

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Radiation protection instrumentation –
Equipment for measuring the activity concentration of gamma-emitting
radionuclides in foodstuffs**

**Instrumentation pour la radioprotection –
Équipement de mesure de la concentration d'activité des radionucléides
émetteurs gamma dans les aliments**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61563:2019



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Radiation protection instrumentation –
Equipment for measuring the activity concentration of gamma-emitting
radionuclides in foodstuffs**

**Instrumentation pour la radioprotection –
Équipement de mesure de la concentration d'activité des radionucléides
émetteurs gamma dans les aliments**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-7100-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions, abbreviated terms, quantities, units and symbols	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Quantities and units	11
3.3 Symbols	11
4 General test procedure	12
4.1 Nature of tests	12
4.2 Reference conditions and standard test conditions	12
4.2.1 General	12
4.2.2 Tests performed under standard test conditions	12
4.2.3 Tests performed with variation of influence quantities	12
4.3 Instrument set-up during tests	13
4.4 Statistical fluctuations	13
4.5 Standard sources and reference sources	13
4.6 Check sources	13
4.7 Functionality tests	13
4.7.1 General	13
4.7.2 Stability and reproducibility of the source-detector geometry	14
4.7.3 Combination of functionality tests and performance tests	14
4.7.4 Conduct of functionality tests	14
4.7.5 Regular operation behaviour	14
5 General requirements	14
5.1 General characteristics	14
5.2 Type of instrument	15
5.2.1 General	15
5.2.2 Instrument types	15
5.2.3 Measurement type	15
5.3 Physical configuration	16
5.3.1 General	16
5.3.2 Detection sub-assembly	16
5.3.3 Measurement sub-assembly	16
5.3.4 Electric power supply	17
5.3.5 Storage and transportation	17
5.3.6 IP (degree of protection) classification	17
5.4 Basic information	17
5.4.1 Effective range of measurement	17
5.4.2 Range of measurement energy	18
5.4.3 Instrument background	18
5.4.4 Detection limit	18
5.5 Data output	20
5.6 User interface	20
5.7 Markings	20
6 Radiation detection requirements	21
6.1 Consideration of the uncertainty of the conventional true value	21

6.2	Determination of radionuclide activity conversion factor	21
6.3	Response to check sources	22
6.3.1	Requirements	22
6.3.2	Method of test.....	22
6.4	Linearity.....	22
6.4.1	Requirements	22
6.4.2	Method of test.....	22
6.5	Detection limit.....	22
6.5.1	Requirements	22
6.5.2	Method of test.....	23
6.6	Response to external gamma-radiation	23
6.6.1	Requirements	23
6.6.2	Method of test.....	23
6.7	Measurement under interference.....	23
6.7.1	Requirements	23
6.7.2	Method of test.....	23
6.8	Statistical fluctuation	23
6.8.1	Requirements	23
6.8.2	Method of test.....	24
6.9	Overload characteristics	24
6.9.1	Requirements	24
6.9.2	Method of test.....	24
6.10	Warm up time	24
6.10.1	Requirements	24
6.10.2	Method of test.....	24
6.11	Battery.....	25
6.11.1	Requirements	25
6.11.2	Method of test.....	25
7	Environmental requirements	25
7.1	General requirements	25
7.2	Functionality test.....	25
7.3	Ambient temperature.....	25
7.3.1	Requirements	25
7.3.2	Method of test.....	26
7.4	Temperature shock	26
7.4.1	Requirements	26
7.4.2	Method of test.....	26
7.5	Relative humidity	26
7.5.1	Requirements	26
7.5.2	Method of test.....	26
8	Mechanical requirements	27
8.1	General requirements	27
8.2	Functionality test.....	27
8.3	Mechanical shock	27
8.3.1	Requirements	27
8.3.2	Method of test.....	27
8.4	Vibration test	27
8.4.1	Requirements	27
8.4.2	Method of test.....	28

9	Electromagnetic requirements	28
9.1	General requirements	28
9.2	Functionality test.....	28
9.3	External electromagnetic fields	28
9.3.1	Requirements	28
9.3.2	Method of test.....	28
9.4	External magnetic fields	28
9.4.1	Requirements	28
9.4.2	Method of test.....	29
9.5	Electrostatic discharge.....	29
9.5.1	Requirements	29
9.5.2	Method of test.....	29
9.6	Conducted radio frequency	29
9.6.1	Requirements	29
9.6.2	Method of test.....	29
9.7	Surge immunity	29
9.7.1	Requirements	29
9.7.2	Method of test.....	29
9.8	Power supply change.....	30
9.8.1	Requirements	30
9.8.2	Method of test.....	30
10	Documentation	30
10.1	General.....	30
10.2	Type test report or certificate	30
10.3	Certificate	30
10.4	Operation and maintenance manuals	31
Annex A	(normative) Test conditions.....	32
Annex B	(normative) Criteria of tests	33
Annex C	(informative) Sample format of measuring report	34
Bibliography		35
Table 1	– Symbols.....	11
Table A.1	– Reference conditions and standard test conditions.....	32
Table B.1	– Summary table of criteria of tests.....	33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – EQUIPMENT FOR
MEASURING THE ACTIVITY CONCENTRATION OF GAMMA-EMITTING
RADIONUCLIDES IN FOODSTUFFS**

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 61563 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The previous edition applied to handheld-type and portable-type instruments. This edition applies to transportable-type and installed-type instruments, as well as the scope of the previous edition. The handheld-type and portable-type instruments are mainly used in case of a post accidental situation, however, the transportable-type and installed-type instruments can be used through recovery phase.
- b) Uncertainty of measurement according to GUM is introduced.
- c) Detection limit defined in ISO 11929 is introduced to specify a minimum detectable activity.

- d) Environmental requirements, mechanical requirements and electromagnetic requirements are updated according to IEC 62706.
- e) Sample format of measuring report is introduced as Annex C (informative).

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45B/931/FDIS	45B/936/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61563:2019

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – EQUIPMENT FOR MEASURING THE ACTIVITY CONCENTRATION OF GAMMA-EMITTING RADIONUCLIDES IN FOODSTUFFS

1 Scope

This document applies to instruments used to measure the activity and/or activity concentration of gamma-emitting radionuclides in food and/or foodstuffs. This document applies to instruments used both as gross count type instruments and pulse height analysing type instruments used in field conditions and in measurement facilities. This document does not apply to high-resolution spectrometers that use germanium detectors.

The instruments to which this document applies can be used to measure the activity and activity concentration of gamma-emitting radionuclides for a wide variety of samples, such as soil, sewage, plant, and animal life.

The object of this document is to establish performance requirements, to provide test methods and to specify general characteristics, general test conditions, and radiological, environmental, mechanical and electromagnetic characteristics to be used to determine whether an instrument meets the requirements of this document. The test results provide information to end-users and manufacturers regarding the capability of instrument for reliable measurement of the activity and/or activity concentration of gamma-emitting radionuclides.

This document does not apply to sample preparation.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050-395, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 395: Nuclear instrumentation: Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 60086-2, *Primary batteries – Part 2: Physical and electrical specifications*

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

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

IEC 62706, *Radiation protection instrumentation – Environmental, electromagnetic and mechanical performance requirements*

ISO 11929, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application*

3 Terms and definitions, abbreviated terms, quantities, units and symbols

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in IEC 60050-395 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1 Terms and definitions

3.1.1

activity concentration

activity per unit mass (Bq kg⁻¹) or activity per unit volume (Bq m⁻³) of a given radionuclide.

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-01-09, modified: Activity per unit mass mentioned in IEV 395-01-08 is added to a meaning of activity concentration defined as activity per unit volume in IEV 395-01-09.]

3.1.2

blank sample

dummy sample that contains the same substance that is to be measured in the sample but does not contain radioactive material other than Naturally Occurring Radioactive Materials (NORMs)

3.1.3

coefficient of variation

V

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

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

3.1.4

conventional true value

value attributed to a particular quantity and accepted, sometimes by convention, as having an uncertainty appropriate for a given purpose

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-06]

3.1.5

decade

range of values of a certain quantity for which the common logarithms of the ratio of maximum and minimum value is unity

3.1.6

non-linearity

deviation from a straight line of the curve representing an output quantity as a function of an input quantity

Note 1 to entry: The reference straight line is determined by the radionuclide activity conversion factor described in 6.2.

3.1.7**effective range of measurement**

absolute value of the difference between the two limits of a nominal range

3.1.8**upper limit of effective range of measurement**

maximum activity or activity concentration to be measured at which the performance of an instrument meets the requirements of its specifications

3.1.9**lower limit of effective range of measurement**

A_0

minimum activity or activity concentration to be measured over which the performance of an instrument meets the requirement of its specifications

3.1.10**decision threshold**

y^*

value of the estimator of the measurand, which, when exceeded by the result of an actual measurement using a given measurement procedure of a measurand quantifying a physical effect, is used to decide that the physical effect is present.

Note 1 to entry: The decision threshold is defined such that in cases where the measurement result, y , exceeds the decision threshold, y^* , the probability of a wrong decision, namely that the true value of the measurand is not zero if in fact it is zero, is less or equal to a chosen probability α .

Note 2 to entry: If the result, y , is below the decision threshold, y^* , it is decided to conclude that the result cannot be attributed to the physical effect; nevertheless, it cannot be concluded that it is absent.

[SOURCE: ISO 11929:2019, 3.12]

3.1.11**detection limit**

$y^\#$

smallest true value of the measurand which ensures a specified probability of being detectable by the measurement procedure.

Note 1 to entry: With the decision threshold according to 3.1.10, the detection limit is the smallest true value of the measurand for which the probability of wrongly deciding that the true value of the measurand is zero is equal to a specified value, β , when, in fact, the true value of the measurand is not zero. The probability of being detectable is consequently $(1-\beta)$.

Note 2 to entry: The terms detection limit and decision threshold are used in an ambiguous way in different standards (e.g. standards related to chemical analysis or quality assurance). If these terms are referred to one has to state according to which standard they are used.

[SOURCE: ISO 11929:2019, 3.13]

3.1.12**radionuclide activity conversion factor**

C

quotient of the conventional true value of the activity (A) and an indication of the instrument in count rate (I), which is given by the following formula:

$$C = \frac{A}{I}$$

Note 1 to entry: Radionuclide activity conversion factor is inverse of the counting efficiency.

3.1.13

reference source

radioactive source calibrated by using the standard source for use in a calibration of the measuring instrument

3.1.14

standard source

radioactive source that has been calibrated by a laboratory recognized as a country's national standardizing laboratory for radioactivity measurements and that has been so certified by the aforementioned laboratory

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-02-03]

3.1.15

check source

radioactive source which is used for the instrument operability check, as well as for performing tests for stability and the influences of ambient factors

3.1.16

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.1.17

type test

conformity test made on one or more items representative of the production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.1.18

acceptance test

contractual test to prove to the customer that the item meets certain conditions of its specification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

3.1.19

uncertainty of measurement

parameter, associated with the result of a measurement, that characterises the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

Note 1 to entry: This formal definition of the term "uncertainty of measurement" was developed for use in ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM 1995)*, and ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*.

[SOURCE: IEC 60050-815:2015, 815-17-19]

3.1.20

standard uncertainty

standard deviation associated with the measurement result or an input quantity

Note 1 to entry: See GUM 2.3.4.

Note 2 to entry: The standard uncertainty of the measurement result is sometimes called "combined standard uncertainty".

Note 3 to entry: The quotient of the standard uncertainty and a measurement result is called "relative standard uncertainty" and sometimes given as percentage.

3.1.21 expanded uncertainty

U

quantity defining an interval about the result of a measurement that may be expected to encompass a large fraction of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand

Note 1 to entry: The expanded uncertainty can be obtained by multiplying the (combined) standard uncertainty times a coverage factor.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, GUM 2.2.5]

3.2 Quantities and units

In the present document, the units of the International System (SI) are used¹. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-395. Nevertheless, the following units may also be used:

- for energy: electron-volt (symbol: eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- for time: years (symbol: y), days (symbol: d), hours (symbol: h), minutes (symbol: min).

Multiples and submultiples of SI units will be used, when practicable, according to the SI system.

- SI unit of absorbed dose, kerma and specific energy imparted

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}$$

- SI unit of activity of an amount of radionuclide equal to a second to the power minus one

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

3.3 Symbols

Table 1 gives a list of symbols used.

Table 1 – Symbols

Symbol	Meaning	Unit
y^*	decision threshold	---
$y^\#$	detection limit	---
$\tilde{u}(0)$	standard uncertainty of a measurand when its true value equals zero	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
$\tilde{u}(y^\#)$	standard uncertainty of a measurand when its true value equals $y^\#$	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
$k_{1-\alpha}$	quantile of a standardized normal distribution for the probabilities $1-\alpha$.	---
$k_{1-\beta}$	quantile of a standardized normal distribution for the probabilities $1-\beta$.	---
A	conventional true value of the activity or activity concentration	Bq
A_{DL}	detection limit expressed in units of activity or activity concentration	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
I	indication of instrument	s ⁻¹ , Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³

¹ International Bureau of Weights and Measures: The International System of Units (SI) 8th edition, 2006; updated in 2014.

Symbol	Meaning	Unit
u	relative standard uncertainty of measurement	---
U	relative expanded uncertainty of measurement	---
U_{rel}	relative expanded uncertainty of a ratio of an actual value to the reference value of the conventional true value of the activity and/or activity concentration	---
C	radionuclide activity conversion factor	Bq s
A_0	lower limit bound of effective range of measurement	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
M	measurand of the instrument	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³

4 General test procedure

4.1 Nature of tests

Tests in this document are to be considered as type tests unless otherwise specified. A user may employ certain tests in this document as acceptance tests. The required specifications are evaluated by the tests given in the appropriate clauses. All tests in this document shall be performed using the same instrument setup with any accessories included with the instruments under test. Type tests shall be performed by using one or more instruments in order to verify the design of the instrument model. Where no test is specified, it is understood to mean that the characteristics can be verified by observation or consultation of the manufacturer's specifications.

4.2 Reference conditions and standard test conditions

4.2.1 General

The tests should be carried out under reference conditions ideally, however, since it is not always possible to maintain these conditions, standard test conditions, which have small intervals around the reference values, may be used.

The reference and standard test conditions are given in Table A.1. The reference conditions are the conditions under which the performances of the instrument are valid and the standard test conditions indicate the necessary tolerances in practical testing.

The tests in this document shall be performed under the standard test conditions given in the third column of Table A.1 unless otherwise specified.

The temperature, pressure and relative humidity at the time of the test shall be stated, as well as measuring time and date of the tests.

4.2.2 Tests performed under standard test conditions

Tests that are performed under the standard test conditions are listed in Table B.1 which indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the clause in which the corresponding test method is described.

4.2.3 Tests performed with variation of influence quantities

For tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table A.1, all of the other influence quantities should be maintained within the limits for the standard test conditions unless otherwise specified in the relevant test procedure.

4.3 Instrument set-up during tests

All tests, including those involving the use of the radioactive sources, should be performed in accordance with the manufacturer's instructions.

4.4 Statistical fluctuations

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 readings may be estimated with sufficient precision to determine whether the requirements for the characteristic being tested are met. The interval between such readings shall be longer than a measuring time for accumulating type instruments and longer than the three times the time constant for rate meter type instruments, which are sufficient to ensure that the readings are statistically independent.

4.5 Standard sources and reference sources

The following types of sources or their combinations are used for instrument testing and adjustment of response:

- standard sources,
- reference sources.

Standard sources and reference sources should contain radionuclides, that the instrument is intended to measure, existing either as a single radionuclide or some appropriate combination. The activity(ies) of the standard sources and reference sources to be used shall be traceable to national or international standards. The conventionally true value of activity of standard sources shall be determined with a relative expanded uncertainty ($k = 2$) of less than 10 %. If necessary, half-life corrections should be made for these standard sources.

The standard sources and reference sources may be produced by using various substitutes, including polymeric compounds, activated aluminium powder or natural matrix. The standard sources and reference sources may also be radioactive solutions. The sources should be equivalent to the sample to be measured in terms of radionuclide composition and the total mass attenuation coefficient. The sources should be the same shape as the sample and should be uniform. It should be noted that proper detection efficiency cannot be obtained due to the different self-absorption if the density of the source is different from that of a sample.

4.6 Check sources

Check sources are used for the instrument operability check, as well as for performing tests for stability and the influences of ambient factors. Solid sealed gamma-sources of appropriate sizes and activities may be used for these purposes. The instrument should hold the source at a fixed position relative to the detector.

The check source reading shall be taken after each response calibration using standard sources and reference sources. When a check source is used to perform type tests, the ratio of the response from the check source to the response from the standard sources and/or reference sources shall be determined for each radionuclide used in the test (see 6.3).

4.7 Functionality tests

4.7.1 General

Functionality tests are performed before, during or after performance testing to assess potential changes in the instruments response. Instead of being used as an independent test, they are always combined with an environmental, mechanical, or electromagnetic test from IEC 62706, hereinafter referred to as performance tests. A response to photons or variation of indication is verified by the functionality test.

4.7.2 Stability and reproducibility of the source-detector geometry

During environmental testing, the source-detector geometry should not be changed so that stable measuring conditions can be maintained. If a change is necessary, suitable mechanical measures (such as precision fixtures for sources and instruments) shall be used to ensure proper reestablishment of the geometry.

4.7.3 Combination of functionality tests and performance tests

Before performance testing (e.g. environmental), a standard source, reference source or check source is placed properly on the instrument. A functionality test shall be performed to ensure that the reference values for the instrument's response or indication are maintained. After performance testing, the source shall be set at the same position (if applicable) according to 4.7.2 and a functionality test shall be performed to monitor changes in the instrument's response or indication. If required by the each test (see Clauses 7, 8 and 9), additional functionality tests can be performed during performance testing.

4.7.4 Conduct of functionality tests

Each functionality test should be performed in the following way:

a) For gross-count type instruments

Mount the standard source, reference source or check source properly on the instrument. The coefficient of variation of the instrument indication shall be less than 0,1. Record 10 independent photon count rate readings and calculate their arithmetic mean.

b) For pulse height analysing type instruments

Mount the standard source, reference source or check source properly on the instrument. Accumulate net counts up to 1 000 at a dominant photo-peak area of the source and calculate its count rate. Some of the tests described in the Clause 9 require shorter accumulation time and accept smaller accumulated counts.

4.7.5 Regular operation behaviour

In addition to the functionality tests, which assess drift in instruments' responses or indications, another requirement denoted "regular operation behaviour" is applied by performance tests. The instrument shall be operated successfully and without spurious indications (e.g., alarms, false identifications, unexpected messages on displays, or instrument shut down).

5 General requirements

5.1 General characteristics

The instruments to which this document applies are used to measure the activity and/or activity concentration expressed per unit mass (Bq kg⁻¹) or volume (Bq m⁻³) of gamma-emitting radionuclides in food and/or foodstuffs. The instruments may be used both in field conditions and in measurement facilities. Gamma-ray spectrometers or window-type gamma ray counters are mainly used for these purposes.

NOTE 1 Portable gamma-ray counters are useful when samples are highly contaminated and screening of non-contaminated samples is necessary. Gamma-ray counters without pulse-height analysis function are not useful for determining activity or activity concentration in food and/or foodstuffs unless the radionuclide of interest is known.

NOTE 2 The measurand of the monitor, M , is the activity or activity concentration of a sample. It can be obtained according to the following formula (1);

$$M = \frac{C \times N \times k}{W}, \quad (1)$$

where,

C is the activity conversion factor,

N is the net count rate,

W is the sample amount (considered only when the measurand is activity concentration),

k is the adjustment factor.

NOTE 3 The uncertainty of measurement can be estimated by synthesizing uncertainties due to radionuclide activity conversion factor, net count rate, sample amount and adjustment factor. The uncertainties due to the radionuclide activity conversion factor is composed of uncertainties due to the activity of the calibration source and indication of the instrument (see Note 2 in 6.2). The uncertainties due to the adjustment factor includes uncertainties due to the repeatability of the sample position and the difference between dimension of the sample and the calibration source. Measurement institutes are responsible for specifying the causes of uncertainty and estimating the uncertainties associated with their measurements. The procedure of the estimation is described in IEC TR 62461.

5.2 Type of instrument

5.2.1 General

Instruments are classified as follows according to the performance requirement.

5.2.2 Instrument types

a) handheld and portable type

An instrument that is used while being held.

b) transportable type

An instrument that may be moved to different locations and does not operate while in transit.

c) installed type

An instrument that is permanently mounted at the location where it is used.

Transportable type and installed type instruments usually have gamma ray shielding. Some installed type instruments have functions for measuring the activity of a sample as it passes through the measurement area of the detector(s). These instruments may use conveyor belts to carry large quantities of foodstuffs packed in bags (e.g., 30 kg bags of rice) while monitoring their activities. Installed type and transportable type instruments are used only in controlled environments.

5.2.3 Measurement type

a) gross-count type

Instruments that count whole of the signals with pulse heights greater than a predetermined threshold. Some instruments are able to subtract counts from external radiation. Gross-count type instruments do not have the ability to identify radionuclides.

b) pulse height analysing type

Instrument that analyses signal pulse heights by using single-channel or multi-channel pulse height analysis function. The single-channel type instrument accumulates a count of pulses whose heights are within a specified range. Some instruments of this type have a function to subtract pulses that are caused by the Compton scattering of higher energy photons. The multi-channel type instrument can obtain pulse height spectra. Some instruments of this type can identify radionuclides based on a photo-peak in the energy spectrum or by fitting the measured spectrum with the reference spectra.

5.3 Physical configuration

5.3.1 General

Instruments for activity or activity concentration measurements in food and/or foodstuffs contain detection and measuring sub-assemblies. These parts may be integrated or function as separate units.

The instrument should be designed, especially with regard to the detection sub-assembly, to minimize the risk of radioactive contamination.

The instrument should be designed and constructed so as to facilitate decontamination.

The instrument should be designed not to be affected by vibration, mechanical shock and electro-magnetic interference. The requirements and test methods of these characteristics are specified in Clauses 8 and 9.

The detector of installed-type instrument should be covered by a shield to reduce the effect of external gamma radiation.

The manufacturer shall provide instrument performance specifications and instructions for operation.

The manufacturer shall provide information describing the type of radiation detector and its dimension, and location within the instrument.

The dimensions and the masses of handheld and portable instruments shall be designed so that they can be handled easily.

The instrument shall be designed so that sample will not enter the instrument if the container of the sample is broken.

5.3.2 Detection sub-assembly

The detection cells should be designed to enable quick and simple substitution of one measured sample with another.

The detection sub-assembly of an installed type instrument shall be designed to ensure the repeatability of the sample – detector geometry.

5.3.3 Measurement sub-assembly

The measurement sub-assembly in general should provide the following radiation measurement functions:

- a) gross-count type
 - to determine the number of counts or count rate automatically and display its value;
 - to maintain the power supply condition during measurement;
 - to inform overload and low battery situation by visual signalling;
 - to indicate detector failure.
- b) pulse height analysing type

The measurement sub-assembly of pulse height analysing type should provide the following functions as well as those a gross-count type measurement sub-assembly should provide.

 - to integrate the count over time, in order to improve the uncertainty of the measurement due to counting statistics;

- to take into account the instrument background automatically;
- to consider the energy range of gamma-rays detected and to convert the indicated counts to activities and activity concentrations of radionuclides, and to display it in appropriate units (Bq, Bq kg⁻¹, Bq m⁻³);
- to have a function for energy calibration, gain stabilization and/or gain adjustment;
- to accept in digital form the coefficients or parameters used for signal processing (e.g. calibration factors, energy range, alarm thresholds);
- to activate sound and/or light alarms when the activity or activity concentration level exceeds the pre-set thresholds;
- to indicate the counting statistics or supply information that enables estimation of the uncertainty based on the counting statistics.

5.3.4 Electric power supply

The electric power of the instrument shall be supplied by an AC power line, a DC power line or a battery(ies). Battery power shall be provided for handheld and portable type instruments. An instrument using the battery as its electric power supply shall provide the following functions:

- to provide an indication of when the battery condition has reached the minimum acceptable tolerance. This indication shall be permanent until the battery(s) is replaced or re-charged;
- to indicate the correct polarity on the instrument by the manufacturer.

The physical dimensions of both primary battery and secondary batteries should comply with IEC 60086-2. The secondary battery shall be possible to be fully rechargeable within 12 h. The batteries shall be individually replaceable.

It shall be considered that the capacities of most types of batteries strongly decreases with decreasing temperature below -10 °C.

5.3.5 Storage and transportation

The instruments shall retain operability within the requirements of this document, after transportation and storage without electricity supply during three months, in the manufacturer's packaging at any temperature between -25 °C and +50 °C. In some cases, more strict requirements may be stated such as the capability of withstanding air transportation at low atmospheric pressure.

5.3.6 IP (degree of protection) classification

The instruments shall be designed to meet the following IP classifications;

- a) Handheld and portable type: IP 53,
- b) Installed and transportable type: no IP classification requirement.

The test shall be performed according to the IP requirements provided in IEC 60529. These tests shall include dust and moisture.

5.4 Basic information

5.4.1 Effective range of measurement

The lower bound and upper bound of the effective ranges of measurement for the radionuclides mentioned in 6.2 except for ⁴⁰K should be determined by the manufacturer. The operation manual for the instrument should specify the time required to perform the measurements at the detection limit.

- a) For handheld and portable type instruments

The lower bound should not be higher than 300 Bq kg⁻¹ or its equivalent activity or activity per unit volume. The lower bound should satisfy the requirements specified in the concerning national regulations. The upper bound should not be lower than 100 kBq kg⁻¹ or its equivalent activity or activity per unit volume provided that the external gamma dose rate does not exceed 2,5 µGy h⁻¹.

b) For transportable and installed type instruments

The lower bound should not be not higher than 100 Bq kg⁻¹ or its equivalent activity or activity per unit volume. The lower bound should satisfy the requirements specified in the concerning national regulations. The upper bound should not be lower than 10 kBq kg⁻¹ or its equivalent activity or activity per unit volume under the standard test condition.

NOTE 1 The operation manual for the instrument specifies the time required to perform the measurements at the detection limit.

NOTE 2 The lower bound is associated with the requirements specified in the concerning national regulations.

5.4.2 Range of measurement energy

The energy measurement range of the instrument shall cover the nuclides mentioned in 6.2, for detectors with low energy resolutions (e.g. NaI(Tl) scintillation detectors). This range shall be at least from 150 keV to 1 500 keV.

5.4.3 Instrument background

Instrument background originates from internal and external sources.

The internal sources mainly include the radioactivity of contaminated materials of instrument construction, primarily in the detector sub-assembly. The external sources are naturally occurring radioactive materials and cosmic radiation. Detector contamination also increases the background. The instrument background may depend heavily on the selected energy range of measurement.

In order to achieve measurement conditions as close as possible to the background measurement, blank samples made of uncontaminated materials with physical and chemical properties similar to those of the measured materials should be used. When the background is measured without any blank sample, the background count shall be adjusted by considering the shielding effect of the blank sample.

If the normal background increases, the cause(s) of the increase shall be determined. In the case of radioactive contamination of the instrument, decontamination or replacement of contaminated instrument parts should be considered.

5.4.4 Detection limit

The decision threshold, y^* , and the detection limit, $y^\#$, can be determined using formulae (2) and formula (3), respectively, which were derived from the procedure described in ISO 11929:

$$y^* = k_{1-\alpha} \tilde{u}(0), \quad (2)$$

where,

y^* is the decision threshold,

$\tilde{u}(0)$ is the uncertainty of the measurand when its true value equals zero,

$k_{1-\alpha}$ is the quantile of the standardized normal distribution for the probability $1-\alpha$.

NOTE 1 As mentioned in 3.1.11, when the measurement result, y , exceeds the decision threshold, y^* , the probability that the true value of the measurand is zero is less or equal to the chosen probability, α .

$$y^\# = y^* + k_{1-\beta} \tilde{u}(y^\#) = k_{1-\alpha} \tilde{u}(0) + k_{1-\beta} \tilde{u}(y^\#), \quad (3)$$

where,

$\tilde{u}(y^\#)$ is the uncertainty of the measurand when its true value equals $y^\#$,

$k_{1-\beta}$ is the quantile of the standardized normal distribution for the probabilities $1-\beta$.

NOTE 2 As mentioned in 3.1.12, with the decision threshold, the detection limit is the smallest true value of the measurand for which the probability of wrongly deciding that the true value of the measurand is zero is equal to a specified value, β , when, in fact, the true value of the measurand is not zero.

If values of 0,05 for both α and β are selected as acceptable, then both $k_{1-\alpha}$ and $k_{1-\beta}$ become 1,65 and formula (3) can be written as:

$$y^\# = 1,65 \times \{\tilde{u}(0) + \tilde{u}(y^\#)\}. \quad (4)$$

If the distribution of the sample measurement result is assumed to be the same as that of the background measurement, the specific calculation formulas of the detection limit can be written as:

$$y^\# = 3,29 \times \tilde{u}(0). \quad (5)$$

a) Obtained by accumulated counts and counting time

If there are adequate numbers of counting rates and counting times, a simplified formula for the detection limit can be used. When the time for measuring, the time for background counting and the background count rate are known, the following simplified formula (6) can be applied:

$$A_{DL} = 1,65 \times 2 \times \frac{C}{W} \sqrt{M_b \left(\frac{1}{t_0} + \frac{1}{t_b} \right)}, \quad (6)$$

where,

A_{DL} is the detection limit expressed in units of activity (Bq), or activity concentration (Bq kg⁻¹ or Bq m⁻³),

C is the activity conversion factor in Bq s,

W is the amount of the sample in kg or m³ (considered only when the measurand is activity concentration),

M_b is the background count rate expressed in s⁻¹,

t_0 is the measuring time in s,

t_b is the time for background counting time in s.

b) Obtained by repeated readings

If at least 20 background readings have been acquired, the following simplified formula (7) or formula (8) can be applied according to the indication of the instrument:

If indication is expressed in counts per second, the following formula applies:

$$A_{DL} = 1,65 \times 2 \times \frac{C}{W} \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (N_{bi} - \bar{N}_b)^2}{n-1}}, \quad (7)$$

where,

A_{DL} is the detection limit expressed in units of activity (Bq), or activity concentration (Bq kg⁻¹ or Bq m⁻³),

n is the number of background readings (at least 20 times),

- N_{bi} is the i -th background count expressed in s^{-1} ,
 C is the activity conversion factor in Bq s,
 W is the amount of the sample in kg or m^3 (considered only when the measurand is activity concentration),
 $\bar{N}_b$ is the mean background value for n measurements expressed in s^{-1} .

If the indication is expressed as an activity concentration, the following formula applies:

$$A_{DL} = 1.65 \times 2 \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (A_{bi} - \bar{A}_b)^2}{n-1}}, \quad (8)$$

where,

- A_{DL} is the detection limit expressed in units of activity concentration Bq kg^{-1} or Bq m^{-3} ,
 n is the number of background readings (at least 20 times),
 A_{bi} is the i -th background measurement result, in Bq kg^{-1} or Bq m^{-3} ,
 $\bar{A}_b$ is the mean background value for n measurements, in Bq kg^{-1} or Bq m^{-3} .

NOTE 3 Formula (7) or formula (8) can be applied when the measurement time is equal.

5.5 Data output

Where an instrument can communicate to another device, the manufacturer shall specify the information that can be communicated, the method of connection and software requirements of the receiving device.

5.6 User interface

The following features are considered essential (shall) or desirable (should) for the proper usability.

- a) The following features shall be provided:
 - simple to use for non-experts and user-friendly controls for routine operation,
 - readable display in all lighting conditions including darkness,
 - nuclide or energy window selected (if applicable),
 - capability to perform calibration.
- b) The following features should be provided:
 - audible and/or visual alarm to notify the measured activity concentration is equal to or greater than the alarm threshold,
 - capability to store results and to download the data to a computer,
 - indication of the battery status (for battery-powered instruments),
 - protection of the settings for all operational parameters,
 - diagnostic capabilities.

5.7 Markings

The function of all of the external instrument controls, displays and adjustments shall be identified. The internal controls needed for operation shall be identified by markings and referenced/explained in technical manuals. The external markings shall be easily readable and permanently fixed under normal conditions of use. They should withstand decontamination procedures.

The following markings shall appear on the exterior of the instrument:

- name of the instrument,
- model number,
- unique serial number,
- name of manufacturer or its abbreviation.

The reference point shall be clearly marked on the instrument or described in an appropriate document.

6 Radiation detection requirements

6.1 Consideration of the uncertainty of the conventional true value

The expanded ($k = 2$) relative uncertainty, U , of the conventional true value of the activity and/or activity concentration shall be less than 10 %. If not specified otherwise, tolerance in this document is specified without considering relevant uncertainty. When the uncertainty needs to be considered, the tolerance shall be enlarged by U . If tests are to be performed with the sources whose characteristics are the same except for those to be tested, for example linearity test, the tolerance shall be enlarged by the uncertainty of the ratio of the actual value of the test point and the reference value of the activity and/or activity concentration, U_{rel} . In case of other requirements, the consideration of the uncertainty is mentioned in the respective method of test.

6.2 Determination of radionuclide activity conversion factor

The radionuclide activity conversion factor of the instrument defined in 3.1.13 shall be determined by using the standard source or reference source. A source whose activity is A is mounted on the instrument and the indication (I) is recorded. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. The radionuclide activity conversion factor (C) shall be obtained and reported by a manufacturer at least for the each of the following each radionuclides:

^{40}K , ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs

The radionuclide activity conversion factors for radionuclides other than ^{137}Cs can be obtained from the response characteristics of the instrument at the energy of each gamma photon. They also can be estimated by extrapolation using the results of a simulation from the activity conversion factor for a ^{137}Cs standard source.

NOTE 1 The total mass attenuation coefficients of the sources, the shape of the source container, the source density and the uniformity of activity in the sample all affect the estimation of the detection efficiency. A proper detection efficiency will not be obtained if they are not the same as those of the sample. If there are differences between the sample and source parameters, corrections need to be accounted for in order to obtain the correct detection efficiency (see 4.5).

NOTE 2 The uncertainty of the activity conversion factor, σC , can be estimated as follows;

$$C \pm \sigma C = \frac{A \pm \sigma A}{I \pm \sigma I} = \frac{A}{I} \pm \frac{A}{I} \sqrt{\left(\frac{\sigma A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma I}{I}\right)^2}, \quad (9)$$

where,

$C \pm \sigma C$ is the activity conversion factor and its associated standard uncertainty,

$A \pm \sigma A$ is the conventional true value of the activity and its associated standard uncertainty,

$I \pm \sigma I$ is the indication of an instrument in count rate and its associated standard uncertainty. It includes the measurement repeatability of the measurement and uncertainty due to the position of the standard source or reference source used for calibration.

6.3 Response to check sources

6.3.1 Requirements

The response of the instrument to the check sources shall be determined if the check sources are used in the test mentioned in this document.

6.3.2 Method of test

The check source is mounted properly on the instrument and the indication is recorded. Then, the response of the instrument to the check source is determined and the relative value to the response to the standard source or reference source is determined. In this test, activity of the check source should be such that the indication of the instrument is similar as that of the standard source or reference source.

6.4 Linearity

6.4.1 Requirements

a) Handheld and portable type

The non-linearity of the instrument shall not exceed 50 % throughout the effective measurement range for the nuclides mentioned in the 6.2.

b) Transportable and installed type

The non-linearity of the instrument shall not exceed 20 % throughout the effective measurement range for the nuclides mentioned in the 6.2.

6.4.2 Method of test

a) Type tests

A standard source, reference source or check source of ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs or ^{137}Cs may be used for this test. The check source nuclide shall be the same as that of the standard source or reference source. The standard source, reference source or a check source is mounted properly on the instrument and the indication is recorded.

Test shall be carried out at the level of 25 % of the least significant decade and 75 % of the most significant one of the effective range of measurement.

The tests with standard sources or reference sources shall be performed at least at one point in the whole measurement range. The tests at other points can be performed with a set of check sources.

b) Routine tests

A standard source, reference source or check source of ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs or ^{137}Cs may be used for this test. The check source nuclide shall be the same as that of the standard source or reference source. The standard source, reference source or a check source is mounted properly on the instrument and the indication is recorded.

Test shall be performed at least at one point in the whole measurement range. The test point shall include the least significant decade of the effective range of measurement. When conducting the routine tests the check sources can be used.

6.5 Detection limit

6.5.1 Requirements

The detection limit of the instrument, and time constant or measuring time necessary to achieve the detection limit shall be stated by the manufacturer. The accumulation time does not include the time necessary for sample preparation and background estimation.

6.5.2 Method of test

Place the instrument under the natural gamma-radiation background, which is usually less than 100 nGy h^{-1} . The test shall be performed under the standard test condition except for the gamma radiation background. Set the time constant or measuring time at a nominal value that a manufacturer states as a condition of measuring the lower limit of effective range of measurement. The background count rate and background accumulated count are recorded for the instrument of rate meter type and of accumulate type, respectively. The detection limit shall be determined according to 5.4.4.

6.6 Response to external gamma-radiation

6.6.1 Requirements

The instrument shall be designed so as to minimize the influence of the external gamma-radiation on the measurement. The detection limit shall be less than that stated by the manufacturer when the instrument is irradiated horizontally with the maximum of the rated range of the external gamma dose rate. In addition, the manufacturer shall state the detection limit under vertical irradiation if the response obtained when the instrument is irradiated vertically is estimated to be larger than that obtained under the condition when it is irradiated horizontally.

6.6.2 Method of test

A blank sample should be used. The instrument is irradiated by gamma photons from a ^{137}Cs source that produces an air kerma rate of the maximum for use stated by the manufacturer at a position of the detector assembly. Once the instrument is operational, the detection limit shall be determined. The instrument shall be irradiated in the normal horizontal plane when in use with the radiation direction passing through the detector centre. If the detector and shielding are not rotationally symmetrical about the vertical axis then the detector assembly shall be rotated and the detection limits shall be determined at 90° intervals. When the instrument is irradiated vertically, the radiation direction shall pass through the centre of the sample.

6.7 Measurement under interference

6.7.1 Requirements

The manufacturer shall state the change in the measured activity or activity concentration of a ^{137}Cs standard source that results from the presence of a 605 keV peak of a ^{134}Cs source at approximately the same count rate as that of ^{137}Cs . Instruments that do not indicate the activities or activity concentrations of ^{134}Cs and ^{137}Cs separately are excluded from this test.

6.7.2 Method of test

The test shall be performed at an activity or activity concentration from 2,5 times of A_0 to 37,5 % of the maximum of the measurement range. Record the indicated ^{137}Cs activity or activity concentration without the ^{134}Cs source. Place a standard source, reference source, or check source of ^{134}Cs whose activity produces an approximately the same count rate for the 605 keV peak as that of 662 keV peak of ^{137}Cs . Determine the change of the indication of ^{137}Cs under interference due to ^{134}Cs .

6.8 Statistical fluctuation

6.8.1 Requirements

The coefficient of variation of the instrument indication shall be less than 0,1 for any activity or activity concentration level exceeding the level corresponding to 2,5 times of A_0 .

6.8.2 Method of test

The test shall be performed at an activity or activity concentration of 2,5 times of A_0 . Place the standard source, reference source, or check source at a proper position on the instrument. The measurement shall be repeated 20 times and the coefficient of variation of the instrument indication shall be determined. An interval of each measurement shall be three times longer than the response time of the instrument for rate meter type and longer than the measuring time for the accumulate-type counter. Measuring time shall be set at the nominal value that the manufacturer states as a condition for measuring the activity or activity concentration at the lower limit of effective range of measurement.

6.9 Overload characteristics

6.9.1 Requirements

When measuring an activity or activity concentration exceeding the maximum value on the display, the instrument shall register the maximum value, which can be indicated on the display and/or the overload indicator shall be switched on. The indication of the over-range condition shall still function at an activity of 10 times the maximum. The overload indication shall remain on for the duration of the exposure. The instrument shall respond normally after the end of the exposure without user intervention. The time necessary to return to the normal response shall not be more than 10 min.

The difference between the indication after returning to the normal response and that obtained before being irradiated in the overload condition shall be less than $\pm 10\%$.

6.9.2 Method of test

The instrument is irradiated by the standard source, reference source, or check source which gives a value on the display from 2,5 times of the A_0 to 75 % of the full scale of the indication.

This indication is subsequently recorded.

Measure an activity or activity concentration of a source with the activity that is 10 times larger than the upper limit of the display. Maintain the irradiation for 15 min. Check that the maximum possible value and/or overload condition is displayed, and/or that the overload indicator is switched on.

Remove the source producing the overload and irradiate the instrument under conditions identical to those mentioned in the first paragraph of this section. Record the instrument indication after an interval of time specified by the manufacturer, but in no case more than 10 min.

6.10 Warm up time

6.10.1 Requirements

The manufacturer shall state the time necessary for the instrument to become fully operational from the off and standby position, which shall be less than 10 min. After the stated warm-up time, the instrument exposed to gamma radiation source shall give indications that do not differ by more than 5 % from those obtained after fully warmed.

6.10.2 Method of test

Before the test, the instrument is switched off at least for 1 h; place a standard source, reference source, or check source whose activity causes an instrument indication approximately in the middle of the measurement range.

Switch on the instrument, perform the measurement and record the results every minute.

During the 30 min after switching on, perform at least 10 measurements. Plot the instrument indication as a function of time, approximate the marked points by a smooth curve.

Compare the indication obtained after fully warmed and that obtained from the time plot at the sated warm up time after switched on.

6.11 Battery

6.11.1 Requirements

The manufacturer of the instrument shall state the manufacturers and types of batteries with which the requirements of this document are fulfilled.

The capacity of the batteries should be such that, after 40 h of intermittent use during operation under standard test conditions, the indication of the instrument shall remain within $\pm 5\%$, with the other functions remaining within specification.

For secondary batteries the manufacturer shall indicate the charging time.

6.11.2 Method of test

New primary batteries or fully charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be used for this test.

Place a standard source, reference source, or check source, and expose the instrument to indicate near the maximum of the highest range. Leave the instrument working in this field for a period of 8 h followed by 16 h with the instrument switched off. Perform this test for 5 consecutive days and note the reading at the end of the period.

The corresponding relative variation of the indication shall not exceed $\pm 5\%$ and no indication that the battery voltage is low shall be given.

7 Environmental requirements

7.1 General requirements

The equipment shall comply with the requirements specified in IEC 62706 concerning environmental requirements for handheld, portable, transportable or installed instrument as applicable. The environmental test procedures defined in IEC 62706 shall be performed.

7.2 Functionality test

Proper instrument operation under environmental test conditions is validated by using the functionality test defined in 4.7. The functionality test shall be performed and regular operation behaviour of the instrument shall be checked before and after an environmental test and at the extreme condition of the test.

7.3 Ambient temperature

7.3.1 Requirements

a) handheld and portable type

The instrument shall retain operability at ambient temperature ranging from $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Indication with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 20\%$ and the indication without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing. If required, the range may be extended from $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, by agreement between the manufacturer and the customer.

b) transportable and installed type

The instrument shall retain operability at ambient temperature ranging from 10 °C to 35 °C. Indication with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 10\%$ and without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

7.3.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source properly on the instrument. The instrument readings at the last 30 min under each condition shall be recorded. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. The same test procedure is to be repeated with a blank sample.

7.4 Temperature shock

7.4.1 Requirements

a) handheld and portable type

The instrument shall retain operability when the temperature is raised from +20 °C to +50 °C and lowered from +20 °C to -10 °C in less than 5 min. Indication with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 20\%$ and without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

b) transportable and installed type

There are no requirements for transportable and installed type instruments.

7.4.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source properly on the instrument. After the temperature is raised to +50 °C and back to +20 °C, the instrument readings shall be recorded at every 15 min for 2 h. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. The same test shall be performed when the temperature is lowered to -10 °C and back to +20 °C. The same test procedure is to be repeated with a blank sample.

7.5 Relative humidity

7.5.1 Requirements

The instrument shall retain operability at relative humidity of up to 93 % from that recorded under standard test condition. Indication with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 20\%$ and without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

7.5.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source properly on the instrument. The instrument readings at the last 30 min of each condition shall be recorded. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. Functionality test according to 4.7 shall be performed before and after the test, and at the extreme relative humidity. The same test procedure is to be repeated with a blank sample.

8 Mechanical requirements

8.1 General requirements

The equipment shall comply with the requirement specified in IEC 62706 concerning the mechanical requirements for handheld, portable, transportable and installed instrumentation.

Mechanical test procedures defined in IEC 62706 shall be performed.

8.2 Functionality test

Proper instrument operation under environmental test conditions is validated by using the functionality test defined in 4.7. The functionality tests shall be performed and regular operation behaviour of the instrument shall be checked before and after a mechanical shock test and a vibration test. The functionality tests and regular operation behaviour check after a mechanical shock test shall be performed after each set of 10 shocks in one of the three orthogonal directions.

8.3 Mechanical shock

8.3.1 Requirements

a) handheld, portable and transportable type

The instrument shall function normally during exposure to 10 shock pulses with peak acceleration of 50 times of the acceleration of gravity (g), each applied for a nominal time interval 11 ms in each of three mutually orthogonal axes. The physical condition of instruments shall not be affected by these shocks (e.g., solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose). The indication of the instrument with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 10\%$ and without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

b) installed type

There are no requirements for installed type instruments.

8.3.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source properly on the instrument and record the indication. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. Remove the source during the mechanical shock test. Inspect the instrument for mechanical damage and loose components after each set of 10 shocks in one of the three orthogonal directions. If it is difficult to open the chassis, indirect inspection (e.g. inspection for audible signs of loose components when the instrument is inverted) may be applied. The same test procedure is to be repeated with a blank sample.

8.4 Vibration test

8.4.1 Requirements

a) handheld and portable type

The instrument shall function normally after exposure to random vibration environments using a spectral density of $0,01 g^2 Hz^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz. The physical condition of the instrument shall not be affected by the vibration exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose). The indication of the instrument with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 10\%$ and without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

b) installed and transportable type

The instrument shall function normally when exposed to vibrations of up to 0,5 times of acceleration of gravity (g) over a frequency range from 10 Hz to 150 Hz. The physical condition of the component or monitor should not be affected by exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose). The indication of the instrument with a radioactive source shall not vary by more than $\pm 10 \%$ and without a radioactive source shall not vary by more than $0,7 A_0$. A lead shield can be removed from the instrument during the test. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

8.4.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source on the instrument and record the indication. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. Remove the source during the vibration test. Inspect the instrument for mechanical damage and loose components after the test. If it is difficult to open the chassis, indirect inspection (e.g. inspection for audible signs of loose components when the instrument is inverted) may be applied. The same test procedure is to be repeated with a blank sample.

9 Electromagnetic requirements

9.1 General requirements

The equipment shall comply with the requirements specified in IEC 62706 concerning the electromagnetic requirements for handheld, portable, transportable and installed instrumentation.

Electromagnetic compatibility test procedures defined in IEC 62706 shall be performed.

9.2 Functionality test

The functionality test defined in 4.7 shall be applied to check for proper instrument operation. The functionality tests and regular operation behaviour check are performed at the time specified by each test method.

9.3 External electromagnetic fields

9.3.1 Requirements

The function of instrument shall not be affected by RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 to 6 GHz at 10 V m^{-1} using 80 % amplitude modulation with a 1 kHz sine wave. The indication of the instrument shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

9.3.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. The test shall be performed without a radioactive source. The indication of the instrument shall be recorded. The functionality test and regular operation behaviour check defined in 4.7 shall be applied before and during the test. The dwell time should be chosen considering the variation of the indication, but should not be less than 3 s.

9.4 External magnetic fields

9.4.1 Requirements

The instrument shall function normally during and after exposure to a 30 A m^{-1} 50 Hz or 60 Hz magnetic field. The indication of the instrument shall not vary by more than $\pm 10 \%$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined 4.7.5 during testing.

9.4.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source properly on the instrument and record the indication. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. The functionality test and regular operation behaviour check defined in 4.7 shall be performed before, during and after the test. The dwell time should be chosen considering the variation of the indication.

9.5 Electrostatic discharge

9.5.1 Requirements

The instrument shall function properly during and after exposure to electrostatic discharge (ESD) at 6 kV or 8 kV. The indication of the instrument shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined 4.7.5 during testing.

9.5.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. The test shall be performed without a radioactive source. The indication of the instrument shall be recorded.

The discharge shall be repeated 10 times in 1 min at each discharge point. The functionality test and regular operation behaviour check shall be performed before the first discharge, during repeating discharges, and after the last discharge according to the test mentioned in 4.7. The dwell time shall be set to be longer than the time of 10 times repeated discharges.

9.6 Conducted radio frequency

9.6.1 Requirements

The function of instrument shall not be affected by RF fields that can be conducted onto the instrument through an external conducting cable. The indication of the instrument shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined 4.7.5 during testing. Instruments that have shielded (i.e., placed in conduit) external conducting cables are excluded.

9.6.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. The test shall be performed without a radioactive source. The indication of the instrument shall be recorded. The functionality test and regular operation behaviour check defined in 4.7 shall be applied before and during the test. The dwell time should be chosen considering the variation of the indication, but should not be less than 3 s.

9.7 Surge immunity

9.7.1 Requirements

This requirement is applicable only to the AC power lines. The function of instrument shall not be affected by surge through AC power lines. The indication of the instrument shall not vary by more than $0,7 A_0$. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

9.7.2 Method of test

The test shall be performed according to IEC 62706. The test shall be performed without a radioactive source. The indication of the instrument shall be recorded. The functionality test and regular operation behaviour check defined in 4.7 shall be applied before, during and after

the injection according to the test mentioned in 4.7. The dwell time should be chosen considering the variation of the indication, but should not be less than 3 s.

9.8 Power supply change

9.8.1 Requirements

a) AC power

The instrument shall function normally with a variation of +10 % to -12 % on the nominal voltage and supply frequency of 47 Hz to 53 Hz (57 Hz to 63 Hz). The indication of the instrument shall not vary by more than ± 5 %. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

NOTE Frequency ranges of 47 Hz to 53 Hz and 57 Hz to 63 Hz are used for tests performed in test areas where the commercially available electricity has a nominal frequency of 50 Hz and 60 Hz, respectively.

b) DC power

The instrument shall function normally with a variation of +5 % to -5 % on the nominal voltage. The indication of the instrument shall not vary by more than ± 5 %. The instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.7.5 during testing.

9.8.2 Method of test

a) AC power

The test shall be performed according to IEC 62706. Place the standard source, reference source, or check source properly on the instrument and record the indication. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. The functionality test and regular operation behaviour check shall be performed before and during the change according to the test mentioned in 4.7.

b) DC power

Place the standard source, reference source, or check source is mounted properly on the instrument and record the indication. The indication should be high enough that the background count is negligible and low enough that the dead time is negligible, simultaneously. The functionality test and regular operation behaviour check shall be performed before and during the change according to the test mentioned in 4.7 under the following conditions:

- Voltage 5 % below nominal;
- Voltage 5 % above nominal.

10 Documentation

10.1 General

This clause specifies the requirements for documentation.

10.2 Type test report or certificate

The manufacturer should provide a test report or certificate confirming that the instrument meets this document.

10.3 Certificate

The manufacturer shall provide a certificate or other documentation in accordance with IEC 61187, containing at least the following information:

- a) Radionuclide activity conversion factor
- b) Response to check sources
- c) Linearity

- d) Detection limit with measuring time and background radiation
- e) Response to external gamma-radiation
- f) Measurement under interference
- g) Statistical fluctuations
- h) Overload characteristics
- i) Warm-up time
- j) Battery
- k) Ambient temperature characteristics
- l) Temperature shock characteristics
- m) Relative humidity characteristics
- n) Mechanical shock
- o) Vibration test results
- p) External electromagnetic fields
- q) External magnetic fields
- r) Electrostatic discharge
- s) Conducted radio frequency
- t) Surge immunity
- u) Power supply change

10.4 Operation and maintenance manuals

Each instrument shall be supplied with operating instructions, maintenance and technical documentation. The manufacturer shall supply an operational and maintenance manual containing at least the following information for the user:

- a) Radionuclide activity conversion factor
- b) Response to check sources
- c) Linearity
- d) Type and nuclide of a standard test source
- e) Detection limit with measuring time and background radiation
- f) Background count rate under the reference test condition
- g) Response to external gamma-radiation
- h) Measurement under interference
- i) Effective range of measurement
- j) Radionuclides that the instrument is intended to measure their activity concentration
- k) Types of materials whose activity or activity concentrations are to be measured
- l) Type of sample vessel and its volume
- m) Guidance of instruction
- n) Size and weight

Annex A (normative)

Test conditions

Table A.1 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Radioactive sources	^{137}Cs	^{137}Cs
Warm-up time	10 min	> 10 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C ^{a)}
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa ^{a)}
Power supply voltage	Nominal voltage	Nominal voltage $\pm 5\%$ ^{b)}
Power supply frequency	Nominal frequency	Nominal frequency $\pm 5\%$ ^{b)}
Power supply waveform	Sine wave	Deteriorate from sine wave by $\pm 5\%$ ^{b)}
Gamma-radiation background, absorbed dose in air	0,2 $\mu\text{Gy h}^{-1}$	< 0,25 $\mu\text{Gy h}^{-1}$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value causing interference in instrument operation
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than the lowest value causing interference in instrument operation
Contamination by radioactive nuclides	Negligible	Negligible
Set up of instruments	Set-up for operation	Set-up for operation
^{a)} The values in the table are intended for tests performed in temperate climates. In other climates the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at higher altitudes.		
^{b)} Applicable to instruments using commercially available electricity lines.		

Annex B (normative)

Criteria of tests

Table B.1 – Summary table of criteria of tests

Characteristics	Portable and handheld type		Transportable and installed type		Reference
	Gross-count type	Pulse height analysing type	Gross-count type	Pulse height analysing type	
Determination of radionuclide activity conversion factor	a	a	a	a	6.2
Response to check sources	a	a	a	a	6.3
Linearity	50 %	50 %	20 %	20 %	6.4
Detection limit	a	a	a	a	6.5
Response to external gamma-radiation	a	a	a	a	6.6
Measurement under interference	NA	a	NA	a	6.7
Statistical fluctuation	0,1	0,1	0,1	0,1	6.8
Overload characteristics	± 10 %	± 10 %	± 10 %	± 10 %	6.9
Warm up time	± 5 % 10 min	± 5 % 10 min	± 5 % 10 min	± 5 % 10 min	6.10
Ambient temperature	± 20 % 0,7 A ₀ (-10-40 °C) a (-20-50 °C)	± 20 % 0,7 A ₀ (-10-40 °C) a (-20-50 °C)	± 10 % 0,7 A ₀ (10-35 °C)	± 10 % 0,7 A ₀ (10-35 °C)	7.3
Temperature shock	± 20 % 0,7 A ₀	± 20 % 0,7 A ₀	NA	NA	7.4
Relative humidity	± 20 % 0,7 A ₀	± 20 % 0,7 A ₀	± 20 % 0,7 A ₀	± 20 % 0,7 A ₀	7.5
Mechanical shock	± 10 % 0,7 A ₀	± 10 % 0,7 A ₀	NA	NA	8.3
Vibration test	± 10 % 0,7 A ₀	± 10 % 0,7 A ₀	± 10 % 0,7 A ₀	± 10 % 0,7 A ₀	8.4
External electromagnetic fields	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	9.3
External magnetic fields	± 10 %	± 10 %	± 10 %	± 10 %	9.4
Electrostatic discharge	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	9.5
Conducted radio frequency	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	9.6
Surge immunity	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	0,7 A ₀	9.7
Power supply change	± 5 %	± 5 %	± 5 %	± 5 %	9.8
	(AC, DC)	(AC, DC)	(AC, DC)	(AC, DC)	
	± 5 % (battery)	± 5 % (battery)	± 5 % (battery)	± 5 % (battery)	6.11

^a Should be stated by the manufacturer.

Annex C (informative)

Sample format of measuring report

C.1 Sample information

- name:
- sample origin:
- sample number:
- customer:
- comment:
- quantity of sample:
- weight of sample:
- type of sample vessel:
- nature of sample:

C.2 Measurement condition

- data ID number:
- measurement date:
- measuring time:
- dead time:

C.3 Analysing condition

- background compensation:
- date of background measurement:
- reference date:

C.4 Measurement result

No.	Detected or not detected	Nuclide	Peak energy keV	Net count	Activity concentration Bq kg ⁻¹	Detection limit Bq kg ⁻¹	Uncertainty Bq kg ⁻¹ (if applicable)
1	Not detected	I-131	364,5	Not detected	Not detected	1,00E+01	blank
2	Detected	Cs-137	661,6	1,55E+02	3,55E+01	6,00E+00	1,6E+01
3	Detected	Cs-134	795,8	1,32E+02	3,22E+01	1,10+E01	1,8E+01
4	Not detected	K-40	1 460,8	Not detected	Not detected	5,00E+01	blank

C.5 Pulse height spectrum

Pulse height spectrum should be indicated below if it is obtained in the measurement.

Bibliography

IEC 60846-1, *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors*

IEC 61453, *Nuclear instrumentation – Scintillation gamma ray detector systems for the assay of radionuclides – Calibration and routine tests*

IEC TR 62461, *Radiation protection instrumentation – Determination of uncertainty in measurement*

ISO 19581, *Measurement of radioactivity — Gamma emitting radionuclides — Rapid screening method using scintillation detector gamma-ray spectrometry*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61563:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	39
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	41
3 Termes et définitions, termes abrégés, grandeurs, unités et symboles	42
3.1 Termes et définitions	42
3.2 Grandeurs et unités	45
3.3 Symboles	45
4 Procédure d'essai générale	46
4.1 Nature des essais	46
4.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai	46
4.2.1 Généralités	46
4.2.2 Essais effectués dans les conditions normales d'essai	46
4.2.3 Essais effectués avec variation des grandeurs d'influence	46
4.3 Instrumentation pendant les essais	47
4.4 Fluctuations statistiques	47
4.5 Sources étalons et sources de référence	47
4.6 Sources de contrôle	47
4.7 Essais de fonctionnalité	48
4.7.1 Généralités	48
4.7.2 Stabilité et reproductibilité de la géométrie source-détecteur	48
4.7.3 Combinaison des essais de fonctionnalité et des essais de détermination des caractéristiques	48
4.7.4 Réalisation des essais de fonctionnalité	48
4.7.5 Comportement en fonctionnement normal	48
5 Exigences générales	49
5.1 Caractéristiques générales	49
5.2 Type d'instrument	49
5.2.1 Généralités	49
5.2.2 Types d'instruments	49
5.2.3 Type de mesure	50
5.3 Configuration physique	50
5.3.1 Généralités	50
5.3.2 Sous-ensemble de détection	50
5.3.3 Sous-ensemble de mesure	51
5.3.4 Alimentation électrique	51
5.3.5 Stockage et transport	52
5.3.6 Classification IP (degré de protection)	52
5.4 Informations fondamentales	52
5.4.1 Étendue effective de mesure	52
5.4.2 Domaine de l'énergie de mesure	52
5.4.3 Bruit de fond de l'instrument	52
5.4.4 Limite de détection	53
5.5 Sortie de données	55
5.6 Interface utilisateur	55
5.7 Marquages	55
6 Exigences concernant la détection des rayonnements	55

6.1	Prise en compte de l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie	55
6.2	Détermination du facteur de conversion de l'activité radionucléide	56
6.3	Réponse aux sources de contrôle	56
6.3.1	Exigences	56
6.3.2	Méthode d'essai	56
6.4	Linéarité	57
6.4.1	Exigences	57
6.4.2	Méthode d'essai	57
6.5	Limite de détection	57
6.5.1	Exigences	57
6.5.2	Méthode d'essai	57
6.6	Réponse à un rayonnement gamma externe	57
6.6.1	Exigences	57
6.6.2	Méthode d'essai	58
6.7	Mesurage en cas de brouillage	58
6.7.1	Exigences	58
6.7.2	Méthode d'essai	58
6.8	Fluctuations statistiques	58
6.8.1	Exigences	58
6.8.2	Méthode d'essai	58
6.9	Caractéristiques de surcharge	59
6.9.1	Exigences	59
6.9.2	Méthode d'essai	59
6.10	Temps de préchauffage	59
6.10.1	Exigences	59
6.10.2	Méthode d'essai	59
6.11	Batterie	60
6.11.1	Exigences	60
6.11.2	Méthode d'essai	60
7	Exigences environnementales	60
7.1	Exigences générales	60
7.2	Essai de fonctionnalité	60
7.3	Température ambiante	60
7.3.1	Exigences	60
7.3.2	Méthode d'essai	61
7.4	Choc thermique	61
7.4.1	Exigences	61
7.4.2	Méthode d'essai	61
7.5	Humidité relative	61
7.5.1	Exigences	61
7.5.2	Méthode d'essai	61
8	Exigences mécaniques	62
8.1	Exigences générales	62
8.2	Essai de fonctionnalité	62
8.3	Chocs mécaniques	62
8.3.1	Exigences	62
8.3.2	Méthode d'essai	62
8.4	Essai de vibrations	62
8.4.1	Exigences	62

8.4.2	Méthode d'essai	63
9	Exigences électromagnétiques	63
9.1	Exigences générales	63
9.2	Essai de fonctionnalité	63
9.3	Champs électromagnétiques externes	63
9.3.1	Exigences	63
9.3.2	Méthode d'essai	63
9.4	Champs magnétiques externes	64
9.4.1	Exigences	64
9.4.2	Méthode d'essai	64
9.5	Décharge électrostatique	64
9.5.1	Exigences	64
9.5.2	Méthode d'essai	64
9.6	Radiofréquence conduite	64
9.6.1	Exigences	64
9.6.2	Méthode d'essai	64
9.7	Immunité aux ondes de choc	65
9.7.1	Exigences	65
9.7.2	Méthode d'essai	65
9.8	Variation de l'alimentation électrique	65
9.8.1	Exigences	65
9.8.2	Méthode d'essai	65
10	Documentation	66
10.1	Généralités	66
10.2	Rapport ou certificat d'essais de type	66
10.3	Certificat	66
10.4	Manuels d'utilisation et de maintenance	66
Annexe A (normative)	Conditions d'essai	68
Annexe B (normative)	Critères des essais	69
Annexe C (informative)	Format échantillon du rapport de mesure	70
Bibliographie		71
Tableau 1 – Symboles		45
Tableau A.1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai		68
Tableau B.1 – Tableau récapitulatif des critères des essais		69

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉQUIPEMENT DE
MESURE DE LA CONCENTRATION D'ACTIVITÉ DES RADIONUCLÉIDES
ÉMETTEURS GAMMA DANS LES ALIMENTS****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61563 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) La version antérieure concernait les instruments portatifs et portables. La présente version s'applique aux instruments transportables et installés, ainsi qu'au domaine d'application de la précédente version. Les instruments portatifs et portables sont principalement utilisés dans le cas de situations post-accidentelles. Cependant, ils peuvent être utilisés lors des phases de rétablissement.

- b) L'incertitude de mesure telle qu'elle est définie dans le Guide pour l'incertitude de mesure (GUM) a été ajoutée.
- c) La limite de détection définie dans l'ISO 11929 est ajoutée afin de préciser une activité minimale détectable.
- d) Les exigences environnementales, mécaniques et électromagnétiques sont mises à jour conformément à l'IEC 62706,
- e) Le format échantillon du rapport de mesure est ajouté dans le cadre de l'Annexe C (informative).

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/931/FDIS	45B/936/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 internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61563:2019

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉQUIPEMENT DE MESURE DE LA CONCENTRATION D'ACTIVITÉ DES RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS GAMMA DANS LES ALIMENTS

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux instruments utilisés pour mesurer l'activité et/ou l'activité volumique des radionucléides émetteurs gamma dans les aliments et/ou les produits alimentaires. Le présent document s'applique aux instruments utilisés à la fois comme instruments de comptage brut et comme instruments d'analyse d'amplitude d'impulsions dans des conditions en milieu réel et des installations de mesure. Le présent document ne s'applique pas aux spectromètres à haute résolution qui utilisent des détecteurs au germanium.

Les instruments auxquels le présent document s'applique peuvent servir à mesurer l'activité et l'activité volumique des radionucléides émetteurs gamma contenus dans une grande variété d'échantillons, tels que sols, eaux usées, plantes et animaux vivants.

L'objet du présent document consiste à définir des exigences de performances, à fournir des méthodes d'essai et à préciser des caractéristiques et des conditions d'essai générales, ainsi que des caractéristiques radiologiques, environnementales, mécaniques et électromagnétiques à appliquer pour déterminer si un instrument satisfait aux exigences du présent document. Les résultats d'essai fournissent des informations aux utilisateurs finaux et aux fabricants concernant la capacité de l'instrument à permettre un mesurage fiable de l'activité et/ou de l'activité volumique des radionucléides émetteurs gamma.

Le présent document ne s'applique pas à la préparation d'échantillons.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60050-395, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 395: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques, notions fondamentales, instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

IEC 60086-2, *Piles électriques – Partie 2: Spécifications physiques et électriques*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 61187, *Équipement de mesures électriques et électroniques – Documentation*

IEC 62706, *Instrumentation pour la radioprotection – Exigences de performances environnementales, électromagnétiques et mécaniques*

ISO 11929, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle élargi) pour mesurages de rayonnements ionisants – Principes fondamentaux et applications*

3 Termes et définitions, termes abrégés, grandeurs, unités et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux donnés dans l'IEC 60050-395 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1 Termes et définitions

3.1.1

activité volumique

activité par unité de masse (Bq kg⁻¹) ou activité par unité de volume (Bq m⁻³) d'un radionucléide donné

[SOURCE: IEC 60050:395:2014, 395-01-09, modifié: ajout d'activité par unité de masse selon l'IEV 395-01-08]

3.1.2

échantillon témoin

échantillon fictif qui contient la même substance qui doit être mesurée dans l'échantillon, mais qui ne contient pas de matière radioactive autre que les matériaux naturellement radioactifs (NORMs – *Naturally Occurring Radioactive Materials*)

3.1.3

coefficient de variation

V

rapport de l'écart type s à la moyenne arithmétique $\bar{x}$ d'une série de n mesures x_i , donné par la formule suivante:

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

3.1.4

valeur conventionnellement vraie

valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue, parfois par convention, comme la représentant avec une incertitude pour un but donné

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-06]

3.1.5

décade

plage de valeurs d'une certaine grandeur pour laquelle les logarithmes communs du rapport de la valeur maximale sur la valeur minimale représentent l'unité

3.1.6

non-linéarité

écart par rapport à une droite de la courbe qui représente une grandeur de sortie en fonction d'une grandeur d'entrée

Note 1 à l'article: La droite de référence est déterminée par le facteur de conversion de l'activité radionucléide décrit en 6.2.

3.1.7**étendue effective de mesure**

valeur absolue de la différence entre les deux limites d'une étendue nominale

3.1.8**limite supérieure de l'étendue effective de mesure**

activité ou activité volumique maximale à mesurer à laquelle les performances d'un instrument satisfont aux exigences de ses spécifications

3.1.9**limite inférieure de l'étendue effective de mesure**

A_0

activité ou activité volumique minimale à mesurer pour laquelle les performances d'un instrument satisfont aux exigences de ses spécifications

3.1.10**seuil de décision**

y^*

valeur de l'estimateur du mesurande, qui, lorsqu'elle est dépassée par le résultat d'une mesure réelle en utilisant une procédure de mesure donnée d'un mesurande quantifiant un effet physique, est utilisée pour décider que l'effet physique est présent

Note 1 à l'article: Le seuil de décision est défini de telle sorte que, dans les cas où le résultat de la mesure, y , dépasse le seuil de décision, y^* , la probabilité d'une décision erronée, à savoir que la valeur vraie du mesurande n'est pas nulle si il est égal à zéro, est inférieur ou égal à une probabilité choisie α .

Note 2 à l'article: Si le résultat, y , est inférieur au seuil de décision, y^* , il est décidé de conclure que le résultat ne peut pas être attribué à l'effet physique; néanmoins, on ne peut conclure à son absence.

[SOURCE: ISO 11929: 2019, 3.12]

3.1.11**limite de détection**

$y^\#$

plus petite valeur vraie du mesurande qui assure une probabilité spécifiée d'être détectable par la procédure de mesure

Note 1 à l'article: Avec le seuil de décision selon 3.1.10, la limite de détection est la plus petite valeur vraie du mesurande pour laquelle la probabilité de décider à tort que la valeur vraie du mesurande est égale à zéro est égale à une valeur spécifiée, β alors que la valeur réelle du mesurande n'est pas nulle. La probabilité d'être détectable est par conséquent $(1-\beta)$.

Note 2 à l'article: Les termes limite de détection et seuil de décision sont utilisés de manière ambiguë dans différentes normes (par exemple des normes relatives à l'analyse chimique ou à l'assurance de la qualité). Si ces termes sont utilisés, il faut indiquer en fonction de quelle norme ils sont utilisés.

[SOURCE: ISO 11929:2019, 3.13]

3.1.12**facteur de conversion de l'activité radionucléide**

C

quotient de la valeur conventionnellement vraie de l'activité (A) et d'une indication de l'instrument du taux de comptage (I), donné par la formule suivante:

$$C = \frac{A}{I}$$

Note 1 à l'article: Le facteur de conversion de l'activité radionucléide est inverse au rendement de comptage.

3.1.13

source de référence

source radioactive dont l'étalonnage s'effectue par la source étalon utilisée pour étalonner un instrument de mesure

3.1.14

source étalon

source radioactive qui a été étalonnée par un laboratoire reconnu comme laboratoire national de métrologie pour les mesures radioactives et a été certifiée par ce laboratoire

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-02-03]

3.1.15

source de contrôle

source radioactive utilisée pour vérifier l'opérabilité des instruments, aussi bien que pour effectuer des essais de stabilité et de détermination des influences des facteurs ambiants

3.1.16

essai individuel de série

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.1.17

essai de type

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.1.18

essai de réception

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que l'entité répond à certaines conditions de sa spécification

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

3.1.19

incertitude de mesure

paramètre, associé à un résultat d'une mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées à la mesure

Note 1 à l'article: Cette définition formelle du terme «incertitude de mesure» est disponible dans l'ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM, 1995)* et l'ISO/IEC Guide 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*.

[SOURCE: IEC 60050-815:2015, 815-17-19]

3.1.20

incertitude type

écart type associé au résultat de mesure ou à une grandeur d'entrée

Note 1 à l'article: Voir GUM 2.3.4.

Note 2 à l'article: L'incertitude type d'un résultat de mesure est parfois appelée «incertitude type composée».

Note 3 à l'article: Le quotient de l'incertitude type et d'un résultat de mesure est appelé «incertitude type relative» et est donné parfois sous forme de pourcentage.

3.1.21**incertitude élargie***U*

grandeur définissant un intervalle, autour du résultat d'un mesurage, dont on puisse s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient être attribuées raisonnablement au mesurande

Note 1 à l'article: L'incertitude élargie peut être obtenue en multipliant l'incertitude type (composée) par un facteur d'élargissement.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, GUM 2.2.5]

3.2 Grandeurs et unités

Le présent document utilise les unités du système international (SI)¹. Les définitions des grandeurs de rayonnement sont données dans l'IEC 60050-395. Néanmoins, les unités suivantes peuvent être également utilisées:

- pour l'énergie: électron-volt (symbole eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.
- pour le temps: années (symbole: a), jours (symbole: j), heures (symbole: h), minutes (symbole: min).

Les multiples et les sous-multiples des unités SI sont utilisés, lorsque la pratique le permet, selon le système SI.

- Unité SI de dose absorbée, de kerma et d'énergie spécifique communiqués

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}$$

- Unité SI d'activité d'une quantité de radionucléides, égale à une seconde à la puissance moins un

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$

3.3 Symboles

Le Tableau 1 donne la liste des symboles utilisés.

Tableau 1 – Symboles

Symbole	Signification	Unité
y^*	seuil de décision	---
$y^\#$	limite de détection	---
$\tilde{u}(0)$	incertitude type d'un mesurande lorsque sa valeur vraie est nulle	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
$\tilde{u}(y^\#)$	incertitude type d'un mesurande lorsque sa valeur vraie est égale à $y^\#$	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
$k_{1-\alpha}$	quantile d'une distribution normale type pour les probabilités $1-\alpha$.	---
$k_{1-\beta}$	quantile d'une distribution normale type pour les probabilités $1-\beta$.	---
A	valeur conventionnellement vraie de l'activité ou de l'activité volumique	Bq
A_{DL}	limite de détection exprimée en unités d'activité ou d'activité volumique	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
I	indication d'instrument	s ⁻¹ , Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
u	incertitude type relative de mesure	---
U	incertitude élargie relative de mesure	---

¹ Bureau International des Poids et Mesures: Système International d'unités (SI), 8ème édition, 2006; actualisée en 2014.

Symbole	Signification	Unité
U_{rel}	incertitude élargie relative d'un rapport de la valeur réelle sur la valeur de référence de la valeur conventionnellement vraie de l'activité et/ou de l'activité volumique	---
C	facteur de conversion de l'activité radionucléide	Bq s
A_0	limite inférieure de l'étendue effective de mesure	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³
M	mesurande de l'instrument	Bq, Bq kg ⁻¹ , Bq m ⁻³

4 Procédure d'essai générale

4.1 Nature des essais

Les essais définis dans le présent document doivent être considérés comme des essais de type sauf spécification contraire. Un utilisateur peut appliquer certains essais indiqués dans le présent document comme essais de réception. Les spécifications nécessaires sont évaluées par les essais indiqués dans les articles appropriés. Tous les essais définis dans le présent document doivent être effectués avec la même instrumentation, tous les accessoires éventuels étant inclus dans les instruments en essai. Les essais de type doivent être effectués avec un ou plusieurs instruments afin de vérifier la conception du modèle d'instrument. L'absence de spécification d'essai signifie que les caractéristiques peuvent être vérifiées par observation ou consultation des spécifications du fabricant.

4.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

4.2.1 Généralités

Il convient d'effectuer les essais idéalement dans les conditions de référence. Toutefois, étant donné que le maintien de ces conditions n'est pas toujours possible, les conditions normales d'essai, dont les valeurs sont proches des valeurs de référence, peuvent être utilisées.

Les conditions de référence et les conditions normales d'essai sont données dans le Tableau A.1. Les conditions de référence sont les conditions de validation des performances de l'instrument et les conditions normales d'essai indiquent les tolérances nécessaires dans les essais pratiques.

Les essais définis dans le présent document doivent être effectués dans les conditions normales d'essai, données dans la troisième colonne du Tableau A.1, sauf spécification contraire.

La température, la pression et l'humidité relative observées au moment de l'essai doivent être indiquées, ainsi que le temps de mesure et la date des essais.

4.2.2 Essais effectués dans les conditions normales d'essai

Les essais effectués dans les conditions normales d'essai sont énumérés dans le Tableau B.1 qui indique, pour chaque caractéristique en essai, les exigences conformes à l'article de description de la méthode d'essai correspondante.

4.2.3 Essais effectués avec variation des grandeurs d'influence

Pour les essais destinés à déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence données dans le Tableau A.1, il convient de maintenir toutes les autres grandeurs d'influence dans les limites applicables aux conditions normales d'essai sauf spécification contraire dans la procédure d'essai appropriée.

4.3 Instrumentation pendant les essais

Il convient que tous les essais, y compris ceux qui impliquent l'utilisation des sources radioactives, soient effectués conformément aux instructions du fabricant.

4.4 Fluctuations statistiques

Si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication dues à la nature aléatoire des seuls rayonnements représente une fraction importante de la variation de l'indication admise pour l'essai, des lectures suffisantes doivent alors être effectuées afin de vérifier que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une précision suffisante pour déterminer si les exigences concernant la caractéristique vérifiée par essai sont satisfaites. L'intervalle entre les lectures doit être plus long qu'un temps de mesure normal pour les instruments à accumulation et plus long qu'une durée trois fois plus importante que celle correspondant à la constante de temps pour les instruments de type icmomètre, ces durées étant suffisantes pour garantir l'indépendance statistique des lectures.

4.5 Sources étalons et sources de référence

Les types de sources suivants ou leurs combinaisons sont utilisés pour les essais des instruments et l'ajustement de la réponse:

- sources étalons,
- sources de référence.

Il convient que les sources étalons et les sources de référence contiennent des radionucléides, que l'instrument est destiné à mesurer, soit sous forme de radionucléide unique, soit sous forme d'une certaine combinaison appropriée. L'activité ou les activités des sources étalons et des sources de référence à utiliser doivent être étalonnées par rapport à des étalons nationaux ou internationaux. La valeur conventionnellement vraie de l'activité des sources étalons doit être déterminée avec une incertitude élargie relative ($k = 2$) inférieure à 10 %. Si nécessaire, il convient que ces sources étalons soient l'objet de corrections de demi-vie.

Les sources étalons et les sources de référence peuvent être produites sur la base de différents produits de substitution, y compris des composés polymères, une poudre d'aluminium activée ou une matrice naturelle. Les sources étalons et les sources de référence peuvent également être des solutions radioactives. Il convient que les sources soient équivalentes à l'échantillon à mesurer en matière de composition de radionucléides et de coefficient d'atténuation massique totale. Il convient que les sources aient la même forme que l'échantillon et soient uniformes. Il convient de noter qu'un rendement de détection approprié ne peut être obtenu en raison de l'autoabsorption différente si la densité de la source est différente de celle d'un échantillon.

4.6 Sources de contrôle

Les sources de contrôle sont utilisées pour vérifier l'opérabilité des instruments, aussi bien que pour effectuer des essais de stabilité et de détermination des influences des facteurs ambiants. Des sources gamma solides étanches de tailles et d'activités appropriées peuvent être utilisées à cet effet. Il convient que l'instrument maintienne la source en position fixe par rapport au détecteur.

Une lecture de la source de contrôle doit être effectuée après chaque étalonnage de réponse à l'aide des sources étalons et des sources de référence. Lorsqu'une source de contrôle permet d'effectuer les essais de type, le rapport de la réponse de la source de contrôle sur la réponse des sources étalons et/ou de référence doit être déterminé pour chaque radionucléide utilisé dans l'essai (voir 6.3).

4.7 Essais de fonctionnalité

4.7.1 Généralités

Les essais de fonctionnalité sont effectués avant, pendant ou après les essais de détermination des caractéristiques afin d'évaluer les variations potentielles de réponse des instruments. Ces essais, à défaut d'être utilisés comme un essai indépendant, sont toujours combinés à un essai environnemental, mécanique ou électromagnétique issu de l'IEC 62706, désigné ci-après comme essai de détermination des caractéristiques. L'essai de fonctionnalité permet de vérifier une réponse aux photons ou la variation d'indication.

4.7.2 Stabilité et reproductibilité de la géométrie source-détecteur

Lors des essais d'environnement, il convient de ne pas modifier la géométrie source-détecteur de manière à pouvoir maintenir des conditions de mesure stables. Lorsqu'une modification s'avère nécessaire, des mesures mécaniques adaptées (telles que des fixations de précision pour les sources et les instruments) doivent être utilisées afin d'assurer un rétablissement approprié de la géométrie.

4.7.3 Combinaison des essais de fonctionnalité et des essais de détermination des caractéristiques

Préalablement aux essais de détermination des caractéristiques (par exemple, essai environnemental), une source étalon, une source de référence ou une source de contrôle est placée correctement sur l'instrument. Un essai de fonctionnalité doit être effectué afin d'assurer le maintien des valeurs de référence pour la réponse ou l'indication de l'instrument. Après les essais de détermination des caractéristiques, la source doit être réglée à la même position (le cas échéant) selon 4.7.2 et un essai de fonctionnalité doit être effectué afin de contrôler les variations de la réponse ou de l'indication de l'instrument. Des essais de fonctionnalité supplémentaires peuvent être effectués au cours des essais de détermination des caractéristiques si chaque essai l'exige (voir Articles 7, 8 et 9).

4.7.4 Réalisation des essais de fonctionnalité

Il convient d'effectuer chaque essai de fonctionnalité comme suit:

a) Pour les instruments de comptage brut

Installer la source étalon, de référence ou de contrôle correctement sur l'instrument. Le coefficient de variation de l'indication de l'instrument doit être inférieur à 0,1. Enregistrer 10 lectures indépendantes de taux de comptage de photons et calculer leur moyenne arithmétique.

b) Pour les instruments d'analyse de l'amplitude d'impulsions

Installer la source étalon, de référence ou de contrôle correctement sur l'instrument. Accumuler des comptages nets jusqu'à un nombre de 1 000 à la surface du pic photoélectrique dominant de la source et calculer son taux de comptage. Certains essais décrits à l'Article 9 exigent un temps d'accumulation plus court et acceptent des comptages accumulés réduits.

4.7.5 Comportement en fonctionnement normal

Outre les essais de fonctionnalité qui évaluent la dérive des réponses ou des indications des instruments, les essais de détermination des caractéristiques appliquent une autre exigence appelée «comportement en fonctionnement normal». L'instrument doit fonctionner avec succès et sans indication parasite (par exemple, alarmes, fausses identifications, messages inattendus sur les dispositifs d'affichage ou arrêt de l'instrument).

5 Exigences générales

5.1 Caractéristiques générales

Les instruments auxquels le présent document s'applique servent à mesurer l'activité et/ou l'activité volumique exprimée par unité de masse (Bq kg^{-1}) ou de volume (Bq m^{-3}) des radionucléides émetteurs gamma dans les aliments et/ou les produits alimentaires. Ces instruments peuvent être utilisés tant dans des conditions en milieu réel que dans les installations de mesure. Les spectromètres à rayonnements gamma ou les compteurs à fenêtre à rayonnements gamma sont utilisés principalement à ces fins.

NOTE 1 Les compteurs portables à rayonnements gamma sont utiles lorsque les échantillons présentent une contamination élevée et lorsque la détection des échantillons non contaminés est nécessaire. Les compteurs à rayonnements gamma qui ne comportent pas de fonctions d'analyse de l'amplitude d'impulsions ne sont pas utiles pour déterminer l'activité ou l'activité volumique des aliments et/ou des produits alimentaires à moins que le radionucléide concerné ne soit identifié.

NOTE 2 Le mesurande du moniteur, M , est l'activité ou l'activité volumique d'un échantillon. Il peut être obtenu selon la formule (1) suivante;

$$M = \frac{C \times N \times k}{W}, \quad (1)$$

où,

C est le facteur de conversion de l'activité,

N est le taux de comptage net,

W est la quantité d'échantillons (prise en considération uniquement lorsque le mesurande correspond à l'activité volumique),

k est le facteur d'ajustage.

NOTE 3 L'incertitude de mesure peut être estimée par une synthèse des incertitudes dues au facteur de conversion de l'activité radionucléide, au taux de comptage net, à la quantité d'échantillons et au facteur d'ajustage. Les incertitudes dues au facteur de conversion de l'activité radionucléide comprennent les incertitudes dues à l'activité de la source d'étalonnage et à l'indication de l'instrument (voir Note 2 en 6.2). Les incertitudes dues au facteur d'ajustage incluent les incertitudes dues à la répétabilité de la position des échantillons et à la différence entre la dimension de l'échantillon et la source d'étalonnage. Les organismes chargés du mesurage sont tenus de préciser les causes de l'incertitude et d'estimer les incertitudes associées aux mesurages qu'il effectue. La procédure d'estimation est décrite dans l'IEC TR 62461.

5.2 Type d'instrument

5.2.1 Généralités

Les instruments sont classés comme suit selon l'exigence de performances.

5.2.2 Types d'instruments

a) instrument portatif et portable

Instrument utilisé tout en étant tenu par l'opérateur.

b) Instrument transportable

Instrument qui peut être déplacé à des emplacements différents et qui n'est pas utilisé pendant le déplacement.

c) instrument installé

Instrument monté de façon permanente à son emplacement d'utilisation.

Les instruments transportables et les instruments installés comportent généralement un blindage contre les rayonnements gamma. Certains instruments installés comportent des fonctions de mesure de l'activité d'un échantillon lors de son passage dans la zone de mesure du ou des détecteurs. Ces instruments peuvent utiliser des bandes transporteuses pour

acheminer de grandes quantités de produits alimentaires emballés (par exemple, des sacs de riz de 30 kg) tout en contrôlant leurs activités. Les instruments installés et les instruments portables sont utilisés uniquement dans des environnements contrôlés.

5.2.3 Type de mesure

a) à comptage brut

Instruments de comptage de l'ensemble des signaux dont les amplitudes d'impulsions sont supérieures à un seuil prédéterminé. Certains instruments sont capables de soustraire les comptages de rayonnements externes. Les instruments à comptage brut ne sont pas en mesure d'identifier les radionucléides.

b) à analyse des amplitudes d'impulsions

Instrument qui analyse les amplitudes d'impulsions de signaux au moyen d'une fonction d'analyse simple canal ou multicanal. L'instrument simple canal accumule un comptage d'impulsions dont les amplitudes se situent dans une plage spécifiée. Certains instruments de ce type comportent une fonction de soustraction des impulsions provoquées par la diffusion Compton des photons de plus grande énergie. L'instrument multicanal peut obtenir des spectres d'amplitudes d'impulsions. Certains instruments de ce type peuvent identifier les radionucléides sur la base d'un pic photoélectrique dans le spectre d'énergie ou par un ajustement du spectre mesuré avec les spectres de référence.

5.3 Configuration physique

5.3.1 Généralités

Les instruments dédiés aux mesurages de l'activité ou de l'activité volumique des aliments et/ou des produits alimentaires comportent des sous-ensembles de détection et de mesure. Ces parties peuvent être intégrées ou peuvent fonctionner comme unités séparées.

Il convient de concevoir l'instrument, notamment par rapport au sous-ensemble de détection, afin de réduire le plus possible le risque de contamination radioactive.

Il convient de concevoir et de fabriquer l'instrument de manière à faciliter la décontamination.

Il convient de concevoir l'instrument de sorte qu'il ne soit pas altéré par les vibrations, les chocs mécaniques et les brouillages électromagnétiques. Les exigences et les méthodes d'essai propres à ces caractéristiques sont spécifiées aux Articles 8 et 9.

Il convient de protéger le détecteur d'un instrument installé par un blindage afin de réduire l'effet des rayonnements gamma externes.

Le fabricant doit fournir les spécifications de performances de l'instrument, ainsi que les instructions de fonctionnement.

Le fabricant doit fournir les informations qui décrivent le type de détecteur de rayonnement et ses dimensions, ainsi que sa position à l'intérieur de l'instrument.

Les dimensions et les masses des instruments portatifs et portables doivent être calculées de sorte qu'ils puissent être manipulés facilement.

L'instrument doit être conçu de sorte que l'échantillon n'y pénètre pas en cas de rupture de son conteneur.

5.3.2 Sous-ensemble de détection

Il convient que la conception des cellules de détection permette une substitution simple et rapide d'un échantillon mesuré par un autre.

Le sous-ensemble de détection d'un instrument installé doit être conçu de manière à assurer la répétabilité de la géométrie échantillon – détecteur.

5.3.3 Sous-ensemble de mesure

Il convient que le sous-ensemble de mesure fournisse, en général, les fonctions de mesure de rayonnements suivantes:

a) à comptage brut

- déterminer automatiquement la totalité des comptages ou le taux de comptage et afficher leur valeur;
- maintenir l'alimentation pendant le mesurage;
- informer de la surcharge et d'un état de batterie faible par une indication visuelle;
- indiquer la défaillance du détecteur.

b) à analyse des amplitudes d'impulsions

Il convient que le sous-ensemble de mesure à analyse des amplitudes d'impulsions fournisse les fonctions suivantes, ainsi que celles qu'il convient qu'un sous-ensemble de mesure à comptage brut fournisse.

- intégrer le comptage dans la durée, afin d'améliorer l'incertitude de mesure due aux statistiques de comptage;
- prendre en compte automatiquement le bruit de fond de l'instrument;
- prendre en considération le domaine d'énergie des rayonnements gamma détectés et convertir les comptages indiqués en activités et en activités volumiques de radionucléides, et afficher les résultats dans les unités appropriées (Bq, Bq kg⁻¹, Bq m⁻³);
- comporter une fonction d'étalonnage en énergie, de stabilisation et/ou de réglage de gain;
- accepter sous forme numérique les coefficients ou les paramètres utilisés lors du traitement des signaux (par exemple, facteurs d'étalonnage, domaine d'énergie, seuils d'alarme);
- activer des alarmes sonores et/ou lumineuses quand le niveau d'activité ou d'activité volumique dépasse les seuils prédéterminés;
- Indiquer les statistiques de comptage ou fournir les informations qui permettent d'estimer l'incertitude sur la base de ces mêmes statistiques.

5.3.4 Alimentation électrique

L'alimentation électrique de l'instrument doit être fournie par un câble d'alimentation en courant alternatif ou en courant continu, ou une ou des batteries. Une alimentation par batterie doit être prévue pour les instruments portatifs et portables. Un instrument qui utilise la batterie comme source d'alimentation électrique doit fournir les fonctions suivantes:

- indiquer le moment auquel l'état de la batterie a atteint la tolérance acceptable minimale. Cette indication doit être permanente jusqu'au remplacement ou à la recharge de la ou des batteries.
- indiquer la polarité correcte définie par le fabricant sur l'instrument.

Il convient que les dimensions physiques de la pile électrique et des accumulateurs soient conformes à l'IEC 60086-2. Une recharge complète des accumulateurs doit être possible dans un délai de 12 h. Les batteries doivent pouvoir être remplacées de manière individuelle.

Une forte diminution des capacités de la plupart des types de batteries proportionnellement à une baisse de la température en dessous de -10 °C doit être prise en compte.

5.3.5 Stockage et transport

Les instruments doivent rester opérationnels selon les exigences du présent document, après un transport et un stockage sans alimentation électrique pendant trois mois, dans l'emballage du fabricant, à toute température comprise entre -25 °C et +50 °C. Dans certains cas, des exigences plus strictes peuvent être établies telles que la capacité de résistance à un transport aérien à basse pression atmosphérique.

5.3.6 Classification IP (degré de protection)

Les instruments doivent être conçus pour satisfaire aux classifications IP suivantes;

- a) Instruments portatifs et portables: IP 53,
- b) Types installés et transportables: aucune exigence de classification IP.

L'essai doit être effectué selon les exigences IP spécifiées dans l'IEC 60529. Ces essais doivent inclure la mesure de la poussière et de l'humidité.

5.4 Informations fondamentales

5.4.1 Étendue effective de mesure

Il convient que le fabricant détermine les limites inférieure et supérieure des étendues effectives de mesure applicables aux radionucléides indiqués en 6.2 sauf pour ^{40}K . Il convient que le manuel d'utilisation de l'instrument spécifie le temps exigé pour effectuer les mesurages à la limite de détection.

- a) Pour les instruments portatifs et portables

Il convient que la limite inférieure ne soit pas supérieure à 300 Bq kg^{-1} ou son activité ou activité par unité de volume équivalente. Il convient que la limite inférieure satisfasse aux exigences spécifiées dans les règlements nationaux applicables. Il convient que la limite supérieure ne soit pas inférieure à 100 kBq kg^{-1} ou son activité ou activité par unité de volume équivalente à condition que le débit de dose gamma externe ne dépasse pas $2,5 \mu\text{Gy h}^{-1}$.

- b) Pour les instruments transportables et installés

Il convient que la limite inférieure ne soit pas supérieure à 100 Bq kg^{-1} ou son activité ou activité par unité de volume équivalente. Il convient que la limite inférieure satisfasse aux exigences spécifiées dans les règlements nationaux applicables. Il convient que la limite supérieure ne soit pas inférieure à 10 kBq kg^{-1} ou son activité ou activité par unité de volume équivalente dans les conditions normales d'essai.

NOTE 1 Le manuel d'utilisation de l'instrument spécifie le temps exigé pour effectuer les mesurages à la limite de détection.

NOTE 2 La limite inférieure correspond aux exigences spécifiées dans les règlements nationaux applicables.

5.4.2 Domaine de l'énergie de mesure

L'étendue de mesure de l'énergie de l'instrument doit intégrer les nucléides indiqués en 6.2, avec des détecteurs de faible résolution en énergie (par exemple, détecteurs à scintillation NaI(Tl)). Cette étendue doit couvrir au moins les énergies comprises entre 150 keV et 1 500 keV.

5.4.3 Bruit de fond de l'instrument

Le bruit de fond de l'instrument a pour origine des sources internes et externes.

Les sources internes incluent principalement la radioactivité des matériaux contaminés de construction de l'instrument, essentiellement au niveau du sous-ensemble de détection. Les sources externes sont les matériaux naturellement radioactifs et les rayonnements cosmiques.

La contamination du détecteur accroît également le bruit de fond. Le bruit de fond de l'instrument peut dépendre fortement du domaine d'énergie de mesure sélectionné.

Pour obtenir des conditions de mesure du bruit de fond aussi identiques que possible, il convient d'utiliser des échantillons témoins constitués de matériaux non contaminés, de propriétés physiques et chimiques analogues à celles des matériaux mesurés. Lorsque le bruit de fond est mesuré sans aucun échantillon témoin, le comptage du bruit de fond doit être ajusté en tenant compte de l'effet d'écran de l'échantillon témoin.

En cas d'augmentation du bruit de fond normal, la ou les causes de cette augmentation doivent être déterminées. En cas de contamination radioactive de l'instrument, il convient de tenir compte de la décontamination ou du remplacement des parties contaminées de l'instrument.

5.4.4 Limite de détection

Le seuil de décision, y^* et la limite de détection, $y^\#$, peuvent être déterminés à l'aide des formules (2) et (3), respectivement, issues de la procédure décrite dans l'ISO 11929:

$$y^* = k_{1-\alpha} \tilde{u}(0), \quad (2)$$

où,

y^* est le seuil de décision,

$\tilde{u}(0)$ est l'incertitude type du mesurande lorsque sa valeur vraie est nulle,

$k_{1-\alpha}$ est le quantile de la distribution normale type pour la probabilité $1-\alpha$.

NOTE 1 Comme indiqué en 3.1.11, lorsque le résultat de mesure, y , dépasse le seuil de décision, y^* , la probabilité que la valeur vraie du mesurande soit nulle est inférieure ou égale à la probabilité choisie α .

$$y^\# = y^* + k_{1-\beta} \tilde{u}(y^\#) = k_{1-\alpha} \tilde{u}(0) + k_{1-\beta} \tilde{u}(y^\#), \quad (3)$$

où,

$\tilde{u}(y^\#)$ est l'incertitude du mesurande lorsque sa valeur vraie est égale à $y^\#$,

$k_{1-\beta}$ est le quantile de la distribution normale type pour les probabilités $1-\beta$.

NOTE 2 Comme indiqué en 3.1.12 avec le seuil de décision, la limite de détection est la plus petite valeur vraie du mesurande pour laquelle la probabilité de décider de façon erronée que la valeur vraie du mesurande est nulle est égale à une valeur spécifiée, β , quand, en réalité, la valeur vraie du mesurande n'est pas nulle.

Si des valeurs de 0,05 pour α et β sont choisies comme valeurs acceptables, $k_{1-\alpha}$ et $k_{1-\beta}$ ont alors la valeur 1,65 et la formule (3) peut s'écrire comme suit:

$$y^\# = 1,65 \times \{ \tilde{u}(0) + \tilde{u}(y^\#) \}. \quad (4)$$

Si, par hypothèse, la distribution du résultat de mesure des échantillons est identique à celle du mesurage du bruit de fond, les formules de calcul spécifiques de la limite de détection peuvent s'écrire comme suit:

$$y^\# = 3,29 \times \tilde{u}(0). \quad (5)$$

a) Obtention par accumulation des comptages et du temps de comptage

Un nombre approprié de taux de comptage et des temps de comptage appropriés permettent d'utiliser une formule simplifiée pour la limite de détection. Lorsque le temps

de mesure, le temps de comptage du bruit de fond et le taux de comptage du bruit de fond sont connus, la formule simplifiée suivante (6) peut être appliquée:

$$A_{DL} = 1,65 \times 2 \times \frac{C}{W} \sqrt{M_b \left(\frac{1}{t_0} + \frac{1}{t_b} \right)}, \quad (6)$$

où,

A_{DL} est la limite de détection exprimée en unités d'activité (Bq), ou d'activité volumique (Bq kg⁻¹ ou Bq m⁻³),

C est le facteur de conversion de l'activité en Bq s,

W est la quantité d'échantillons en kg ou m³ (prise en considération uniquement lorsque le mesurande correspond à l'activité volumique),

M_b est le taux de comptage du bruit de fond exprimé en s⁻¹,

t_0 est le temps de mesure en s,

t_b est le temps de comptage du bruit de fond en s.

b) Obtention par lectures répétées

Lorsque 20 lectures au moins du bruit de fond ont été effectuées, la formule simplifiée suivante (7) ou la formule (8) peut être appliquée selon l'indication de l'instrument:

Si l'indication est exprimée en comptages par seconde, la formule suivante s'applique:

$$A_{DL} = 1,65 \times 2 \times \frac{C}{W} \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (N_{bi} - \bar{N}_b)^2}{n-1}}, \quad (7)$$

où,

A_{DL} est la limite de détection exprimée en unités d'activité (Bq), ou d'activité volumique (Bq kg⁻¹ ou Bq m⁻³),

n est le nombre de lectures du bruit de fond (au moins 20 fois),

N_{bi} est le i -ème comptage du bruit de fond exprimé en s⁻¹,

C est le facteur de conversion de l'activité en Bq s,

W est la quantité d'échantillons en kg ou m³ (prise en considération uniquement lorsque le mesurande correspond à l'activité volumique),

$\bar{N}_b$ est la valeur moyenne du bruit de fond pour n mesurages exprimée en s⁻¹.

Si l'indication est exprimée sous forme d'activité volumique, la formule suivante s'applique:

$$A_{DL} = 1,65 \times 2 \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (A_{bi} - \bar{A}_b)^2}{n-1}}, \quad (8)$$

où,

A_{DL} est la limite de détection exprimée en unités d'activité ou d'activité volumique Bq kg⁻¹ ou Bq m⁻³,

n est le nombre de lectures du bruit de fond (au moins 20 fois),

A_{bi} est le i -ème résultat de mesure du bruit de fond, en Bq kg⁻¹ ou Bq m⁻³,

$\bar{A}_b$ est la valeur moyenne du bruit de fond pour n mesurages, en Bq kg⁻¹ ou Bq m⁻³.

NOTE 3 La formule (7) ou la formule (8) peut être appliquée en cas d'égalité du temps de mesure.

5.5 Sortie de données

Lorsqu'un instrument peut communiquer avec un autre dispositif, le fabricant doit indiquer les informations qui peuvent être transmises, la méthode de connexion et les exigences logicielles du dispositif de réception.

5.6 Interface utilisateur

Les caractéristiques suivantes sont considérées comme essentielles (devoir) ou souhaitables (il convient de) pour une aptitude à l'utilisation appropriée.

- a) Les caractéristiques suivantes doivent être proposées:
- simplicité d'utilisation pour les non-spécialistes et commandes conviviales pour un fonctionnement courant,
 - affichage lisible dans toutes les conditions d'éclairage, y compris l'obscurité,
 - choix d'un nucléide ou d'une fenêtre d'énergie (le cas échéant),
 - capacité d'étalonnage.
- b) Il convient de proposer les caractéristiques suivantes:
- alarme sonore et/ou visuelle destinée à indiquer que l'activité volumique mesurée est supérieure ou égale au seuil d'alarme,
 - capacité de stockage des résultats et de téléchargement des données vers un ordinateur,
 - indication de l'état de la batterie (pour les instruments alimentés par batterie),
 - protection des réglages pour tous les paramètres fonctionnels,
 - capacités de diagnostic.

5.7 Marquages

La fonction de toutes les commandes, de tous les affichages et de tous les ajustements d'instrument externes doit être identifiée. Les commandes internes nécessaires au fonctionnement doivent être identifiées par des marquages et référencées/explicées dans des manuels techniques. Les marquages externes doivent être facilement lisibles et fixés de façon permanente dans des conditions normales d'utilisation. Il convient qu'ils résistent aux procédures de décontamination.

Les marquages suivants doivent être apposés sur la surface extérieure de l'instrument:

- nom de l'instrument,
- numéro de modèle,
- numéro de série unique,
- nom du fabricant ou son abréviation.

Le point de référence doit faire l'objet d'un marquage clair sur l'instrument ou être décrit dans un document approprié.

6 Exigences concernant la détection des rayonnements

6.1 Prise en compte de l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie

L'incertitude élargie relative ($k = 2$) U , de la valeur conventionnellement vraie de l'activité et/ou de l'activité volumique doit être inférieure à 10 %. Sauf spécification contraire, la tolérance dans le présent document est précisée sans tenir compte de l'incertitude applicable. Pour la prise en compte de l'incertitude, la tolérance doit être étendue à U . Si des essais doivent être effectués avec des sources dont les caractéristiques sont identiques, à l'exception de celles à soumettre à l'essai (par exemple, essai de linéarité), la tolérance doit

être étendue à l'incertitude du rapport de la valeur réelle du point d'essai sur la valeur de référence de l'activité et/ou de l'activité volumique, U_{rel} . En cas d'exigences supplémentaires, la prise en compte de l'incertitude est indiquée dans la méthode d'essai correspondante.

6.2 Détermination du facteur de conversion de l'activité radionucléide

Le facteur de conversion de l'activité radionucléide de l'instrument défini en 3.1.13 doit être déterminé au moyen de la source étalon ou de la source de référence. Une source dont l'activité est A est montée sur l'instrument et l'indication (I) est enregistrée. Il convient que l'indication soit suffisamment élevée pour que le comptage du bruit de fond soit négligeable et suffisamment faible pour que le temps mort soit négligeable simultanément. Le facteur de conversion de l'activité radionucléide (C) doit être obtenu et consigné par un fabricant au moins pour chacun des radionucléides suivants:

$$^{40}\text{K}, ^{60}\text{Co}, ^{131}\text{I}, ^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$$

Les facteurs de conversion de l'activité radionucléide pour les radionucléides autres que ^{137}Cs peuvent être obtenus à partir des caractéristiques de réponse de l'instrument au niveau d'énergie de chaque photon gamma. Leur estimation est également possible par une extrapolation qui utilise les résultats d'une simulation à partir du facteur de conversion d'activité pour une source étalon ^{137}Cs .

NOTE 1 Les coefficients d'atténuation massique totale des sources, la forme du conteneur de la source, la densité de la source et l'uniformité de l'activité de l'échantillon affectent tous l'estimation du coefficient de détection. Un rendement de détection adéquat n'est pas obtenu s'ils diffèrent de ceux de l'échantillon. Dans le cas où les paramètres de l'échantillon et de la source diffèrent, il y a nécessité d'apporter des corrections dans le but d'obtenir un rendement de détection correct (voir 4.5).

NOTE 2 L'incertitude du facteur de conversion d'activité, σC , peut être estimée comme suit;

$$C \pm \sigma C = \frac{A \pm \sigma A}{I \pm \sigma I} = \frac{A}{I} \pm \frac{A}{I} \sqrt{\left(\frac{\sigma A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma I}{I}\right)^2}, \quad (9)$$

où,

$C \pm \sigma C$ est le facteur de conversion de l'activité et son incertitude type associée,

$A \pm \sigma A$ est la valeur conventionnellement vraie de l'activité et son incertitude type associée,

$I \pm \sigma I$ est l'indication d'un instrument sous la forme d'un taux de comptage et son incertitude type associée. Cette incertitude comprend la répétabilité du mesurage et l'incertitude due à la position de la source étalon ou de la source de référence utilisée pour l'étalonnage.

6.3 Réponse aux sources de contrôle

6.3.1 Exigences

La réponse de l'instrument aux sources de contrôle doit être déterminée si ces sources sont utilisées dans l'essai indiqué dans le présent document.

6.3.2 Méthode d'essai

La source de contrôle est montée correctement sur l'instrument et l'indication est enregistrée. La réponse de l'instrument à la source de contrôle est ensuite déterminée, ainsi que la valeur relative à la réponse à la source étalon ou à la source de référence. Dans cet essai, il convient que l'activité de la source de contrôle soit telle que l'indication de l'instrument soit similaire à celle de la source étalon ou de la source de référence.

6.4 Linéarité

6.4.1 Exigences

a) Instrument portatif et portable

La non-linéarité de l'instrument ne doit pas dépasser 50 % sur toute l'étendue effective de mesure pour les nucléides indiqués en 6.2.

b) Instrument transportable et installé

La non-linéarité de l'instrument ne doit pas dépasser 20 % sur toute l'étendue effective de mesure pour les nucléides indiqués en 6.2.

6.4.2 Méthode d'essai

a) Essais de type

Une source étalon, de référence ou de contrôle de ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs ou ^{137}Cs peut être utilisée pour cet essai. Le nucléide de la source de contrôle doit être identique à celui de la source étalon ou de la source de référence. La source étalon, de référence ou de contrôle est montée correctement sur l'instrument et l'indication est enregistrée.

L'essai doit être effectué au niveau de 25 % de la décade la moins significative et de 75 % de la plus significative de l'étendue effective de mesure.

Les essais avec des sources étalons ou des sources de référence doivent être effectués en au moins un point de toute l'étendue de mesure. Les essais aux autres points peuvent être effectués avec un jeu de sources de contrôle.

b) Essais individuels de série

Une source étalon, de référence ou de contrôle de ^{60}Co , ^{131}I , ^{134}Cs ou ^{137}Cs peut être utilisée pour cet essai. Le nucléide de la source de contrôle doit être identique à celui de la source étalon ou de la source de référence. La source étalon, de référence ou de contrôle est montée correctement sur l'instrument et l'indication est enregistrée.

L'essai doit être effectué en au moins un point de toute l'étendue de mesure. Le point d'essai doit inclure la décade la moins significative de l'étendue effective de mesure. Les sources de contrôle peuvent être utilisées pour réaliser les essais individuels de série.

6.5 Limite de détection

6.5.1 Exigences

La limite de détection de l'instrument et la constante de temps ou le temps de mesure nécessaire pour obtenir cette limite de détection doivent être indiqués par le fabricant. Le temps d'accumulation n'inclut pas le temps nécessaire pour la préparation des échantillons et l'estimation du bruit de fond.

6.5.2 Méthode d'essai

Placer l'instrument sous le bruit de fond des rayonnements gamma naturels, qui est généralement inférieur à 100 nGy h^{-1} . L'essai doit être effectué dans les conditions normales d'essai sauf pour le bruit de fond des rayonnements gamma. Régler la constante de temps ou le temps de mesure à une valeur nominale spécifiée par le fabricant comme constituant une condition de mesure de la limite inférieure de l'étendue effective de mesure. Le taux de comptage du bruit de fond et le comptage accumulé du bruit de fond sont enregistrés pour l'instrument de type ictomètre et de type à accumulation, respectivement. La limite de détection doit être déterminée selon 5.4.4.

6.6 Réponse à un rayonnement gamma externe

6.6.1 Exigences

L'instrument doit être conçu de manière à réduire le plus possible l'influence des rayonnements gamma externes sur le mesurage. La limite de détection doit être inférieure à celle indiquée par le fabricant lorsque l'instrument est soumis à une irradiation horizontale

avec la plage assignée maximale du débit de dose gamma externe. De plus, le fabricant doit indiquer la limite de détection dans le cas d'une irradiation verticale si la réponse obtenue lorsque l'instrument est soumis à une irradiation verticale est évaluée comme étant plus importante que celle obtenue dans des conditions d'irradiation horizontale.

6.6.2 Méthode d'essai

Il convient d'utiliser un échantillon témoin. L'instrument est irradié par les photons gamma d'une source ^{137}Cs qui produit un débit de kerma dans l'air maximum pour utilisation indiqué par le fabricant à une position donnée de l'ensemble de détection. La limite de détection doit être déterminée dès que l'instrument est opérationnel. L'instrument doit être irradié dans le plan horizontal normal lorsqu'il est utilisé dans la direction de rayonnement traversant l'axe du détecteur. Lorsque la rotation du détecteur et du blindage n'est pas symétrique autour de l'axe vertical, la rotation de l'ensemble de détection doit alors s'effectuer à des intervalles de 90° et les limites de détection doivent être déterminées selon les mêmes intervalles. Lorsque l'instrument est soumis à une irradiation verticale, la direction de rayonnement doit traverser l'axe de l'échantillon.

6.7 Mesurage en cas de brouillage

6.7.1 Exigences

Le fabricant doit indiquer la modification de l'activité ou de l'activité volumique mesurée d'une source étalon ^{137}Cs due à la présence d'un pic de 605 keV d'une source ^{134}Cs avec approximativement le même taux de comptage que celui de la source ^{137}Cs . Les instruments qui n'indiquent pas les activités ou les activités volumiques des sources ^{134}Cs et ^{137}Cs séparément sont exclus de cet essai.

6.7.2 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué à une activité ou une activité volumique comprise entre 2,5 fois la valeur de A_0 et une valeur correspondant à 37,5 % de l'étendue de mesure maximale. Enregistrer l'activité ^{137}Cs ou l'activité volumique indiquée sans la source ^{134}Cs . Installer une source étalon, de référence ou de contrôle de ^{134}Cs dont l'activité produit approximativement le même taux de comptage du pic de 605 keV que celui du pic de 662 keV de la source ^{137}Cs . Déterminer la modification de l'indication de la source ^{137}Cs dans des conditions de brouillage dues à la source ^{134}Cs .

6.8 Fluctuations statistiques

6.8.1 Exigences

Le coefficient de variation de l'indication de l'instrument doit être inférieur à 0,1 pour tout niveau d'activité ou d'activité volumique qui dépasse le niveau correspondant à 2,5 fois la valeur de A_0 .

6.8.2 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué à une activité ou une activité volumique correspondant à 2,5 fois la valeur de A_0 . Installer la source étalon, de référence ou de contrôle à un emplacement approprié sur l'instrument. Le mesurage doit être répété 20 fois et le coefficient de variation de l'indication de l'instrument doit être déterminé. L'intervalle de chaque mesurage doit être trois fois plus long que le temps de réponse de l'instrument de type icromètre et plus long que le temps de mesure pour le compteur à accumulation. Le temps de mesure doit être réglé à la valeur nominale spécifiée par le fabricant comme constituant une condition de mesure de l'activité ou de l'activité volumique de la limite inférieure de l'étendue effective de mesure.