

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Mobile instrumentation for the measurement of photon and neutron radiation in the environment

Instrumentation pour la radioprotection – Instrumentation mobile pour la mesure des rayonnements gamma et neutroniques dans l'environnement

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Mobile instrumentation for the measurement of photon and neutron radiation in the environment

Instrumentation pour la radioprotection – Instrumentation mobile pour la mesure des rayonnements gamma et neutroniques dans l'environnement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 13.280

ISBN 978-2-88910-703-2

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and nomenclature	9
3.1 Definitions	9
3.1.1 mobile detection system	9
3.1.2 energy resolution.....	9
3.1.3 background (intrinsic, platform and cosmic).....	9
3.1.4 positional reference	9
3.1.5 area of investigation	9
3.1.6 sampling interval	9
3.1.7 reference soil or surface	10
3.1.8 platform	10
3.2 Test nomenclature.....	10
3.2.1 qualification tests	10
3.2.2 acceptance test	10
4 General system configuration	10
5 General requirements	11
5.1 Power supply.....	11
5.2 Battery power supply	12
5.3 Cabling and connections	12
5.4 Shock (operating).....	12
5.5 Vibration (operating).....	12
5.6 Vibration (non-operating).....	12
5.7 Water resistance	12
5.8 Spectrometric systems	12
6 Classification of the performance characteristics	12
7 General test procedures	12
7.1 Nature of tests.....	12
7.2 Reference conditions and standard test conditions	13
7.3 Position of assembly for purposes of tests.....	13
7.4 Statistical fluctuations	13
7.5 Reference radiation	13
8 General performance specification and testing requirement.....	13
8.1 Power supply.....	13
8.1.1 Requirements	13
8.1.2 Test method	13
8.2 Battery power supply	14
8.2.1 Requirements	14
8.2.2 Test method	14
8.3 Warm-up time.....	14
8.3.1 Requirements	14
8.3.2 Test method	14
8.4 Radio frequency (RF) requirements	14
8.4.1 Requirements	14
8.4.2 Test method	15

8.5	RF susceptibility	15
8.5.1	Requirements	15
8.5.2	Test method	15
8.6	Temperature	15
8.6.1	Requirements	15
8.6.2	Test method	15
8.7	Relative Humidity	15
8.7.1	Requirements	15
8.7.2	Test method	15
8.8	Shock (operating)	16
8.8.1	Requirements	16
8.8.2	Test method	16
8.9	Vibration (operating)	16
8.9.1	Requirements	16
8.9.2	Test method	16
8.10	Vibration (non-operating)	16
8.10.1	Requirements	16
8.10.2	Test method	16
8.11	Water resistance	16
8.11.1	Requirements	16
8.11.2	Test method	16
8.12	Temperature effects	17
8.12.1	Requirements	17
8.12.2	Test method	17
8.13	Summed detector resolution	17
8.13.1	Requirements	17
8.13.2	Test method	17
9	Scintillation based detector module requirements	17
9.1	Photomultiplier count rate stability	17
9.1.1	Requirements	17
9.1.2	Test method	17
9.2	Photomultiplier magnetic shielding	17
9.2.1	Requirements	17
9.2.2	Test method	17
10	High purity germanium (HPGE) detector requirements	17
10.1	Spectrum requirements	17
10.2	Test method	18
11	Neutron detector requirements	18
11.1	Neutrons	18
11.1.1	Requirements	18
11.1.2	Test method	18
11.2	Shock and vibration	18
11.2.1	Requirements	18
11.2.2	Test method	18
11.3	Strong gamma ray field	18
11.3.1	Requirements	18
11.3.2	Test method	18
11.4	Measurement time reference	18
11.4.1	Requirements	18

11.4.2	Test method	18
12	Specific test for preamplifier and ADC modules for spectrum-capable detectors	19
12.1	Spectral gain stability	19
12.1.1	Requirements	19
12.1.2	Test method	19
12.2	Livetime reference.....	19
12.2.1	Requirements	19
12.2.2	Test method	19
12.3	ADC	19
12.3.1	Requirements	19
12.3.2	Test method	19
12.4	Linearity of count rate response	19
12.4.1	Requirements	19
12.4.2	Test method	19
13	Spectral specifications and test requirements for spectrum capable detectors	20
13.1	Multicrystal array performance	20
13.1.1	Requirements	20
13.1.2	Test method	20
13.2	Spectrum recording	20
13.2.1	Requirements	20
13.2.2	Test method	20
13.3	Data transfer	20
13.3.1	Requirements	20
13.3.2	Test method	20
13.4	Synchronisation of acquisition periods.....	20
13.4.1	Requirements	20
13.4.2	Test method	20
13.5	Synchronisation with positional information	20
13.5.1	Requirements	20
13.5.2	Test method	20
13.6	Synchronisation with height above ground surface information	21
13.6.1	Requirements	21
13.6.2	Test method	21
14	Data logging.....	21
14.1	Time referencing	21
14.1.1	Requirements	21
14.1.2	Test method	21
15	Installation requirement minimising shielding from the platform for internally mounted detectors.....	21
15.1	Requirements	21
15.2	Test method	21
16	Additional requirements.....	21
16.1	General.....	21
16.2	Real time data display requirements.....	22
17	Documentation	22
17.1	Instructions manual	22
17.2	Test certificate	22
18	Safety requirements	22

Annex A (informative) Data processing	24
Annex B (informative) A typical analysis scenario for natural (K(potassium) U(uranium) T(thorium)) extraction only	27
Annex C (informative) Structured sampling plans for reference soils	31
Annex D (informative) Mechanical performance requirements	36
Bibliography	37
Figure 1 – Schematic diagram of the typical components of a mobile platform system	11
Figure C.1 – The expanding hexagonal sampling and typical sampling sets A and B	31
Figure C.2 – Coincidence between the area of investigation for ¹³⁷ Cs and the hexagonal sampling plan	33
Table 1 – Typical detector deployment for different applications	11
Table 2 – RF emission limits measured at 3 m distance from the assembly	15
Table 3 – Reference conditions and standard test conditions	22
Table 4 – Tests performed under standard test conditions	23
Table 5 – Tests performed with variation of influence quantities	23
Table A.1 Conversion values between natural radionuclide concentrations and Kerma rate in air	25
Table C.1 – Weighting for each hexagonal shell with radionuclide energy and detector altitude	32
Table C.2 – The spatially weighted mean activities for ¹³⁷ Cs at Caerlaverock sampling site for detector altitudes at 1 m, 50 m and 100 m	34
Table C.3 – Comparison of derived calibration coefficients from hexagonal calibration sites (all errors quoted as 1σ standard error except which is 1σ standard deviation)	35
Table D.1 – Vibration break points	36

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – MOBILE INSTRUMENTATION FOR THE MEASUREMENT OF PHOTON AND NEUTRON RADIATION IN THE ENVIRONMENT

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62438 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This standard cancels and replaces IEC 61134, issued in 1992. The scope of IEC 61134 was restricted to exploration for geological deposits of potassium, uranium and thorium. IEC 62438 incorporates the range of currently available detector technologies and incorporates neutron monitoring. This standard also relates to a wide range of mobile platform applications including environmental, emergency response, security in addition to geological.

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

FDIS	Report on voting
45B/633/FDIS	45B/636/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – MOBILE INSTRUMENTATION FOR THE MEASUREMENT OF PHOTON AND NEUTRON RADIATION IN THE ENVIRONMENT

1 Scope and object

This International Standard is applicable to mobile radiation detection systems used for the detection, quantification and identification of photon and/or neutron emitters in the environment. This includes point and distributed radiation sources.

The object of this standard is to:

- establish definitions;
- establish minimum requirements for the instrumentation;
- establish requirements for deployment and operations;
- provide test and calibration methods; and
- provide guidance to procurement for appropriate equipment.

In general, mobile instrumentation systems for nuclear radiation measurements in the environment are comprised of detectors, detector signal processors, position sensing devices, on-board data recording, operational monitoring, and real time display/alarm capabilities. In addition, advanced systems may provide data streams that can be transmitted by telemetry to operations centres.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-393:2003, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050-394:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 394: Nuclear instrumentation – Instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60086 (all parts), *Primary batteries*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 61010-1:2001, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use*

IEC 62534, *Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for neutron detection of radioactive material*¹

ISO 4037 (all parts), *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy*

ISO 6980 (all parts), *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation*

3 Terms, definitions and nomenclature

3.1 Definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply. Except as specified below, all technical terms are as defined in IEC 60050, particularly for radiation quantities and dosimetric terms defined in IEC 60050-393 and IEC 60050-394.

3.1.1 mobile detection system

mobile detection systems consist of a suitable number of radiation detectors mounted on an transportable platform, which are capable of making measurements while moving (see Figure 1).

NOTE This may include but is not limited to fixed and rotary winged aircraft, surface vehicles, ocean towing, and amphibious vehicles.

3.1.2 energy resolution

the full width in percent or keV at half maximum at a defined total absorption peak (see Annex A)

3.1.3 background (intrinsic, platform and cosmic)

the measured count rate from photons in an energy spectrum or a given energy window or the measured count rate from neutrons from the detection system, platform and cosmic radiation (see Annex A)

3.1.4 positional reference

the spatial reference which defines the location of the detection system in terms of a coordinate system and where necessary, altitude and the height above the surface

3.1.5 area of investigation

the area from which 90 % of the detected photons and neutrons of interest are emitted, assuming a planar surface of uniform activity

3.1.6 sampling interval

the time in seconds between the start of consecutive data samples or measurements. This is also known as the integration time

¹ To be published.

3.1.7 reference soil or surface

an area of soil or surface that has been characterized for empirical calibration of the mobile system (see Annex C)

3.1.8 platform

for the purposes of this standard, platform refers to carrying system including aircraft, truck or person

3.2 Test nomenclature

3.2.1 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.
- b) **routine test**: A test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria.

3.2.2 acceptance test

a contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specifications

[IEV 151-04-20]

4 General system configuration

The measurement system should consist of:

- A primary detection system that has variable sampling intervals (typically between 1 s and 5 s) providing sufficient detector response to enable the detection, identification, and quantification of radionuclides of interest.
- Navigation system to continuously measure the position of the detection system, enabling spatial resolution for mapping. For ground systems inertial navigation may be required in areas where there is poor GPS coverage.
- Power supply for the detection system that may be part of the mobile platform or self-contained.
- Multi-channel analyzer(s) for photon pulse height analysis with algorithms to provide radionuclide identification.
- A data acquisition system that collects and stores radiation detection data, positional information, time, and provides user interface and real-time display.
- Software for data viewing and basic analysis.

The measurement system may also include:

- A neutron detector to record the gross neutron count rate.
- For airborne systems these should also include radar altitude and may also include ambient temperature, humidity and pressure, wind speed and direction.

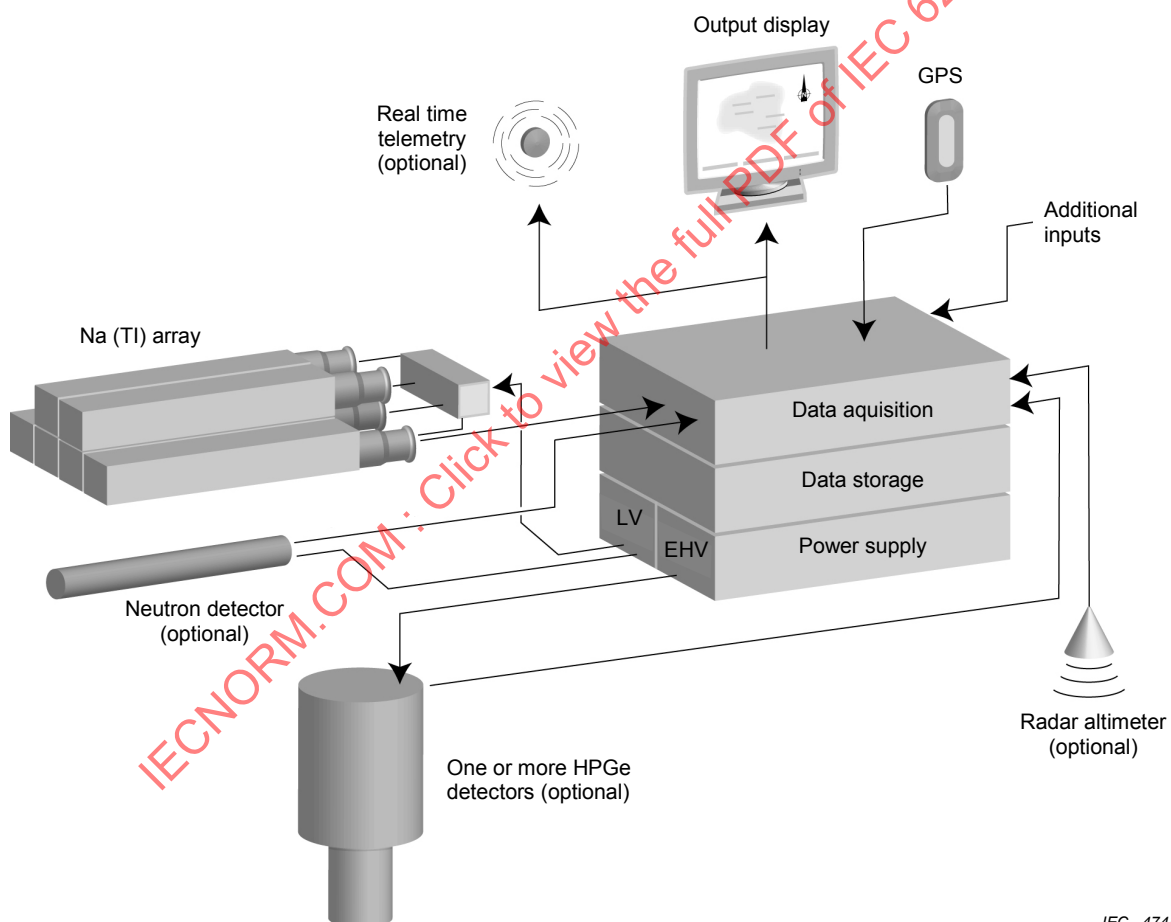
For information purposes, primary detection systems comprise large volume NaI(Tl) detectors, although other scintillators may also be considered. For emergency response purposes, organic scintillators may also be considered for mapping total gamma emission.

Figure 1 provides an example of a typical detection system.

Examples of detector deployment are given in Table 1 below.

Table 1 – Typical detector deployment for different applications

Application	Typical instrument deployment	Example radionuclides of interest
Baseline environmental survey	NaI(Tl) and/or HPGe	^{137}Cs , ^{60}Co , U, Th, K,
Geological survey	NaI(Tl)	U, Th, K
Emergency response	NaI(Tl), HPGe, organic scintillator, ^3He proportional counters, other suitable neutron detectors, and/or any combination	^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am , Pu, ^{131}I , neutrons



IEC 474/10

Figure 1 – Schematic diagram of the typical components of a mobile platform system

5 General requirements

5.1 Power supply

The system should be designed to accept universal power 12-48 V d.c. and/or 100-240 V a.c. (50-60 Hz).

5.2 Battery power supply

When power is supplied by 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.

5.3 Cabling and connections

Connectors and cabling shall be used that are appropriate for the platform and deployment.

5.4 Shock (operating)

The system shall withstand shocks of 300 ms^{-2} (see Table 4).

5.5 Vibration (operating)

The system shall withstand and operate during vibration at 10-55 Hz, with a total displacement of 0,075 mm at 10 ms^{-2} (see Table 4).

5.6 Vibration (non-operating)

The system shall perform within specification after being subjected to vibration (see Table 4).

5.7 Water resistance

Externally mounted detectors shall be water resistant.

5.8 Spectrometric systems

For low resolution detectors such as NaI(Tl), the analogue to digital converter (ADC) shall have a minimum of 512 channels. For medium resolution detectors such as Cadmium Zinc Telluride (CZT), the ADC shall have a minimum of 1 024 channels. For high resolution detectors such as HPGe, the ADC shall have a minimum of 4 096 channels.

6 Classification of the performance characteristics

The limits of variation in the indication of an assembly are specified for each performance characteristic in Tables 4 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.

If the mass, overall dimensions, installation 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 installation and operating conditions. The procedure used for the test shall be specified.

7 General test procedures

7.1 Nature of tests

Unless otherwise specified in the individual clauses, all the tests enumerated in this standard shall be considered type tests (see 3.2.1). Certain tests may be considered acceptance tests by agreement between the manufacturer and the purchaser (see 3.2.2).

7.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of Table 3. 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 3. For those tests carried out under standard test conditions given in Table 4 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 3, the tests listed in Table 5 all other influence quantities shall be maintained within the limits for standard test conditions given in Table 4, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

7.3 Position of assembly for purposes of tests

For all tests involving the use of radiation, the reference point of the assembly 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.

7.4 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.

7.5 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 ^{137}Cs , ^{60}Co and/or ^{241}Am (see Table 3). All tests requiring a neutron source shall be carried out with unmoderated ^{252}Cf . The nature, construction and conditions of use of the radiation sources shall be in accordance with ISO 4037 for photon radiation and ISO 6980 for neutron radiation.

8 General performance specification and testing requirement

8.1 Power supply

8.1.1 Requirements

The mobile system should be designed to accept universal power 12-48 V d.c. and/or 100-240 V a.c. (50-60 Hz). The indication shall not vary by more than $\pm 10\%$ over the range of supply voltages.

8.1.2 Test method

Place the mobile system in a field of gamma radiation of energy of interest (e.g. ^{137}Cs or ^{60}Co) 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.

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 $\pm 10\%$. With the frequency varied by ± 3 Hz from the nominal frequency, the readings should not differ by more than $\pm 10\%$ 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.

8.2 Battery power supply

8.2.1 Requirements

When power is supplied by 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.

8.2.2 Test method

New batteries or fully-charged 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, given in 8.2.1 and note the reading at regular intervals during and at the end of the period. Each reading shall conform with the requirements of 8.2.1.

8.3 Warm-up time

8.3.1 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.

NOTE For HPGe detectors, this requirement assumes that the detector(s) is at operational temperature.

8.3.2 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 required total absorption peak area may be determined with sufficient precision to demonstrate compliance with the test. Switch off for at least 1 h. Switch the assembly back on. Accumulate a spectrum at the warm up time specified by the manufacturer. The difference between the two tests shall be within the limits stated in Table 5.

8.4 Radio frequency (RF) requirements

8.4.1 Requirements

The mobile system can be used in many different areas. RF emissions from an instrument shall be less than that which can interfere with other equipment located in the area of use. The emission limits when measured at 3 m are as given in Table 2 below. For airborne systems the RF emission requirements may be more stringent depending on whether the system is installed permanently or temporarily and on the country of operation,

Table 2 – RF emission limits measured at 3 m distance from the assembly

Emission frequency range MHz	Field strength mV/m
30 – 88	100
88 – 216	150
216 – 960	200
Above 960	500

8.4.2 Test method

Place the mobile system in a shielded room or chamber, as appropriate. Place an antenna 3 m from the assembly. With the instrument off, collect a background spectrum using a bandwidth of 50 kHz. Switch the instrument on and perform a RF scan. Repeat the test with the instrument performing a radionuclide identification.

8.5 RF susceptibility

8.5.1 Requirements

The mobile system shall be immune to RF interferences of 10 V/m from 1 MHz – 2,5 GHz.

8.5.2 Test method

The mobile system shall be tested over the reference RF range given in 8.5.1. The indication of the system shall not change by more than 10 %.

8.6 Temperature

8.6.1 Requirements

The mobile system shall perform reliably over the temperature range –25 to 50 °C (Table 5). Also see 12.1.

8.6.2 Test method

The mobile system shall be tested over temperature range from –25 °C to 50 °C according to IEC 60068-2-14. Table 5 defines the limits of variation of indication.

8.7 Relative Humidity

8.7.1 Requirements

The mobile system shall operate reliably over the humidity range: 45 % to 95 % RH over a temperature range of 25 °C to 55 °C or 25 °C to 40 °C for a minimum of two 12 h +12 h cycles. The test is designed to generate condensation on the system and components. The specific test requirements will be dependent on the application of the system and shall be selected by agreement between the purchaser and manufacturer.

8.7.2 Test method

The mobile system shall be tested over 45 % to 95 % RH according to IEC 60068-2-30. Table 5 defines the limits on the indication.

8.8 Shock (operating)

8.8.1 Requirements

The mobile system shall withstand vibration at levels appropriate for the deployment platform. As a minimum requirement the mobile system shall be withstand shocks of 300 ms^{-2} .

8.8.2 Test method

The mobile system shall be subjected to a shock test of 300 ms^{-2} for a time interval of 18 ms from a minimum of three directions. The system shall operate within specifications following the test. Following the shock, the system shall perform to within 10 % of its performance prior to the shock treatment.

8.9 Vibration (operating)

8.9.1 Requirements

The mobile system shall withstand vibration at levels appropriate for the deployment platform. Annex D presents an example of the typical requirements for a rotary wing device. As a minimum requirement, the system shall withstand and operate during vibration at 10-55 Hz, 0,075 mm, and 10 ms^{-2} .

8.9.2 Test method

The mobile system shall be subjected to testing at 10-55 Hz, with a total displacement of 0,075 mm, 10 ms^{-2} (IEC 60068-2-6). The system shall operate within specifications following the test. The system shall perform during and following the vibration treatment to within 10 % of its performance prior to the vibration being applied.

8.10 Vibration (non-operating)

8.10.1 Requirements

The mobile system shall withstand and operate after subjected to vibration. As a minimum requirement, the system shall withstand and operate following exposure to a vibration at 55-500 Hz, 0,15 mm, and 20 ms^{-2} .

8.10.2 Test method

The mobile system shall be subjected to testing at 1, 55-500 Hz with a total displacement of 0,15 mm and 20 ms^{-2} (IEC 60068-2-6).

8.11 Water resistance

8.11.1 Requirements

Externally mounted detectors shall be water resistant, as appropriate for the platform and deployment. Generally, externally mounted systems shall meet a minimum specification equivalent to an IP water rating of 3 (see IEC 60529).

8.11.2 Test method

The test shall be made using a nozzle (IEC 60529) with water pressure adjusted to give a flow rate of 10 l min^{-1} which should be kept constant during the test. The test duration shall be a minimum of 15 minutes. Following test, verify that the externally mounted detectors have remained water tight.

8.12 Temperature effects

8.12.1 Requirements

Detectors shall be thermally insulated to limit the temperature rate-of-change to values that will not result in condensation on the pre-amplifier electronics or affect the system performance in accordance with specifications detailed in Table 5.

8.12.2 Test method

The test method shall be agreed between the user and the manufacturer as appropriate for the platform and deployment as specified in Table 5.

8.13 Summed detector resolution

8.13.1 Requirements

Where the spectral response from a multiple detector array is used, the resolution of the summed spectrum shall be comparable to the individual detector capabilities.

8.13.2 Test method

This shall be tested at 0,662 MeV. The energy resolution of the summed spectrum shall not exceed 110 % of the worst detector.

9 Scintillation based detector module requirements

9.1 Photomultiplier count rate stability

9.1.1 Requirements

The photomultiplier (PM) gain shall be stable with count rate.

9.1.2 Test method

The photopeak position shall be tested over a count rate up to 4×10^4 cps. Spectral data shall be stable to within ± 1 %. This general requirement may vary as a function of a number of factors, including crystal size, sampling interval and the spectral processing methodology employed. This requirement may also be subject to agreement between the manufacturer and purchaser.

9.2 Photomultiplier magnetic shielding

9.2.1 Requirements

The PM shall have adequate magnetic shielding to avoid significant gain-shifting due to the “compass effect” that results from different orientations of the earth’s magnetic field relative to the PM structure.

9.2.2 Test method

The detector assembly shall be exposed to a magnetic field equivalent to 1 mT, in two orientations 0° and 90° relative to the field lines.

10 High purity germanium (HPGE) detector requirements

10.1 Spectrum requirements

The FWHM (Full Width at Half Maximum) at 1 330 keV (^{60}Co) shall be less than 3 keV.

10.2 Test method

The FWHM shall be measured according to IEC 60973 under operating conditions.

11 Neutron detector requirements

11.1 Neutrons

11.1.1 Requirements

The neutron detector module shall be able to detect both thermal and fast neutrons and shall have an absolute efficiency of no less than 1 count per 1 000 neutrons emitted from an unmoderated ^{252}Cf source at 1 m distance.

11.1.2 Test method

The detector module shall be tested with moderated and unmoderated ^{252}Cf . The ^{252}Cf can be moderated by placing a 50 mm polyethylene shield between the source and the detector.

11.2 Shock and vibration

11.2.1 Requirements

The neutron detector module shall withstand shock and vibrations encountered when mounted in mobile platforms. Specifically, if exposed to vibration the neutron module shall not produce false neutron counts (microphonics). The false neutron count rate shall not exceed 10 % of neutron background count rate over a shock of 300 ms^{-2} for a time interval of 18 ms from all directions.

11.2.2 Test method

The neutron detector shall be tested up to the requirements of 11.2.1.

11.3 Strong gamma ray field

11.3.1 Requirements

The photon radiation shall not affect the neutron background reading by more than 10 % up to $0,1 \text{ mSv/h}$.

11.3.2 Test method

The instrument shall be exposed to photons from ^{60}Co at an ambient dose equivalent rate of $0,1 \text{ mSv.h}^{-1}$. Verify that that no additional neutron alarms relative to the false alarm rate are triggered within a continuous exposure time of 5 min. In order to eliminate dependence on the neutron detector geometry the distance between the ^{60}Co source and the detector should be at least 50 cm.

11.4 Measurement time reference

11.4.1 Requirements

The signal from the neutron detectors shall be time stamped to within 1 % of the sampling time of the gamma spectrometry data.

11.4.2 Test method

The neutron and gamma detector shall be simultaneously exposed to a neutron source and the results recorded.

12 Specific test for preamplifier and ADC modules for spectrum-capable detectors

12.1 Spectral gain stability

12.1.1 Requirements

Gain stabilization is required for radionuclide identification techniques. Spectral data shall be stable to within $\pm 0,01$ % for HPGe type detectors or two spectrum channel widths for a NaI(Tl) system with a 512 channel system or equivalent.

12.1.2 Test method

The 661,6 keV peak shall be tested over the reference temperature range and shall not vary by more than 2 channel widths. Additional active gain stabilization may be used to maintain the desired system gain stability. This is also a routine test.

12.2 Livetime reference

12.2.1 Requirements

Livetime shall be measured and recorded for each acquired spectrum.

12.2.2 Test method

A saved spectrum shall be checked to ensure that livetime has been recorded accurately.

12.3 ADC

12.3.1 Requirements

For low resolution detectors such as NaI(Tl), the ADC shall have a minimum of 512 channels. For medium resolution detectors such as CZT, the ADC shall have a minimum of 1 024 channels. For high resolution detectors such as HPGe, the ADC shall have a minimum of 4 096 channels.

12.3.2 Test method

The full gamma photon energy range of interest shall be acquired within the number of channels required for the detector type.

12.4 Linearity of count rate response

12.4.1 Requirements

The system shall be able to respond to gross count rates without degradation in response to 100 000 cps and have a total capacity up to 300 000 cps without loss of counting ability. A warning shall be activated if the count rate exceeds 300 000 cps.

12.4.2 Test method

The system shall be tested for response up to 300 000 cps.

13 Spectral specifications and test requirements for spectrum capable detectors

13.1 Multicrystal array performance

13.1.1 Requirements

For multiples crystal arrays, the performance of individual detectors shall be matched to within 1 % resolution (i.e., for NaI(Tl): $9 \% \pm 1 \%$).

13.1.2 Test method

The NaI(Tl) detector shall be tested for resolution at 0,662 MeV.

13.2 Spectrum recording

13.2.1 Requirements

Where multiple detectors are used, individual spectral information shall be recorded for each detector (or detector subset).

13.2.2 Test method

The individual spectrum for each detector shall be verified.

13.3 Data transfer

13.3.1 Requirements

Spectral data transfer time transfer shall not exceed 2 % of the sampling time. This may be accomplished by double buffering to allow simultaneous input/output or transferred by high speed transfer method.

13.3.2 Test method

The clock time and count time shall be recorded and consecutive spectra examined for compliance.

13.4 Synchronisation of acquisition periods

13.4.1 Requirements

Spectral data for all spectral channels shall be synchronized to within 5 % of the acquisition period.

13.4.2 Test method

The test will be as agreed between the user and manufacturer.

13.5 Synchronisation with positional information

13.5.1 Requirements

The spectral data shall be precisely synchronized to <5 % of the sampling time to the coordinate recording system (e.g. combined GPS).

13.5.2 Test method

The test will be as agreed between the user and manufacturer.

13.6 Synchronisation with height above ground surface information

13.6.1 Requirements

The spectral data shall be precisely synchronized (to <5 % of the integration time) to the radar altitude system.

13.6.2 Test method

This shall be tested by collecting data across well characterised sharp radiation boundaries (e.g., land/water interface) and topographic variation and compare against geographical data.

14 Data logging

14.1 Time referencing

14.1.1 Requirements

The manufacturer shall provide a system capable of referencing all measured data to GMT.

14.1.2 Test method

This capability shall be demonstrated by the manufacturer.

15 Installation requirement minimising shielding from the platform for internally mounted detectors

15.1 Requirements

The system should be mounted in such a way that the platform shielding is minimal in the direction of measurement. This direction is as specified by the manufacturer. The implications of the shielding on the instrument calibration should be taken into account.

15.2 Test method

Once mounted within the platform, the angular response of the system shall be tested against the angular response as certified by the manufacturer or as measured within laboratory (unshielded) conditions (see Table 4). The incident radiation should cover the energies of interest, typically 0.662 MeV for environmental surveys and 59 keV where low energy is of interest.

16 Additional requirements

16.1 General

- The manufacturer shall provide a system capable of integrating and documenting all information associated with the measurement.
- The sampling time shall be adjustable depending on mission specific requirements.
- Logging of data from the acquisition system shall be first priority, done in real time, independent of any display functions. The logging function shall not be compromised by platform vibrations or power fluctuations/failures.
- The data logging and recovery methodology is mission specific and shall be agreed between the user and manufacturer.
- The system shall be capable of storing a minimum of one full day's data acquisition activities (nominally 8 h). The data shall be available on industry standard storage devices in standard formats to allow downloading into applications software.

16.2 Real time data display requirements

- As a minimum real time data displays shall include
 - Time
 - Position (latitude vs. longitude, map overlay and altitude)
 - Gross counts, expressed in cps for both photons and neutrons
 - Mission specific radionuclide net quantity, expressed in appropriate units (Annex A for geophysical example)
- Additional display requirements shall be agreed between the manufacturer and the user.
- The same parameters should be available for transmission to a remote station.

17 Documentation

17.1 Instructions manual

An instructions manual shall be provided to the operators. The instructions manual shall contain the necessary information for the correct application, tests, operation, maintenance and repair of the apparatus and for understanding its operation.

17.2 Test certificate

A certification showing compliance with this standard shall be made available to the purchaser on request

18 Safety requirements

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

NOTE An aeronautical agreement is generally required to allow flights involving airborne instrumentation below restricted altitude and airspace.

Table 3 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantity	Reference conditions	Standard test conditions
Reference gamma radiation	Caesium 137	Caesium 137
Neutron radiation	Californium 252	Californium 252
Warm-up time	5 min	>5 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ± 2 %
Power supply frequency	Nominal frequency	Nominal frequency ± 3 %
Power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion lower than 5 %
Radiation background	Air kerma rate 0,1 $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$	Less than an air kerma rate of 0,25 $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Orientation of assembly	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 10^\circ$

Table 4 – Tests performed under standard test conditions

Characteristic Under test	Requirement	Reference (subclause)
Angular response	For 1,333 MeV 0° to 60° ≤20 %	15
Self-shielding from the platform	For 0,662 MeV 0° to 60° ≤20 %	
	For 59 keV 0° to 45° ≤30 %	
	45° to 60° ≤50 %	
Resolution	Measured as the FWHM and expressed as percent of full energy peak position or keV	12
Warm-up time	5 min	8.3
MECHANICAL:		
Vibration: operational	Frequency, Hz 10 to 55	8.9
	Amplitude, mm 0,075	
	Maximum acceleration, m·s ⁻² 10	
	Test duration, h 1	
Vibration non-operational	Frequency, Hz 55-500	8.10
	Amplitude, mm 0,15	
	Maximum acceleration, m·s ⁻² 20	
	Test duration, h 1	
Shock operational	Maximum acceleration m·s ⁻² 300	8.8
	Time interval, ms 18	
	Directions 3	
Water resistance	Volume, l min ⁻¹ 10	8.11
	Test duration, h 1	

Table 5 – Tests performed with variation of influence quantities

Influence quantity	Range influence quantity	Limits of indication	Reference (subclause)
Warm up time	Less than 5 min	± 10 %	8.3
Power supply voltage	–12 % to +10 % of nominal voltage	± 10 % < 0,01 % in gain	8.1
Power supply frequency	± 3 % of nominal frequency	± 3 %	8.1
Battery life	8 h continuous	<10 %	8.2
Temperature	–25 °C to +50 °C	<50 mV r.m.s. noise <1 % clock <10 % indication <0,1 % gain or zero	8.6
Relative humidity	45 % to 95 % 25 °C to +55 °C or 25 °C to +40 °C	Change of < 5 %	8.7

Annex A (informative)

Data processing

A.1 Processing

Appropriate data processing techniques, depending on the application, should be applied. Typical processing, generally the responsibility of the user rather than the system vendor and summarized as follows:

A.2 Background Subtraction

The combined intrinsic detector and mobile platform background should be subtracted from each measured spectrum, regions of interest or gross measurement. The Note below describes methods for estimating the intrinsic background for airborne systems.

NOTE For airborne systems this may be measured at altitudes of more than 1 000 m above ground, and applying altitude correction for cosmic radiation, or above large bodies of water with more than a 2 km lateral extension and that are 1 m or greater in depth. If necessary, the contribution of radioactive element concentrations in the water may be taken in account. For mobile platforms the intrinsic background may be small, but can be estimated by either deriving calibration lines for a range of activities and using linear regression (assuming linearity in response) to estimate the intrinsic background.

A.3 Surface to detector normalization

As the detector is raised above the surface the source-detector geometry changes and the scattering path length also increases. These relative changes should be characterized over relatively uniform areas or where the detailed ground reference data have been collected (see Annex C), to enable full energy peak count rates to be normalised to the standard reference/calibration height.

A.4 Reduction of statistical uncertainty and spectral interference

The spectral resolution of detectors is described by the FWHM and is dependent on the type of technology deployed (see Notes 1 to 3). For medium resolution (NaI(Tl) and BGO) detectors, the full energy peaks contain scattered secondary (Compton) contributions from higher energy gamma emitting radionuclides. Interference from other primary photons of similar photon energies also occurs, e.g. ^{214}Bi 609 keV full energy peak interfering with the ^{137}Cs 661,6 keV full energy peak. The standard method for determining the net count rates under each full energy peak, or region of interest, has been through a process of deconvolution or spectral stripping (Annex B). It is standard practice to use a set of concrete calibration pads to simulate the scattering of natural radionuclides from rocks or soils. The net count rate can be determined through Gaussian elimination, matrix inversion or simple window stripping (e.g. Annex A). These principles can be extended to include anthropogenic radionuclides (e.g. ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{60}Co and ^{131}I).

The spectral stripping approach has limitations. Alternative statistical approaches designed to reduce the statistical noise have been developed and include the Noise Adjusted Single Value Decomposition and Spectral Profiling [8]².

NOTE 1 For scintillation detectors, including NaI(Tl), CsI(Tl), CsI(Na) BGO and LaBr the spectral resolution is described at the full width at half maximum (FWHM) of the peak of ^{137}Cs (at 0,662 MeV).

² Figures in square brackets refer to the Bibliography.

NOTE 2 For germanium detectors, the FWHM quoted at an energy relevant for the application of the detector e.g. 1,33 MeV (^{60}Co) for standard Ge detectors, or 0,122 MeV (^{57}Co) for low photon energy based Ge detectors.

NOTE 3 Organic scintillators do not generally possess sufficient energy resolution for specific radionuclide identification.

A.5 Calibration for photon detection

Calibrations can be derived theoretically through analytical solutions to photon transport equations, with reference to concrete calibration pads and point sources or through direct comparison with a reference soil. Whether for calibration or validation purposes, where variations in lateral activity distribution is suspected within the field of view of airborne systems, comparisons and empirical calibrations may be affected by random and systematic uncertainties introduced by the environmental heterogeneity. Under these circumstances, which tend to persist in most environmental contexts, structured sampling plans are preferred. An example for mobile platforms for a range of heights above the surface is illustrated in Annex C.

A.6 Neutron detectors

Neutron detectors should be tested before each survey for performance under static background conditions. The measured and predicted standard deviation should be statistically comparable.

A.7 Data units

Processing of the radiation measurement data should yield output data (results) in the following units:

- For geologic applications: ppm eTh, ppm eU, % K ; Ur (for total count window).
- Where eU and eTh represent the equivalent concentrations of the homogeneous U or Th of an infinite half space that produces the measured count rate at ground level and 1 Ur is the total count rate produced by all radioactive elements equal to 1 ppm U.
- For environmental applications: Bq/kg should normally relate to geological sources, Bq/m² for sources derived from atmospheric deposition and gamma dose rate units.

Table A.1 shows the relationship between radionuclide concentrations and the associated dose rates [1]:

Table A.1 Conversion values between natural radionuclide concentrations and Kerma rate in air

^{40}K $\mu\text{Gy h}^{-1}$ per Bq g^{-1}	^{238}U $\mu\text{Gy h}^{-1}$ per Bq g^{-1}	^{234}Th $\mu\text{Gy h}^{-1}$ per Bq g^{-1}
$4,17 \times 10^{-2}$	$4,62 \times 10^{-1}$	$6,04 \times 10^{-1}$

A.8 Data products

- The primary data source should be the raw data that should include position, time, spectra and gross counts from all individual detectors.
- The secondary data source should be the processed data providing measurements in appropriate units and positional information for each sample point in a format that is easily analysed in standard computing and mapping software.
- The secondary data can also be presented as point data, contour line or color maps are representations of the radiation results within a certain area. They should contain:
 - Scaled lines or color presentation of equal radiation intensity (isodose rate).

- Position and value of maximum or minimum radiation intensity within areas of closed isodose rate.
 - The actual flight-lines.
 - Topographical features of the survey area, preferably a topographical map and its scale; and a legend.
- Data documentation should contain the following information:
- Measuring system, detector type and size, sampling rate, setting of energy windows.
 - Average height of the detector above the surface, platform speed, line spacing.
 - Applied data processing.
 - Units.
 - Dates of survey.
 - Name of survey organization.
 - The instrumentation calibration procedure should be documented and the calibration should be traceable to an internationally recognized standards organization.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010

Annex B (informative)

A typical analysis scenario for natural (K(potassium) U(uranium) T(thorium)) extraction only

B.1 General

This annex outlines one method of dealing with low spectral resolution data, such as is typically derived from NaI(Tl) detectors. The annex describes spectral stripping to derive net count rates for U, Th and K, derived from ^{214}Bi , ^{208}Tl and ^{40}K respectively. The principles described can be adopted for any size of detector and application, but integration times (sampling intervals) shall be sufficient to provide reasonable level of precision on the count rates within each window. For platforms which experience a significant variation in altitude, corrections should be made to the stripping coefficients to compensate for changes in the scattering characteristics between the source and detector. This can be achieved by placing absorber materials, such as Perspex sheets, between the calibration pad and detector to simulate an increase in the air path length [2,3].

B.2 Natural isotope windows

Typically four energy regions of interest (ROIs) are considered:

Potassium ^{40}K	= 1,46 MeV	ROI: 1,36 MeV to 1,56 MeV
Uranium (^{214}Bi)	= 1,76 MeV	ROI: 1,66 MeV to 1,86 MeV
Thorium (^{208}Tl)	= 2,62 MeV	ROI: 2,41 MeV to 2,81 MeV
Total count	=	ROI: 0,00 MeV to 3,00 MeV

B.3 Calibration pads

The calibration of airborne and car-borne radiation detector should be carried out using at least four different calibration pads of more than 1 m² surface area and 0,4 m thickness:

- a background pad with low (and known) concentrations of all radionuclides of interest;
- a uranium pad high in uranium (e.g. between 40 ppm U and 80 ppm U) and low in thorium and potassium (i.e. <4 ppm Th and <0,5 % K);
- a thorium pad high in thorium (50 ppm Th to 120 ppm Th) and low in uranium (<4 ppm U) and potassium (<0,5 % K);
- a potassium pad high in potassium (5 % K to 8 % K) and low in uranium and thorium.

B.4 Calibration measurements

Measurements should be performed by placing the detector in the platform in the centre of each calibration pad in order to obtain the factors to convert the measured pulse rates in the K, U and Th energy windows into absolute units as well as to calculate the stripping factors α , β , γ and b . The dependence of stripping factors on flight altitude shall be taken into account. The counting time shall be sufficiently long to reduce the relative errors due to counting statistics by a factor at least five below the relative errors or pad concentrations.

For additional calibration checking, a radiation measurement test strip of at least 10 km in length and 2 km in width with precisely known concentrations of U, Th and K may be used. Alternatively for in-situ, vehicular or helicopter based platforms, Annex B describes an alternative approach.

B.5 Calculation of calibration factors

One obtains four sets (one for each pad) of three equations:

$$\text{K - window: } N_K^i = a_{KK}C_K^i + a_{UK}C_U^i + a_{TK}C_T^i + b_K$$

$$\text{U - window: } N_U^i = a_{KU}C_K^i + a_{UU}C_U^i + a_{TU}C_T^i + b_U$$

$$\text{Th - window: } N_T^i = a_{KT}C_K^i + a_{UT}C_U^i + a_{TT}C_T^i + b_T$$

where the nine coefficients a_{xy} represent the fraction of radiation from element x- into y-energy window; b_y ($y = K, U, T$) is the background in the corresponding energy window. N_y^i is the count rate obtained on pad i ($i=0,1,2,3$) in the y -energy window and C_y^i is the concentration of element y in pad i .

The four sets ($i=0, 1, 2, 3$) of the above equations may be reduced to three sets subtracting set 0 from sets 1, 2 and 3, i.e. eliminating the backgrounds b_K , b_U and b_T .

One obtains for each energy window with $i = 1, 2, 3$:

$$n_K^i = N_K^i - N_K^0$$

$$n_U^i = N_U^i - N_U^0$$

$$n_T^i = N_T^i - N_T^0$$

and

$$c_K^i = C_K^i - C_K^0$$

$$c_U^i = C_U^i - C_U^0$$

$$c_T^i = C_T^i - C_T^0$$

The three equations then become:

$$n_K^1 = a_{KK}c_K^1 + a_{UK}c_U^1 + a_{TK}c_T^1$$

$$n_K^2 = a_{KK}c_K^2 + a_{UK}c_U^2 + a_{TK}c_T^2$$

$$n_K^3 = a_{KK}c_K^3 + a_{UK}c_U^3 + a_{TK}c_T^3$$

Correspondingly, the three unknowns a_{KK} , a_{UK} and a_{TK} , one obtains the solutions:

$$a_{KK} = \frac{D_{K1}}{D}$$

$$a_{UK} = \frac{D_{K2}}{D}$$

$$a_{TK} = \frac{D_{K3}}{D}$$

with the determinant:

$$D = \begin{vmatrix} c_K^1 & c_U^1 & c_T^1 \\ c_K^2 & c_U^2 & c_T^2 \\ c_K^3 & c_U^3 & c_T^3 \end{vmatrix}$$

D_{Ki} is the determinant D where column i is replaced by the vector:

$$y = \begin{pmatrix} n_K^1 \\ n_K^2 \\ n_K^3 \end{pmatrix}$$

Correspondingly, one obtains for U and Th two more sets of three equations with three unknowns each, i.e. one has to determine nine unknowns which may be written in a matrix scheme:

$$A = \begin{pmatrix} a_{KK} & a_{UK} & a_{TK} \\ a_{KU} & a_{UU} & a_{TU} \\ a_{KT} & a_{UT} & a_{TT} \end{pmatrix}$$

Each of these calculated matrix elements is subject to errors caused by twelve experimental data c_K^i, c_U^i, c_T^i and n_K^i ($i=1, 2, 3$) and for U and T correspondingly. The 12 error propagation factors can be calculated from elements and sub determinants of D and the vector y .

The sensitivities (cps/% K, or cps/ppm) are given by:

$$S_K = a_{KK}$$

$$S_U = a_{UU}$$

$$S_T = a_{TT}$$

$$S_{Tot} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{N_{Tot}^i + N_{Tot}^0}{C_{Tot}^i - C_{Tot}^0}$$

$$\alpha = \frac{a_{TU}}{a_{TT}}$$

$$\beta = \frac{a_{TK}}{a_{TT}}$$

and the stripping ratios

$$\gamma = \frac{a_{UK}}{a_{UU}}$$

$$b = \frac{a_{UT}}{a_{UU}}$$

The three sets of equations mentioned above ($i=1, 2, 3$) may also be written as:

$$c_K^i = a_{KK}' n_K^i + a_{UK}' n_U^i + a_{TK}' n_T^i$$

$$c_U^i = a_{KU}' n_K^i + a_{UU}' n_U^i + a_{TU}' n_T^i$$

$$c_T^i = a_{KT}' n_K^i + a_{UT}' n_U^i + a_{TT}' n_T^i$$

where the matrix:

$$A' = \begin{pmatrix} a_{KK}' & a_{UK}' & a_{TK}' \\ a_{KU}' & a_{UU}' & a_{TU}' \\ a_{KT}' & a_{UT}' & a_{TT}' \end{pmatrix}$$

is the inverse matrix to A .

The calculation of the errors of the elements of A' is the same as described above. In many cases the predominant sources of error are the uncertainties of the pad concentrations, i.e. a relative calibration of different instruments using the same pads is more precise than a calibration in absolute concentrations.

B.6 Examples of the application of the spectral stripping methodology

The stripping approach can be applied to window counts as well as full spectral stripping [4]. Similar full spectrum analysis has also been successfully adopted for use with Bismuth Germanate detectors [5]. However, this approach, whilst widely accepted is not without its limitations. Some residual contribution or over stripping may result as the scattering contributions of concrete may not resemble the real environment. The uncertainty on the final stripped count rate can be strongly influenced by the stripping ratios and the relative intensities of the signals within that widow [6]. The relationship between stripping ratios and changes in spectral resolution, detector gain and changes in aircraft altitude can be simulated through Monte Carlo simulation [7].

B.7 Alternative methods to spectral stripping

Alternative approaches to stripping have been proposed and are gradually being adopted through either commercial channels or adoption of scientific principle, especially for the processing of airborne gamma spectrometry data. This includes the alternative approaches of the Noise Adjusted Single Value Decomposition (NASVD) [8] and spectral profiling [9].

Annex C (informative)

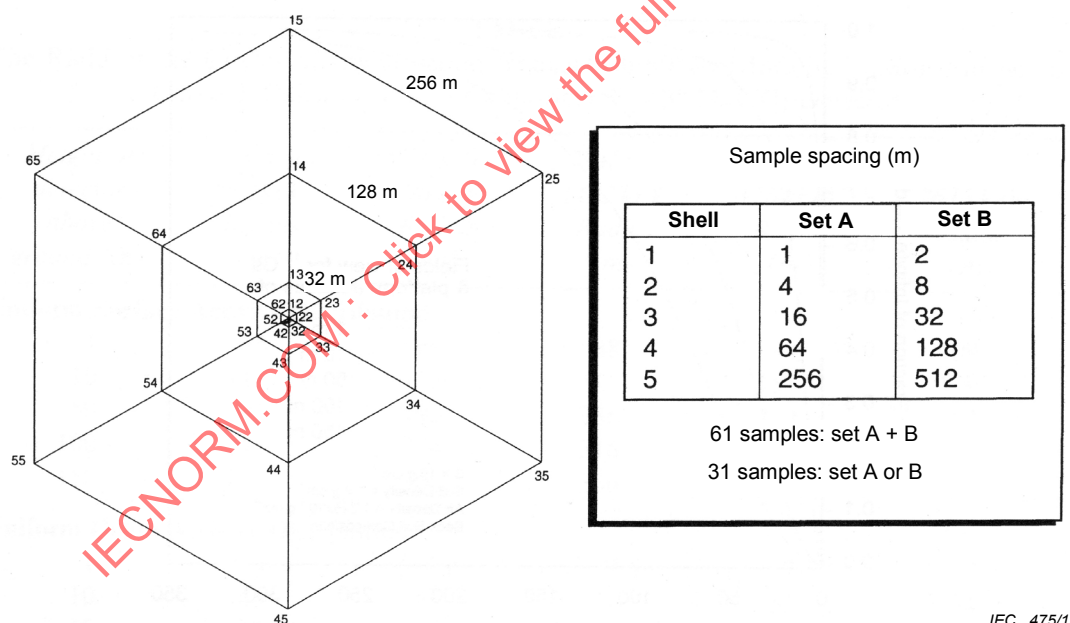
Structured sampling plans for reference soils

C.1 General

The reference soil surface should have an extent significantly greater than the area of investigation of the detection system. The activity of particular radionuclides may be characterized as a concentration (Bq/kg) or surface contamination (Bq/m²) and distribution with depth. The soil samples collected with the following sampling plans should be analysed in accordance with ISO 18589-3:2007 [10].

C.2 Example of a structured sampling plan

The following sampling strategy has been widely adopted across Europe and is illustrated in Figure C.1 [11]. The typical hexagonal plan includes a single central core and five hexagonal shells spaced at 2 m, 8 m, 32 m, 128 m and 256 m. The mean activity from each shell should be weighted such that it matches the area of investigation. Ideally, the circle of investigation should pass through the mid-point m between each shell r , calculated from equation C.1:



IEC 475/10

Figure C.1 – The expanding hexagonal sampling and typical sampling sets A and B

$$m = \frac{r_2 + r_1}{2} \quad \text{C.1}$$

where r_1 is the radius of the inner shell and r_2 is the radius of the outer of the two shells. The intercept of m with the circle of investigation provides the weighting attached to the shell r_1 . The final weighting for the 256 m shell simply represents the remainder of the data such that 100 % weighting is achieved. The cited reference demonstrates how the weighting of the outer shells marginally increases with photon energy.

C.3 Implementation

The mean activity or mean mass depth (β) [1,12] can be calculated for each shell or for each set of sample spacings. The six points on each shell can be used to calculate the standard deviation and the standard error of the mean. Figure C.2 shows how the weighting of each shell can be used to effectively match the field of view of a detector for a given operational height above the measurement surface, as summarised in Table C.1. By using the appropriate shell weighting the error contributions from each shell can be summed appropriately to provide an estimate of the overall uncertainty on the weighted mean activity estimate for each detector altitude comparison. Such an approach enables the effect of other environmental factors, such as β , to be confidently observed on calibration coefficients.

Table C.1 – Weighting for each hexagonal shell with radionuclide energy and detector altitude

Detector altitude m	Percent shell weighting with shell radius m					
	0	2	8	32	128	256
¹³⁷ Cs at 662 keV, $\beta = 10 \text{ g cm}^{-2}$						
1	32,6	54,1	13,3	0	0	0
50	0	0	12,8	60,2	24,4	2,6
100	0	0	4,7	41,7	44,2	9,4
¹³⁴ Cs at 796 keV, uniform activity depth distribution						
1	31,8	52,0	16,2	0	0	0
50	0	0	13,0	59,0	24,0	4,0
100	0	0	5,0	41,4	43,2	10,4
⁴⁰ K at 1 462 keV, uniform activity depth distribution						
1	31,6	51,8	16,6	0	0	0
50	0	0	12,0	55,7	26,8	5,5
100	0	0	4,4	37,1	43,9	14,6
²¹⁴ Bi at 1 764 keV, uniform activity depth distribution						
1	31,6	51,7	16,7	0	0	0
50	0	0	11,7	54,8	27,5	6,0
100	0	0	4,2	36,2	43,6	16,0
²⁰⁸ Tl at 2 615 keV, uniform activity depth distribution						
1	31,4	51,6	17,0	0	0	0
50	0	0	11,0	54,0	27,5	7,5
100	0	0	3,9	34,1	43,4	18,6

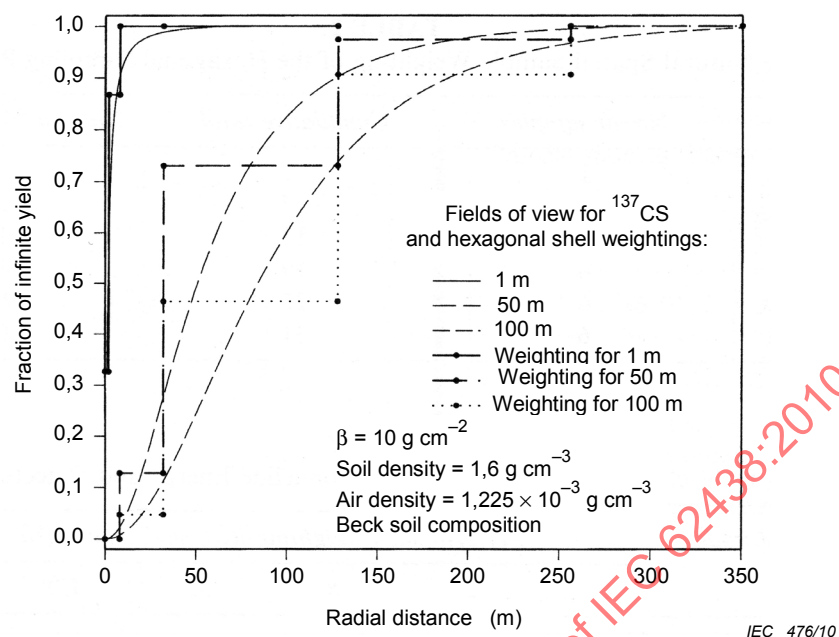


Figure C.2 – Coincidence between the area of investigation for ^{137}Cs and the hexagonal sampling plan

C.4 Example of implementation: ^{137}Cs

Table C.2 provides example of the application of sampling shell weighting for the mean shell activities and associated uncertainties across a salt marsh [10]. As detector height increases the influence of the outer shells also increases along with the greater heterogeneity of these outer shell activities. Nevertheless a reasonable level of precision on the reference soil activity is maintained at around 10 %.

The application of this approach across a number of very different sites is shown in Table C.3. This shows how the calibration coefficient is controlled by the vertical depth distribution of ^{137}Cs .

Table C.2 – The spatially weighted mean activities for ^{137}Cs at Caerlaverock sampling site for detector altitudes at 1 m, 50 m and 100 m

Radius m	Percent weighting	Cumulative percentage	Activity Bq m^{-2}	Standard deviation 1σ	Standard error of mean
Detector height 1 m					
0	31,6	31,6	86,0	1,7	1,7
2	54,1	85,7	84,0	5,2	2,2
8	13,3	100	83,4	7,5	3,1
Weighted mean			83,7	3,2	2,2
Detector height 50 m					
8	12,8	12,8	83,4	7,5	3,1
32	60,2	73,0	83,4	7,1	2,9
128	24,4	97,4	78,8	33,6	13,7
256	2,6	100	39,4	19,9	8,1
Weighted mean			81,1	14,0	5,7
Detector height 100 m					
8	4,7	4,7	83,4	7,5	3,1
32	41,7	46,4	83,4	7,1	2,9
128	44,2	90,6	78,8	33,6	13,7
256	9,4	9,4	39,4	19,9	8,1
Weighted mean			77,2	20,1	8,2

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010

Table C.3 – Comparison of derived calibration coefficients from hexagonal calibration sites (all errors quoted as 1σ standard error except ^b which is 1σ standard deviation)

Calibration site	Mean mass depth $\bar{\rho}$ g cm^{-2}	A_x at 100 m k Bq m^{-2}	N/A_x cps / kBq m^{-2}
Vesivehmaa Airport, Finland, 1995	$1,31 \pm 0,15$	$47,2 \pm 8,5$	$10,0 \pm 2,0$
Longbridgemuir, Dumfries, SW Scotland <i>Terrestrial - Basin and Valley Peat</i> . Aug. 1993	$3,6 \pm 1,1$	$9,5 \pm 2,2$	$6,75 \pm 0,67$
Caerlaverock, Dumfries, SW Scotland. <i>Salt Marsh</i> . February 1992	$13,2 \pm 2,1^a$	$77,2 \pm 8,2$	$2,71 \pm 0,40$
Wigtown Bay, Wigtown, SW Scotland. <i>Salt Marsh</i> . Aug 1993	$12,8 \pm 5,1^b$	160 ± 13	$2,88 \pm 0,42$
^a Estimated from data recorded in [11].			
^b Estimated from 5 cores sampled along transect perpendicular to the coastline			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010

Annex D (informative)

Mechanical performance requirements

D.1 General

The following example for vibration testing is taken from the US Military standard MIL std 810 for a system mounted on a rotary winged device (helicopter).

D.2 Requirements

The mounted detection module shall withstand exposure to vibrations associated with the operation of helicopter equipment. The physical condition and functionality of the system shall not be affected by exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

D.3 Test method

Conduct an external examination (visual inspection) and ensure that the detection module is functioning properly. Prior to the test, collect spectral results and 10 count rate readings from ^{57}Co and ^{60}Co placed in a location that provides an exposure rate of approximately 0,5 $\mu\text{Gy/h}$ (from each source) at the surface of the detection module and verify that the module responds to an unmoderated ^{252}Cf neutron source (when provided).

Using a rigid mount that is attached to the vibration source, mount the detection module as it would be mounted to the helicopter platform using the manufacturer-provided mounting components (vibration isolators, brackets, hardware, etc.).

The system detection modules shall then be subjected to random vibration for a period of 4 h in the mounted configuration while exposed to the radiation sources. The random vibration shall be based on the break point frequencies shown in Table D.1. The response of the system shall be monitored for changes during the vibration exposure. The readings shall stay within $\pm 15\%$ of the mean readings obtained prior to the test. After the 4 h vibration interval, re-expose the system to the same exposure rates used prior to the test and determine the mean reading from 10 independent readings for each source type. Each mean reading obtained shall be within $\pm 15\%$ of the mean reading obtained prior to the test. After the test, inspect the module for mechanical damage and loose components.

Table D.1 – Vibration break points

Break point	Frequency Hz	g^2/Hz
1	10	0,0020
2	100	0,020
3	300	0,020
4 (f_t)	500	0,0020

Bibliography

IEC 60462:1974, *Standard test procedures for photomultiplier tubes for scintillation counting*

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

IEC 61275:1997, *Radiation protection instrumentation – Measurement of discrete radionuclides in the environment – In-situ photon spectrometry system using a germanium detector*

IEC 61342:1995, *Nuclear instrumentation – Multi-channel pulse height analyzers – Main characteristics, technical requirements and test methods*

- [1] ICRU. *In-Situ Gamma-ray Spectrometry in the Environment*. Report by the International Committee for Radiological Units, No. 53. 1994.
- [2] IAEA. Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying. Technical Report Series 323. IAEA Vienna. 1991
- [3] IAEA. Gamma-Ray Surveys in Uranium Exploration. Technical Report Series 186. IAEA Vienna. 1979.
- [4] Tyler, A.N. *In Situ* and airborne gamma-ray spectrometry. In: *Analysis of Environmental Radionuclides*, Edited by P. P. Povinec. Elsevier: Radioactivity in the Environment, Volume 11. 532pp. 2007.
- [5] Hendricks, P.H.G.M., Limburg, R.J., de Meijer, R.J., Full spectrum analysis of natural gamma ray spectra. *Journal of Environmental Radioactivity*. 53, 365-380. 2001.
- [6] Potts, M.J. Accuracy and Precision in Airborne Radiometric Measurement. Nevada Section, *American Nucl. Soc. Aerial Techniques for Environmental Monitoring. Topical Symp. Proc.* 79/4327. 1978.
- [7] Allyson, J.D., Sanderson, D.C.W. Spectral deconvolution and operational use of stripping ratios in airborne radiometrics. *Journal of Environmental Radioactivity*. 53(3), 351-363. 2001.
- [8] Aage, H.K., Korsbech, U., Bargholtz, K., Hovgaard, J. A new technique for processing airborne gamma ray spectrometry data for mapping low level contaminations. *Applied Radiation and Isotopes*. 51, 651-662. 1999.
- [9] Guillot, L. Extraction of full absorption peaks in airborne gamma-spectrometry by filtering techniques coupled with a study of the derivatives. Comparison with the window method. *Journal of Environmental Radioactivity*. 53, 381-398. 2001.
- [10] ISO 18589-3:2007 *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 3: Measurement of gamma-emitting radionuclides*
- [11] Tyler, A.N., D.C.W. Sanderson, E.M. Scott, & J.D. Allyson. Investigations of Spatial Variability and Fields of View in Environmental Gamma Ray Spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity*. 33(3): 213-235. 1996.
- [12] Tyler, A.N., Sanderson, D.C.W. and Scott, E.M. Estimating and Accounting for ¹³⁷Cs Source Burial through In-situ Gamma Spectrometry in Salt Marsh Environments. *Journal of Environmental Radioactivity*. 33(3): 195-212. 1996.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	42
1 Domaine d'application et objet.....	44
2 Références normatives.....	44
3 Termes, définitions et nomenclature.....	45
3.1 Définitions.....	45
3.1.1 système mobile de détection.....	45
3.1.2 résolution en énergie.....	45
3.1.3 bruit de fond (intrinsèque, de la plateforme et cosmique).....	45
3.1.4 référence de positionnement.....	45
3.1.5 aire de prospection.....	45
3.1.6 intervalle d'échantillonnage.....	46
3.1.7 sol ou surface de référence.....	46
3.1.8 plateforme.....	46
3.2 Nomenclature d'essai.....	46
3.2.1 essais de qualification.....	46
3.2.2 essai d'acceptation.....	46
4 Configuration générale du système.....	46
5 Exigences générales.....	48
5.1 Alimentation électrique.....	48
5.2 Alimentation par batterie.....	48
5.3 Câblage et connexions.....	48
5.4 Choc (en fonctionnement).....	48
5.5 Vibration (en fonctionnement).....	49
5.6 Vibration (hors fonctionnement).....	49
5.7 Résistance à l'eau.....	49
5.8 Systèmes spectrométriques.....	49
6 Classification des caractéristiques d'aptitude à la fonction.....	49
7 Procédures générales d'essai.....	49
7.1 Nature des essais.....	49
7.2 Conditions de référence et conditions normalisées d'essai.....	49
7.3 Position de l'équipement pour les essais.....	50
7.4 Fluctuations statistiques.....	50
7.5 Rayonnement de référence.....	50
8 Spécification générale d'aptitude à la fonction et exigences d'essai.....	50
8.1 Alimentation électrique.....	50
8.1.1 Exigences.....	50
8.1.2 Méthode d'essai.....	50
8.2 Alimentation par batterie.....	51
8.2.1 Exigences.....	51
8.2.2 Méthode d'essai.....	51
8.3 Temps de chauffage.....	51
8.3.1 Exigences.....	51
8.3.2 Méthode d'essai.....	51
8.4 Exigences relatives aux radiofréquences (RF).....	51
8.4.1 Exigences.....	51
8.4.2 Méthode d'essai.....	52

8.5	Interférences RF	52
8.5.1	Exigences.....	52
8.5.2	Méthode d'essai	52
8.6	Température.....	52
8.6.1	Exigences.....	52
8.6.2	Méthode d'essai	52
8.7	Humidité relative	52
8.7.1	Exigences.....	52
8.7.2	Méthode d'essai	52
8.8	Choc (en fonctionnement)	53
8.8.1	Exigences.....	53
8.8.2	Méthode d'essai	53
8.9	Vibration (en fonctionnement).....	53
8.9.1	Exigences.....	53
8.9.2	Méthode d'essai	53
8.10	Vibration (hors fonctionnement).....	53
8.10.1	Exigences.....	53
8.10.2	Méthode d'essai	53
8.11	Résistance à l'eau.....	53
8.11.1	Exigences.....	53
8.11.2	Méthode d'essai	53
8.12	Effets de température.....	54
8.12.1	Exigences.....	54
8.12.2	Méthode d'essai	54
8.13	Résolution sommée du détecteur	54
8.13.1	Exigences.....	54
8.13.2	Méthode d'essai	54
9	Exigences pour les modules de détecteurs basés sur la scintillation.....	54
9.1	Stabilité du taux de comptage du photomultiplicateur	54
9.1.1	Exigences.....	54
9.1.2	Méthode d'essai	54
9.2	Blindage magnétique du photomultiplicateur.....	54
9.2.1	Exigences.....	54
9.2.2	Méthode d'essai	54
10	Exigences pour les détecteurs au germanium haute pureté	55
10.1	Exigences relatives au spectre	55
10.2	Méthode d'essai	55
11	Exigences pour les détecteurs de neutrons	55
11.1	Neutrons	55
11.1.1	Exigences.....	55
11.1.2	Méthode d'essai	55
11.2	Choc et vibration	55
11.2.1	Exigences.....	55
11.2.2	Méthode d'essai	55
11.3	Champ fort de rayonnement gamma.....	55
11.3.1	Exigences.....	55
11.3.2	Méthode d'essai	55
11.4	Mesure de temps de référence	56
11.4.1	Exigences.....	56

11.4.2	Méthode d'essai	56
12	Essai spécifique pour les modules préamplificateurs et convertisseur analogique numérique (CAN) des détecteurs pouvant fournir des spectres.....	56
12.1	Stabilité du gain spectral	56
12.1.1	Exigences.....	56
12.1.2	Méthode d'essai	56
12.2	Durée de vie de référence	56
12.2.1	Exigences.....	56
12.2.2	Méthode d'essai	56
12.3	CAN	56
12.3.1	Exigences.....	56
12.3.2	Méthode d'essai	56
12.4	Linéarité de la réponse du taux de comptage	57
12.4.1	Exigences.....	57
12.4.2	Méthode d'essai	57
13	Spécifications spectrales et exigences d'essai pour les détecteurs pouvant fournir des spectres.....	57
13.1	Aptitude à la fonction des ensembles de multiples cristaux.....	57
13.1.1	Exigences.....	57
13.1.2	Méthode d'essai	57
13.2	Enregistrement de spectre.....	57
13.2.1	Exigences.....	57
13.2.2	Méthode d'essai	57
13.3	Transfert de données	57
13.3.1	Exigences.....	57
13.3.2	Méthode d'essai	57
13.4	Synchronisation des périodes d'acquisition	57
13.4.1	Exigences.....	57
13.4.2	Méthode d'essai	57
13.5	Synchronisation avec les informations de position.....	58
13.5.1	Exigences.....	58
13.5.2	Méthode d'essai	58
13.6	Synchronisation avec les informations relatives à la hauteur au-dessus de la surface du sol.....	58
13.6.1	Exigences.....	58
13.6.2	Méthode d'essai	58
14	Journal des données	58
14.1	Référence dans le temps.....	58
14.1.1	Exigences.....	58
14.1.2	Méthode d'essai	58
15	Exigences d'installation minimisant le blindage des détecteurs internes par la plateforme	58
15.1	Exigences	58
15.2	Méthode d'essai	58
16	Exigences supplémentaires	59
16.1	Généralités.....	59
16.2	Exigences d'affichage de données en temps réel	59
17	Documentation	59
17.1	Manuel d'instructions.....	59

17.2 Certificat d'essai.....	59
18 Exigences de sécurité	59
Annexe A (informative) Traitement de données.....	62
Annexe B (informative) Scénario type d'analyse pour une extraction naturelle (K(potassium) U(uranium) T(thorium)) uniquement	65
Annexe C (informative) Plans d'échantillonnage structurés pour des sols de référence.....	69
Annexe D (informative) Exigences de performance mécanique	73
Bibliographie.....	74
Figure 1 – Synthétique d'un système type de plateforme mobile	48
Figure C.1 – Echantillonnage hexagonal étendu et ensembles d'échantillonnages types A et B	69
Figure C.2 – Coïncidence entre la zone d'investigation et le plan d'échantillonnage hexagonal pour ^{137}Cs	71
Tableau 1 – Déploiements typiques de détecteurs pour différentes applications	47
Tableau 2 – Limites d'émission RF mesurées à une distance de 3 m de l'équipement	52
Tableau 3 – Conditions de référence et conditions normalisées d'essai	60
Tableau 4 – Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai.....	60
Tableau 5 – Essais réalisés avec variation des grandeurs d'influence.....	61
Tableau A.1 – Valeurs de conversion entre les concentrations de radionucléides naturels et le débit de Kerma dans l'air	63
Tableau C.1 – Pondération pour chaque enveloppe hexagonale avec l'énergie de radionucléide et l'altitude du détecteur.....	70
Tableau C.2 – Activités moyennes pondérées dans l'espace pour ^{137}Cs au site d'échantillonnage de Caerlaverock pour des altitudes de détecteur de 1 m, 50 m et 100 m	72
Tableau C.3 – Comparaison des coefficients d'étalonnage déduits de sites d'étalonnage hexagonal (toutes les erreurs sont données à 1σ d'erreur normalisée, sauf, qui est donné pour un écart type de 1σ)	72
Tableau D.1 – Points de vibration	73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTATION MOBILE POUR LA MESURE DES RAYONNEMENTS GAMMA ET NEUTRONIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI 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 62438 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

La présente norme annule et remplace la CEI 61134, publiée en 1992. Le domaine d'application de la CEI 61134 était restreint à la prospection pour les gisements de potassium, d'uranium et de thorium. La CEI 62438 inclut l'ensemble des technologies de détecteur actuellement disponibles, et intègre le contrôle neutronique. Cette norme traite aussi d'une grande étendue des applications des plateformes mobiles, incluant des réponses environnementales, d'urgence et de sécurité en plus des applications géologiques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/633/FDIS	45B/636/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTATION MOBILE POUR LA MESURE DES RAYONNEMENTS GAMMA ET NEUTRONIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux systèmes mobiles de détection de rayonnement utilisés pour la détection, la quantification et l'identification des émetteurs de photons et/ou de neutrons dans l'environnement. Ceci inclut les sources de rayonnement ponctuelles ou dispersées.

L'objet de la présente norme est:

- d'établir des définitions;
- d'établir des exigences minimales pour l'instrumentation;
- d'établir des exigences pour le déploiement et l'exploitation;
- de fournir des méthodes d'essais et d'étalonnage; et
- de fournir des recommandations pour l'approvisionnement des équipements.

En général, les systèmes d'instrumentation mobiles pour les mesures de rayonnements nucléaires dans l'environnement sont constitués de détecteurs, de processeurs de signal de détection, de dispositifs de repérage de position, d'enregistreurs de données embarqués, de surveillance de fonctionnement et de capacités d'affichage et d'alarme en temps réel. De plus, les systèmes avancés peuvent fournir des flux de données pour une transmission par télémétrie aux centres opérationnels.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050-394:2007, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 394: Instrumentation nucléaire – Instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

CEI 60068-1:1988, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

CEI 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60086 (toutes les parties), *Piles électriques*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

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

CEI 61010-1:2001, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesure, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 62534, *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute sensibilité pour la détection neutronique de matières radioactives*¹

ISO 4037 (toutes les parties), *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons*

ISO 6980 (toutes les parties), *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence*

3 Termes, définitions et nomenclature

3.1 Définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. A l'exception de ce qui est spécifié ci-dessous, tous les termes techniques sont tels que définis dans la CEI 60050, en particulier pour les grandeurs de rayonnements et les termes dosimétriques, définis dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394.

3.1.1 système mobile de détection

les systèmes mobiles de détection sont constitués de détecteurs de rayonnement en nombre approprié, montés sur une plateforme transportable et capables d'effectuer des mesures lors de leurs déplacements (voir Figure 1)

NOTE Ceci peut inclure, sans toutefois s'y limiter, des avions, des hélicoptères, des véhicules de surface, des navires et des véhicules amphibies.

3.1.2 résolution en énergie

la largeur à mi-hauteur, exprimée en pourcentage ou en keV, à un pic d'absorption totale défini (voir Annexe A)

3.1.3 bruit de fond (intrinsèque, de la plateforme et cosmique)

taux de comptage mesuré à partir des photons dans un spectre d'énergie ou dans une fenêtre d'énergie donnée, ou taux de comptage mesuré à partir des neutrons par le système de détection, la plateforme et le rayonnement cosmique (voir Annexe A)

3.1.4 référence de positionnement

référence spatiale qui définit l'emplacement du système de détection en termes de système de coordonnées et, si nécessaire, d'altitude et de hauteur par rapport au sol

3.1.5 aire de prospection

l'aire de prospection ou le champ de vision est l'aire à partir de laquelle 90 % des photons et des neutrons détectés et présentant un intérêt sont émis, en faisant l'hypothèse d'une surface plane et d'activité uniforme

¹ A publier.

3.1.6 intervalle d'échantillonnage

temps exprimé en secondes, entre les débuts d'échantillonnages ou de mesures de données consécutives. Ce temps est aussi appelé temps d'intégration.

3.1.7 sol ou surface de référence

aire du sol ou surface qui a été caractérisée pour un étalonnage empirique du système mobile (voir Annexe C)

3.1.8 plateforme

pour les besoins de la présente norme, la plateforme fait référence au système de transport, y compris les avions, les camions ou les personnes

3.2 Nomenclature d'essai

3.2.1 essais de qualification

essais réalisés afin de vérifier que les exigences d'une spécification sont respectées. Les essais de qualification sont répartis en essais de type et essais individuels 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.
- 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.

3.2.2 essai d'acceptation

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification

[VEI 151-04-20]

4 Configuration générale du système

Il convient que le système de mesure consiste en:

- Un système primaire de détection qui possède des intervalles d'échantillonnage variables (généralement compris entre 1 s et 5 s), fournissant une réponse du détecteur suffisante pour permettre la détection, l'identification et la quantification des radionucléides recherchés.
- Un système de navigation qui mesure continuellement la position de la détection, permettant une résolution spatiale pour une cartographie. Pour les systèmes au sol, une navigation inertielle peut être requise dans les zones où la couverture GPS est faible.
- Une alimentation en énergie pour le système de détection, qui peut être fournie directement par la plateforme mobile ou bien incorporée.
- Un ou plusieurs analyseurs multicanaux pour l'analyse des hauteurs d'impulsion gamma avec des algorithmes permettant d'identifier les radionucléides.
- Un système d'acquisition de données qui collecte et mémorise les données de détection de rayonnement, les informations de positionnement, la durée, et fournit l'interface-utilisateur et l'affichage en temps réel.
- Un logiciel pour la visualisation des données et l'analyse de base.

Le système de mesure peut inclure aussi:

- Un détecteur de neutrons pour enregistrer le taux de comptage brut de neutrons, sous la forme d'une valeur unique.

- Pour les systèmes aéroportés, celles-ci peuvent aussi inclure un radar d'altitude, la température ambiante, l'humidité et la pression, la vitesse et la direction du vent.

Pour information, les premiers systèmes de détection ont été des détecteurs NaI(Tl) de grand volume, bien que d'autres scintillateurs puissent aussi être envisagés. Pour les réponses à des situations d'urgence, des scintillateurs organiques peuvent aussi être considérés pour la cartographie de l'émission gamma totale.

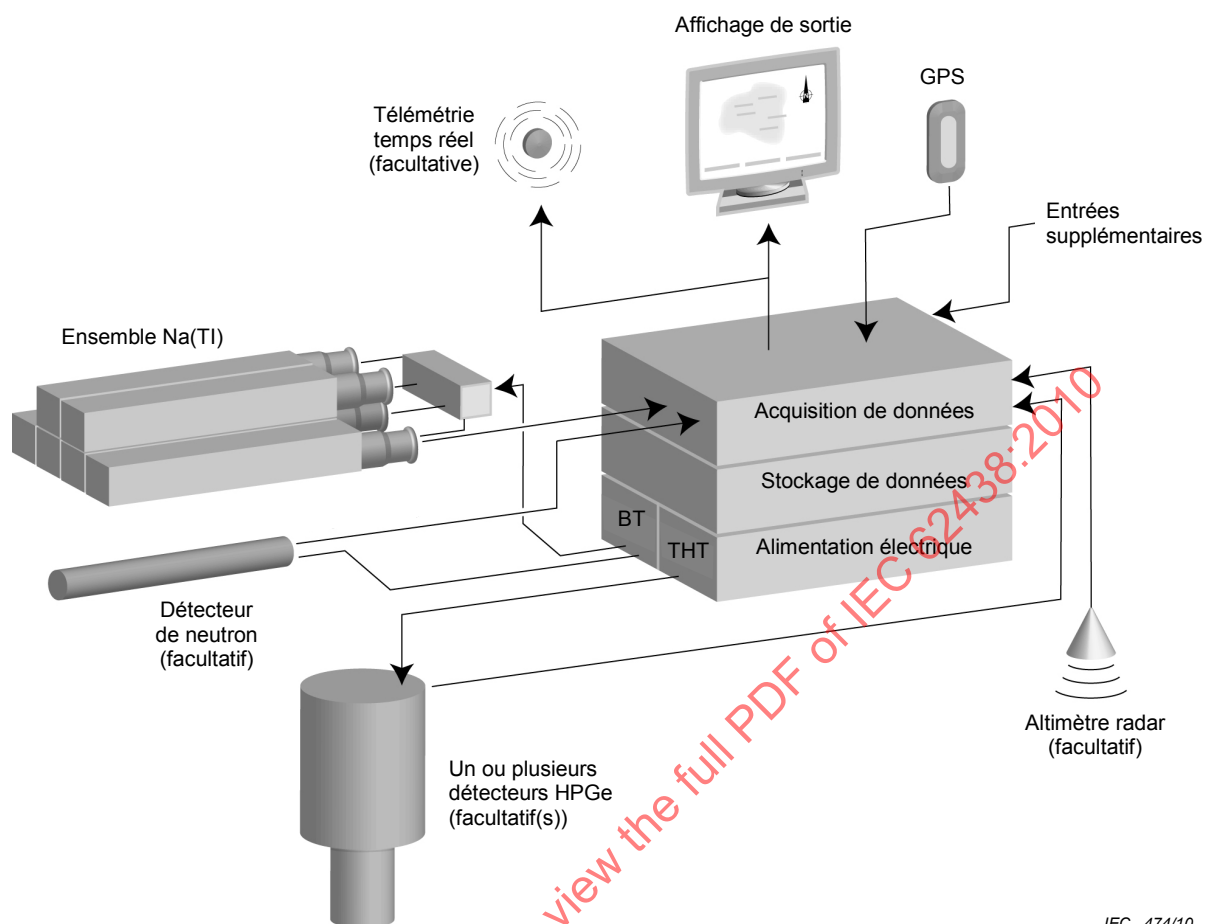
La Figure 1 donne un exemple de système de détection type.

Des exemples de déploiements de détecteurs sont donnés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 – Déploiements typiques de détecteurs pour différentes applications

Application	Déploiement typique d'instrument	Exemple de radionucléides recherchés
Surveillance environnementale de base	NaI(Tl) et/ou HPGe	^{137}Cs , ^{60}Co , U, Th, K,
Recherche géologique	NaI(Tl)	U, Th, K
Réponse à situation d'urgence	NaI(Tl), HPGe, scintillateurs organiques, compteurs proportionnels ^3He , autres détecteurs de neutrons appropriés, et/ou toute combinaison	^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am , Pu, ^{131}I , neutrons

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62438:2010



IEC 474/10

Figure 1 – Synoptique d'un système type de plateforme mobile

5 Exigences générales

5.1 Alimentation électrique

Il convient que le système soit conçu pour accepter une alimentation universelle 12-48 V c.c. et/ou 100-240 V c.a. (50-60 Hz).

5.2 Alimentation par batterie

Lorsque l'alimentation est réalisée avec des batteries, la capacité de celles-ci doit être telle qu'après au moins 8 h d'utilisation ininterrompue dans des conditions normalisées d'essai, l'indication de l'équipement doit rester dans les limites de $\pm 10\%$, toutes les autres fonctions restant dans leurs spécifications. Des batteries telles que celles spécifiées dans la CEI 60086 doivent être utilisées.

5.3 Câblage et connexions

Des connecteurs et câblages appropriés pour la plateforme et pour le déploiement doivent être utilisés.

5.4 Choc (en fonctionnement)

Le système doit supporter des chocs de 300 ms^{-2} (voir Tableau 4).

5.5 Vibration (en fonctionnement)

Le système doit supporter les vibrations, et fonctionner au cours de ces vibrations à 10-55 Hz, avec un déplacement de 0,075 mm, à 10 ms^{-2} (voir Tableau 4).

5.6 Vibration (hors fonctionnement)

Le système doit fonctionner dans la spécification après avoir été soumis aux vibrations (voir Tableau 4).

5.7 Résistance à l'eau

Les détecteurs montés à l'extérieur doivent être résistants à l'eau.

5.8 Systèmes spectrométriques

Pour les détecteurs à faible résolution tels que NaI(Tl), le convertisseur analogue à digitale (CAN) doit posséder au moins 512 canaux. Pour les détecteurs à résolution moyenne tels que Cadmium Zinc Telluride (CZT), le CAN doit posséder au moins 1 024 canaux. Pour les détecteurs à haute résolution, tels que HPGe, le CAN doit posséder au moins 4 096 canaux.

6 Classification des caractéristiques d'aptitude à la fonction

Les limites de la variation de l'indication d'un équipement sont spécifiées pour chaque caractéristique d'aptitude à la fonction dans les Tableaux 4 à 5 et dans les paragraphes appropriés. Pour certaines applications, il peut ne pas paraître essentiel pour un équipement de respecter toutes les exigences établies ci-dessous. Dans ces cas-là, les exigences à appliquer aux équipements peuvent être spécifiées par un accord entre le constructeur et le client, mais la détermination des caractéristiques des équipements doit être conforme aux méthodes données dans la présente norme.

Si la masse, les dimensions générales, l'installation et la construction des instruments ne permettent pas de réaliser tous les essais sur le système terminé et complet au moyen des équipements d'essai existants, chaque composant peut alors être essayé séparément en conformité avec la présente norme, suivi d'un contrôle complet du système intégré dans les conditions normales d'installation et de fonctionnement. La procédure suivie pour les essais doit être spécifiée.

7 Procédures générales d'essai

7.1 Nature des essais

Sauf spécification contraire dans les articles individuels, tous les essais énumérés dans la présente norme doivent être considérés comme des essais de type (voir 3.2.1). Certains essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation par accord entre le constructeur et le client (voir 3.2.2).

7.2 Conditions de référence et conditions normalisées d'essai

Les conditions de référence sont données dans la deuxième colonne du Tableau 3. Sauf spécification contraire, les essais de la présente norme doivent être réalisés dans les conditions normalisées d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 3. Pour ces essais réalisés dans les conditions normalisées d'essai, données dans le Tableau 4, les valeurs de température, de pression et d'humidité relative au moment de l'essai doivent être établies et les corrections pertinentes doivent être faites pour donner la réponse dans les conditions de référence.

Pour les essais destinés à déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence données dans le Tableau 3, et les essais énumérés dans le Tableau 5, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites pour les conditions normalisées d'essai données dans le Tableau 4, sauf spécification contraire dans la procédure de l'essai concerné.

7.3 Position de l'équipement pour les essais

Pour tous les essais impliquant l'utilisation d'un rayonnement, le point de référence de l'équipement doit être placé au point où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue, et dans l'orientation de l'équipement indiquée par le constructeur.

7.4 Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation d'un rayonnement, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication provenant uniquement de la nature aléatoire du rayonnement est une fraction significative de la variation de l'indication autorisée dans l'essai, un nombre de lectures suffisant doit être pris pour assurer que la valeur moyenne des mesures peut être estimée avec une précision suffisante pour déterminer si les exigences relatives à la caractéristique qui est l'objet de l'essai sont respectées. L'intervalle entre les lectures doit être suffisant pour assurer que ces dernières sont statistiquement indépendantes.

7.5 Rayonnement de référence

Sauf spécification contraire donnée individuellement dans les méthodes d'essai, tous les essais impliquant l'utilisation d'un rayonnement gamma doivent être réalisés avec les nucléides ^{137}Cs , ^{60}Co et/ou ^{241}Am (voir Tableau 3). Tous les essais nécessitant une source de neutrons doivent être réalisés avec une source ^{252}Cf non modérée. La nature, la construction et les conditions d'utilisation des sources de rayonnement doivent être conformes à l'ISO 4037 pour les rayonnements gamma et à l'ISO 6980 pour les rayonnements neutroniques.

8 Spécification générale d'aptitude à la fonction et exigences d'essai

8.1 Alimentation électrique

8.1.1 Exigences

Il convient que le système mobile soit conçu pour accepter une alimentation universelle 12-48 V c.c. et/ou 100-240 V c.a. (50-60 Hz). L'indication ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ sur l'étendue de la tension d'alimentation.

8.1.2 Méthode d'essai

Placer le système mobile dans un champ de rayonnement gamma d'énergie souhaitée (par exemple ^{137}Cs ou ^{60}Co), de sorte que l'équipement donne une indication qui est approximativement trois fois le taux de comptage du bruit de fond dans les canaux correspondant aux pics d'absorption totale. Pour chaque essai, accumuler au moins 10 000 impulsions dans le pic d'absorption totale.

La tension d'alimentation étant à sa valeur nominale, déterminer l'indication moyenne (aire du pic d'absorption totale) donnée par l'équipement. Déterminer l'indication moyenne avec la tension d'alimentation 10 % au-dessus de la valeur nominale, et aussi celle avec la tension d'alimentation 12 % au-dessous de la valeur nominale. Ces valeurs moyennes ne doivent pas s'écarter de plus de $\pm 10\%$ de la valeur obtenue avec la tension d'alimentation nominale. La fréquence variant de ± 3 Hz autour de la fréquence nominale, il convient que les lectures ne s'écartent pas de plus de $\pm 10\%$ de la lecture à la fréquence nominale. Les essais ci-dessus doivent alors être répétés avec un flux incident suffisant pour que l'équipement donne une indication d'au moins les deux tiers de la limite supérieure de l'étendue effective de mesures.

8.2 Alimentation par batterie

8.2.1 Exigences

Lorsque l'alimentation est réalisée avec des batteries, la capacité de celles-ci doit être telle qu'après au moins 8 h d'utilisation ininterrompue dans des conditions normalisées d'essai, l'indication de l'équipement doit rester dans les limites de $\pm 10\%$, toutes les autres fonctions restant dans leurs spécifications. Des batteries telles que celles spécifiées dans la CEI 60086 doivent être utilisées.

8.2.2 Méthode d'essai

Des batteries neuves ou des batteries secondaires complètement chargées du type indiqué par le constructeur doivent être utilisées pour cet essai. Exposer l'équipement à un champ de rayonnement suffisant pour fournir une indication appropriée de l'équipement. Laisser l'équipement fonctionner dans ce champ pour la période donnée en 8.2.1, et noter la lecture à intervalles réguliers pendant et à la fin de la période. Chaque lecture doit être conforme aux exigences de 8.2.1.

8.3 Temps de chauffage

8.3.1 Exigences

Le constructeur doit établir le temps nécessaire à l'équipement, après sa mise en marche et alors qu'il est exposé au rayonnement de référence, pour donner une indication qui ne s'écarte pas de plus de $\pm 10\%$ de la valeur finale obtenue dans les conditions normalisées d'essai. Ce temps ne doit pas dépasser 5 min.

NOTE Pour les détecteurs HPGe, cette exigence suppose que le(s) détecteur(s) soi(en)t à la température de fonctionnement.

8.3.2 Méthode d'essai

Mettre l'équipement en marche. Attendre 5 min. Exposer l'équipement à une source de rayonnement donnant un taux de comptage situé environ à la moitié de l'étendue effective de mesures de l'équipement. Acquérir un spectre sur un intervalle de temps suffisant pour assurer que l'aire du pic d'absorption totale requise peut être déterminée avec suffisamment de précision pour démontrer la conformité à l'essai. Arrêter l'équipement pendant au moins 1 h, puis le remettre en marche. Acquérir un spectre au temps de chauffage spécifié par le constructeur. La différence entre les deux essais doit être dans les limites établies au Tableau 5.

8.4 Exigences relatives aux radiofréquences (RF)

8.4.1 Exigences

Le système mobile peut être utilisée dans différents domaines. Les émissions de radiofréquences provenant d'un instrument doivent être inférieures à celles qui peuvent interférer avec d'autres équipements situés dans la zone d'utilisation. Les limites d'émissions, lorsqu'elles sont mesurées à 3 m, sont telles que données dans le Tableau 2 ci-dessous. Pour les systèmes aéroportés, les exigences relatives aux émissions de radiofréquences peuvent être plus contraignantes, selon que le système est installé de façon permanente ou temporairement, et en fonction du pays.

Tableau 2 – Limites d'émission RF mesurées à une distance de 3 m de l'équipement

Gamme de fréquences d'émission MHz	Champ mV/m
30 – 88	100
88 – 216	150
216 – 960	200
Supérieure à 960	500

8.4.2 Méthode d'essai

Placer le système mobile dans un local ou une enceinte blindé(e), selon le cas. Disposer une antenne à 3 m de l'équipement. L'instrument étant arrêté, recueillir un spectre de fond à l'aide d'une largeur de bande de 50 kHz. Mettre l'instrument en marche et effectuer un balayage RF. Répéter l'essai avec l'instrument, en effectuant une identification des radionucléides.

8.5 Interférences RF

8.5.1 Exigences

Le système mobile doit être immunisé aux interférences RF de 10 V/m, de 1 MHz à 2,5 GHz.

8.5.2 Méthode d'essai

Le système mobile doit être essayé sur l'étendue RF de référence donnée en 8.5.1. L'indication du système ne doit pas varier de plus de 10 %.

8.6 Température

8.6.1 Exigences

Le système mobile doit avoir un fonctionnement fiable sur la gamme de températures comprise entre –25 °C et 50 °C (Tableau 5). Voir aussi 12.1.

8.6.2 Méthode d'essai

Le système mobile doit être essayé sur la gamme de températures comprise entre –25 °C et 50 °C, conformément à la CEI 60068-2-14. Le Tableau 5 définit les limites de variation de l'indication.

8.7 Humidité relative

8.7.1 Exigences

Le système mobile doit avoir un fonctionnement fiable sur la gamme d'humidité relative comprise entre 45 % et 95 % sur une gamme de températures entre 25 °C et 55 °C ou entre 25 °C et 40 °C pour au moins deux cycles 12 h + 12 h. L'essai prévoit la génération de condensation sur le système et les composants. Les exigences spécifiques d'essai dépendront de l'application du système et doivent être choisies par un accord entre le constructeur et le client.

8.7.2 Méthode d'essai

Le système mobile doit être essayé sur la gamme d'humidité relative comprise entre 45 % et 95 %, conformément à la CEI 60068-2-30. Le Tableau 5 définit les limites pour l'indication.

8.8 Choc (en fonctionnement)

8.8.1 Exigences

Le système mobile doit supporter des vibrations aux niveaux appropriés pour la plateforme de déploiement. Comme exigence minimale le système mobile doit supporter des chocs de 300 ms^{-2} .

8.8.2 Méthode d'essai

Le système mobile doit être soumis à un essai de choc de 300 ms^{-2} pour une durée de 18 ms dans un minimum de trois directions. Après l'essai, le système doit fonctionner dans ses spécifications. Après le choc, le système doit fonctionner à $\pm 10 \%$ de ses performances avant l'application des chocs.

8.9 Vibration (en fonctionnement)

8.9.1 Exigences

Le système mobile doit supporter des vibrations aux niveaux appropriés pour la plateforme de déploiement. L'Annexe D donne un exemple pour les exigences typiques pour un appareil à voilure tournantes. Comme exigence minimale, le système doit supporter les vibrations, et fonctionner au cours de ces vibrations à 10-55 Hz, 0,075 mm, 10 ms^{-2} .

8.9.2 Méthode d'essai

Le système mobile doit être soumis aux essais à 10-55 Hz, pour un déplacement total de 0,075 mm, 10 ms^{-2} (CEI 60068-2-6). Après l'essai, le système doit fonctionner dans ses spécifications. Le système doit fonctionner au cours et à l'issue des vibrations à $\pm 10 \%$ de ses performances avant l'application des vibrations.

8.10 Vibration (hors fonctionnement)

8.10.1 Exigences

Le système mobile doit supporter et fonctionner après avoir été soumis aux vibrations. Comme exigence minimale, le système doit supporter les vibrations, et fonctionner au cours de ces vibrations à 55-500 Hz, 0,15 mm, 20 ms^{-2} .

8.10.2 Méthode d'essai

Le système doit être soumis aux essais à 1, 55-500 Hz avec un déplacement total de 0,15 mm et 20 ms^{-2} (CEI 60068-2-6).

8.11 Résistance à l'eau

8.11.1 Exigences

Les détecteurs montés à l'extérieur doivent être résistants à l'eau de manière appropriée pour la plateforme et le déploiement. Les systèmes montés à l'extérieur doivent entre généralement conformes à une spécification équivalant à IP 3 pour l'eau (voir CEI 60529).

8.11.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé en utilisant une seringue (CEI 60529) et une pression d'eau réglée pour donner un débit de 10 l min^{-1} qu'il convient de maintenir constant pendant l'essai. La durée de l'essai doit être au minimum de 15 min. Après l'essai, vérifier que les détecteurs montés à l'extérieur sont restés étanches à l'eau.

8.12 Effets de température

8.12.1 Exigences

Les détecteurs doivent être isolés thermiquement afin de limiter les variations de température à des valeurs qui ne provoquent pas de condensation sur l'électronique des préamplificateurs ou n'affecte pas la performance du système en accord avec les spécifications détaillées dans le Tableau 5.

8.12.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai doit être convenue entre l'utilisateur et le fabricant en fonction de la plateforme et du déploiement comme spécifié dans le Tableau 5.

8.13 Résolution sommée du détecteur

8.13.1 Exigences

Lorsque la réponse spectrale d'un ensemble de multiples détecteurs est utilisée, la résolution du spectre sommé doit être comparable aux capacités des détecteurs individuels.

8.13.2 Méthode d'essai

Ceci doit être essayé à 0,662 MeV. La résolution en énergie du spectre sommé ne doit pas dépasser 110 % du détecteur le moins performant.

9 Exigences pour les modules de détecteurs basés sur la scintillation

9.1 Stabilité du taux de comptage du photomultiplicateur

9.1.1 Exigences

Le taux de comptage du photomultiplicateur (PM) doit être stable.

9.1.2 Méthode d'essai

La position du pic gamma doit être essayée pour un taux de comptage jusqu'à 4×10^4 cps. Les données spectrales doivent être stables à ± 1 %. Cette exigence générale peut varier en fonction d'un certain nombre de facteurs, dont entre autres la taille du cristal, l'intervalle d'échantillonnage et la méthodologie du procédé spectral employée. Cette exigence peut aussi faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

9.2 Blindage magnétique du photomultiplicateur

9.2.1 Exigences

Le PM doit posséder un blindage magnétique approprié afin d'éviter un décalage du gain significatif résultant de l'« effet de compas » qui se produit avec des orientations différentes du champ magnétique de la Terre par rapport à la structure du PM.

9.2.2 Méthode d'essai

L'ensemble détecteur doit être exposé à un champ magnétique équivalent à 1 mT dans deux orientations 0° et 90° par rapport aux lignes de champ.

10 Exigences pour les détecteurs au germanium haute pureté²

10.1 Exigences relatives au spectre

La largeur à mi-hauteur à 1 330 keV (^{60}Co) doit être inférieure à 3 keV.

10.2 Méthode d'essai

La largeur à mi-hauteur doit être mesurée conformément à la CEI 60973, dans les conditions de fonctionnement.

11 Exigences pour les détecteurs de neutrons

11.1 Neutrons

11.1.1 Exigences

Le module détecteur de neutrons doit être capable de détecter à la fois les neutrons thermiques et les neutrons rapides, et doit avoir une efficacité absolue d'au moins 1 comptage par 1 000 neutrons émis d'une source ^{252}Cf non modérée à 1 m de distance.

11.1.2 Méthode d'essai

Le module détecteur doit être essayé avec une source ^{252}Cf modérée et non modérée. La source ^{252}Cf peut être modérée en plaçant un blindage en polyéthylène de 50 mm entre la source et le détecteur.

11.2 Choc et vibration

11.2.1 Exigences

Le module détecteur de neutrons doit supporter les chocs et vibrations rencontrés lorsqu'il est monté sur une plateforme mobile. En particulier, s'il est exposé aux vibrations, le module détecteur de neutrons ne doit pas produire un comptage de neutrons faux (effet microphonique). Le taux de comptage faux de neutrons ne doit pas dépasser 10 % du taux de comptage du bruit de fond neutronique sur un choc de 300 ms^{-2} pour une durée de 18 ms dans toutes les directions.

11.2.2 Méthode d'essai

Le détecteur de neutrons doit être essayé jusqu'aux exigences de 11.2.1.

11.3 Champ fort de rayonnement gamma

11.3.1 Exigences

Le rayonnement gamma ne doit pas affecter la valeur du bruit de fond neutronique de plus de 10 % jusqu'à $0,1 \text{ mSv/h}$.

11.3.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être exposé à des photons à partir de ^{60}Co à un débit équivalent de dose ambiant de $0,1 \text{ mSv.h}^{-1}$. Vérifier qu'aucune alarme de présence de neutrons supplémentaire ne se déclenche par rapport au taux de fausse alarme, au cours d'une durée d'exposition continue de 5 min. Afin d'éliminer l'influence de la géométrie du détecteur de neutrons, il convient que la distance entre la source ^{60}Co et le détecteur soit d'au moins 50 cm.

² HPGE, en anglais *HIGH PURITY GERMANIUM*.

11.4 Mesure de temps de référence

11.4.1 Exigences

Le signal des détecteurs de neutrons doit être référencé au temps dans 1 % du temps d'échantillonnage des données de spectrométrie gamma.

11.4.2 Méthode d'essai

Le détecteur de neutrons et de gamma doit être exposé simultanément à une source de neutrons, et les résultats doivent être enregistrés.

12 Essai spécifique pour les modules préamplificateurs et convertisseur analogique numérique (CAN) des détecteurs pouvant fournir des spectres

12.1 Stabilité du gain spectral

12.1.1 Exigences

La stabilisation du gain est requise pour les techniques d'identification des radionucléides. Les données spectrales doivent être stables à $\pm 0,01$ % pour les détecteurs de type HPGe ou deux largeurs de canal spectral pour un système NaI(Tl) avec un système de 512 canaux ou système équivalent.

12.1.2 Méthode d'essai

Le pic 661,6 keV doit être essayé sur la gamme de températures de référence, et ne doit pas varier de plus de deux largeurs de canal. Une stabilisation active du gain supplémentaire peut être utilisée pour maintenir la stabilité du gain du système désirée. Il s'agit aussi d'un essai individuel de série.

12.2 Durée de vie de référence

12.2.1 Exigences

La durée de vie doit être mesurée et enregistrée pour chaque acquisition de spectre.

12.2.2 Méthode d'essai

Un spectre sauvegardé doit être contrôlé pour assurer que la durée de vie a été enregistrée avec précision.

12.3 CAN

12.3.1 Exigences

Pour les détecteurs à faible résolution tels que NaI(Tl), le CAN doit posséder au moins 512 canaux. Pour les détecteurs à résolution moyenne tels que CZT, le CAN doit posséder au moins 1 024 canaux. Pour les détecteurs à haute résolution, tels que HPGe, le CAN doit posséder au moins 4 096 canaux.

12.3.2 Méthode d'essai

L'étendue complète d'énergie gamma étudiée doit être couverte dans le nombre de canaux requis par le type de détecteur.

12.4 Linéarité de la réponse du taux de comptage

12.4.1 Exigences

Le système doit être capable de répondre aux taux de comptage bruts sans dégradation de la réponse à 100 000 cps, et avoir une capacité totale de 300 000 cps, sans perte de capacité de comptage. Un avertissement doit être activé si le taux de comptage dépasse 300 000 cps.

12.4.2 Méthode d'essai

La réponse du système doit être essayée jusqu'à 300 000 cps.

13 Spécifications spectrales et exigences d'essai pour les détecteurs pouvant fournir des spectres

13.1 Aptitude à la fonction des ensembles de multiples cristaux

13.1.1 Exigences

Pour les ensembles de multiples cristaux, l'aptitude à la fonction de chaque détecteur individuel doit correspondre à une résolution de 1 % (par exemple, pour NaI(Tl): $9 \% \pm 1 \%$).

13.1.2 Méthode d'essai

La résolution du détecteur NaI(Tl) doit être essayée à 0,662 MeV.

13.2 Enregistrement de spectre

13.2.1 Exigences

Lorsque plusieurs détecteurs sont utilisés, les informations spectrales individuelles doivent être enregistrées pour chaque détecteur (ou sous-ensemble détecteur).

13.2.2 Méthode d'essai

Le spectre individuel de chaque détecteur doit être vérifié.

13.3 Transfert de données

13.3.1 Exigences

Le temps de transfert des données spectrales ne doit pas dépasser 2 % du temps d'échantillonnage. Ceci peut être obtenu par un double tampon permettant des entrées et sorties simultanées ou transférées par une méthode de transfert à haute vitesse.

13.3.2 Méthode d'essai

Les fréquences d'horloge et de comptage doivent être enregistrées et ensuite les spectres doivent être examinés pour leur conformité.

13.4 Synchronisation des périodes d'acquisition

13.4.1 Exigences

Les données spectrales de tous les canaux spectraux doivent être synchronisées dans 5 % de la période nominale d'acquisition.

13.4.2 Méthode d'essai

Le test sera comme convenu entre l'utilisateur et le fabricant.

13.5 Synchronisation avec les informations de position

13.5.1 Exigences

Les données spectrales doivent être synchronisées avec précision $<5\%$ du temps d'échantillonnage au système d'enregistrement des coordonnées (par exemple GPS combiné).

13.5.2 Méthode d'essai

Le test sera comme convenu entre l'utilisateur et le fabricant.

13.6 Synchronisation avec les informations relatives à la hauteur au-dessus de la surface du sol

13.6.1 Exigences

Les données spectrales doivent être synchronisées avec précision $<5\%$ du temps d'intégration) au système de radar d'altitude.

13.6.2 Méthode d'essai

Ceci doit être essayé au moyen d'une collection de données recouvrant des limites franches de rayonnement bien caractérisées (par exemple, bord terre/eau) et une variation topographique, et par comparaison aux données géographiques.

14 Journal des données

14.1 Référence dans le temps

14.1.1 Exigences

Le constructeur doit fournir un système capable de référencer toutes les données de mesures au temps universel.

14.1.2 Méthode d'essai

Cette capacité doit être démontrée par le constructeur.

15 Exigences d'installation minimisant le blindage des détecteurs internes par la plateforme

15.1 Exigences

Il convient que le système soit monté de telle sorte que le blindage de la plateforme soit minimal dans le sens de la mesure. Ce sens est spécifié par le constructeur. Il convient de prendre en compte les implications du blindage sur l'étalonnage de l'instrument.

15.2 Méthode d'essai

Le système une fois monté dans la plateforme, sa réponse angulaire doit être essayée et comparée à celle certifiée par le constructeur ou à une valeur mesurée dans des conditions de laboratoire (non blindé) (voir Tableau 4). Il convient que le rayonnement incident couvre les énergies recherchées, généralement 0,662 MeV dans le cadre des surveillances environnementales et 59 keV pour les basses énergies.

16 Exigences supplémentaires

16.1 Généralités

- Le constructeur doit fournir un système capable d'intégrer et de documenter toutes les informations associées aux mesures.
- Le temps d'échantillonnage doit être réglable en fonction des exigences spécifiques de la mission.
- Le journal des données du système d'acquisition doit avoir la première priorité, être fait en temps réel, être indépendant des autres fonctions d'affichage. La fonction journal ne doit pas être compromise par les vibrations de la plateforme ou des fluctuations/pannes de l'alimentation électrique.
- La méthodologie du journal des données et de récupération est spécifique à la mission et doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.
- Le système doit être capable de stocker au minimum une journée complète d'acquisition de données (nominalement 8 h). Les données doivent être disponibles sur des dispositifs industriels de stockage de données, dans des formats normalisés, et permettre le téléchargement dans des logiciels d'application.

16.2 Exigences d'affichage de données en temps réel

- Les affichages de données en temps réel doivent comprendre au minimum:
 - Le temps
 - La position (latitude, longitude, recouvrement des cartographies et altitude)
 - Les comptages bruts, exprimés en cps pour les photons et les neutrons
 - La grandeur nette du radionucléide spécifique à la mission, exprimée dans l'unité appropriée (Annexe A pour un exemple géophysique)
- Des exigences supplémentaires portant sur l'affichage doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.
- Il convient que les mêmes paramètres soient disponibles pour la transmission à une station éloignée.

17 Documentation

17.1 Manuel d'instructions

Un manuel d'instructions doit être fourni aux opérateurs. Le manuel d'instructions doit contenir les informations nécessaires pour une application correcte, les essais, le fonctionnement, la maintenance et la réparation de l'équipement, et la bonne compréhension de son fonctionnement.

17.2 Certificat d'essai

Une certification indiquant la conformité à la présente norme doit être mise à disposition du client sur demande.

18 Exigences de sécurité

Les instruments doivent être conformes aux exigences de sécurité de la CEI 61010-1.

NOTE Un agrément aéronautique est généralement requis pour autoriser des vols impliquant une instrumentation aéroportée sous des altitudes et espaces aériens dont l'accès est restreint.

Tableau 3 – Conditions de référence et conditions normalisées d'essai

Grandeur d'influence	Conditions de référence	Conditions normalisées d'essai
Rayonnement gamma de référence	Césium 137	Césium 137
Rayonnement neutronique	Californium 252	Californium 252
Temps de chauffage	5 min	>5 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à 106 kPa
Tension d'alimentation	Tension d'alimentation nominale	Tension d'alimentation nominale ±2 %
Fréquence d'alimentation	Fréquence nominale	Fréquence nominale ±3 %
Forme d'onde de l'alimentation	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec distorsion harmonique totale inférieure à 5 %
Rayonnement de fond	Débit de kerma dans l'air de 0,1 µGy. h ⁻¹	Inférieur à un débit de kerma dans l'air de 0,25 µGy.h ⁻¹
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible qui provoque des interférences
Orientation de l'équipement	A indiquer par le constructeur	Orientation indiquée ±10°

Tableau 4 – Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai

Caractéristique en essai	Exigence	Référence (paragraphe)
Réponse angulaire	Pour 1,333 MeV 0° à 60° ≤20 %	15
Auto-blindage de la plateforme	Pour 0,662 MeV 0° à 60° ≤20 %	
	Pour 59 keV 0° à 45° ≤30 %	
	45° à 60° ≤50 %	
Résolution	Mesurée comme la largeur à mi-hauteur et exprimée en pourcentage de la position du pic d'énergie totale ou en keV	12
Temps de chauffage	5 min	8.3
MECANIQUE:		
Vibration: en fonctionnement	Fréquence, Hz 10 à 55	8.9
	Amplitude, mm 0,075	
	Accélération maximale, m·s ⁻² 10	
	Durée de l'essai, h 1	
Vibration (hors fonctionnement)	Fréquence, Hz 55-500	8.10
	Amplitude, mm 0,15	
	Accélération maximale, m·s ⁻² 20	
	Durée de l'essai, h 1	
Choc (en fonctionnement)	Accélération maximale, m·s ⁻² 300	8.8
	Durée, ms 18	
	Directions 3	
Résistance à l'eau	Volume, l min ⁻¹ 10	8.11
	Durée de l'essai, h 1	