

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Environmental, electromagnetic and mechanical performance requirements

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





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

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: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 62706

Edition 1.0 2012-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Environmental, electromagnetic and mechanical performance requirements

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 13.280

ISBN 978-2-83220-552-5

**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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope and object.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions, abbreviations, quantities and units	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviations	9
3.3 Quantities and units	9
4 General requirements	9
5 General test procedure	9
5.1 Nature of tests.....	9
5.2 Reference conditions and standard test conditions	9
5.3 Use of this standard	9
5.3.1 General	9
5.3.2 Requirements for influence quantities	10
5.3.3 Environmental requirements	10
5.3.4 Mechanical requirements.....	10
5.3.5 Electromagnetic requirements	11
5.3.6 Functionality test	11
5.3.7 Additional requirements and test methods	11
6 Radiation detection requirements	11
7 Environmental requirements	11
7.1 General.....	11
7.2 Ambient temperature	12
7.2.1 Requirements	12
7.2.2 Method of test	12
7.3 Temperature shock.....	12
7.3.1 Requirements	12
7.3.2 Method of test	12
7.4 Relative humidity.....	13
7.4.1 Requirements	13
7.4.2 Method of test	13
7.5 Low/high temperature start-up.....	13
7.5.1 Requirements	13
7.5.2 Method of test	13
7.6 IP (degree of protection) classification.....	13
7.6.1 Requirements	13
7.6.2 Method of test	14
8 Mechanical requirements.....	14
8.1 General.....	14
8.2 Drop.....	14
8.2.1 Requirements	14
8.2.2 Method of test	14
8.3 Vibration test.....	14
8.3.1 Handheld, body worn, portable, and transportable requirements	14
8.3.2 Installed requirements	15

8.3.3	Mobile (ground vehicle mounted) requirements.....	15
8.4	Microphonics/impact.....	15
8.4.1	Handheld and body worn requirements.....	15
8.4.2	Requirements – All others	15
8.4.3	Method of test	16
8.5	Mechanical shock.....	16
8.5.1	Requirements	16
8.5.2	Method of test	16
9	Electromagnetic requirements	16
9.1	General.....	16
9.2	Electrostatic discharge	16
9.2.1	Requirements – all instrument types.....	16
9.2.2	Method of test (IEC 61000-4-2, severity level 3)	16
9.3	Radio frequency immunity	17
9.3.1	Requirements – Body worn (IEC 61000-4-3, severity level x).....	17
9.3.2	Requirements – all other types (IEC 61000-4-3, severity level 3)	17
9.3.3	Method of test	17
9.4	Radiated emissions	17
9.4.1	Requirements	17
9.4.2	Test method	17
9.5	Magnetic fields	18
9.5.1	Requirements (IEC 61000-4-8, continuous field severity level 5)	18
9.5.2	Method of test	18
9.6	AC line powered equipment requirements.....	18
9.6.1	Voltage and frequency fluctuations	18
9.6.2	Immunity from conducted RF.....	18
9.6.3	Surges and ring waves	19
10	Documentation	19
	Bibliography.....	21
	Table 1 – Reference and standard test conditions.....	19
	Table 2 – Field use temperature and IP requirements	19
	Table 3 – Mechanical requirements.....	20
	Table 4 – Electromagnetic requirements	20
	Table 5 – Emission frequency range	20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – ENVIRONMENTAL, ELECTROMAGNETIC AND MECHANICAL PERFORMANCE REQUIREMENTS

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62706 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/744/FDIS	45B/753/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

Radiation protection instrumentation including those instruments used for the detection and identification of radioactive material and radionuclides are used in many different environments. They are typically exposed to different temperatures, humidity levels, electromagnetic fields, and mechanical stresses such as shock and vibration during normal use. Radiation instrumentation may be worn, hand carried, mounted to a vehicle, transported from location to location, or installed. All of the conditions associated with these very different uses should be considered when developing instrument-specific requirements. In order to ensure consistency between standards, this environmental, electromagnetic, and mechanical performance requirements standard was established.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – ENVIRONMENTAL, ELECTROMAGNETIC AND MECHANICAL PERFORMANCE REQUIREMENTS

1 Scope and object

This International Standard establishes the environmental, mechanical and electromagnetic performance requirements and methods of test for radiation protection instrumentation.

The object of this standard is to define, for design and test purposes, the environments in which radiation protection instrumentation may be exposed. The environments addressed by this standard are applicable to body-worn (e.g., personal radiation detectors, backpack, and dosimeters), hand carried, portable and transportable, mobile, or installed instrumentation.

2 Normative references

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

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

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

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

IEC 60721-3-5, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 5: Ground vehicle installations*

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test*

3 Terms and definitions, abbreviations, quantities and units

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in IEC 60050-393 and IEC 60050-394 apply.

3.1.1

body-worn instrument

radiation instruments that are worn on the trunk or the extremities of the body while being used

3.1.2

handheld or portable instrument

radiation instruments that are used while being held

3.1.3

influence quantity

quantity that is not the measurand but that affects the result of the measurement

Note 1 to entry: For example, temperature of a micrometer used to measure length.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-27; GUM B.2.10]

3.1.4

influence quantity of type F

influence quantity whose effect on the indicated value is a change in response

Note 1 to entry: Examples are changes in the indicated value due to radiation energy or angle of radiation incidence.

Note 2 to entry: "F" stands for factor: The indication due to radiation is multiplied by a factor due to the influence quantity (e.g., the indication due to Co-60 radiation is 1,2 times that due to Cs-137 radiation).

3.1.5

influence quantity of type S

influence quantity whose effect on the indicated value is a deviation independent of the indicated value

Note 1 to entry: Examples include changes, either positive or negative, in the indicated value from exposure to an electromagnetic disturbance or microphonics.

Note 2 to entry: "S" stands for sum: The indication is the sum of the indication due to radiation and due to the influence quantity, e.g., electromagnetic disturbance.

3.1.6

installed instrument

radiation instruments that are permanently mounted at a location for use

3.1.7

transportable instrument

radiation instruments that may be moved to different locations and do not operate while in transit

3.1.8

mobile instrument

radiation instruments that are mounted to moving platforms and operate while in motion

3.2 Abbreviations

ESD	electrostatic discharge
RF	radio frequency
EM	Electromagnetic
DC	direct current
AC	alternating current

3.3 Quantities and units

In the present standard, units of the International System (SI) are used¹. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-393 and IEC 60050-394. The corresponding old units (non SI) are indicated in brackets.

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.

4 General requirements

This standard does not define the general requirements for systems or devices used to perform individual tests. General requirements are addressed in the instrument-specific standard.

5 General test procedure

5.1 Nature of tests

This standard provides the environmental, mechanical, and electromagnetic performance requirements and methods of tests for radiation detection systems. The tests are based on existing IEC standards for electronic equipment and field-use experience.

For a given instrument type, the project leader may use requirements from other instrument types.

5.2 Reference conditions and standard test conditions

Table 1 contains the reference and standard test conditions. Reference conditions are those conditions to which the performances of the device are valid and standard test conditions indicate the necessary tolerances in practical testing.

5.3 Use of this standard

5.3.1 General

This standard provides the environmental, mechanical, and electromagnetic performance requirements and methods of tests when developing new or revising existing standards. These requirements should be established based on the type of instrument (e.g., portable) and its expected use (e.g., indoor or outdoor) as defined in Clause 3.

¹ International Bureau of Weights and Measures: The International System of Units, 8th edition, 2006.

5.3.2 Requirements for influence quantities

5.3.2.1 General

Unless stated otherwise the functional requirements established in an instrument-specific standard shall be given in terms of change in functionality (e.g., alarm activation, loss of display, etc.) or indicated reading (e.g., $\pm 15\%$ of the average reading obtained in standard conditions).

The instrument specific standard should indicate whether an influence quantity usually acts as type S or F. The radiation level chosen for each test should be based on the type of influence quantity as described in 5.3.2.2 and 5.3.2.3.

5.3.2.2 Tests for influence quantities of type S

These tests should be performed at an ambient dose equivalent (rate) that is low enough to ensure that an effect from the test is measurable (e.g., 10 times the lower limit of the effective range of measurement but not zero in order to be able to detect a reduction in the indication).

5.3.2.3 Tests for influence quantities of type F

These tests may be performed at any ambient dose equivalent (rate). The ambient dose equivalent (rate) chosen should be high enough to ensure that statistical fluctuations are small enough to demonstrate whether the requirement is met (e.g., at least 10 times above the lower limit of the measuring range).

5.3.3 Environmental requirements

Environmental requirements apply to different types of radiation systems based on their design and expected use. The environmental requirements that apply to a specific instrument are addressed by that instrument-specific standard. As a minimum ambient temperature and relative humidity tests are required for all types of radiation detection systems. Other environmental conditions shall be established as deemed appropriate by the project leader.

The following example text could be used in an individual standard as reference to this standard: "The equipment shall undergo the tests specified in IEC 62706 "Environmental, mechanical, and electromagnetic requirements for radiation protection instrumentation" concerning the ambient temperature, relative humidity, and other metrological requirements for [insert instrument designation here, i.e., body-worn, handheld, installed, etc.] instrumentation." It is advisable not to insert the year of publication in the normative references citing IEC 62706. Thus, the latest edition of this standard will be considered.

5.3.4 Mechanical requirements

Mechanical requirements apply to different types of radiation systems based on their design and expected use. The mechanical requirements that apply to a specific system are addressed by that specific standard. As a minimum, vibration, mechanical shock, and impact are required for all types of radiation detection systems.

The following example text could be used in an individual standard as reference to this standard: "The equipment shall undergo the tests specified in IEC 62706 "Environmental, mechanical, and electromagnetic requirements for radiation protection instrumentation" concerning the mechanical requirements for [insert instrument designation here, i.e., body-worn, handheld, installed, etc.] instrumentation." It is advisable not to insert the year of publication in the normative references citing IEC 62706. Thus, the latest edition of this standard will be considered.

5.3.5 Electromagnetic requirements

Electromagnetic requirements apply to different types of radiation systems based on their design and expected use. The electromagnetic requirements that apply to a specific system are addressed by that specific standard. As a minimum, radio frequency immunity and emissions are required for all types of radiation detection systems.

The following example text could be used in an individual standard as reference to this standard: "The equipment shall undergo the tests specified in IEC 62706 "Environmental, mechanical, and electromagnetic requirements for radiation protection instrumentation" concerning the electromagnetic requirements for [insert instrument designation here, i.e., body-worn, handheld, installed, etc.] instrumentation." It is advisable not to insert the year of publication in the normative references citing IEC 62706. Thus, the latest edition of this standard will be considered.

5.3.6 Functionality test

A functionality test verifying that the effects from an influence are within the instrument-specific acceptance range shall be defined in the instrument-specific standard. These tests are generally performed before, during and after the environmental conditions tests such as temperature, humidity and electromagnetic, and before and after the mechanical disturbances. Appropriate radiation sources specific to the type of instrument under test should be used.

Functionality tests may include the following verifications:

- Instrument readings are within a specific range before and after exposure to an influence quantity (e.g., post-test instrument readings are within $\pm x$ % of the pre-test value).
- No alarms, radionuclide identifications, increase or decrease in readings, or spurious indications are observed during exposure to an influence quantity without the presence of a radiation source.
- The instrument radionuclide identification capabilities are not degraded after exposure to an influence quantity.

5.3.7 Additional requirements and test methods

Additional or alternative requirements and methods of test may be established in the specific standard at the discretion of the project leader.

6 Radiation detection requirements

Radiation detection requirements are addressed in the instrument-specific standard.

7 Environmental requirements

7.1 General

Instruments may consist of multiple components that form a system, e.g., a dosimetry system includes the reader and individual dosimeters. Individual components may be exposed to different environments. Selection of environmental requirements shall consider the expected conditions in which each component will be used. During testing, those components that will not be exposed to an influence field (e.g., temperature) may be separated from the overall system.

7.2 Ambient temperature

7.2.1 Requirements

The manufacturer shall state the temperature range over which the instrument and all system components will operate. Table 2 provides minimal temperature ranges for each instrument type based on expected usage environments. Instruments may also consist of components to form a system. In that system, individual components may be exposed to different environments. Temperature requirements shall be established considering the expected conditions in which each component will be used.

7.2.2 Method of test

Before starting each test the instrument under test shall be placed in an environmental chamber set to a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ for at least 30 min or a time period that is sufficiently long to ensure that the instrument has reached equilibrium with the temperature in the test chamber. The relative humidity within the chamber should be less than 65 % to prevent condensation during testing.

The test shall be performed once to the high temperature extreme and once to the low temperature extreme. The temperature shall be linearly changed to the extreme temperature (high or low) at a rate not faster than $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$. The temperature of the test chamber shall be maintained at the extreme temperature level for at least 4 h. The actual time period shall be sufficiently long to ensure that the instrument has reached equilibrium with the environment. Readings or functional changes occurring while the temperature is changing shall be recorded. The readings (or other functions) of the instrument shall be recorded at the end of the equilibrium time as defined in the instrument-specific standard.

Following either the high or low temperature exposure, the temperature in the test chamber shall be returned to $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ at the controlled rate not exceeding $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$.

7.3 Temperature shock

7.3.1 Requirements

When appropriate, instruments shall be able to function within a manufacturer-stated period of time following exposure to a rapid change in temperature from nominal ($20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) to the high or low temperature value and back. The time required for an instrument to become functional after each temperature change shall be stated by the manufacturer. The instrument specific standard may state a maximum time if the manufacturer does not provide such information.

NOTE It is expected that handheld or body-worn instrumentation will be exposed to temperature shock. Installed and transportable equipment, including transportable equipment mounted on vehicle platforms, typically have relatively large thermal masses resulting in a slow temperature change even when the ambient-temperature change is rapid.

7.3.2 Method of test

Readings from the instrument under test shall be recorded while in a temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. The instrument under test shall then be exposed to the extreme temperature (high or low) with the change taking place over a time interval of not more than 5 min. The instrument should be kept in that temperature for a period of time until reaching thermal equilibrium, e.g., 2 h. Readings should be obtained at specified time intervals, e.g., every 5 min. At the end of this part of the test, the instrument shall be placed in a temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ with the change taking place over a time interval of not more than 5 min and held at that temperature until reaching thermal equilibrium. Readings should be obtained using the same technique as stated previously. Functionality tests shall be defined in the instrument-specific standard.

7.4 Relative humidity

7.4.1 Requirements

Instruments designed to operate in uncontrolled environments shall be able to function at relative humidity levels of up to 93 % at temperatures up to 35 °C.

Based on the expected use and functional reliability requirements, some instruments may require additional tests to verify case integrity. This can be achieved using a test where the temperature is cycled while maintaining high relative humidity conditions (IEC 60068-2-38).

If an instrument will be used in a maritime environment, a salt fog/mist test should be performed (IEC 60068-2-52).

7.4.2 Method of test

The instrument under test shall be placed in an environmental chamber at a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and relative humidity of approximately 65 % and allowed to stabilize for a minimum of 30 min. The temperature shall then be increased to 35 °C at a rate not exceeding $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$. The relative humidity shall then be increased to $93\% \pm 5\%$ at a rate of approximately 10 % relative humidity per hour. The instrument under test should be observed during the entire test in order to identify changes in function that could occur as a result of the exposure to humidity. The relative humidity and temperature in the test chamber shall be maintained for a minimum of 16 h. The relative humidity shall then be reduced to $40\% \pm 3\%$ at a rate of approximately 10 % relative humidity per hour while maintaining the temperature at $+35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. After allowing a minimum of 2 h for equilibrium, the temperature and humidity shall be returned to the nominal conditions at the change rates stated previously. Functionality tests shall be defined in the instrument-specific standard.

7.5 Low/high temperature start-up

7.5.1 Requirements

When operated in non-weather protected environments, instruments shall be able to operate when switched on at the cold or hot temperature limit.

7.5.2 Method of test

The instrument under test shall be placed in an environmental chamber at a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Switch on the instrument and verify functionality as required in the instrument-specific standard when the instrument is ready for measurement. The instrument shall then be switched off.

The temperature shall then be changed to the low temperature limit at a rate not exceeding $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$. Allow the temperature to stabilize for a minimum of 2 h, or for a time period that is sufficiently long to ensure all components reach thermal equilibrium. Switch on the instrument and verify functionality as required in the instrument-specific standard when the instrument is ready for measurement.

Perform the same test starting from the nominal temperature going to the high temperature limit.

7.6 IP (degree of protection) classification

7.6.1 Requirements

Enclosures or cases surrounding instruments or individual components of a system that may be used in non-weather protected locations shall be designed to meet IP classifications as defined in Table 2.

7.6.2 Method of test

The method of test shall follow the IP requirements stated in IEC 60529. Those tests shall include dust and moisture.

The instrument's functionality shall be verified according to the instrument-specific standard.

8 Mechanical requirements

8.1 General

Instruments may consist of multiple components that form a system, e.g., a dosimetry system includes the reader and individual dosimeters. A portal monitor may include a detection assembly and a control assembly. Individual components may be exposed to different environments. Selection of mechanical requirements shall consider the expected conditions in which each component will be used. A summary of the requirements is shown in Table 3.

8.2 Drop

8.2.1 Requirements

Body worn instruments shall continue to function correctly after being dropped from a height of 1 m onto a concrete surface on each of their six sides.

Handheld instruments shall continue to function correctly after being dropped from a height of 30 cm onto a hardwood surface on each side.

Instruments required to be transported in protective cases shall function correctly after being dropped from a height of 1 m onto a concrete surface in their shipping case on each side.

There are no drop requirements for installed, mobile, and transportable equipment.

8.2.2 Method of test

A functionality test shall be performed before and after each drop test as required by the instrument-specific standard. Drops shall be performed using methods to ensure only a single side is exposed to the drop.

8.3 Vibration test

8.3.1 Handheld, body worn, portable, and transportable requirements

8.3.1.1 General

The instrument shall withstand exposure to random vibration environments using a spectral density of $0,01 \text{ g}^2\cdot\text{Hz}^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz. The physical condition and functionality of the instrument shall not be affected by the vibration exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

8.3.1.2 Method of test

Conduct a visual inspection and verify that the instrument is functioning properly as required by the instrument specific standard. Subject the instrument to a random vibration at $0,01 \text{ g}^2\cdot\text{Hz}^{-1}$ (spectral density) using 5 Hz and 500 Hz for the frequency endpoints for a period of 1 h in each of three orthogonal orientations. After each 1 h vibration interval, perform a functionality test based on the instrument-specific standard.

After the test, inspect the instrument for mechanical damage and loose components.

8.3.2 Installed requirements

8.3.2.1 General

Monitors or components that may be exposed to vibration (e.g., from heavy equipment movement, vehicles, etc.) shall function normally when exposed to vibrations of up to $0,5 g_n$ 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 monitor shall function correctly as required by the instrument-specific standard throughout the vibration exposure and after the test.

8.3.2.2 Method of test

The test shall consist of 10 two-minute logarithmic sweep cycles of $0,5 g_n$ over a frequency range from 10 Hz to 150 Hz. The orientation used for testing shall be the same as that used when mounted in the field. The requirement is met if no alarms or other spurious indications occur, and there is no substantial change in response as specified by the instrument-specific standard. After the test, inspect the monitor for mechanical damage and loose components.

8.3.3 Mobile (ground vehicle mounted) requirements

8.3.3.1 General

The monitor shall function correctly as required by the instrument-specific standard when exposed to vibrations associated with equipment installed on a ground vehicle. The vibration exposure is based on the 5M2 classification found in IEC 60721-3-5. The accelerated spectral densities for the test are 1 and $0,3 m^2/s^3$ over 10 Hz to 200 Hz and 200 Hz to 500 Hz, respectively. The physical condition of the monitor should not be affected by exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

Specific requirements for airborne and maritime platforms should be developed based on the expected platform type used.

8.3.3.2 Method of test

The test shall consist of a 1 h exposure to the vibration. The orientation used for testing shall be the same as that used when mounted. The requirement is met if the instrument functions as specified by the instrument-specific standard during and after the test. After the test, inspect the monitor for mechanical damage and loose components.

8.4 Microphonics/impact

8.4.1 Handheld and body worn requirements

8.4.1.1 General

Handheld or Body-worn radiation instrumentation shall be unaffected by microphonic conditions such as those caused by low intensity sharp contacts at energies up to 0,2 J.

8.4.1.2 Method of test

With the instrument under test functioning normally, expose the instrument to 3 impacts at an intensity of 0,2 J at different points on each side of the instrument while observing the response. The instrument shall be unaffected by the impacts. The functionality test should be performed as specified in the instrument-specific standard.

8.4.2 Requirements – All others

Transportable, mobile and installed radiation instrumentation shall be unaffected by microphonic conditions such as those caused by low intensity sharp contacts at energies up to 1,0 J.

8.4.3 Method of test

The impact test should be performed at 3 locations close to the electronics and at 3 other locations close to the detectors inside the monitor assembly while observing the instrument response. The instrument under test shall be unaffected by the impacts. The functionality test should be performed as specified in the instrument-specific standard.

8.5 Mechanical shock

8.5.1 Requirements

Non-installed radiation instrumentation shall function normally during exposure to 10 shock pulses of 50 g peak acceleration, 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).

There are no requirements for installed radiation detection systems.

8.5.2 Method of test

With the instrument under test functioning normally, subject it to 10 pulses of peak acceleration of 50 g (half-sine-wave pulse), each applied for a nominal time interval of 11 ms in three orthogonal directions while observing the instrument response. After each set of 10 shocks per side, verify the functionality of the device based on the instrument-specific standard. After the test, inspect the device for mechanical damage and loose components.

9 Electromagnetic requirements

9.1 General

Instruments may consist of multiple components that form a system, e.g., a dosimetry system includes the reader and individual dosimeters. Individual components may be exposed to different environments. Selection of electromagnetic requirements shall consider the expected conditions in which each component will be used. A summary of the requirements is shown in Table 4.

9.2 Electrostatic discharge

9.2.1 Requirements – all instrument types

The instrument shall function properly during and after exposure to ESD at 6 kV (contact discharge for conductive surfaces) or 8 kV (air discharge for non-conductive or insulating surfaces).

9.2.2 Method of test (IEC 61000-4-2, severity level 3)

For line-powered (e.g., installed) systems, follow the tabletop or floor-standing set up requirements stated in the reference standard. Perform the contact discharge technique (non-insulated) or air discharge (insulated) based on the discharge point. Each discharge point shall be selected based on user accessibility during normal use. There shall be ten discharges per discharge point per polarity (positive and negative) with a minimum of 1 s recovery time between each discharge.

For battery powered or non-installed instruments (e.g., ungrounded instruments), perform the contact discharge technique (non-insulated) or air discharge (insulated) based on the discharge point. Each discharge point shall be selected based on user accessibility during normal use. There shall be ten discharges per discharge point per polarity (positive and negative) with a minimum of 1 s recovery time between each discharge.

The instrument's functionality shall be monitored during and verified after the test according to the instrument-specific standard.

9.3 Radio frequency immunity

9.3.1 Requirements – Body worn (IEC 61000-4-3, severity level x)

The instrument should not be affected as defined in the instrument-specific standard when exposed to RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 000 MHz at $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ and 1,4 GHz to 6 GHz at $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ using 80 % amplitude modulation with a 1 kHz sine wave.

9.3.2 Requirements – all other types (IEC 61000-4-3, severity level 3)

The instrument should not be affected as defined in the instrument-specific standard when exposed to RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 to 6 GHz at $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ using 80 % amplitude modulation with a 1 kHz sine wave.

9.3.3 Method of test

Place the instrument in a controlled RF environment (e.g., anechoic chamber). With the instrument functioning normally, expose it to an RF field as required. The test should be performed using an automated step-wise sweep at a frequency change rate of not greater than 1 % of the fundamental (previous) frequency. Dwell time should be chosen based on the instrument's response time, but should not be less than 3 s.

Except for installed or mounted instruments, the RF field shall be applied to each side of the device using vertical and horizontal antenna polarity.

Due to the physical size of some instruments (e.g., radiation portal monitors), it may be necessary to reposition the system or antenna to ensure that each side of the instrument is exposed at the proper intensity. A system orientation that provides a continuous RF shielded surface (e.g., the side of a metal cabinet without vents or seams) does not need to be tested.

The functionality of the instrument shall be verified during RF exposure based on the instrument-specific standard.

Repeat the tests with radioactive sources present to verify compliance to the requirement.

9.4 Radiated emissions

9.4.1 Requirements

The electromagnetic fields emitted by an instrument at 3 m shall be less than what is shown in Table 5.

9.4.2 Test method

Place the instrument in an area with a low and controllable radio frequency environment (e.g. anechoic chamber). Position an antenna 3 m from the instrument.

For installed instruments, verify that all external conducting cables are configured as they would be when installed.

With the instrument off, collect a background spectrum using a scanning bandwidth of 50 kHz. Switch the instrument on and perform an RF scan for each operating mode as applicable to the instrument type. The instrument shall be rotated to ensure all sides are measured for emissions.

Radio frequency emissions shall be below the values stated in Table 3.

9.5 Magnetic fields

9.5.1 Requirements (IEC 61000-4-8, continuous field severity level 5)

Radiation instrumentation shall be fully functional when exposed to a 100 A/m (1,3 gauss) 50 Hz or 60 Hz magnetic field. The indication of the magnitude of the radiation field as well as any spectral response, when applicable, shall not change while being exposed to either magnetic field.

The test level chosen is associated with heavy industrial switchyard areas and power plants. Other test levels may be used based on the existence of magnetic field producing equipment (e.g., accelerators). For instruments that may be used in proximity to those devices, special testing should be performed to ensure that the instrument operates properly while in the magnetic field.

9.5.2 Method of test

Using the “immersion” or “proximity” method (depending on the size of the detection assembly), exposure to the magnetic field shall be completed in two orientations (0° and 90°) relative to the magnetic field lines.

The instrument shall first be exposed to a 100 A/m (1,3 gauss) 50 Hz or 60 Hz AC magnetic field without any radiation sources present.

Repeat the magnetic field test with radioactive sources present as applicable for the instrument type.

The instrument's functionality shall be monitored during and verified after the test according to the instrument-specific standard.

9.6 AC line powered equipment requirements

9.6.1 Voltage and frequency fluctuations

9.6.1.1 Requirements

Mains operated assemblies should be designed to operate from single-phase AC supply voltage of 100 V to 240 V and from 47 Hz to 63 Hz.

9.6.1.2 Method of test

Increase the supply voltage to 10 % above the nominal value and observe the readings and functionality of the instrument. Decrease the supply voltage to 12 % below the nominal value and repeat the functionality process.

The above tests shall be repeated but instead of changing the voltage, the frequency shall be changed from 57 Hz to 63 Hz for 60 Hz supply voltage or 47 Hz to 53 Hz for 50 Hz supply voltage.

The instrument's functionality shall be verified according to the instrument-specific standard.

9.6.2 Immunity from conducted RF

9.6.2.1 Requirements (IEC 61000-4-6, severity 3)

The instrument should not be affected by RF fields that can be conducted onto the instrument through an external conducting cable.

Instruments that have shielded (i.e., placed in conduit) external conducting cables are excluded.

9.6.2.2 Method of test

Inject an RF signal into the power line over the frequency range of 150 kHz to 80 MHz at an intensity of 140 dB (μV) 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave. The test should be performed using an automated sweep at a frequency change rate not greater than 1 % of the fundamental (previous) frequency. Dwell time should be chosen based on the monitor's response time, but should not be less than 3 s. Repeat the test with sources present.

The instrument's functionality shall be verified according to the instrument-specific standard.

9.6.3 Surges and ring waves

9.6.3.1 Requirements (IEC 61000-4-5 and IEC 61000-4-12, severity 3)

Instruments should not be affected by surges or oscillatory waves of up to 2 kV in amplitude that are classified as "combination waves" (damped surges) with rise/decay times of 1,2/50 μs (open-circuit voltage waveform) and 8/20 μs (short-circuit current waveform) or "ring waves" (single-shot oscillatory transients or non-repetitive damped oscillatory transients) with 0,5 μs rise time and 100 kHz oscillation frequency, when such waves are conducted into the instrument through a power line.

9.6.3.2 Method of test

Apply 10 combination wave pulses to the instrument's power cable. The minimum time between each pulse shall be 1 min. Each pulse shall consist of a combination wave (1,2/50 μs and 8/20 μs) at an intensity of 2 kV. Repeat the procedure for each power cable, if more than one cable exists. Repeat the test using 2 kV ring wave pulses. Repeat the entire process with radioactive sources present.

The instrument's functionality shall be verified according to the instrument-specific standard.

10 Documentation

Documentation and report requirements are established in the instrument-specific standard.

Table 1 – Reference and standard test conditions

Influence quantity	Reference conditions	Standard test conditions
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86 kPa to 106,6 kPa
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the induction due to the earth's magnetic field

Table 2 – Field use temperature and IP requirements

Expected environment	Temperature range for controlled environments	IP classification
Installed, weather protected controlled environment	+5 °C to +40 °C	51
Installed, non-weather protected	–30 °C to +55 °C	54
Body worn	–10 °C to +40 °C	54
Handheld	–20 °C to +50 °C	53

Expected environment	Temperature range for controlled environments	IP classification
Mobile, non-weather protected	–30 °C to +55 °C	54
Mobile, weather protected	–30 °C to +55 °C	51
Transportable	–30 °C to +55 °C	53
Portable	–20 °C to +50 °C	53

Table 3 – Mechanical requirements

Influence	Instrument type	Level
Drop	Body worn	1 m onto concrete
	Handheld	30 cm onto hardwood
Vibration	Non-installed	0,01 g ² ·Hz ^{–1} from 5 Hz and 500 Hz
	Installed	0,5 g _n from 10 Hz to 150 Hz
	Mobile	1 and 0,3 m ² /s ³ over 10 Hz to 200 Hz and 200 Hz to 500 Hz, respectively
Microphonic/impact	Handheld and body worn	0,2 J
	All others	1,0 J
Mechanical shock	Non-installed	50 g at 11 ms

Table 4 – Electromagnetic requirements

Influence	Instrument type	Level
Electrostatic discharge	All	6 kV/8 kV, contact/air discharge
Radio frequency (RF)	Body worn	80 MHz to 1 000 MHz at 50 V·m ^{–1} and 1,4 GHz to 6 GHz at 10 V·m ^{–1}
	All other	80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 6 GHz at 10 V·m ^{–1}
Radiated emissions	All	Table 5
Magnetic field	Non-installed	1 mT (10 Gauss) at 50 Hz or 60 Hz
Voltage and frequency	Line powered	Voltage – +10 %/–12 % of nominal 47-53 Hz/57-63 Hz
Conducted RF	Line powered	150 kHz to 80 MHz at 140 dB(μV)
Surges and ring waves	Line powered	2 kV ring wave
		1,2/50 μs and 8/20 μs at 2 kV combination wave

Table 5 – Emission frequency range

MHz	Field strength (peak) μV/m
30 – 88	100
88 – 216	150
216 – 960	200
> 960	500

Bibliography

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

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

IEC 60068-2-18, *Environmental testing – Part 2-18: Tests – Test R and guidance: Water*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-31, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60068-2-38, *Environmental testing – Part 2-38: Tests – Test Z/AD: Composite temperature/humidity cyclic test*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60721-3-1, *Classification of environmental conditions – Part 3 Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

IEC 60721-3-2, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 2: Transportation*

IEC 60721-3-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 3: Stationary use at weatherprotected locations*

IEC 60721-3-4, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations*

IEC 60721-3-6, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Ship environment*

IEC 60721-3-7, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 7: Portable and non-stationary use*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	24
INTRODUCTION.....	26
1 Domaine d'application et objet.....	27
2 Références normatives.....	27
3 Termes et définitions, abréviations, quantités et unités.....	28
3.1 Termes et définitions.....	28
3.2 Abréviations.....	29
3.3 Quantités et unités.....	29
4 Exigences générales.....	29
5 Procédure générale d'essai.....	29
5.1 Nature des essais.....	29
5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	29
5.3 Utilisation de cette norme.....	30
5.3.1 Généralités.....	30
5.3.2 Exigences concernant les grandeurs influentes.....	30
5.3.3 Exigences d'environnement.....	30
5.3.4 Exigences mécaniques.....	30
5.3.5 Exigences électromagnétiques.....	31
5.3.6 Essai de fonctionnement.....	31
5.3.7 Exigences supplémentaires et méthodes d'essai.....	31
6 Exigences de détection de rayonnement.....	32
7 Exigences environnementales.....	32
7.1 Généralités.....	32
7.2 Température ambiante.....	32
7.2.1 Exigences.....	32
7.2.2 Méthode d'essai.....	32
7.3 Choc de température.....	32
7.3.1 Exigences.....	32
7.3.2 Méthode d'essai.....	33
7.4 Humidité relative.....	33
7.4.1 Exigences.....	33
7.4.2 Méthode d'essai.....	33
7.5 Démarrage à basse/haute température.....	34
7.5.1 Exigences.....	34
7.5.2 Méthode d'essai.....	34
7.6 Classification IP (degré de protection).....	34
7.6.1 Exigences.....	34
7.6.2 Méthode d'essai.....	34
8 Exigences mécaniques.....	34
8.1 Généralités.....	34
8.2 Chute.....	34
8.2.1 Exigences.....	34
8.2.2 Méthode d'essai.....	35
8.3 Essai de vibration.....	35
8.3.1 Exigences pour instrument portatif, porté sur le corps, portable et transportable.....	35

8.3.2	Exigences pour instrument installé	35
8.3.3	Exigences pour instrument mobile (montage sur un véhicule terrestre)	36
8.4	Effets microphoniques/impact.....	36
8.4.1	Exigences pour instrument portatif et porté sur le corps.....	36
8.4.2	Exigences pour tous les autres instruments	36
8.4.3	Méthode d'essai	36
8.5	Choc mécanique.....	37
8.5.1	Exigences.....	37
8.5.2	Méthode d'essai	37
9	Exigences électromagnétiques	37
9.1	Généralités.....	37
9.2	Décharge électrostatique.....	37
9.2.1	Exigences – tous les types d'instruments.....	37
9.2.2	Méthode d'essai (CEI 61000-4-2, niveau de sévérité 3)	37
9.3	Immunité aux radiofréquences.....	38
9.3.1	Exigences – Porté sur le corps (CEI 61000-4-3, niveau de sévérité x)	38
9.3.2	Exigences – tous les autres types (CEI 61000-4-3, niveau de sévérité 3)	38
9.3.3	Méthode d'essai	38
9.4	Rayonnements RF émis	38
9.4.1	Exigences.....	38
9.4.2	Méthode d'essai	38
9.5	Champs magnétiques.....	39
9.5.1	Exigences (CEI 61000-4-8, niveau de sévérité de champ continu 5)	39
9.5.2	Méthode d'essai	39
9.6	Exigences du matériel alimenté par le réseau en courant alternatif.....	39
9.6.1	Fluctuations de tension et de fréquence	39
9.6.2	Immunité par rapport aux radiofréquences conduites.....	40
9.6.3	Ondes de choc et ondes sinusoïdales fortement amorties.....	40
10	Documentation	41
	Bibliographie.....	43
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	41
	Tableau 2 – Température d'utilisation sur site et exigences IP	41
	Tableau 3 – Exigences mécaniques	41
	Tableau 4 – Exigences électromagnétiques	42
	Tableau 5 – Gamme de fréquences émises	42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – EXIGENCES DE PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES, ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET MÉCANIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 62706 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/744/FDIS	45B/753/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

Les instruments pour la radioprotection, qui incluent les instruments utilisés pour la détection et l'identification de matériaux radioactifs et de radionucléides, sont utilisés dans un grand nombre d'environnements différents. Ils sont généralement exposés à différents niveaux de température, d'humidité, de champs électromagnétiques et de contraintes mécaniques, tels que chocs et vibrations pendant l'utilisation normale. Les instruments de radioprotection peuvent être portés, transportés à la main, montés sur un véhicule, transportés d'un emplacement à un autre ou installés. Lors de l'élaboration des exigences spécifiques à un instrument, il convient de tenir compte de toutes les conditions associées à ces utilisations très différentes. Pour garantir la cohérence entre les normes, la présente norme d'exigences de performances d'environnement, électromagnétiques et mécaniques a été élaborée.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – EXIGENCES DE PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES, ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET MÉCANIQUES

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale détermine les exigences et les méthodes d'essai de performances d'environnement, mécaniques et électromagnétiques pour l'instrumentation pour la radioprotection.

L'objectif de la présente norme est de définir les environnements dans lesquels peuvent être exposés des instruments de radioprotection pour les besoins de la conception et des essais. Les environnements traités par cette norme sont applicables aux instruments portés sur le corps (par exemple, détecteurs personnels de radiation, dispositif dorsal et dosimètres), transportés à la main, portables et transportables, mobiles ou installés.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-393, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Partie 393: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques et notions fondamentales*

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

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

CEI 60721-3-5, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 5: Installations des véhicules terrestres*

CEI 61000-4-2: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

CEI 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

CEI 61000-4-12: *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-12: techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale amortie*

3 Termes et définitions, abréviations, quantités et unités

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions qui suivent, ainsi que ceux qui sont donnés dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394, s'appliquent.

3.1.1

instrument porté sur le corps

instruments pour la radioprotection portés sur le tronc ou les extrémités du corps pendant leur utilisation

3.1.2

instrument portatif ou portable

instruments pour la radioprotection utilisés pendant qu'ils sont tenus

3.1.3

grandeur influente

quantité qui n'est pas le mesurande mais qui a un effet sur le résultat du mesurage

Note 1 à l'article: Par exemple, la température d'un micromètre lors de la mesure d'une longueur.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-27; GUM B.2.10]

3.1.4

grandeur d'influence de type F

grandeur d'influence dont l'effet sur la valeur indiquée est une modification de la réponse

Note 1 à l'article: Des exemples sont des modifications de la valeur indiquée dues à l'énergie de rayonnement ou à l'angle d'incidence de rayonnement.

Note 2 à l'article: "F" signifie facteur. L'indication due à la radiation est multipliée par un facteur du à la grandeur d'influence (par exemple, l'indication due au rayonnement de Co-60 est 1,2 fois celle due au rayonnement de Cs-137).

3.1.5

grandeur d'influence de type S

grandeur d'influence dont l'effet sur la valeur indiquée est un écart indépendant de la valeur indiquée

Note 1 à l'article: par exemple, des modifications positives ou négatives des valeurs indiquées dues à une exposition à des perturbations électromagnétiques ou des effets microphoniques.

Note 2 à l'article: "S" signifie somme: l'indication est la somme de l'indication due au rayonnement et de celle due à la grandeur d'influence, par exemple, perturbation électromagnétique.

3.1.6

instrument installé

instruments de radioprotection montés de manière permanente à un emplacement d'utilisation

3.1.7

instrument transportable

instruments de radioprotection pouvant être déplacés à des emplacements différents et qui ne sont pas utilisés pendant le déplacement

3.1.8

instrument mobile

instruments de radioprotection montés sur des plates-formes mobiles et fonctionnant en mouvement

3.2 Abréviations

DES	décharge électrostatique
RF	radiofréquence
EM	électromagnétique
DC	courant continu
AC	courant alternatif

3.3 Quantités et unités

Dans la présente norme, on utilise les unités du système international (SI)¹. Les définitions des quantités de rayonnement sont données dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394. Les anciennes unités correspondantes (non SI) sont indiquées entre parenthèses.

On peut néanmoins également utiliser les unités suivantes:

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

Lorsque cela est possible, on utilise les multiples et les sous-multiples des unités SI, conformément au système SI.

4 Exigences générales

La présente norme ne définit pas les exigences générales des systèmes ou dispositifs utilisés pour effectuer des essais individuels. Les exigences générales sont traitées dans la norme spécifique à l'instrument.

5 Procédure générale d'essai

5.1 Nature des essais

La présente norme fournit les exigences et les méthodes d'essai de performances d'environnement, mécaniques et électromagnétiques pour les systèmes de détection de rayonnement. Ces essais sont basés sur les normes CEI existantes pour le matériel électronique et sur l'expérience de l'utilisation sur site.

Pour un type d'instrument donné, le chef de projet peut utiliser des exigences d'autres types d'instruments.

5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Le Tableau 1 contient les conditions de référence et les conditions normales d'essai. Les conditions de référence sont les conditions pour lesquelles les performances du dispositif sont valables et les conditions normales d'essai indiquent les tolérances nécessaires pour un essai pratique.

¹ Bureau International des Poids et Mesures: Système International d'Unités, 8^{ème} édition, 2006.

5.3 Utilisation de cette norme

5.3.1 Généralités

La présente norme fournit les exigences et les méthodes d'essai d'environnement, mécaniques et électromagnétiques pour l'élaboration de nouvelles normes ou la révision de normes existantes. Il convient de déterminer ces exigences en se basant sur le type d'instrument (par exemple, portable) et l'utilisation qui en est attendue (par exemple, intérieure ou extérieure) comme défini à l'Article 3.

5.3.2 Exigences concernant les grandeurs influentes

5.3.2.1 Généralités

Sauf indication contraire, les exigences de fonctionnement déterminées dans une norme spécifique à un instrument doivent être mentionnées en termes de modification des fonctions (ex.: activation de l'alarme, perte de l'affichage, etc.) ou de relevés indiqués (ex.: ± 15 % de la moyenne des relevés obtenus en condition normales).

Il convient que la norme spécifique à l'instrument précise si la grandeur influente est généralement de type S ou F. Il convient que le niveau de rayonnement indiqué pour chaque essai soit basé sur le type de grandeur influente comme cela est décrit au 5.3.2.2 et 5.3.2.3.

5.3.2.2 Essais pour les grandeurs influentes de type S

Il convient d'effectuer ces essais à un débit d'équivalent de dose ambiante assez faible pour garantir qu'un effet lors de l'essai soit mesurable (ex.: 10 fois la limite inférieure de la plage effective de mesure mais non nulle afin de pouvoir détecter une réduction dans l'indication).

5.3.2.3 Essais pour les grandeurs influentes de type F

Ces essais peuvent être effectués à tout débit d'équivalent de dose ambiante. Il convient de choisir un débit d'équivalent de dose ambiante assez élevé pour garantir que les fluctuations statistiques soient assez faibles afin de démontrer que les exigences sont satisfaites (ex.: au moins 10 fois au dessus de la limite inférieure de la plage de mesure).

5.3.3 Exigences d'environnement

Les exigences d'environnement s'appliquent à différents types de systèmes de rayonnement sur la base de leur conception et de l'utilisation qui en est attendue. Les exigences d'environnement s'appliquant à un instrument spécifique sont traitées par la norme spécifique à cet instrument. Au minimum, des essais de température ambiante et d'humidité relative sont exigés pour tous les types de systèmes de détection de rayonnement. Les autres conditions d'environnement doivent être déterminées comme le chef de projet l'estime approprié.

L'exemple de texte suivant peut être utilisé dans une norme individuelle en tant que référence à la présente norme: «Le matériel doit être soumis aux essais spécifiés par la CEI 62706 "Exigences de performances d'environnement, mécaniques et électromagnétiques pour l'instrumentation pour la radioprotection" en ce qui concerne les exigences de température ambiante, d'humidité relative et les autres exigences métrologiques pour des instruments [insérer ici la désignation de l'instrument, à savoir, porté sur le corps, portable, installé, etc.]». Il est recommandé de ne pas préciser l'année de publication dans les références normatives citant la CEI 62706 afin que la dernière édition de cette norme soit prise en compte.

5.3.4 Exigences mécaniques

Les exigences mécaniques s'appliquent à différents types de systèmes de rayonnement sur la base de leur conception et de l'utilisation qui en est attendue. Les exigences mécaniques qui s'appliquent un système spécifique sont traitées par cette norme spécifique. Au minimum, les

vibrations, les chocs mécaniques et les impacts sont exigés pour tous les types de systèmes de détection de rayonnement.

L'exemple de texte suivant peut être utilisé dans une norme individuelle en tant que référence à la présente norme: «Le matériel doit être soumis aux essais spécifiés par la CEI 62706 "Exigences de performances d'environnement, mécaniques et électromagnétiques pour l'instrumentation pour la radioprotection" en ce qui concerne les exigences mécaniques pour des instruments [insérer ici la désignation de l'instrument, à savoir, porté sur le corps, portatif, installé, etc.]». Il est recommandé de ne pas préciser l'année de publication dans les références normatives citant la CEI 62706 afin que la dernière édition de cette norme soit prise en compte.

5.3.5 Exigences électromagnétiques

Les exigences électromagnétiques s'appliquent à différents types de systèmes de rayonnement sur la base de leur conception et de l'utilisation qui en est attendue. Les exigences électromagnétiques qui s'appliquent un système spécifique sont traitées par cette norme spécifique. Au minimum, l'immunité et le rayonnement aux radiofréquences sont exigés pour tous les types de systèmes de détection de rayonnement.

L'exemple de texte suivant peut être utilisé dans une norme individuelle en tant que référence à la présente norme: «Le matériel doit être soumis aux essais spécifiés par la CEI 62706 "Exigences de performances d'environnement, mécaniques et électromagnétiques pour l'instrumentation pour la radioprotection" en ce qui concerne les exigences électromagnétiques pour des instruments [insérer ici la désignation de l'instrument, à savoir, porté sur le corps, portatif, installé, etc.]». Il est recommandé de ne pas préciser l'année de publication dans les références normatives citant la CEI 62706 afin que la dernière édition de cette norme soit prise en compte.

5.3.6 Essai de fonctionnement

Un essai de fonctionnement visant à vérifier que les effets d'une influence appartiennent à la plage d'acceptation spécifique à l'instrument doit être défini dans la norme spécifique à l'instrument. Ces essais sont généralement effectués avant, pendant et après les essais de conditions d'environnement telles que la température, l'humidité et les perturbations électromagnétiques, ainsi qu'avant et après les perturbations mécaniques. Il convient d'utiliser des sources de rayonnement appropriées spécifiques au type d'instrument soumis à essai.

Les essais de fonctionnement peuvent inclure les vérifications suivantes:

- Les relevés de l'instrument sont compris dans une plage spécifique avant et après l'exposition à une grandeur influente (ex.: les relevés de l'instrument après l'essai sont compris entre $\pm x$ % de la valeur avant essai).
- Aucune alarme, aucune identification de radionucléides, augmentation ou diminution des relevés ou autre indication parasite ne sont observées lors de l'exposition à une grandeur influente en l'absence de source de rayonnement.
- Les capacités d'identification des radionucléides de l'instrument ne sont pas dégradées après l'exposition à une grandeur influente.

5.3.7 Exigences supplémentaires et méthodes d'essai

Des exigences ou des méthodes d'essai supplémentaires ou alternatives peuvent être déterminées dans la norme spécifique à la discrétion du chef de projet.

6 Exigences de détection de rayonnement

Les exigences de détection de rayonnement sont traitées dans la norme spécifique à l'instrument.

7 Exigences environnementales

7.1 Généralités

Les instruments peuvent consister en plusieurs composants constituant un système, par exemple un système de dosimétrie comporte le lecteur et les dosimètres individuels. Les composants individuels peuvent être exposés à des environnements différents. La sélection des exigences d'environnement doit tenir compte des conditions dans lesquelles on s'attend à ce que chaque composant soit utilisé. Pendant l'essai, les composants qui ne seront pas exposés à un champ d'influence (par exemple, température) peuvent être séparés du système dans son ensemble.

7.2 Température ambiante

7.2.1 Exigences

Le fabricant doit indiquer la plage de températures dans laquelle fonctionneront l'instrument et tous les composants du système. Le Tableau 2 fournit les plages de températures minimales pour chaque type d'instrument, sur la base des environnements d'utilisation prévus. Les instruments peuvent également consister en des composants constituant un système. Dans ce système, les composants individuels peuvent être exposés à des environnements différents. Les exigences de température doivent être déterminées en tenant compte des conditions prévues dans lesquelles chaque composant sera utilisé.

7.2.2 Méthode d'essai

Avant de commencer chaque essai, l'instrument soumis à essai doit être placé dans une chambre d'environnement réglée à une température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant au moins 30 min ou pendant une durée suffisamment longue pour assurer que l'instrument est parvenu à un équilibre avec la température dans la chambre d'essai. Il convient que l'humidité relative dans la chambre soit inférieure à 65 % pour éviter la condensation pendant l'essai.

L'essai doit être effectué une fois à la température extrême supérieure et une fois à la température extrême inférieure. On doit faire varier la température linéairement jusqu'à la température extrême (haute ou basse) à une vitesse ne dépassant pas $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$. La température de la chambre d'essai doit être maintenue au niveau de température extrême pendant au moins 4 h. La durée réelle doit être suffisamment longue pour assurer que l'instrument soit parvenu à l'équilibre avec l'environnement. Les relevés ou les modifications de fonctionnement apparaissant pendant cette période de temps doivent être enregistrés. Les relevés (ou autres fonctions) de l'instrument doivent être enregistrés à la fin du temps d'équilibre, conformément à la norme spécifique à l'instrument.

A la suite de l'exposition à température haute ou basse, la température dans la chambre d'essai doit être ramenée à $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ à la vitesse contrôlée inférieure à $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$.

7.3 Choc de température

7.3.1 Exigences

Le cas échéant, les instruments doivent être capables de fonctionner pendant une durée définie par le fabricant à la suite de l'exposition à une variation rapide de température depuis la valeur nominale ($20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) jusqu'à la valeur de température haute ou basse et en sens inverse. Le temps nécessaire pour qu'un instrument devienne fonctionnel après chaque

variation de température doit être indiqué par le fabricant. La norme spécifique à l'instrument peut indiquer un temps maximum si le fabricant ne fournit pas cette information.

NOTE Il est prévisible ce que des instruments portatifs ou portés sur le corps seront exposés à des chocs de température. Les matériels installés et transportables, incluant les matériels transportables montés sur des plates-formes de véhicule, ont des masses thermiques relativement importantes, ce qui a pour conséquence une variation lente de température même lorsque la variation de température ambiante est rapide.

7.3.2 Méthode d'essai

Les relevés des instruments soumis à essai doivent être enregistrés lorsqu'ils sont à une température de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. L'instrument soumis à essai doit ensuite être exposé à la température extrême (haute ou basse), la variation ayant lieu pendant un intervalle de temps ne dépassant pas 5 min. Il convient que l'instrument soit maintenu à cette température pendant une période de temps jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint, 2 h par exemple. Il convient que les relevés soient obtenus à des intervalles de temps spécifiés, toutes les 5 min, par exemple. A la fin de cette partie de l'essai, l'instrument doit être placé à une température de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ pendant une période inférieure à 5 min et doit être maintenu à cette température jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint. Il convient que les relevés soient obtenus selon la même technique que celle décrite précédemment. Les essais de fonctionnement doivent être définis dans la norme spécifique à l'instrument.

7.4 Humidité relative

7.4.1 Exigences

Les instruments conçus pour fonctionner dans des environnements non contrôlés doivent être capables de fonctionner à des niveaux d'humidité relative allant jusqu'à 93 % à une température de 35 °C maximum.

En se basant sur l'utilisation prévue et sur les exigences de fiabilité de fonctionnement, certains instruments peuvent nécessiter des essais supplémentaires pour vérifier l'intégrité du boîtier. Ceci peut être réalisé en effectuant un essai dans lequel la température parcourt un cycle tout en maintenant des conditions d'humidité relative élevée (CEI 60068-2-38).

Si un instrument est utilisé dans un environnement maritime, il convient d'effectuer un essai au brouillard salin/à la brume (CEI 60068-2-52).

7.4.2 Méthode d'essai

L'instrument soumis à essai doit être placé dans une chambre d'environnement à une température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et une humidité relative approximativement de 65 % et on doit le laisser se stabiliser pendant une durée minimale de 30 min. On doit ensuite augmenter la température jusqu'à 35 °C à une vitesse maximale de $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$. On doit ensuite augmenter l'humidité relative jusqu'à $93\% \pm 5\%$ à une vitesse approximativement de 10 % d'humidité relative par heure. Il convient d'observer l'instrument soumis à essai pendant la totalité de l'essai afin d'identifier les modifications de son fonctionnement qui peuvent apparaître en conséquence de l'exposition à l'humidité. L'humidité relative et la température dans la chambre d'essai doivent être maintenues pendant une durée minimale de 16 h. On doit ensuite diminuer l'humidité relative jusqu'à $40\% \pm 3\%$ à une vitesse approximativement de 10 % d'humidité relative par heure, tout en maintenant la température à $+35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Après avoir attendu une durée minimale de 2 h pour parvenir à l'équilibre, la température et l'humidité doivent être ramenées aux conditions nominales avec les vitesses de variation indiquées précédemment. Les essais de fonctionnement doivent être définis dans la norme spécifique à l'instrument.

7.5 Démarrage à basse/haute température

7.5.1 Exigences

Lorsqu'ils fonctionnent dans des environnements qui ne sont pas protégés des intempéries, les instruments doivent être capables de fonctionner lorsqu'ils sont mis sous tension à la limite de température froide ou chaude.

7.5.2 Méthode d'essai

L'instrument soumis à essai doit être placé dans une chambre d'environnement à une température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Lorsqu'il est prêt pour la mesure, mettre en marche l'instrument et vérifier le fonctionnement conformément à sa norme spécifique. L'instrument doit ensuite être arrêté.

La température doit ensuite être modifiée jusqu'à la limite de température basse à une vitesse maximale de $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$. Laisser la température se stabiliser pendant 2 h au minimum ou pendant une durée suffisamment longue pour assurer que tous les composants parviennent à un équilibre thermique. Lorsqu'il est prêt pour la mesure, mettre en marche l'instrument et vérifier le fonctionnement conformément à sa norme spécifique. L'instrument doit ensuite être arrêté.

Effectuer le même essai en partant de la température nominale et en allant jusqu'à la limite de température haute.

7.6 Classification IP (degré de protection)

7.6.1 Exigences

Les enceintes ou les boîtiers qui entourent les instruments ou les composants individuels d'un système pouvant être utilisé à des emplacements qui ne sont pas protégés contre les intempéries doivent être conçus pour satisfaire aux classifications IP, comme défini dans le Tableau 2.

7.6.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai doit être conforme aux exigences IP indiquées dans la CEI 60529. Ces essais doivent inclure la poussière et l'humidité.

Le fonctionnement de l'instrument doit être vérifié conformément à sa norme spécifique.

8 Exigences mécaniques

8.1 Généralités

Les instruments peuvent consister en plusieurs composants constituant un système, par exemple un système de dosimétrie comporte le lecteur et les dosimètres individuels. Un moniteur de portique peut inclure un ensemble de détection et un ensemble de contrôle. Les composants individuels peuvent être exposés à des environnements différents. La sélection des exigences mécaniques doit tenir compte des conditions dans lesquelles on s'attend à ce que chaque composant soit utilisé. Un résumé des exigences est présenté dans le Tableau 3.

8.2 Chute

8.2.1 Exigences

Les instruments portés sur le corps doivent continuer à fonctionner correctement après avoir fait une chute d'une hauteur de 1 m sur une surface en béton, sur chacune de leurs six faces.

Les instruments portatifs doivent continuer à fonctionner correctement après avoir fait une chute d'une hauteur de 30 cm sur une surface en bois dur, sur chaque face.

Les instruments qu'il est nécessaire de transporter dans des boîtiers protecteurs doivent fonctionner correctement après avoir fait une chute d'une hauteur de 1 m sur une surface en béton dans leur boîtier de livraison sur chaque face.

Il n'existe pas d'exigences concernant les chutes pour le matériel installé, mobile et transportable.

8.2.2 Méthode d'essai

Un essai de fonctionnement doit être effectué avant et après chaque essai de chute, conformément à la norme spécifique à l'instrument. Les chutes doivent se faire selon une méthode garantissant qu'un seul côté soit exposé à la chute.

8.3 Essai de vibration

8.3.1 Exigences pour instrument portatif, porté sur le corps, portable et transportable

8.3.1.1 Généralités

L'instrument doit supporter une exposition à des environnements vibratoires aléatoires utilisant une densité spectrale de $0,01 \text{ g}^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ avec des points d'extrémité à 5 Hz et 500 Hz. L'exposition aux vibrations ne doit pas modifier pas l'état physique et le fonctionnement de l'instrument (par exemple: les jonctions de soudure doivent tenir, les écrous et les boulons ne doivent pas se desserrer).

8.3.1.2 Méthode d'essai

Effectuer une inspection visuelle et vérifier que l'instrument fonctionne correctement comme exigé par la norme spécifique à l'instrument. Soumettre l'instrument à une vibration aléatoire à $0,01 \text{ g}^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ (densité spectrale) en utilisant 5 Hz et 500 Hz pour les points d'extrémité de fréquence pendant une durée de 1 h dans chacune des trois orientations orthogonales. Après chaque intervalle de vibrations de 1 h, effectuer un essai de fonctionnement en se basant sur la norme spécifique à l'instrument.

Après l'essai, contrôler les dégradations mécaniques et les composants desserrés de l'instrument.

8.3.2 Exigences pour instrument installé

8.3.2.1 Généralités

Les moniteurs ou les composants pouvant être exposés à des vibrations (provenant par exemple du mouvement de matériel lourd, de véhicules, etc.) doivent fonctionner normalement lorsqu'ils sont exposés à des vibrations allant jusqu'à $0,5 g_n$ sur une plage de fréquences allant de 10 Hz à 150 Hz. Il convient que l'exposition ne modifie pas l'état physique du composant (par exemple: les jonctions de soudure doivent tenir, les écrous et les boulons ne doivent pas se desserrer). Le moniteur doit fonctionner correctement comme requis par la norme spécifique à l'instrument pendant toute l'exposition aux vibrations et après l'essai.

8.3.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit consister en 10 cycles de balayage logarithmique de 2 min à $0,5 g_n$ sur une plage de fréquences allant de 10 Hz à 150 Hz. L'orientation utilisée pour l'essai doit être la même que celle qui est utilisée lors du montage sur site. L'exigence est satisfaite si aucune alarme ou autres indications parasites n'apparaît et s'il n'y a pas de modification substantielle de la

réponse, comme spécifié par la norme spécifique à l'instrument. Après l'essai, contrôler les dégradations mécaniques et les composants desserrés du moniteur.

8.3.3 Exigences pour instrument mobile (montage sur un véhicule terrestre)

8.3.3.1 Généralités

Le moniteur doit fonctionner correctement comme requis par la norme spécifique à l'instrument lorsqu'il est exposé à des vibrations associées à un matériel installé sur un véhicule terrestre. L'exposition aux vibrations est fondée sur la classification 5M2 que l'on trouve dans la CEI 60721-3-5. Les densités spectrales accélérées pour l'essai sont respectivement de 1 et 0,3 m²/s³ de 10 Hz à 200 Hz et de 200 Hz à 500 Hz. Il convient que l'exposition ne modifie pas l'état physique du moniteur (par exemple: les jonctions de soudure doivent tenir, les écrous et les boulons ne doivent pas se desserrer).

Il convient d'élaborer des exigences spécifiques pour les plates-formes aériennes et maritimes en se basant sur le type de plate-forme utilisé prévu.

8.3.3.2 Méthode d'essai

L'essai doit consister en une exposition aux vibrations pendant 1 h. L'orientation utilisée pour l'essai doit être la même que celle qui est utilisée lors du montage. L'exigence est satisfaite si l'instrument fonctionne comme spécifié par la norme spécifique à l'instrument, pendant et après l'essai. Après l'essai, contrôler les dégradations mécaniques et les composants desserrés du moniteur.

8.4 Effets microphoniques/impact

8.4.1 Exigences pour instrument portatif et porté sur le corps

8.4.1.1 Généralités

Les instruments de radioprotection portatifs ou portés sur le corps ne doivent pas être affectés par les conditions de l'effet microphonique, telles que celles qui sont provoquées par des contacts pointus de faible intensité avec des énergies allant jusqu'à 0,2 J.

8.4.1.2 Méthode d'essai

L'instrument soumis à essai fonctionnant normalement, exposer l'instrument à 3 impacts d'une intensité de 0,2 J en différents points sur chaque face de l'instrument, tout en observant la réponse. L'instrument ne doit pas être affecté par les impacts. Il convient d'effectuer l'essai de fonctionnement conformément à la norme spécifique à l'instrument.

8.4.2 Exigences pour tous les autres instruments

Les instruments de radioprotection transportables, mobiles et installés ne doivent pas être affectés par les conditions de l'effet microphonique, telles que celles qui sont provoquées par des contacts pointus de faible intensité avec des énergies allant jusqu'à 1,0 J.

8.4.3 Méthode d'essai

Il convient d'effectuer l'essai d'impact à 3 emplacements proches des circuits électroniques et à 3 autres emplacements proches des détecteurs situés dans le moniteur, tout en observant la réponse de l'instrument. L'instrument soumis à essai ne doit pas être affecté par les impacts. Il convient d'effectuer l'essai de fonctionnement conformément à la norme spécifique à l'instrument.

8.5 Choc mécanique

8.5.1 Exigences

Les instruments de radioprotection non installés doivent fonctionner normalement lorsqu'ils sont exposés à 10 impulsions de choc d'une accélération de 50 g crête, appliquées chacune pendant un intervalle de temps nominal de 11 ms sur chaque axe parmi trois axes mutuellement orthogonaux. Ces chocs ne doivent pas modifier pas l'état physique des instruments (par exemple: les jonctions de soudure doivent tenir, les écrous et les boulons ne doivent pas se desserrer).

Il n'existe pas d'exigence concernant les systèmes de détection de rayonnement installés.

8.5.2 Méthode d'essai

L'instrument soumis à essai fonctionnant normalement, le soumettre à 10 impulsions d'une accélération crête de 50 g (impulsions d'onde en demi-sinusoïde), appliquées chacune pendant une durée nominale de 11 ms dans trois directions orthogonales, tout en observant la réponse de l'instrument. Après chaque ensemble de 10 chocs par face, vérifier le fonctionnement du dispositif en se basant sur la norme spécifique à l'instrument. Après l'essai, contrôler les dégradations mécaniques et les composants desserrés du dispositif.

9 Exigences électromagnétiques

9.1 Généralités

Les instruments peuvent consister en plusieurs composants constituant un système, par exemple un système de dosimétrie comporte le lecteur et les dosimètres individuels. Les composants individuels peuvent être exposés à des environnements différents. La sélection des exigences électromagnétiques doit tenir compte des conditions dans lesquelles on s'attend à ce que chaque composant soit utilisé. Un résumé des exigences est présenté dans le Tableau 4.

9.2 Décharge électrostatique

9.2.1 Exigences – tous les types d'instruments

L'instrument doit fonctionner correctement pendant et après exposition à des décharges électrostatiques à 6 kV (décharge de contact pour des surfaces conductrices) ou à 8 kV (décharge dans l'air pour les surfaces non conductrices ou isolantes).

9.2.2 Méthode d'essai (CEI 61000-4-2, niveau de sévérité 3)

Pour les systèmes alimentés par le secteur (ex.: instruments installés), suivre les exigences de montage sur une table ou sur un plancher indiquées dans la norme de référence. Effectuer la technique de décharge par contact (sans isolation) ou de décharge dans l'air (avec isolation) basé sur le point de décharge. Chaque point de décharge doit être choisi en fonction de leur accessibilité à l'utilisateur lors d'une utilisation normale. Dix décharges doivent être appliquées à chaque point de décharge à chaque polarité (positive et négative), avec un temps de récupération minimum de 1 s entre chaque décharge.

Pour les instruments alimentés par batterie ou non installés (ex.: instruments non reliés à la terre), effectuer la technique de décharge par contact (sans isolation) ou de décharge dans l'air (avec isolation) basé sur le point de décharge. Chaque point de décharge doit être choisi en fonction de leur accessibilité à l'utilisateur lors d'une utilisation normale. Dix décharges doivent être appliquées à chaque point de décharge à chaque polarité (positive et négative), avec un temps de récupération minimum de 1 s entre chaque décharge.

Le fonctionnement de l'instrument doit être surveillé pendant l'essai et vérifié après l'essai conformément à la norme spécifique à l'instrument.

9.3 Immunité aux radiofréquences

9.3.1 Exigences – Porté sur le corps (CEI 61000-4-3, niveau de sévérité x)

Il convient que l'instrument ne soit pas affecté, comme défini dans la norme spécifique à l'instrument, lorsqu'il est exposé à des champs radiofréquence situés dans les gammes de 80 MHz à 1 000 MHz à $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ et de 1,4 GHz à 6 GHz à $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ en utilisant une modulation d'amplitude à 80 % par une onde sinusoïdale à 1 kHz.

9.3.2 Exigences – tous les autres types (CEI 61000-4-3, niveau de sévérité 3)

Il convient que l'instrument ne soit pas affecté, comme défini dans la norme spécifique à l'instrument, lorsqu'il est exposé à des champs radiofréquence situés dans les gammes de 80 MHz à 1 000 MHz et de 1,4 GHz à 6 GHz à $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ en utilisant une modulation d'amplitude à 80 % par une onde sinusoïdale à 1 kHz.

9.3.3 Méthode d'essai

Placer l'instrument dans un environnement radiofréquence contrôlé (par exemple, une chambre anéchoïque). En fonctionnement normal, exposer l'instrument à un champ radiofréquence comme requis. Il convient d'effectuer l'essai en utilisant un balayage progressif automatique à une vitesse de variation de fréquence qui ne soit pas supérieure à 1 % de la fréquence fondamentale (antérieure). Il convient de choisir le temps de passage en se basant sur le temps de réponse de l'instrument, mais il convient qu'il ne soit pas inférieur à 3 s.

A l'exception des instruments installés ou montés, le champ de radiofréquence doit être appliqué aux deux faces du dispositif grâce à des antennes à polarité verticale et horizontale.

En raison des dimensions physiques de certains instruments (par exemple, les moniteurs de portique à rayonnement) il peut être nécessaire de repositionner le système ou l'antenne pour s'assurer que chaque face de l'instrument est exposée avec l'intensité correcte. Il n'est pas nécessaire de soumettre à essai un système à orientation procurant une surface de blindage continue contre les radiofréquences (par exemple, la face d'un coffret métallique dépourvue d'évents ou d'orifices d'aération).

Le fonctionnement de l'instrument doit être vérifié pendant une exposition aux radiofréquences, en se basant sur la norme spécifique à l'instrument.

Répéter les essais avec des sources radioactives présentes pour vérifier la conformité à l'exigence.

9.4 Rayonnements RF émis

9.4.1 Exigences

Les champs électromagnétiques émis par un instrument à 3 m doivent être inférieurs à ce qui est présenté dans le Tableau 5.

9.4.2 Méthode d'essai

Placer l'instrument dans une zone disposant d'un environnement radiofréquence faible et contrôlable (par exemple, une chambre anéchoïque). Placer une antenne à 3 m de l'instrument.

Pour les instruments installés, vérifier que tous les câbles conducteurs extérieurs sont configurés comme ils le seraient après installation.

L'instrument étant arrêté, enregistrer un spectre de bruit de fond avec une largeur de bande de balayage de 50 kHz. Mettre l'instrument en marche et effectuer un balayage radiofréquence pour chaque mode de fonctionnement, comme applicable au type d'instrument. On doit faire tourner l'instrument pour s'assurer que les rayonnements sont mesurés sur toutes les faces.

Les rayonnements radiofréquence doivent être inférieurs aux valeurs indiquées dans le Tableau 3.

9.5 Champs magnétiques

9.5.1 Exigences (CEI 61000-4-8, niveau de sévérité de champ continu 5)

Les instruments de radioprotection doivent être entièrement fonctionnels lorsqu'ils sont exposés à un champ magnétique de 100 A/m (3 gauss) à 50 Hz ou 60 Hz. L'indication de l'amplitude du champ de rayonnement ainsi que toute réponse spectrale, le cas échéant, ne doit pas changer lorsqu'ils sont exposés à l'un ou l'autre de ces champs magnétiques.

Le niveau d'essai choisi dépend d'importantes zones de postes de manœuvre et des centrales électriques de puissance. D'autres essais peuvent être effectués en fonction de l'existence d'équipements produisant des champs magnétiques (ex.: accélérateurs de particules). Pour les instruments pouvant être utilisés à proximité des ces dispositifs, il convient d'effectuer des essais spéciaux pour s'assurer que l'instrument fonctionne correctement lorsqu'il se trouve dans le champ magnétique.

9.5.2 Méthode d'essai

En utilisant la méthode «d'immersion» ou de «proximité» (en fonction des dimensions de l'ensemble de détection), l'exposition au champ magnétique doit être réalisée dans deux orientations (0° et 90°) par rapport aux lignes de champ magnétique.

L'instrument doit d'abord être exposé à un champ magnétique de 100 A/m (1,3 gauss) 50 Hz ou 60 Hz en courant alternatif sans sources de rayonnements présentes.

Répéter l'essai à des champs magnétiques avec des sources radioactives présentes comme applicable au type d'instrument.

Le fonctionnement de l'instrument doit être contrôlé pendant l'essai et vérifié après l'essai, conformément à la norme spécifique à l'instrument.

9.6 Exigences du matériel alimenté par le réseau en courant alternatif

9.6.1 Fluctuations de tension et de fréquence

9.6.1.1 Exigences

Il convient de concevoir les assemblages alimentés par le secteur électrique pour qu'ils fonctionnent à partir d'une alimentation en courant alternatif monophasé de 100 V à 240 V et de 47 Hz à 63 Hz.

9.6.1.2 Méthode d'essai

Augmenter la tension d'alimentation jusqu'à 10 % au-dessus de la valeur nominale et observer les relevés et le fonctionnement de l'instrument. Diminuer la tension d'alimentation jusqu'à 12 % au-dessous de la valeur nominale et répéter le processus de fonctionnement.

Les essais ci-dessus doivent être répétés mais au lieu de modifier la tension, on doit modifier la fréquence de 57 Hz à 63 Hz pour une tension d'alimentation à 60 Hz ou de 47 Hz à 53 Hz pour une tension d'alimentation à 50 Hz.

Le fonctionnement de l'instrument doit être vérifié conformément à la norme spécifique à l'instrument.

9.6.2 Immunité par rapport aux radiofréquences conduites

9.6.2.1 Exigences (CEI 61000-4-6, sévérité 3)

Il convient que l'instrument ne soit pas affecté par les champs RF qui peuvent pénétrer dans l'instrument par un câble conducteur externe.

Les instruments comportant des câbles conducteurs externes blindés (c'est-à-dire placés dans la conduite) sont exclus.

9.6.2.2 Méthode d'essai

Injecter un signal radiofréquence dans la ligne d'alimentation sur la plage de fréquences de 150 kHz à 80 MHz, d'une intensité de 140 dB (μV), modulé en amplitude à 80 % avec une onde sinusoïdale de 1 kHz. Il convient d'effectuer l'essai en utilisant un balayage automatique à une vitesse de variation de fréquence inférieure à 1 % de la fréquence fondamentale (antérieure). Il convient de choisir le temps de passage en se basant sur le temps de réponse du moniteur, mais il convient qu'il ne soit pas inférieur à 3 s. Répéter l'essai avec les sources présentes.

Le fonctionnement de l'instrument doit être vérifié conformément à la norme spécifique à l'instrument.

9.6.3 Ondes de choc et ondes sinusoïdales fortement amorties

9.6.3.1 Exigences (CEI 61000-4-5 et CEI 61000-4-12, sévérité 3)

Il convient que les instruments ne soient pas affectés par des ondes de choc ou d'oscillation d'une amplitude allant jusqu'à 2 kV, qui sont classées comme «ondes de combinaison» (chocs amortis) avec des temps de montée/descente de 1,2/50 μs (forme d'onde de tension en circuit ouvert) et 8/20 μs (forme d'onde de courant en court-circuit) ou «ondes sinusoïdales fortement amorties» (transitoires d'oscillation à un coup ou transitoires d'oscillation amortie non répétitive) avec un temps de montée de 0,5 μs et une fréquence d'oscillation de 100 kHz, lorsque de telles ondes sont conduites dans l'instrument par l'intermédiaire d'une ligne d'alimentation.

9.6.3.2 Méthode d'essai

Appliquer 10 impulsions d'onde de combinaison au câble d'alimentation de l'instrument. Le temps minimum entre chaque impulsion doit être de 1 min. Chaque impulsion doit consister en une onde de combinaison (1,2/50 μs et 8/20 μs) d'une intensité de 2 kV. Répéter la procédure pour chaque câble d'alimentation s'il y a plusieurs câbles.

Répéter l'essai en utilisant des impulsions d'ondes sinusoïdales fortement amorties de 2 kV. Répéter la totalité du processus avec des sources radioactives présentes.

Le fonctionnement de l'instrument doit être vérifié conformément à la norme spécifique à l'instrument.

10 Documentation

Les exigences de documentation et de rapport sont déterminées dans la norme spécifique à l'instrument.

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

Grandeur influente	Conditions de référence	Conditions normales d'essai
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86 kPa à 106,6 kPa
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus basse qui provoque une interférence
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure au double de l'induction due au champ magnétique terrestre

Tableau 2 – Température d'utilisation sur site et exigences IP

Environnement prévu	Plage de températures pour les environnements contrôlés	Classification IP
Installé, environnement contrôlé protégé contre les intempéries	+5 °C à +40 °C	51
Installé, non protégé contre les intempéries	–30 °C à +55 °C	54
Porté sur le corps	–10 °C à +40 °C	54
Portatif	–20 °C à +50 °C	53
Mobile, non protégé contre les intempéries	–30 °C à +55 °C	54
Mobile, protégé contre les intempéries	–30 °C à +55 °C	51
Transportable	–30 °C à +55 °C	53
Portable	–20 °C à +50 °C	53

Tableau 3 – Exigences mécaniques

Influence	Type d'instrument	Niveau
Chute	Porté sur le corps	1 m sur du béton
	Portatif	30 cm sur du bois
Vibration	Non installé	0,01 g ² ·Hz ^{–1} de 5 Hz à 500 Hz
	Installé	0,5 g _n de 10 Hz à 150 Hz
	Mobile	1 et 0,3 m ² /s ³ de 10 Hz à 200 Hz et 200 Hz à 500 Hz, respectivement
Effets microphoniques/Impact	Portatif et porté sur le corps	0,2 J
	Tous les autres	1,0 J
Choc mécanique	Non installé	50 g à 11 ms

Tableau 4 – Exigences électromagnétiques

Influence	Type d'instrument	Niveau
Décharge électrostatique	Tous	6 kV/8 kV, décharge par contact / décharge dans l'air
Radiofréquence (RF)	Porté sur le corps	De 80 MHz à 1 000 MHz à $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ et de 1,4 GHz à 6 GHz à $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
	Tous les autres	De 80 MHz à 1 000 MHz et de 1,4 GHz à 6 GHz à $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$
Rayonnement RF émis	Tous	Tableau 5
Champ magnétique	Non installé	1 mT (10 Gauss) à 50 Hz ou 60 Hz
Tension et fréquence	Alimenté par secteur	Tension – +10 %/–12 % du nominal 47-53 Hz/57-63 Hz
RF conduites	Alimenté par secteur	De 150 kHz à 80 MHz à 140 dB(μV)
Surtensions et ondes sinusoïdales fortement amorties	Alimenté par secteur	2 kV ondes sinusoïdales 1,2/50 μs et 8/20 μs à 2 kV onde de combinaison

Tableau 5 – Gamme de fréquences émises

MHz	Force du champ (crête) $\mu\text{V}/\text{m}$
30 – 88	100
88 – 216	150
216 – 960	200
>960	500

Bibliographie

CEI 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

CEI 60068-2-18, *Essais d'environnement – Partie 2-18: Essais – Essai R et guide: Eau*

CEI 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-31, *Essais d'environnement – Partie 2-31 : Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

CEI 60068-2-38 , *Essais d'environnement – Partie 2-38: Essais – Essai Z/AD: Essai cyclique composite de température et d'humidité*

CEI 60068-2-52, *Essais d'environnement – Partie 2-52: Essais – Essai Kb: Brouillard salin, essai cyclique (solution de chlorure de sodium)*

CEI 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

CEI 60721-3-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1: Stockage*

CEI 60721-3-2, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 2: Transport*

CEI 60721-3-3, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 3: Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries*

CEI 60721-3-4, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 4: Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries*

CEI 60721-3-6, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Environnement des navires*

CEI 60721-3-7, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 7: Utilisation en déplacement*

CEI 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

CEI 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

CEI 61000-6-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Normes sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch