manière à être situé sur la face avant du détecteur au germanium, mais il dépend de la forme exacte de l'ensemble de détection.

3.8

étendue effective de la mesure

Domaine de mesure de la grandeur à l'intérieur duquel les performances de l'appareil satisfont aux prescriptions de la présente norme.

3.9

champ de vision

Surface et volume de sol «vus» par le détecteur (taille effective de l'échantillon).

3.5.2

relative error of an indication

The relative error, I , of the indication of an assembly is given, as a percentage, by the relationship:

$$I = \frac{(H_i - H_t)}{H_t} \times 100 \%$$

where

H_i is the indicated value and H_t the conventionally true value.

3.5.3

relative intrinsic error

The relative error of the indication of an assembly (see 3.5.2) to a specified reference radiation under specified reference conditions.

3.5.4

coefficient of variation

The ratio V of the standard deviation s to the arithmetic mean \bar{x} of a set of n measurements of x_i , given by the following formula:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3.6

response

The response, R , of an assembly is the ratio of the indicated value H_i of the incident flux at a given photon energy as inferred from the total absorption area to the conventionally true value H_t of the incident flux. The response, that is the total absorption area, is a function of the incident photon energy. The supplier may also provide a direct indication of the soil activity for particular nuclides inferred from the total absorption peak corresponding to a particular photon energy.

3.7

reference point of an assembly

A physical mark or marks on the assembly to be used in order to position it at a point where the conventionally true value of the quantity to be measured is known. Generally, this point is taken to be the location of the face of the germanium detector but will be dependent on the exact construction of the detector assembly.

3.8

effective range of measurement

The range of values of the quantity to be measured over which the performance of an assembly meets the requirements of this standard.

3.9

field of view

The area and volume of soil "seen" by detector (effective sample size).

3.10

facteur d'étalonnage en énergie

Energie gamma représentée par un canal donné du spectrogramme. Ainsi avec une énergie d'étalonnage de 1 keV/canal, les impulsions enregistrées dans le canal 100 correspondent à un rayonnement gamma d'une énergie de 100 keV, si le zéro n'est pas décalé et si l'analyseur d'amplitude est linéaire.

3.11

limite de détection

Activité surfacique ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) ou massique ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) minimale décelable d'un radionucléide déposé sur ou dans le sol; elle est proportionnelle au taux de comptage minimal décelable dans un pic d'absorption totale caractéristique de ce radionucléide; elle dépend donc du temps de mesure, et du taux de comptage du bruit de fond dans le fond continu sous le pic.

3.12

ensemble portable

Ensemble qui peut être aisément transporté par une ou deux personnes et avec lequel des mesures à l'extérieur peuvent être réalisées, soit à l'arrêt, soit en mouvement. L'ensemble fonctionne entièrement sur batterie.

3.13

ensemble transportable

Ensemble dont une partie peut être installée à bord d'un véhicule et qui est reliée au détecteur au moyen d'un long câble. L'ensemble utilise généralement une source de courant externe et ne peut pas être transporté facilement par une seule personne.

3.14

sol de référence

Surface de sol d'un diamètre supérieur à 10 m dont la teneur en radionucléides particuliers a été bien caractérisée tant en termes d'activité massique (Bq/kg) que de distribution en profondeur.

3.15 Nomenclature des essais

3.15.1

essais de qualification

Essais dont le but est de vérifier que les prescriptions d'une spécification sont respectées. Les essais de qualification sont subdivisés en essais de type et en essais de série.

- a) **essai de type**: Essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications. [VEI 151-04-15]
- b) **essai individuel de série**: Essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis. [VEI 151-04-16]

3.15.2

essai de réception

Essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification. [VEI 151-04-20]

3.10

energy calibration factor

Gamma energy represented by a given channel of an accumulated spectra. Thus an energy calibration factor of 1 keV/channel with no zero offset and if the amplitude analyzer is linear, would result in counts recorded in channel 100 corresponding to a gamma-ray energy of 100 keV.

3.11

detection limit

The minimum detectable inventory ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) or concentration ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) on or in soil which is a function of the minimum detectable count rate in a total absorption peak characteristic of that nuclide and will thus depend on the measurement time and background count rate in the continuum under the peak.

3.12

portable system

A system which can be carried easily by one or two persons and with which field measurements can be made while stationary or being carried. The system is entirely battery-operated.

3.13

transportable system

A system some of which may be mounted in a vehicle, connected to the detector via a long signal cable. The system generally uses an external power source and cannot be easily carried by a single person.

3.14

reference soil

An area of soil of extent greater than 10 m diameter for which the activity of particular radio-nuclides has been well characterized as to concentration (Bq/kg) and distribution with depth.

3.15 Test nomenclature

3.15.1

qualification tests

Tests performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled. Qualification tests are divided into type tests and routine tests.

- a) **type test**: A test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications. [IEV 151-04-15]
- b) **routine test**: A test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria. [IEV 151-04-16]

3.15.2

acceptance test

A contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specifications. [IEV 151-04-20]

4 Conception générale

4.1 Instrument de base

Un ensemble complet de spectrométrie gamma *in situ* est constitué par l'intégration en un seul ensemble de divers sous-ensembles ou instruments. Les composants individuels ne sont généralement pas spécifiques, aussi peuvent-ils être utilisés en routine à d'autres fins et avec d'autres systèmes de mesure gamma de campagne ou de laboratoire. Leur utilisation à l'extérieur comme parties d'un ensemble intégré portable ou transportable nécessite des qualifications d'environnement et des qualifications mécaniques sévères, ainsi que des exigences électriques, mécaniques et de sécurité particulières qui ne sont généralement pas requises pour l'utilisation de routine en laboratoire. Les composants individuels tels que pré-amplificateur, amplificateur de qualité spectrométrique, alimentation, système d'acquisition ou de stockage de données, etc. doivent satisfaire à toutes les normes CEI qui sont applicables à leur fabrication et à leur utilisation, ainsi qu'aux exigences spécifiques de la présente norme. Leur emploi dans un ensemble utilisé *in situ* exige également des étalonnages spécifiques et un soin particulier lors de leur mise en oeuvre et de l'interprétation des résultats. L'ensemble est constitué généralement des composants suivants:

- a) un détecteur gamma, détecteur au germanium ou Ge(Li) (le détecteur inclut un cryostat intégral et un préamplificateur refroidi sensible à la charge électrique);
- b) un amplificateur de qualité spectrométrique;
- c) une alimentation haute tension;
- d) un sous-ensemble de traitement de l'information qui comprend les modules d'acquisition des données, de stockage des données, de visualisation; il peut être composé d'un analyseur multicanaux (AMC), d'un micro-ordinateur équipé d'un système d'analyse multicanaux ou de tout autre dispositif comparable;
- e) une alimentation électrique (voir 9.4);
- f) tous les câbles de connexion nécessaires;
- g) un trépied ou un autre type de support pour installer en plein champ le détecteur à une hauteur déterminée au-dessus du sol, pendant la durée d'acquisition du spectre gamma;
- h) un système de refroidissement du détecteur. Dans les ensembles portables, c'est généralement un récipient d'azote liquide (cryostat et dewar) qui maintient la diode solide à une température correcte de fonctionnement.

4.2 Choix du système

Pour un relevé rapide, dans une zone limitée, des radionucléides présents, il est recommandé d'utiliser un système portable en deux parties qui sont une sonde à main avec le détecteur au germanium et son dewar, et un ensemble portable de traitement d'informations (généralement un sous-ensemble compact ou un micro-ordinateur équipé d'une carte AMC, d'une alimentation HT et d'un amplificateur de qualité spectrométrique). Pour les applications dans lesquelles il n'est pas essentiel d'avoir un matériel portable, on pourra utiliser un matériel transportable. Les ensembles transportables peuvent, par exemple, être constitués d'un analyseur multicanaux, de modules électroniques et d'alimentation montés sur un véhicule et connectés au moyen d'un câble ombilical à un détecteur au germanium ou Ge(Li) situé à l'extérieur. Dans quelques applications, le détecteur peut même être installé dans le véhicule.

5 Classification des caractéristiques de fonctionnement

Les limites de variation de l'indication d'un ensemble sont spécifiées pour chaque caractéristique de fonctionnement dans les tableaux 1 à 5 et dans les paragraphes appropriés. Pour quelques usages, il peut ne pas être considéré comme essentiel qu'un équipement réponde à toutes les prescriptions exposées ci-dessous. Dans ces cas, les prescriptions qui doivent être appliquées au matériel seront spécifiées après accord entre le constructeur et l'acheteur, mais la détermination des caractéristiques du matériel doit être faite conformément aux méthodes données dans la présente norme.

4 General design

4.1 Basic instrument

A complete *in situ* photon spectrometry system consists of a number of individual subsystems or instruments integrated into a system. The individual components are generally not unique in that the same components may all be routinely used in other field and laboratory gamma counting systems. Their use in the field *in situ*, as part of a special integrated portable or transportable system, requires stringent environmental and mechanical qualifications as well as special electrical, mechanical, and safety considerations not generally required for routine laboratory use. All individual components including preamplifier, spectroscopy amplifier, power supply, data acquisition and storage system, etc., shall satisfy all applicable IEC standards governing their normal manufacture and usage as well as the particular requirements of this standard. Their use as a system *in situ* also requires special calibrations and care in proper use and interpretation of results. Usually the assembly comprises the following components:

- a) a gamma-ray detector, a Ge or Ge(Li) detector (the detector includes an integral cryostat and internally cooled charge-sensitive preamplifier);
- b) a spectroscopy amplifier;
- c) a high-voltage power supply;
- d) data processing equipment, which includes data acquisition capability, data recording capability and visual display; it may be based on a multi-channel analyzer (MCA), personal computer with built-in MCA capability or other comparable devices;
- e) a system power supply (see 9.4);
- f) all necessary connecting cables;
- g) a tripod or other type of support to mount the detector at a fixed height above the ground in the field during acquisition of a gamma spectrum;
- h) a detector cooling system. For portable systems this is generally a liquid nitrogen storage system (cryostat and dewar) for maintaining the solid state diode at correct operating temperature.

4.2 Choice of system

In a rapid survey of limited areas for discrete radionuclides, a portable two-piece system consisting of a hand-held Ge detector-dewar assembly and a portable data processing assembly (generally a stand-alone or PC-based MCA with built-in detector bias HV and spectroscopy amplifier) is recommended. For applications where portability is not essential, a transportable system can be used. Transportable systems might, for example, consist of separate MCA, electronics and power supply modules mounted inside a vehicle connected by an umbilical cable to a Ge or Ge(Li) detector in the field. For some applications, the detector may even be mounted on the vehicle.

5 Classification of the performance characteristics

The limits of variation in the indication of an assembly are specified for each performance characteristic in tables 1 to 5 and in the appropriate subclauses. For some applications it may not be deemed essential for an assembly to meet all the requirements set out below. In such cases, the requirements to be applied to the assemblies may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser, but the determination of the characteristics of the assemblies shall conform to the methods given in the present standard.

Si le poids, les dimensions hors tout et la construction des appareils ne permettent pas de faire les essais d'un ensemble complet au moyen des équipements d'essais existants, alors chaque partie peut être testée séparément en conformité avec la présente norme et on procédera ensuite à l'examen complet du système dans son entier, dans les conditions normales d'utilisation. La procédure utilisée pour les essais devra être spécifiée.

6 Procédures générales d'essais

6.1 Nature des essais

Sauf si spécifié dans des clauses particulières, tous les essais énumérés dans la présente norme doivent être considérés comme des essais de type (voir 3.15.1). Certains essais peuvent être considérés comme des essais de recette par accord entre le constructeur et l'acheteur (voir 3.15.2).

6.2 Conditions de référence et conditions normales d'essais

Les conditions de référence sont données dans la deuxième colonne du tableau 1. Sauf spécification contraire, les essais de la présente norme doivent être réalisés dans les conditions normales d'essais données dans la troisième colonne du tableau 1. Pour les essais réalisés dans les conditions normales, il faut que les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai soient indiquées et que les corrections appropriées soient apportées pour donner la réponse dans les conditions de référence.

Lors des essais réalisés en vue de déterminer les effets des variations d'une des grandeurs d'influence données au tableau 1, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions normales d'essais du tableau 2, sauf cas contraire spécifié dans la procédure d'essai concernée.

6.3 Position de l'appareil pour les essais

Dans tous les essais incluant l'utilisation de rayonnements, le point de référence de l'ensemble (voir 3.7) doit être placé à l'endroit où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue et suivant l'orientation de l'appareil indiquée par le constructeur.

6.4 Mesures de faible niveau

Pour les mesures de matériaux ayant un faible niveau de radioactivité, il est nécessaire de tenir compte de la contribution du bruit de fond dû à l'ensemble de mesure sur l'indication au point d'essai.

6.5 Fluctuations statistiques

Dans tous les essais comportant l'utilisation de rayonnements, si l'amplitude des fluctuations statistiques de la valeur indiquée atteint, de par la seule nature aléatoire des rayonnements, une fraction significative de l'intervalle de fluctuation de l'indication autorisé pour l'essai, alors un nombre suffisant de lectures doit être effectué pour s'assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une précision suffisante pour déterminer si les prescriptions, pour la caractéristique faisant l'objet de l'essai, sont atteintes. L'intervalle de temps entre deux lectures doit être suffisant pour s'assurer que ces lectures sont statistiquement indépendantes.

6.6 Rayonnement de référence

Sauf spécification particulière à chaque méthode d'essai, tous les essais comportant l'utilisation de rayonnement gamma doivent être effectués avec le cobalt 60 (voir tableau 1). La nature, la géométrie et les conditions d'utilisation des sources de rayonnement doivent répondre aux recommandations de l'ISO 4037.

If the mass, overall dimensions and construction of the instruments do not allow carrying out the tests of the complete system as a whole by means of the existing test equipment, then each component may be tested separately in conformity with the present standard followed by a complete check of the entire system under normal operating conditions. The procedure used for the test shall be specified.

6 General test procedures

6.1 Nature of tests

Unless otherwise specified in the individual clauses, all the tests enumerated in this standard shall be considered as type tests (see 3.15.1). Certain tests may be considered as acceptance tests by agreement between the manufacturer and the purchaser (see 3.15.2).

6.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of table 1. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be carried out under the standard test conditions given in the third column of table 1. For those tests carried out under standard test conditions, the values of temperature, pressure and relative humidity at the time of test shall be stated and the appropriate corrections made to give the response under reference conditions.

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in table 1, all other influence quantities shall be maintained within the limits for standard test conditions given in table 2, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

6.3 Position of assembly for purposes of tests

For all tests involving the use of radiation, the reference point of the assembly (see 3.7) shall be placed at the point where the conventionally true value of the quantity to be measured is known, and in the orientation of the assembly indicated by the manufacturer.

6.4 Low-level measurements

For the measurement of low levels of radioactive materials, it is necessary to take account of the contribution of background radiation from the instrument assembly to the indication at the point of test.

6.5 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuations of the indication, arising from the random nature of radiation alone, is a significant fraction of the variation of the indication permitted in the test, then sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such measurements may be estimated with sufficient accuracy to determine whether the requirements for the characteristic under test are met. The interval between such readings shall be sufficient to ensure that the readings are statistically independent.

6.6 Reference radiation

Unless otherwise specified in the individual methods of test, all tests involving the use of gamma radiation shall be carried out with the nuclide ^{60}Co (see table 1). The nature, construction and conditions of use of the radiation sources shall be in accordance with ISO 4037.

7 Caractéristiques générales

7.1 Indications

Les indications de l'ensemble doivent être données en impulsions par canal et en impulsions totales par unité de temps dans les pics d'absorption choisis. Les indications de l'ensemble doivent aussi être données en unités d'activité par unité de surface ou de masse pour un radionucléide donné (par exemple $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) pour des profils de distribution en profondeur présélectionnés après accord entre l'acheteur et le constructeur.

7.2 Marquages de l'ensemble

Un ensemble servant à mesurer le rayonnement gamma doit porter l'indication spécifique de l'utilisation à laquelle il est destiné. Le point de référence pour l'étalonnage et les essais doit être repéré sur la face externe de l'ensemble (voir 3.7).

7.3 Etendue effective de mesure de l'appareil

Quand les méthodes d'essai ne couvrent pas toute l'étendue effective de mesure et que certaines des fluctuations observées sont proches des limites autorisées, des essais supplémentaires peuvent être nécessaires afin de démontrer que les prescriptions en question sont bien respectées sur toute l'étendue effective de mesure. Ces essais supplémentaires doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur. Pour ces ensembles, l'étendue effective de mesure est déterminée au préalable au moyen des caractéristiques de la conversion analogique-digitale (temps mort) et de l'empilement des impulsions dans l'amplificateur, et elle doit être indiquée par le constructeur.

7.4 Refroidissement du détecteur

Le détecteur au germanium doit être enfermé dans un cryostat sous vide. Dans les systèmes portables un préamplificateur sensible de faible puissance et refroidi doit faire partie intégrante de la sonde cryostatée. Les systèmes portables sont généralement refroidis par de l'azote liquide provenant d'un petit dewar à main. Le refroidissement doit permettre un fonctionnement ininterrompu d'au moins 8 h.

7.5 Type de détecteur

Les détecteurs intrinsèques ou au germanium pur sont généralement préférés aux détecteurs en Ge(Li) car il est nécessaire de les maintenir à la température de l'azote liquide uniquement pendant leur fonctionnement. La sensibilité de détection est en relation directe avec le volume du détecteur. Le volume du détecteur doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur. Pour optimiser la détection des faibles énergies (par exemple photons de 60 keV de ^{241}Am), un germanium de type N sera préféré à un germanium de type P.

7.6 Enveloppe du détecteur

L'enveloppe du détecteur doit être conçue pour minimiser l'atténuation des rayonnements gamma ainsi que le bruit de fond. Pour minimiser l'atténuation des rayonnements gamma incidents de faible énergie, une fenêtre d'entrée en beryllium de moins de $0,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ d'épaisseur doit être fournie. L'épaisseur maximale de la fenêtre d'entrée doit être telle que l'atténuation des rayonnements gamma de 1 333 keV d'incidence axiale soit inférieure à 2 %.

7.7 Construction du détecteur

La masse totale de l'ensemble de détection, dans le cas d'un détecteur portable, doit être inférieure à 10 kg en incluant le dispositif de refroidissement. L'enveloppe du détecteur et tous les composants principaux doivent être construits avec des matériaux de faible bruit de fond (voir 8.6).

7 General characteristics

7.1 Indication

The indications of the assembly shall be in units of counts per channel and total counts in selected absorption peaks per unit time. The indications of the assembly shall also be in units of activity per unit area or mass for a given nuclide (for example $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$) for selected depth profiles as agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

7.2 Assembly markings

An assembly for the measurement of gamma radiation shall be marked with a specific indication of its intended use. The reference point for calibration and test purposes shall be indicated on the outside of the detector subassembly (see 3.7).

7.3 Effective range of measurement of an assembly

When the test methods do not extend over the whole of the effective range of measurement and any of the observed variations are near the permitted limit, further tests to demonstrate compliance with the requirement in question over the whole effective range of measurement may be necessary. Such further tests shall be the subject of agreement between the manufacturer and the purchaser. For these systems the effective range of measurement is determined primarily by the characteristics of the analogue to digital conversion (dead time) and pile-up of pulses in the amplifier and shall be specified by the manufacturer.

7.4 Detector cooling

The germanium detector shall be encapsulated in a vacuum cryostat. A cooled charge sensitive low-power preamplifier shall be an integral part of the detector-cryostat assembly for portable systems. Generally, portable systems are cooled with liquid nitrogen from a small hand-held dewar. The cooling shall provide at least 8 h of continuous uninterrupted use.

7.5 Detector type

Intrinsic or pure Ge detectors are generally preferred to Ge(Li) detectors since they only need to be maintained at liquid nitrogen temperatures when in use. The volume of the detector is directly related to the detection efficiency. The volume of the detector shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer. For maximizing low energy (E) detection (e.g. from ^{241}Am 60 keV photons), an N type germanium should be preferred over a P type.

7.6 Detector housing

The housing shall be designed for minimal gamma attenuation and low background. To minimize the attenuation of low energy incident gamma rays, a beryllium entrance window of thickness less than $0,3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$ shall be supplied. The maximum thickness of the entrance window shall be such that the attenuation of 1 333 keV gammas incident axially shall be less than 2 %.

7.7 Detector construction

The total detector assembly mass for a portable detector assembly, including the cooling system, shall be less than 10 kg. The detector housing and all major components shall be constructed of low background materials (see 8.6).

7.8 Support

Un support léger, robuste, stable permettant de placer le détecteur à une hauteur déterminée au-dessus du sol doit être fourni. Le support doit obstruer le moins possible le champ de vision du détecteur. Le constructeur doit indiquer l'effet de la position du support sur le champ de vision ainsi que la masse de matériau du support.

7.9 Facilité de décontamination

L'ensemble doit être conçu et construit de manière à en faciliter la décontamination.

7.10 Considérations relatives à la sécurité

Les ensembles doivent répondre aux prescriptions de la CEI 61010-1.

8 Caractéristiques radiologiques

8.1 Erreur relative intrinsèque

8.1.1 Prescriptions

Dans les conditions normales d'essai, l'erreur relative intrinsèque I de la réponse de l'ensemble, quand il est exposé au champ de rayonnement de référence d'une source connue, ne doit pas dépasser 20 % sur la totalité de l'étendue effective de mesure pour les rayonnements photoniques de référence choisis.

NOTE – Cette erreur s'ajoute à l'incertitude sur la valeur conventionnellement vraie du flux directionnel.

8.1.2 Méthode d'essai

- Sources de rayonnement: l'activité massique conventionnellement vraie du sol de référence doit être connue avec une précision meilleure que 10 % (voir 3.14).
- Essais à effectuer: un essai de type doit être effectué sur au moins un ensemble de la série.
- Méthode d'interprétation des résultats: lorsque l'on regarde si les prescriptions de 8.1.1 sont respectées, il faut prendre en compte l'incertitude des valeurs conventionnellement vraies utilisées au cours des essais. Si aucune des valeurs observées de I n'excède ± 30 %, les prescriptions de 8.1.1 peuvent être considérées comme respectées.

Il faut noter que cet essai nécessite que l'activité massique du sol et sa distribution en profondeur soient connues au moyen de mesures ou d'analyses préalables d'un échantillon de sol.

8.2 Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement photonique

8.2.1 Prescriptions

La réponse de l'ensemble dans la direction d'étalonnage, quand il est exposé à des sources de rayonnement photonique d'énergie comprise entre 60 keV et 2,5 MeV, ne doit pas différer de la valeur conventionnellement vraie de la fluence des photons de ces sources de plus de:

± 10 % entre 60 keV et 300 keV

± 5 % entre 0,3 MeV et 2,5 MeV

8.2.2 Méthode d'essai

L'ensemble doit être exposé à des sources gamma telles que spécifiées par l'ISO 4037 et ayant des énergies couvrant la gamme précédente.

7.8 Tripod

A lightweight, rugged, stable platform for mounting the detector at a fixed height above ground shall be provided. The tripod shall present only a minimal obstruction of the detector field of view. The manufacturer shall state the effect of the tripod position relative to the field of view and the mass of material in the tripod.

7.9 Ease of decontamination

The assembly shall be designed and constructed in such a manner as to facilitate decontamination.

7.10 Safety considerations

The instruments shall comply with the safety requirements of IEC 61010-1.

8 Radiation characteristics

8.1 Relative intrinsic error

8.1.1 Requirements

Under standard test conditions, the relative intrinsic error I in the indication of the assembly when exposed to a reference radiation field of known source distribution shall not exceed 20 % over the whole of the effective range of measurement for the photon reference radiations chosen.

NOTE – This error is additional to the uncertainty in the value of the conventionally true directional flux.

8.1.2 Test method

- a) Test radiation: the conventionally true activity concentration of the reference soil shall be known with an uncertainty of less than 10 % for this test (see 3.14).
- b) Tests to be performed: a type test shall be performed on at least one assembly of the series.
- c) Method of interpretation of observations: in considering whether the requirements of 8.1.1 are met, it is necessary to make allowances for the uncertainty in the values of the conventionally true values employed in the tests. If no single observed value of I exceeds ± 30 %, the requirements of 8.1.1 can be considered to be met.

Note that this test requires the soil concentration and depth distribution to be known from previous measurements or soil sample analyses.

8.2 Variation of response with photon radiation energy

8.2.1 Requirements

The indication of the assembly when exposed to photon radiation sources in the calibration direction and of energy between 60 keV and 2,5 MeV shall not differ from the conventionally true value of the fluence of photons from such sources by more than the following limits:

60 keV to 300 keV: ± 10 %

0,3 MeV to 2,5 MeV: ± 5 %

8.2.2 Test method

The assembly shall be exposed to photon sources as specified in ISO 4037, having energies spanning this range.

8.3 Variation de la réponse avec l'angle d'incidence

8.3.1 Prescriptions

La réponse angulaire varie quand l'angle d'incidence du rayonnement augmente par rapport à l'orientation de référence. Le détecteur doit être construit de telle manière que la réponse angulaire ne varie pas de plus de 5 % dans la direction Ψ (voir figure 1) pour toute valeur de θ et de 20 % dans la direction θ , pour le rayonnement gamma de 1,33 MeV émis par le cobalt 60. Tout matériau interne de montage du détecteur ne doit pas introduire une atténuation supérieure à 5 % de celle de la paroi cylindrique.

Les mesures doivent être faites à une distance d'au moins 1 m du point de référence, pour au moins quatre valeurs de l'angle azimutal comprises entre 0° et 90°, et trois positions axiales comprises entre 0° et 180°. Un essai de type est suffisant pour les détecteurs de même taille, de même forme et d'enveloppe identique.

8.3.2 Méthodes d'essai

L'ensemble doit être exposé à l'un des rayonnements spécifiés dans l'ISO 4037, de préférence le cobalt 60 ou le césium 137. Le détecteur doit être placé à au moins 1 m de la source de rayonnement, dans la direction de référence prescrite par le constructeur pour l'étalonnage, généralement $\theta = 0^\circ$ et $\Psi = 0^\circ$ (voir figure 1). L'indication dans cette position doit être relevée. Le détecteur doit ensuite être déplacé par pas de 10°, pour des angles θ allant de 0° à 90° en gardant Ψ constant. Les indications sont relevées.

Des relevés similaires doivent alors être faits pour $\Psi = 120^\circ$ et $\Psi = 240^\circ$ par rapport à la direction initiale ($\Psi = 0^\circ$).

La variation de l'indication de l'ensemble au rayonnement incident pour tout angle Ψ et pour θ variant de 0° à 90° doit être indiquée par le constructeur et doit être utilisée pour étalonner la réponse du détecteur.

8.4 Résolution

8.4.1 Prescriptions

La résolution (largeur totale à mi-hauteur) doit être ≤ 2 keV à 1 333 keV.

8.4.2 Méthodes d'essai

La résolution doit être mesurée pour chaque détecteur avec un ensemble de spectrométrie gamma de laboratoire de haut de gamme, en utilisant une source ponctuelle de cobalt 60 placée à une distance telle de la face avant du détecteur que le temps mort de l'appareillage soit inférieur à 2 %, avec un temps de mesure minimal de 10 min. La résolution totale de l'ensemble doit être mesurée d'une manière analogue dans sa configuration normale d'utilisation.

8.5 Efficacité relative

8.5.1 Prescriptions

L'efficacité relative doit être au moins de 15 % à 1 333 keV.

8.5.2 Méthode d'essai

Le constructeur doit déterminer l'efficacité en mesurant le taux de comptage dans le pic d'absorption totale obtenu avec une source ponctuelle étalon primaire ou secondaire de cobalt 60 placée à 25 cm sur un axe perpendiculaire à la face avant du détecteur (voir 3.7 de la CEI 61145).

8.3 Variation of response with angle of incidence

8.3.1 Requirements

The angular response will vary as the angle of incidence of the radiation is increased relative to the reference orientation. The detector shall be constructed such that this angular response varies no more than 5 % in the Ψ direction (see figure 1) for any value of θ , and 20 % in the θ direction for incident 1,33 MeV ^{60}Co gamma rays. Any internal mounting materials for the detector shall not shield more than 5 % of the cylindrical wall area.

Measurements shall be made at a distance of at least 1 m from the reference point and at least four azimuthal angles between 0° and 90° and three axial positions between 0° and 180° . A type test is sufficient for detectors of similar size and shape and identical housing.

8.3.2 Test methods

The assembly shall be exposed to one of the radiations specified in ISO 4037, preferably ^{60}Co or ^{137}Cs . The detector shall be placed at least 1 m from the source of radiation, in the reference direction for calibration purposes specified by the manufacturer, generally $\theta = 0^\circ$, $\Psi = 0^\circ$ (see figure 1). The reading in this position shall be noted. The detector shall then be moved through angles from $\theta = 0^\circ$ to $\theta = 90^\circ$, in steps of 10° keeping Ψ constant, and the readings noted.

Similar observations shall then be taken at $\Psi = 120^\circ$ and $\Psi = 240^\circ$ from the first arc ($\Psi = 0^\circ$).

The variation of the reading of the assembly to radiation incident at any angle from Ψ , as θ is varied from 0° to 90° , shall be stated by the manufacturer, and shall be used in calibrating the response of the detector.

8.4 Resolution

8.4.1 Requirements

The resolution shall be ≤ 2 keV (FWHM) at 1 333 keV.

8.4.2 Test methods

The resolution shall be measured for each detector with a high grade laboratory gamma spectrometry system using a ^{60}Co point source at a distance from the detector face such that the system dead time is less than 2 %, counting for a minimum of 10 min. The overall resolution of the assembly shall be similarly measured with all components configured for normal field use.

8.5 Relative efficiency

8.5.1 Requirements

The relative efficiency shall be at least 15 % at 1 333 keV.

8.5.2 Test method

The manufacturer shall determine the efficiency by measuring the full energy absorption peak count rate at 25 cm from and normal to the detector face from a certified or traceable ^{60}Co standard point source (3.7 of IEC 61145).

8.6 Bruit de fond dû à la contamination de l'ensemble de mesure

8.6.1 Prescriptions

Le bruit de fond dû à l'activité de l'enveloppe métallique (incluant la radioactivité de la fenêtre d'entrée), du tamis moléculaire et des autres matériaux situés à proximité du détecteur ne doit pas avoir un effet équivalent supérieur à celui de $2,0 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ de ^{40}K , ^{232}Th , ou ^{238}U distribués d'une manière homogène dans le sol, lorsque l'un des pics du bruit de fond naturel interfère avec des pics de produits de fission.

8.6.2 Méthode d'essai

Les essais de type des ensembles pris au hasard doivent être effectués pendant un temps suffisant pour vérifier les prescriptions à plus ou moins deux écarts-type avec un étalonnage en énergie de 1 keV/canal , dans une salle blindée de bas bruit de fond ou toute autre installation de bas bruit de fond. Il est possible que l'activité naturelle de chacun des composants du gainage de la sonde soit mesurée par un laboratoire d'essai reconnu.

9 Caractéristiques électriques

9.1 Fluctuations statistiques

9.1.1 Prescriptions

Le coefficient de variation de l'indication dû aux fluctuations statistiques doit être inférieur à 5 %.

9.1.2 Méthode d'essai

Exposer l'ensemble à une source de rayonnement qui donne une indication correspondant à moins de 30 % de l'étendue effective de mesure. Stocker un nombre de spectres pendant un intervalle de temps suffisant pour que la valeur moyenne des lectures puisse être estimée avec une précision suffisante pour montrer que la prescription vérifiée est satisfaite. Trouver la valeur moyenne et le coefficient de variation des indications pour tous les spectres obtenus. Le coefficient de variation ainsi déterminé doit être situé dans les limites requises en 9.1.1.

9.2 Temps de préchauffage

9.2.1 Prescriptions

Le constructeur doit préciser le temps nécessaire à l'ensemble, après la mise sous tension, pendant lequel il est exposé au rayonnement de référence, pour donner une indication qui ne diffère pas de plus de 10 % de la valeur finale obtenue dans les conditions normales d'essai. Ce temps ne doit pas excéder 5 min.

9.2.2 Méthode d'essai

Mettre en route l'ensemble. Attendre 5 min. Exposer l'ensemble à une source de rayonnement donnant un taux de comptage correspondant environ à la moitié de l'étendue effective de mesure de l'ensemble. Stocker un spectre pendant un intervalle de temps suffisant pour que la surface du pic d'absorption totale à $1\,333 \text{ keV}$ puisse être déterminée avec une précision suffisante pour montrer que la prescription vérifiée est satisfaite. Recommencer l'opération après un fonctionnement de 1 h au moins. La différence entre les indications des deux essais doit être dans les limites spécifiées en 9.2.1.

8.6 Background contamination from the instrument assembly

8.6.1 Requirements

The background radiation from the metal housing (including radiation entrance window), molecular sieve or any other material in the vicinity of the detector shall have an equivalent effect no more than the signal from $2,0 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ of natural ^{40}K , ^{232}Th or ^{238}U uniformly distributed in soil since some natural background peaks may overlap fission product peaks.

8.6.2 Test method

Type tests of randomly selected assemblies shall be carried out by accumulating a spectrum for a long enough time interval to verify the requirement within plus/minus two standard deviations at an energy calibration of 1 keV/channel in a low background shielded room or other low background facility. Alternatively, individual detector housing components may be analyzed for natural activity by a reputable standards laboratory.

9 Electrical characteristics

9.1 Statistical fluctuations

9.1.1 Requirements

The coefficient of variation of the indication due to statistical fluctuations shall be less than 5 %.

9.1.2 Test method

Expose the assembly to a source of radiation giving a total absorption peak area corresponding to less than 30 % of the effective range of measurement. Accumulate a number of spectra over a time interval sufficient to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient precision to demonstrate compliance with the test. Find the mean value and the coefficient of variation of the total absorption area from all spectra obtained. The coefficient of variation so determined shall be within the limits stated in 9.1.1.

9.2 Warm-up time

9.2.1 Requirements

The manufacturer shall state the time taken for an assembly, after switching on, while it is exposed to the reference radiation, to give an indication which does not differ by more than 10 % from the final value obtained under standard test conditions. This time shall not exceed 5 min.

9.2.2 Test method

Switch assembly on. Wait 5 min. Expose the assembly to a source of radiation giving a count rate corresponding to about the midpoint of the effective range of measurement of the assembly. Accumulate a spectrum over a time interval sufficient to ensure that the $1\,333 \text{ keV}$ total absorption peak area may be determined with sufficient precision to demonstrate compliance with the test. Repeat after the assembly has been switched on for at least 1 h. The difference in indications between the two tests shall be within the limits stated in 9.2.1.

9.3 Alimentation électrique – Fonctionnement sur batterie

9.3.1 Généralités

Une batterie d'alimentation doit toujours être fournie avec les ensembles portables. Des moyens doivent être fournis pour essayer la batterie au maximum de sa charge. Il faut également prévoir d'indiquer lorsque la batterie n'a plus une charge suffisante pour que les performances de l'ensemble remplissent les prescriptions de la présente norme. Les batteries peuvent être connectées de la manière souhaitée, mais elles doivent être individuellement faciles à remplacer. Le constructeur doit indiquer clairement la polarité correcte sur l'ensemble.

9.3.2 Prescriptions – Piles électriques (non rechargeables)

Quand l'alimentation électrique est fournie par des piles électriques, la capacité de celles-ci doit être telle qu'après au moins 8 h d'utilisation continue dans les conditions normales d'essai, l'indication de l'ensemble ne varie pas de plus de $\pm 10\%$, les autres fonctions restant conformes aux prescriptions. Des piles électriques telles que spécifiées dans la CEI 60086 doivent être utilisées.

9.3.3 Prescriptions – Accumulateurs (rechargeables)

Quand l'alimentation électrique est fournie par des accumulateurs, la capacité de ceux-ci doit être telle qu'après 8 h d'utilisation continue dans les conditions normales d'essai, l'indication de l'ensemble ne varie pas de plus de $\pm 10\%$, les autres fonctions restant conformes aux prescriptions. Si des accumulateurs sont déchargés, il doit être possible de les recharger à partir du secteur en 8 h. Le bloc d'accumulateurs de l'ensemble doit être facilement remplaçable par un bloc disponible et chargé par ailleurs.

9.3.4 Méthode d'essai

On doit utiliser, pour cet essai, des piles électriques neuves ou des accumulateurs entièrement chargés et du type recommandé par le constructeur. L'ensemble est exposé à un champ de rayonnement suffisant pour donner une indication convenable. Laisser l'ensemble fonctionner dans ce champ pendant une ou des périodes de la durée indiquée en 9.3.2 ou 9.3.3, selon le cas. Noter le résultat à la fin de chaque période. Chaque résultat doit être conforme aux prescriptions de 9.3.2 ou 9.3.3, selon le cas.

9.4 Alimentation électrique par le secteur

9.4.1 Prescriptions

Les ensembles alimentés par le secteur doivent être conçus pour fonctionner à partir d'une source de tension alternative monophasée de 50 Hz (ou 60 Hz dans certains pays) de l'une des catégories suivantes:

- Série I: 220 V – 230 V
- Série II: 120 V et/ou 240 V.

(La tension nominale monophasée est, dans de nombreux pays, de 117 V et/ou 234 V, 60 Hz.) Les appareils fonctionnant sur secteur doivent être capables de fonctionner avec une tolérance sur la tension nominale d'alimentation de -12% à $+10\%$ et des fréquences d'alimentation de $50\text{ Hz} \pm 3\text{ Hz}$ ou de $60\text{ Hz} \pm 3\text{ Hz}$.

L'indication ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ par rapport à celle obtenue dans les conditions normales d'essai.

9.4.2 Méthode d'essai

Placer le détecteur dans le champ de rayonnement gamma d'une source de cobalt 60 telle que l'appareil donne une indication qui soit égale à environ trois fois la valeur due au bruit de fond dans les canaux correspondant aux pics d'absorption totale. Pour chaque essai, stocker au moins 10 000 impulsions dans le pic d'absorption totale.

9.3 Power supplies – Battery operation

9.3.1 General

Battery power shall always be provided for portable instruments. Facilities shall be provided for testing the battery under maximum load. Also, provision shall be made for indicating when the battery condition is no longer adequate for the performance of the assembly to meet the requirements of this standard. Batteries may be connected in any desired manner but shall be individually replaceable. The correct polarity shall be clearly indicated on the assembly by the manufacturer.

9.3.2 Requirements – Primary batteries (non-rechargeable)

When power is supplied by primary batteries, the capacity of these shall be such that, after at least 8 h of continuous use during operation under standard test conditions, the indication of the assembly shall remain within $\pm 10\%$, other functions remaining within specification. Batteries as specified in IEC 60086 shall be used.

9.3.3 Requirements – Secondary batteries (rechargeable)

When power is supplied by secondary batteries, the capacity of these shall be such that, after 8 h of continuous use under standard test conditions, the indication of the assembly shall remain within $\pm 10\%$, other functions remaining within specifications. If secondary batteries are discharged, it should be possible to recharge them from the mains supply within 8 h. The battery pack assembly shall be such that the battery pack can be easily replaced by a spare pack and charged off-line.

9.3.4 Test method

New primary batteries or fully-charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be used for this test. Expose the assembly to a radiation field sufficient to provide a suitable indication on the assembly. Leave the assembly working in this field for the period, or periods, given in 9.3.2 or 9.3.3 as appropriate and note the reading at the end of each period. Each reading shall conform with the requirements of 9.3.2 or 9.3.3 as appropriate.

9.4 Power supplies – Mains operation

9.4.1 Requirements

Mains-operated assemblies shall be designed to operate from single phase 50 Hz (60 Hz in some countries) a.c. supply voltage in one of the following categories:

- Series I: 220 V – 230 V
- Series II: 120 V and/or 240 V.

(Nominal single-phase voltage in many countries is 117 V and/or 234 V, 60 Hz.) Mains-operated assemblies shall be capable of operating from mains supplies with a supply voltage tolerance of -12% to $+10\%$ of the nominal value, and a supply frequency of $50\text{ Hz} \pm 3\text{ Hz}$ or $60\text{ Hz} \pm 3\text{ Hz}$.

The indication shall not vary by more than $\pm 10\%$ over this range of supply voltage.

9.4.2 Test method

Place the detector in a field of ^{60}Co gamma radiation such that the assembly gives an indication that is approximately three times the background count rate in the channels corresponding to the total absorption peaks. For each test accumulate a minimum of 10 000 pulses in the total absorption peak.

Avec une tension d'alimentation à sa valeur nominale, déterminer la valeur moyenne de l'indication (surface du pic d'absorption totale) donnée par l'appareil. Déterminer la valeur moyenne de l'indication avec une tension d'alimentation supérieure de 10 % à sa valeur nominale ainsi que la valeur moyenne avec une alimentation inférieure de 12 % à la valeur nominale. Ces valeurs moyennes ne doivent pas différer de ± 3 % de celle obtenue avec une tension d'alimentation à sa valeur nominale. Avec une fréquence variant de ± 3 Hz de la fréquence nominale, il convient que les résultats ne diffèrent pas de plus de ± 3 % de ceux obtenus à la fréquence nominale. Les essais ci-dessus doivent être répétés avec un flux incident suffisant pour que l'appareil donne une indication au moins égale aux deux tiers de la limite supérieure de l'étendue effective de mesure.

10 Caractéristiques mécaniques

10.1 Résistance aux vibrations et aux chocs pendant le transport et le chargement

10.1.1 Prescriptions

L'appareil doit supporter les vibrations et les chocs sans dommage pendant les transports de routine effectués entre les sites où sont effectuées les mesures aussi bien qu'au cours du chargement (voir CEI 60068). L'appareil doit garder ses caractéristiques de fonctionnement dans les limites spécifiées par le certificat. Le vide doit être maintenu à tout moment. Les essais de type relatifs aux chocs et aux vibrations doivent être réalisés comme spécifié au tableau 3.

10.1.2 Essais de capacité de survie aux vibrations

Quand ces essais sont spécifiés par l'acheteur pour des raisons d'implantation, ils doivent être réalisés comme suit.

- Faire un examen externe (inspection visuelle) et mesurer les caractéristiques spécifiées dans le certificat pour un type donné d'essai.
- Les essais aux vibrations sont réalisés, comme indiqué au tableau 3, dans trois directions perpendiculaires, sauf autre prescription du certificat.
- La fréquence des vibrations doit être modifiée dans une direction. Quand la fréquence de vibration varie sur toute l'étendue spécifiée, chaque impulsion doit avoir une durée supérieure à 2 min.
- Les fréquences fixées et les accélérations de vibration ou l'amplitude du mouvement sont réglées conformément au tableau 4.
- Les fréquences auxquelles une résonance apparaît doivent être maintenues au moins pendant 2 min.
- La durée totale des conditions vibratoires doit être de 60 min. L'amplitude du mouvement, à une accélération de vibration déterminée, est donnée par:

$$s = 1\,000\, a/4 (\pi)^2 f^2 \approx 25\, a/f^2$$

où

s est l'amplitude du mouvement (une demi-oscillation) de la table vibrante, en millimètres;

a est l'accélération de vibration (amplitude), en ms^{-2} ;

f est la fréquence de vibration, en hertz.

Lors du réglage ou de la modification des paramètres de la table vibrante, les erreurs doivent être inférieures à $\pm (0,15\, s \pm 0,05\, \text{mm})$ en amplitude; ± 20 % en accélération; $\pm (0,10\, f + 2\, \text{Hz})$ en fréquence.

Après les essais, les appareils doivent être examinés pour relever les dommages mécaniques ou le desserrage d'accessoires. Après avoir maintenu le matériel dans les conditions normales pendant le temps spécifié par le certificat, le matériel est mis sous tension et les caractéristiques techniques sont contrôlées comme spécifié dans ce type d'essai.

With the supply voltage at its nominal value, determine the mean indication (total absorption peak area) given by the assembly. Determine the mean indication with the supply voltage 10 % above the nominal value and also the mean indication with the supply voltage 12 % below the nominal value. These mean values shall not differ from that obtained with nominal supply voltage by more than ± 3 %. With the frequency varied by ± 3 Hz from the nominal frequency, the readings should not differ by more than ± 3 % from that at the nominal frequency. The above tests shall then be repeated at an incident flux sufficient for the assembly to give an indication of at least two-thirds of the upper limit of the effective range of measurement.

10 Mechanical characteristics

10.1 Vibration and shock survival during transport and shipping

10.1.1 Requirements

The assembly shall withstand vibration and shock without damage from routine transport between measurement sites as well as during shipping (see IEC 60068). The assembly shall maintain its performance characteristics within the limits specified by the certificate. The vacuum shall be maintained at all times. Type tests for shock and vibration shall be carried out as specified in table 3.

10.1.2 Tests for vibration survival capability

Where so specified by the purchaser because of implementation requirements, the tests shall be carried out as follows.

- Conduct an external examination (visual inspection) and measure characteristics specified in the certificate for a given test type.
- The vibration tests are performed in conformity with table 3 in three normal directions, unless otherwise specified in the certificate.
- The frequency of vibration shall be changed in one direction. When changing the specified frequencies over the total range, a pulse shall not be less than 2 min duration.
- Fixed frequencies and vibration accelerations or an amplitude of the movement are set in accordance with table 4.
- Frequencies at which a resonance appears shall be maintained for not less than 2 min.
- The total duration of vibration conditions shall be 60 min. An amplitude of movement at the set vibration acceleration is calculated by:

$$s = 1\,000\, a/4 (\pi)^2 f^2 \approx 25\, a/f^2$$

where

s is the amplitude of movement (half a swing) of the vibration table, in millimetres;

a is the vibration acceleration (amplitude magnitude), in ms^{-2} ;

f is the vibration frequency, in hertz.

In setting or changing the conditions of the vibration table, the errors shall not be more than $\pm (0,15\, s \pm 0,05\, \text{mm})$ of amplitude; ± 20 % of acceleration; $\pm (0,10\, f + 2\, \text{Hz})$ of frequency.

After the tests, the instruments shall be checked for mechanical damage or loose fittings. After maintaining normal conditions for the time specified in the certificate, the instruments shall be switched on and the technical characteristics checked as specified for this test type.

10.1.3 Essais de résistance aux vibrations

Quand ces essais sont spécifiés par l'acheteur pour des raisons d'implantation, ils doivent être réalisés comme suit.

- Faire un examen externe (inspection visuelle) et relever les caractéristiques spécifiées dans le certificat pour un essai de type donné.
- Arrêter l'appareil, le fixer d'une manière rigide sur la table de vibration dans la position habituelle d'emploi. Mettre l'appareil en service.
- Conduire les essais en faisant varier lentement la fréquence dans les sous-gammes indiquées dans le tableau 3. Il convient que le temps nécessaire pour couvrir chaque sous-gamme soit suffisant pour vérifier et noter les caractéristiques indiquées dans le certificat, sans être toutefois inférieur à 3 min. L'amplitude du mouvement de la table de vibration est calculée au moyen de la formule donnée en 10.1.2.
- Chacune des fréquences auxquelles, au cours de l'essai, il y a instabilité et détérioration des caractéristiques spécifiées, doit être maintenue pendant le temps précisé dans le certificat, sans être inférieur à 5 min. La durée totale des conditions vibratoires doit être d'au moins 60 min.
- Après les essais, les appareils sont arrêtés, retirés de la table vibrante et examinés pour relever les dommages mécaniques éventuels et les fixations défectueuses.
- Après avoir maintenu le matériel dans les conditions normales pendant le temps spécifié dans le certificat, le matériel est mis en service et les caractéristiques techniques sont examinées ainsi qu'il est spécifié dans ce type d'essai.

10.1.4 Essais de chocs

Les essais sont effectués comme suit.

- Après avoir déterminé les caractéristiques techniques dans les conditions normales d'essai, le matériel est débranché et fixé sur la machine à chocs.
- La machine à chocs est mise en route.
- L'accélération, la durée des impulsions et le nombre de chocs sont fixés conformément au tableau 3. Une condition d'essai est déterminée en fonction des données applicables à la machine à chocs ou par d'autres moyens, l'erreur ne devant pas être supérieure à $\pm 10\%$.
- Après les essais, il est procédé à un examen externe (contrôle visuel), l'appareil est mis en service et les caractéristiques spécifiées dans le certificat pour un essai de type donné sont mesurées.
- Le matériel peut être considéré comme résistant aux essais si, après ceux-ci, il n'a pas subi de dégâts matériels et si ses caractéristiques correspondent aux prescriptions indiquées dans le certificat pour un type d'essai donné.

10.1.5 Essais de résistance mécanique

Les essais de résistance mécanique en cours d'expédition doivent être réalisés comme suit.

- Un examen externe (contrôle visuel) est réalisé, l'appareil est mis en fonctionnement et les caractéristiques spécifiées dans le certificat pour ce type d'essai sont mesurées.
- Les matériels sont arrêtés et emballés pour chargement, comme indiqué dans la documentation correspondante.
- Les matériels sont fixés sur l'appareil d'essai dans une position convenable d'expédition en accord avec les indications portées sur l'emballage.
- La condition de l'essai est fixée conformément au tableau 3 pour toutes les conditions d'expédition.
- Après les essais, les matériels sont retirés de l'appareil d'essai, ils sont examinés pour repérer les dommages mécaniques et les fixations défectueuses.
- Les matériels sont mis en fonctionnement et les caractéristiques données dans le certificat pour un type d'essai donné sont mesurées.
- Les matériels sont considérés comme résistants aux essais mécaniques si, après ces essais, il n'y a pas de dommage mécanique et si leurs caractéristiques, dans les conditions normales, correspondent à celles spécifiées dans le certificat pour un type d'essai donné.

10.1.3 Tests for vibration resistance

Where so specified by the purchaser because of implementation requirements, the tests shall be performed as follows.

- Carry out an external examination (visual inspection) and check the characteristics specified in the certificate for a given test type.
- Switch off the instruments, fix them rigidly to the vibration machine table in a position suitable for use, then switch on the instruments.
- The tests are carried out by smoothly changing the frequency in the subranges according to table 3. The time of covering each subrange should be sufficient to check and record the characteristics pointed out in the certificate, but not less than 3 minutes. An amplitude of the vibration table movement is calculated by the formula given in 10.1.2.
- Upon detection of frequencies at which there is an instability and deterioration of the characteristics under test, each of these frequencies shall be maintained additionally for the time pointed out in the certificate, but not less than 5 min. The total duration of vibration conditions shall not be less than 60 min.
- After the tests, the instruments are switched off, removed from the vibration machine table and checked for mechanical damage and slackened fixations.
- After maintaining normal conditions for the time specified in the certificate, the instruments shall be switched on and the technical characteristics checked as specified for this test type.

10.1.4 Tests for mechanical shock

Tests shall be carried out as follows.

- After the measurement of the technical characteristics under normal conditions of operation, the instruments are switched off and fixed to a shock machine.
- The shock machine is switched on.
- The acceleration, the shock pulse duration and the number of shocks are set according to table 3; a test condition is determined according to the table applicable to the shock machine or by means of devices with a permissible measurement error not exceeding $\pm 10\%$.
- After the tests, an external examination (visual inspection) is carried out, the instrument is switched on and the characteristics specified in the certificate for a given test type are measured.
- The instruments shall be considered to withstand the tests if, after the tests, there is no mechanical damage and their characteristics correspond to the requirements specified in the certificate for a given test type.

10.1.5 Tests for mechanical resistance

The tests for mechanical resistance during shipping shall be performed as follows.

- An external examination (visual inspection) is carried out, the instrument is switched on and the characteristics specified in the certificate for a given test type are measured.
- The instruments are turned off and packed for shipping in accordance with the design documentation.
- The instruments are fixed on the testing machine in a position acceptable for shipping according to the signs on the boxes.
- The test condition is set according to table 3 for all conditions of shipping.
- After the tests, the instruments are removed from the test machine and checked for mechanical damage and slackened fixations.
- The instruments are switched on and the characteristics specified in the certificate for a given test type are measured.
- The instruments are considered to withstand the tests for mechanical strength during shipment, if after the tests there is no mechanical damage and their characteristics under normal operation correspond to the requirements specified in the certificate for a given test type.

11 Prescriptions environnementales et essais

11.1 Prescriptions et essais aux températures extrêmes

11.1.1 Prescriptions

Le gain de l'ensemble du système ne doit pas varier de plus de 1/1000 pour une variation de 1 K en 1 h. La valeur minimale de la résolution (voir 8.4.1) doit être maintenue pour des températures de fonctionnement allant de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. La réponse entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ doit rester à $\pm 10\%$ par rapport aux résultats obtenus dans les conditions normales d'essai. La précision de l'horloge interne ne doit pas varier de plus de $\pm 1\%$ entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si cela est nécessaire, l'étendue de température peut être augmentée, par exemple entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ par accord entre l'acheteur et le fournisseur.

11.1.2 Méthode d'essai

Cet essai doit normalement être réalisé dans une enceinte climatique. Habituellement, il n'est pas nécessaire de contrôler l'humidité de l'air dans l'enceinte, à moins que le matériel ne soit particulièrement sensible à l'humidité.

- Exposer le matériel à une source convenable de rayonnement pour obtenir une indication correcte dans le premier tiers de l'étendue de mesure par exemple et noter le résultat obtenu dans les conditions normales d'essai (voir tableau 1).
- La température doit alors être maintenue à chacune de ses valeurs extrêmes, au moins pendant 4 h et la mesure effectuée pendant les trente dernières minutes de cette période.
- La dérive et la linéarité doivent être contrôlées en utilisant un générateur d'impulsions étalonné à trois énergies (canaux) différentes et en couvrant l'étendue des impulsions d'entrée correspondant à des rayonnements gamma de 0 MeV à 3 MeV.
- La résolution doit être vérifiée en utilisant une source étalonnée de cobalt 60 de 185-370 kBq (5-10 μCi) placée à 25 cm sur un axe perpendiculaire à la face avant du détecteur.

L'essai de type d'un système entièrement portable et d'un ensemble de détection transportable doit être réalisé pendant 1 h à trois températures stables comprises entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ et pendant 1 h alors que la température varie d'une manière continue de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, et de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il ne doit pas y avoir de perte d'information du système de stockage sur toute l'étendue de l'essai.

11.2 Influence de l'humidité relative (HR)

11.2.1 Prescriptions

L'indication (surface du pic d'absorption totale) de l'appareil ne doit pas varier de plus de $\pm 5\%$ par rapport à celle obtenue dans les conditions normales d'essai, lorsque l'humidité relative atteint 95 % et la température $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

L'essai de cette grandeur d'influence n'est demandé que si son effet est considéré comme significatif.

Le gain, la linéarité, la résolution doivent faire l'objet d'un essai de type à des humidités relatives de 10 %, 30 % et 80 % pendant 12 h. Les variations ne doivent pas dépasser $\pm 5\%$.

11.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé en enceinte climatique à la seule température de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$. La variation autorisée de l'indication de $\pm 5\%$ s'ajoute à celle autorisée pour la variation de température seule.

11 Environmental requirements and tests

11.1 Requirements and tests at temperature extremes

11.1.1 Requirements

The gain of the entire system shall not shift by more than one part in 1 000 per 1 K change over a period of 1 h. The minimum acceptable peak resolution (see 8.4.1) shall be maintained over operating temperatures of $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. The response shall be within $\pm 10\text{ }%$ of that obtained under standard test conditions at $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. The clock, that is the timing circuit, shall be accurate to $\pm 1\text{ }%$ from $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. If required, the range may be extended, for example from $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, by agreement between the purchaser and the supplier.

11.1.2 Test method

This test shall normally be carried out in a climatic box. Generally, it shall not be necessary to control the humidity of the air in the box unless the instrument is particularly sensitive to humidity.

- Expose the assembly to a suitable source of radiation to give a convenient indication in the first third of the measuring range for instance and note the reading under standard test conditions (see table 1).
- The temperature shall then be maintained at each of its extreme values for at least 4 h, and the indication of the assembly measured during the last 30 minutes of this period.
- Drift and linearity shall be tested using a calibrated pulser at three different energies (channels) spanning the range of input pulses corresponding to gamma-ray peaks of 0 MeV to 3 MeV.
- The resolution shall be tested by measuring flux from a 185-370 kBq (5-10 μCi) ^{60}Co check source 25 cm from and normal to the detector face.

A type test of an entire portable system and transportable detector assembly shall be made for 1 h each at 3 stable temperatures between $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and for 1 h while the temperature is continuously varied from $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ and from $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. There shall be no loss of data from the storage device over the entire environmental test range.

11.2 Influence of relative humidity (RH)

11.2.1 Requirements

The indication (total absorption peak area) of the assembly shall not vary by more than $\pm 5\text{ }%$ from that obtained under standard test conditions for all relative humidities up to 95 % at a temperature of $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A test of this influence quantity is only required if its effect is considered to be significant.

The gain, linearity, preamplifier noise (resolution) shall be type tested at relative humidities of 10 %, 30 % and 80 % for 12 h. Changes shall be no greater than $\pm 5\text{ }%$.

11.2.2 Test method

The test shall be carried out at a single temperature of $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ using a climatic chamber. The permitted variation of $\pm 5\text{ }%$ in the indication is additional to the permitted variation due to temperature alone.

11.3 Prescriptions de résistance au vent et essais

L'ensemble support et détecteur doit être essayé et résister à un vent permanent de $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et à des bourrasques de $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ sans se renverser. Le vent ne doit pas provoquer de microphonie qui diminuerait la résolution en dessous du minimum acceptable (voir 10.1).

11.4 Prescriptions d'étanchéité des emballages

Les systèmes portables doivent être pourvus de caisses de transport et d'embarquement étanches à l'humidité.

11.5 Résistance du détecteur aux cycles thermiques

Les détecteurs au germanium intrinsèque doivent résister à des cycles de températures spécifiés par le constructeur, sans perte de résolution ni d'efficacité. Les essais doivent consister à faire subir au détecteur un cycle allant du réchauffage complet à la température de fonctionnement, une fois par jour, pendant trois jours. Le constructeur doit indiquer tous les autres essais devant être réalisés.

11.6 Influence de la pression atmosphérique

L'influence de la pression atmosphérique n'est généralement pas significative pour ces matériels. La pression atmosphérique à laquelle tous les essais sont réalisés doit être indiquée et les effets des variations de la pression atmosphérique, s'ils existent, doivent être indiqués par le constructeur.

Des essais représentatifs à d'autres pressions atmosphériques doivent être effectués si nécessaire.

11.7 Prescriptions d'étanchéité des matériels

Le constructeur doit indiquer les précautions qui ont été prises pour éviter l'entrée d'humidité.

11.8 Champs électromagnétiques externes

A moins que des précautions particulières ne soient prises au niveau de la conception d'un ensemble, celui-ci peut être mis hors d'usage ou donner des indications erronées en présence de champs électromagnétiques externes, en particulier de radio-fréquences.

11.8.1 Prescriptions

Si l'indication d'un ensemble peut être affectée par la présence de champs électromagnétiques externes, le constructeur doit signaler ce fait et le notifier dans la notice d'utilisation.

Si un constructeur déclare qu'un ensemble est insensible aux champs électromagnétiques, il doit indiquer la gamme de fréquences et les types de rayonnements électromagnétiques en présence desquels l'ensemble a été essayé ainsi que l'intensité maximale utilisée.

11.8.2 Méthode d'essai

En raison de la grande diversité des fréquences et des types de rayonnements électromagnétiques que l'on peut rencontrer, la présente norme ne définit pas de méthode d'essai. Cette méthode doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

11.9 Champs magnétiques externes

11.9.1 Prescriptions

Si l'indication de l'ensemble peut être affectée par la présence de champs magnétiques externes, le constructeur doit le signaler et le notifier dans la notice d'utilisation.

11.3 Wind resistance requirements and tests

The tripod-detector subassembly shall be tested to withstand a steady $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wind and gusts to $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ without overturning. The microphonic noise due to wind shall not degrade resolution below the minimum acceptable (see 10.1).

11.4 Waterproof requirements

Portable systems shall be provided with moisture proof carrying/shipping cases.

11.5 Temperature cycling of detector

Intrinsic Ge detectors shall withstand temperature cycling within the manufacturer's specifications with no loss of resolution or efficiency. Tests of the detector shall consist of cycling the detector from complete warm-up to operating temperature once a day for three days. The manufacturer shall state any other tests that are to be performed.

11.6 Influence of atmospheric pressure

The influence of atmospheric pressure is, in general, not significant for these assemblies. The atmospheric pressure at which all tests are carried out shall be stated and the effects of variations in atmospheric pressure, if any, shall be stated by the manufacturer.

Representative tests at other atmospheric pressures shall be performed if required.

11.7 Sealing requirements

The manufacturer shall state the precautions that have been taken to prevent the ingress of moisture.

11.8 External electromagnetic fields

Unless special precautions are taken in the design of an assembly, it may be rendered inoperative or give incorrect indications in the presence of external electromagnetic fields, particularly radio-frequency fields.

11.8.1 Requirements

If the indication of an assembly can be influenced by the presence of external electromagnetic fields, a warning to this effect shall be given by the manufacturer and this shall also be included in the instruction manual.

If a manufacturer claims that an assembly is insensitive to electromagnetic fields, the range of frequencies and types of electromagnetic radiation in which the assembly has been tested shall be stated by the manufacturer together with the maximum intensity used.

11.8.2 Test method

Owing to the great range of frequencies and types of electromagnetic radiation that may be encountered, the method of test is not specified in this standard. The method of test shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

11.9 External magnetic fields

11.9.1 Requirements

If the indication of an assembly can be influenced by the presence of external magnetic fields, a warning to this effect shall be given by the manufacturer and this shall also be stated in the instruction manual.

11.9.2 Méthode d'essai

Cette méthode doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

11.10 Stockage et transport

Tous les appareils conçus pour une utilisation sous un climat tempéré doivent être prévus pour fonctionner conformément aux prescriptions de la présente norme, après un temps suffisant pour atteindre la température ambiante, suite à un stockage (ou transport), sans batteries, d'au moins six mois dans les emballages d'origine et à n'importe quelle température comprise entre -25°C et $+50^{\circ}\text{C}$.

Dans certains cas, des prescriptions plus sévères peuvent être requises telle que la capacité à supporter un transport aérien sans pressurisation.

12 Résumé des caractéristiques

Les prescriptions relatives aux différentes caractéristiques de fonctionnement sont résumées, pour plus de commodité, dans les tableaux 1, 2 et 3. Ces tableaux donnent également le numéro des articles ou des paragraphes concernés dans lesquels les prescriptions de chacune des caractéristiques sont indiquées.

13 Documentation

13.1 Certificat

Chaque appareil doit être accompagné d'un certificat donnant au moins les informations suivantes (voir CEI 61187):

- nom du constructeur ou marque déposée;
- type de l'ensemble et numéro de série;
- étendue effective de mesure;
- courbe de réponse en fonction de l'énergie;
- durée de vie des batteries, instructions de chargement;
- capacité du dispositif de refroidissement à l'azote liquide (le cas échéant), durée entre deux remplissages et instructions de remplissage;
- point de référence de l'ensemble aux fins d'étalonnage et orientation de référence par rapport à la source d'étalonnage;
- type de détecteur et caractéristiques (par exemple taille, forme, résolution, efficacité);
- situation et dimensions du volume sensible;
- tension de polarisation du détecteur, polarité;
- masse surfacique des parois entourant le volume sensible du détecteur (en milligrammes par centimètre carré) et matériaux des parois (c'est-à-dire aluminium, acier inoxydable etc.);
- résultat des essais.

13.2 Notice d'utilisation

Chaque ensemble doit être fourni avec la notice d'utilisation appropriée conformément à la CEI 61187.

11.9.2 Test method

The test method shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

11.10 Storage and transport

All apparatus designed for use in temperate climates shall be designed to operate within the specifications of this standard after sufficient time has been allowed to reach ambient temperatures following storage (or transport), without batteries, for a period of at least six months in the manufacturer's packaging at any temperature between -25°C and $+50^{\circ}\text{C}$.

In certain circumstances, more severe specifications may be required such as capability for withstanding air transport at low ambient pressure.

12 Summary of characteristics

The requirements of the various performance characteristics are summarized for convenience in tables 1, 2 and 3. These tables also give the number of the relevant clauses or subclauses in which the requirements for each particular characteristic are described.

13 Documentation

13.1 Certificate

A certificate shall accompany each assembly giving at least the following information (see IEC 61187):

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of assembly and serial number;
- effective range of measurement;
- response as a function of radiation energy;
- battery life, charging instructions;
- cooling device liquid nitrogen capacity (when applicable), time between fillings and filling instructions;
- reference point of the assembly for calibration purposes and reference orientation relative to calibration source;
- detector type and characteristics (e.g. size, shape, resolution, efficiency);
- location and dimensions of the sensitive volume;
- detector bias, polarity;
- mass per unit area of the walls surrounding the sensitive volume of the detector (in milligrams per square centimetre) and wall material (that is, aluminium, stainless steel, etc.);
- test results.

13.2 Instruction manual

Each assembly shall be supplied with an appropriate instruction manual in accordance with IEC 61187.

Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai

| Grandeur d'influence | Conditions de référence | Conditions normales d'essai | Limites | Références (paragraphes) |
|--|---------------------------------------|--|---|--------------------------|
| RAYONNEMENT: | | | | |
| Bruit de fond dû à la contamination | Négligeable | Installation bas bruit de fond | Voir texte | 8.6.1 |
| Efficacité relative | 7,5 cm × 7,5 cm NaI (TI) 1 333 keV | Source ponctuelle de ⁶⁰ Co, à 25 cm, incidence normale | > 15 % | 8.5.1 |
| Réponse angulaire | Incidence normale | Source ponctuelle de ⁶⁰ Co, axiale (1), azimuthal (2) | < 5 % (1) ± 20 % (2) | 8.3.1 |
| Résolution | LTMH à 1333 keV | Source ponctuelle de ⁶⁰ Co, à 25 cm, incidence normale | ≤ 2 keV | 8.4.1 |
| Erreur relative intrinsèque | — | Sol d'activité connue | < 20 % | 8.1.1 |
| Atténuation par l'enveloppe | Bruit de fond ambiant | Source ponctuelle de ⁶⁰ Co sur la face avant du détecteur | < 2 % | 7.6 |
| ÉLECTRIQUE: | | | | |
| Fluctuations statistiques | Tension et fréquence nominales | Valeurs nominales ± 1 % | < 5 % | 9.1.1 |
| Durée de vie de la batterie | 8 h consécutives | Fonctionnement continu | < 10 % | 9.3.2 |
| Alimentation électrique | Tension et fréquence nominales | Valeurs nominales – 12 %, + 10 % | < 10 % < 0,1 % (gain) | 9.4.1 |
| Temps de préchauffage | 5 min | 5 min | < 10 % | 9.2.1 |
| MÉCANIQUE: | | | | |
| Vibrations | Utilisation habituelle | Voir tableau 3 | Voir tableau 3 | 10.1.1 |
| Chocs | Expédition | Voir tableau 3 | Voir tableau 3 | 10.1.1 |
| Survie aux vibrations | Expédition | Voir tableau 4 | Voir tableau 4 | 10.1.1 |
| Résistance aux vibrations | Utilisation habituelle | Voir tableau 5 | Voir tableau 5 | 10.1.1 |
| ENVIRONNEMENT: | | | | |
| Température | 20 °C | 18 °C à 22 °C | < 0,1 %/°C gain zéro < 10 % sur indication | 11.1.1 |
| Humidité | HR 65 % à 35 °C | 10 % à 95 % | < 5 % | 11.2.1 |
| Vent | 9 m·s ⁻¹ | Monté sur support | Stable | 11.3 |
| Eau | Sec | Pluie | Pas d'effet | 11.4 |
| Azote liquide | Durée 8 h à 10 h | Utilisation habituelle | ---- | 7.4 |
| Cycle de température | Journalier | Utilisation habituelle | Négligeable | 11.5 |
| Champs électromagnétiques et magnétiques | Champs terrestres | Si requis | Pas d'effet | 11.8.1 11.9.1 |
| NOTE – Toutes les limites sont celles indiquées sauf avis contraire. | | | | |

Table 1 – Reference and standard test conditions

| Influence quantity | Reference conditions | Standard test conditions | Limits | Reference (subclause) |
|--|---------------------------------------|---|--|-----------------------|
| RADIATION: | | | | |
| Background contamination | Negligible | Low background facility | See text | 8.6.1 |
| Relative efficiency | 7,5 cm × 7,5 cm NaI (TI) 1 333 keV | ⁶⁰ Co point source at 25 cm, normal incidence | > 15 % | 8.5.1 |
| Angular response | Normal incidence | ⁶⁰ Co point source, at axial (1), azimuthal (2) | < 5 % (1) ± 20 % (2) | 8.3.1 |
| Resolution | FWHM at 1333 keV | ⁶⁰ Co point source at 25 cm, normal incidence | ≤ 2 keV | 8.4.1 |
| Relative intrinsic error | — | Known soil activity | < 20 % | 8.1.1 |
| Housing attenuation | Ambient background | ⁶⁰ Co point source on detector face | < 2 % | 7.6 |
| ELECTRICAL: | | | | |
| Statistical fluctuations | Nominal voltage, frequency | Nominal ± 1 % | < 5 % | 9.1.1 |
| Battery life | 8 h continuous | Continuous use | < 10 % | 9.3.2 |
| Power supply | Nominal voltage, frequency | Nominal – 12 %, + 10 % | < 10 % < 0,1 % (gain) | 9.4.1 |
| Warm-up time | 5 min | 5 min | < 10 % | 9.2.1 |
| MECHANICAL: | | | | |
| Vibration | Normal use | See table 3 | See table 3 | 10.1.1 |
| Shocks | Shipping | See table 3 | See table 3 | 10.1.1 |
| Vibration survival | Shipping | See table 4 | See table 4 | 10.1.1 |
| Vibration resistance | Normal use | See table 5 | See table 5 | 10.1.1 |
| ENVIRONMENTAL: | | | | |
| Temperature | 20 °C | 18 °C to 22 °C | < 0,1 %/°C gain zero < 10 % on indication | 11.1.1 |
| Humidity | RH 65 % at 35 °C | 10 % to 95% | < 5 % | 11.2.1 |
| Wind | 9 m·s ^{–1} | Tripod mounted | Stable | 11.3 |
| Water | Dry | Rain | No effect | 11.4 |
| Liquid nitrogen | Life 8 h to 10 h | Normal use | ---- | 7.4 |
| Temperature cycling | Daily | Normal use | Negligible | 11.5 |
| Electromagnetic and magnetic fields | Earth's field | If required | No effect | 11.8.1 11.9.1 |
| NOTE – All limits on indication unless otherwise stated. | | | | |

Tableau 2 – Essais effectués avec variation des grandeurs d'influence

| Grandeur d'influence | Etendue des valeurs de la grandeur d'influence | Limites des variations de l'indication | Références (paragraphe) |
|-----------------------------------|---|---|-------------------------|
| RAYONNEMENT: | | | |
| Energie gamma | 60 keV à 300 keV 0,3 MeV à 2,5 MeV | ± 10 % ± 5 % | 8.2.1 |
| Angle d'incidence (voir figure 1) | $\theta = 0^{\circ}$ à 90° $\psi = 0^{\circ}$ à 360° | ≤ 20 % < 5 % | 8.3.1 |
| ÉLECTRICITÉ: | | | |
| Tension de la batterie | 80 % à 110 % valeur nominale pendant 8 h en fonctionnement continu | < 10 % | 9.3.4 |
| MÉCANIQUE: | | | |
| Fréquence de vibrations | Voir tableaux 4 et 5 | | |
| ENVIRONNEMENT: | | | |
| Température | -10 °C à +40 °C | <50 mV efficaces (tension de bruit) <1 % horloge <10 % réponse <0,1 % gain ou zéro | 11.1.1 |
| Humidité relative | 10 % à 95 % | <5 % | 11.2.1 |
| Vent | 0 m.s ⁻¹ à 9 m.s ⁻¹ 9 m.s ⁻¹ à 13 m.s ⁻¹ bourrasques | Stable Stable | 11.3 |
| Azote liquide | 0 h à 12 h | Alimentation >8 h | 7.4 |
| Cycle thermique | Journalier pendant 3 jours | Pas d'effet | 11.5 |

Table 2 – Tests performed with variation of influence quantities

| Influence quantity | Range of influence quantity | Limits of indication | Reference (subclause) |
|-----------------------------------|---|---|-----------------------|
| RADIATION: | | | |
| Gamma energy | 60 keV to 300 keV 0,3 MeV to 2,5 MeV | $\pm 10 \%$ $\pm 5 \%$ | 8.2.1 |
| Angle of incidence (see figure 1) | $\theta = 0^\circ$ to 90° $\psi = 0^\circ$ to 360° | $\leq 20 \%$ $< 5 \%$ | 8.3.1 |
| ELECTRICAL: | | | |
| Battery voltage | 80 % to 110 % nominal over 8 h continued use | $< 10 \%$ | 9.3.4 |
| MECHANICAL: | | | |
| Vibration frequency | See tables 4 and 5 | | |
| ENVIRONMENTAL: | | | |
| Temperature | -10°C to $+40^\circ\text{C}$ | $< 50 \text{ mV r.m.s. noise}$ $< 1 \%$ clock $< 10 \%$ indication $< 0,1 \%$ gain or zero | 11.1.1 |
| Relative humidity | 10 % to 95 % | $< 5 \%$ | 11.2.1 |
| Wind | $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ to $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ to $13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ gusts | Stable Stable | 11.3 |
| Liquid nitrogen | 0 h to 12 h | Supply $> 8 \text{ h}$ | 7.4 |
| Temperature cycling | Daily for 3 days | No effect | 11.5 |

Tableau 3 – Performances mécaniques dans les conditions d'essai

| Conditions d'essais | Grandeur d'influence | Valeur de la grandeur d'influence |
|--------------------------|--|-------------------------------------|
| Conditions d'utilisation | Vibrations – Fréquence, Hz – Accélération maximale, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ – Durée de l'essai, h | 10 à 70 40 1 |
| Transport | Chocs par minute – Accélération maximale, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ – Durée des impulsions, ms – Nombre de chocs | 10 à 50 150 6 à 12,5 2 000 |
| | Vibrations – Fréquence, Hz – Accélération maximale, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ – Durée de l'essai, h | 10 à 70 30 1 |
| Chargement | Chocs par minute – Accélération maximale, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ – Durée des impulsions, ms – Nombre de chocs | 80 à 120 250 6 à 20 2 000 |
| | Vibrations – Fréquence, Hz – Accélération maximale, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ – Durée de l'essai, h | 10 à 70 40 1 |

NOTE – Les systèmes portables doivent être essayés dans leur emballage de transport ainsi que dans leur configuration normale d'utilisation.

Tableau 4 – Essais de capacité de survie à différentes fréquences fixes de vibration

| Gamme de fréquences Hz | Conditions d'essais | |
|---------------------------|--|-----------------|
| | Accélération $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ | Amplitude mm |
| 18 | – | 0,5 à 0,7 |
| 24 | – | 0,5 à 0,7 |
| 36 | – | 0,3 à 0,5 |
| 48 | – | 0,3 à 0,5 |
| 70 | – | – |

Tableau 5 – Essais de résistance aux vibrations à des fréquences variant lentement

| Gamme de fréquences Hz | Conditions d'essais | |
|---------------------------|--|-----------------|
| | Accélération $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ | Amplitude mm |
| 10 à 20 | – | 0,7 |
| 20 à 30 | – | 0,5 |
| 30 à 40 | – | 0,5 |
| 40 à 50 | – | 0,3 |
| 50 à 60 | – | 0,3 |
| 60 à 70 | 40 | – |