

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – X-ray systems for the screening of persons for security and the carrying of illicit items

Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes radiographiques aux rayons X pour le contrôle des individus dans le cadre de la sécurité et du transport d'objets illicites





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62463

Edition 1.0 2010-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – X-ray systems for the screening of persons for security and the carrying of illicit items

Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes radiographiques aux rayons X pour le contrôle des individus dans le cadre de la sécurité et du transport d'objets illicites

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.280

ISBN 978-2-88912-024-6

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope and object.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Units	10
5 Classification of systems	10
6 General test procedures	10
6.1 Nature of tests.....	10
6.2 Reference conditions and standard test conditions	11
6.3 Tests performed under standard test conditions	11
6.4 Tests performed with variation of influence quantities.....	11
7 Safety considerations	11
7.1 General.....	11
7.2 Shielding.....	11
7.2.1 Requirements	11
7.2.2 Method of test	11
7.3 System controls and normal operation indications	12
7.3.1 Requirements	12
7.3.2 Method of test	12
7.4 Safety indicators and interlocks.....	12
7.4.1 Safety standards	12
7.4.2 Requirements	13
7.4.3 Method of test	13
8 Conditions and methods for producing the X-ray screening spectra.....	13
8.1 General.....	13
8.2 Tube potential characteristics of the X-ray unit.....	13
8.2.1 Requirements	13
8.2.2 Method of test	13
9 Ambient dose equivalent at the position of the person being screened	13
9.1 Requirements.....	13
9.2 Method of test	14
10 Electrical characteristics.....	14
10.1 Supply voltage.....	14
10.2 Requirements.....	14
10.3 Method of test	14
11 Environmental conditions.....	14
11.1 Ambient temperature	14
11.1.1 Requirements	14
11.1.2 Method of test	14
11.2 Relative humidity.....	15
11.2.1 Requirements	15
11.2.2 Method of test	15
12 Electromagnetic compatibility	15
12.1 Susceptibility to electromagnetic fields	15

12.1.1	Requirements	15
12.1.2	Method of test	15
12.2	Conducted disturbances induced by bursts and radio frequencies	16
12.2.1	Requirements	16
12.2.2	Method of test	16
12.3	Surges and ring waves	16
12.3.1	Requirements	16
12.3.2	Method of test	16
12.4	Electrostatic discharge	16
12.4.1	Requirements	16
12.4.2	Method of test	17
13	Mechanical characteristics.....	17
13.1	Mechanical shocks	17
13.1.1	Requirements	17
13.1.2	Method of test	17
13.2	Vibration test.....	17
13.2.1	Requirements	17
13.2.2	Method of test	17
13.3	Microphonic/impact	18
13.3.1	Requirements	18
13.3.2	Method of test	18
14	Documentation	18
14.1	Manual	18
14.2	Type test report.....	18
14.3	Certificate	18
Annex A (normative)	Measurement and calculation of ambient dose equivalent per scan at the reference point	21
Annex B (informative)	Requirements of International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and For the Safety of Radiation Sources (BSS). IAEA Safety Series No. 115, 1996.	25
Annex C (informative)	Leakage localization meter and use	26
Bibliography	27
Figure A.1	– Charge Q versus time t , measured at a pencil-beam scanner (backscatter) by means of the $Hx(10)$ secondary standard ionization chamber	23
Table 1	– Reference conditions and standard test conditions	19
Table 2	– Tests performed under standard test conditions	19
Table 3	– Tests performed with variations of influence quantities.....	20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
X-RAY SYSTEMS FOR THE SCREENING OF PERSONS
FOR SECURITY AND THE CARRYING OF ILLICIT ITEMS**

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 62463 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/642/FDIS	45B/658/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

The existence of this standard does not indicate approval of the use of the relevant equipments. However these equipments exist and are used in some countries and are likely to be used to scan persons of all nationalities including nationals of those countries which ban their use. If other international organisations ban their use, this standard could be withdrawn. Meanwhile it is considered valuable to have this standard to reduce the radiation doses to members of the public and others likely to have to use the equipments. Personnel X-ray screening assemblies are used to examine persons in order to detect objects such as: weapons, explosives, smuggled or stolen items such as drugs or diamonds. The screening devices can be divided into three types: one type using the Compton backscattered X-rays (Backscatter system) for the image creation, one using the transmitted X-rays (Transmission system) for the image creation, and a third type as a combination of the two types (Backscatter + Transmission).

All three types consist of an X-ray unit and a detector unit, and take about 10 s to perform a scan.

The systems are operated by and the image is viewed on an external computer. Sophisticated software is used to evaluate the complex images and to enable the detection of hidden objects.

The main difference between the system types is the position of the detectors. Usually, they also differ in the tube voltage range used.

Backscatter X-ray systems, (B), use a narrow pencil shaped beam that scans the subject at high speed in a horizontal and vertical direction. Large detectors are installed on the same side of the subject as the X-ray source. The person stands in front of the enclosure and is scanned by the X-ray beam having a typical cross-sectional area of approximately 25 mm²; this of course is the quantity limiting the spatial resolution of the system. Usually the person is scanned twice, once from the front and then from the back. Sometimes lateral scans are also performed. Typical systems use fixed peak voltage (kV) and current (mA) settings for the X-ray source. These are typically 50 kV and 5 mA. The total aluminium equivalent filtration is in the range of 1 mm to 7 mm.

Transmission X-ray systems, (T), often use a vertical fan-shaped beam of X-rays and a linear array of detectors. The person stands between the X-ray tube and the detector array and is scanned by the X-ray beam having a typical width of approximately 2 mm. The limiting quantity for the spatial resolution is the size of the detector elements. Typical systems use a fixed peak voltage (kV) and current (mA). Settings are in the range of about 140 kV to 220 kV and 0,1 mA to about 4 mA. The total aluminium equivalent thickness is in the range of about 1 mm to about 16 mm. The systems are capable of detecting objects within the body.

Backscatter plus transmission X-ray systems, (BT), are systems that use both backscattered and transmitted X-rays, during the same scan procedure.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – X-RAY SYSTEMS FOR THE SCREENING OF PERSONS FOR SECURITY AND THE CARRYING OF ILLICIT ITEMS

1 Scope and object

This International Standard is applicable to X-ray systems designed for screening people to detect if they are carrying objects that could be used for criminal purposes, e.g., terrorist use, drug smuggling and theft. These objects include weapons, explosives, chemical and biological agents and other concealed items.

Three types of X-ray screening systems are currently in use. These are backscatter systems, transmission systems and combination backscatter/transmission systems. With backscatter systems the X-rays are used to detect objects hidden under or within the person's clothing. With transmission systems objects swallowed or hidden in body cavities may be detected. Combined devices can be used to get both pieces of information simultaneously.

The object of this standard is to lay down standard requirements and also to specify general characteristics, general test procedures, radiation characteristics, electrical characteristics, environmental influences, mechanical characteristics, safety requirements and to provide examples of acceptable methods in terms of dose to the whole or part of the body for each screening procedure and the time taken for each screening procedure.

In particular the standard addresses the design requirements as they relate to the radiation protection of the people being screened, people who are in the vicinity of the equipment and the operators. The standard does not address the performance requirements for the quality of the object detection.

2 Normative references

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

IEC 60038:2009, *IEC standard voltages*

IEC 60050-393:2003, *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, equipments and detectors*

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

IEC 60068-2-75:1997, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

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 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electric fast transient/burst 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 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test*

IEC 61187, *Electrical and electronic equipment – Documentation*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems*

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

ISO 4037-1:1996, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production method*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply. The general terminology concerning X-ray screening systems is given in IEC 60050-393:2003 and IEC 60050-394:2007.

3.1

ambient dose equivalent, $H_x(d)$

the ambient dose equivalent at a point in a radiation field, is the dose equivalent that would be produced by the corresponding expanded and aligned field, in the ICRU sphere at a depth, d , on the radius opposing the direction of the aligned field

[ICRU 51]

NOTE 1 The recommended depth, d , for strongly penetrating radiation is 10 mm, and ambient dose equivalent at this depth may be written as $H_x(10)$.

NOTE 2 Soft tissue means ICRU 4-element, see ICRU 39.

3.2

constant potential X-ray unit

unit in which the ripple of the high voltage does not exceed $\pm 10\%$

3.3

exposure beam location

that part of the external surface of the system enclosure through which the collimated X-ray beam passes

3.4

half value layer (air kerma), HVL or HVL_x

the thickness of the specified material which attenuates the beam of radiation to an extent such that the air kerma rate is reduced to one half of its original value. In this definition, the contribution of all scattered radiation, other than any which might be present initially in the beam concerned, is deemed to be excluded.

[ICRU 17]

3.5

filtration

the total filtration is made up of the fixed filtration and any additional filtration used by the manufacturer.

The fixed filtration comprises the inherent filtration of the tube, plus that due to the monitor ionisation chamber.

The inherent filtration of the tube is due to the various constituent elements (glass of the bulb, oil, window, etc.) and is expressed, for a given high voltage, as the thickness of an aluminium filter which, in the absence of the constituent elements of the tube, would supply a radiation having the same first HVL.

3.6

monitor instrument

instrument with an alarm used to monitor the stability of the ambient dose equivalent rate during an irradiation or to compare the ambient dose equivalent rate during a screening with the reference dose equivalent rate determined during the type testing

3.7

mode of operation

backscatter, transmission or backscatter and transmission system and scanning technique

3.8

operator

person authorised and fully trained to operate the system

3.9

reference instrument

instrument whose calibration is traceable either directly or indirectly to primary standards held by a national primary laboratory or to an acknowledged reference laboratory which holds appropriate standards

3.10

reference point

the point within the space that may be occupied by the person being screened receiving the maximum dose and at which for the purpose of the testing requirements of this standard the X-ray spectra (or HVL) and reference ambient dose equivalent per screening procedure is measured

3.11

safety interlocks

devices which are intended to prevent or interrupt the generation of X-radiation whenever safety is compromised by access to the interior of the system, operational irregularity or equipment failure

3.12

scan

the scanning cycle consisting of the operation necessary to produce one view (e.g., front view)

3.13

scanning system

the whole equipment used to produce a scan, including the X-ray generator and collimator

3.14

screening procedure

the sum of all scans necessary to examine one person

3.15

enclosure

the containment within which the X-ray unit and its scanning system are enclosed

3.16

ripple

ratio, expressed as a percentage, defined for a given current by the formula:

$$(U_{\max} - U_{\min}) \times 100 / U_{\max}$$

where U_{\max} is the maximum value and U_{\min} the minimum value of the voltage.

3.17

user

the person being screened by the equipment

3.18

X-ray unit

assembly comprising a high voltage supply, an X-ray tube with its protective housing, and high voltage electrical connections

3.19

X-ray tube

vacuum tube designed to produce X-rays by bombardment of the anode by a beam of electrons accelerated through a potential difference

4 Units

In this standard, the units are the multiples and sub-multiples of units of the International System of Units (SI)¹. The following non-SI units are also used:

Time: years, days, hours (h), minutes (min).

For energy: electron-volt (eV), (1 eV = 1,602 × 10⁻¹⁹ J).

NOTE Definitions of the radiation quantities and dosimetric terms are given in IEC 60050-393 and IEC 60050-394.

5 Classification of systems

Systems are classified according to whether they are backscatter X-ray systems, (B) or transmission X-ray systems, (T), or combined backscatter and transmission systems, (BT).

6 General test procedures

6.1 Nature of tests

Unless otherwise specified in the individual subclauses, all tests enumerated in this standard are to be considered as “type tests”.

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

6.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference and standard test conditions are given in Table 1. Reference conditions are those conditions to which the performance of the instrument is referred and standard test conditions indicate the necessary tolerances in practical testing. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be performed under the standard test conditions given in the third column of Table 1.

6.3 Tests performed under standard test conditions

Tests performed under standard test conditions are listed in Table 2, which indicates, for each characteristic under test, requirements according to the subclause where the corresponding test method is described.

6.4 Tests performed with variation of influence quantities

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table 3, all other influence quantities shall be maintained within the limits for the standard test conditions given in Table 1 unless otherwise specified in the test procedure concerned.

7 Safety considerations

7.1 General

The manufacturer shall provide a description of the radiation safety systems that are designed to prevent, during normal operation of the X-ray screening system, accidental exposure to the operator and public and for ensuring that the person being screened is not exposed above manufacturers stated maximum dose per screening procedure (see Clause 9). The accompanying manual provided by the manufacturer shall include details of the fail-safe features of the radiation safety exposure circuit. These details shall also include functional test instructions.

The manufacturer shall reference the radiological and electrical safety considerations used for the system by quoting applicable IEC and ISO publications, see 7.4.1.

7.2 Shielding

7.2.1 Requirements

When a person is being screened and the X-ray beam is emanating, shutter or beam stop open, the ambient dose equivalent rate to any area where other members of the public or the operator have access should not exceed $2,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ taken over several scans. Where the dose rate could exceed this value at a distance in excess of 30 cm from any external surface the manufacturer shall provide an isodose contour at this value. National regulations may stipulate lower limits.

7.2.2 Method of test

The direction in which the highest dose per screening procedure is emitted shall be identified by measurement. (Technical drawings and further physical aspects may assist in determining this but should not be relied upon.) Careful consideration should be given to control stations, fissures around doors, ventilation openings, shielding joints and any other vulnerable areas based on technical drawings. If there are outer doors or removable panels that are not locked or interlocked, the radiation survey shall be repeated with the doors open and panels removed. At the distance specified in 7.2.1, from the surface of the device the ambient dose equivalent per screening procedure (that means the sum of all scans necessary to examine a person) shall be measured. The X-ray scanner shall be operated in the mode with the greatest high voltage, greatest tube current and the smallest total filtration allowed to be used in operation. This shall be done for at least five subsequent screening procedures following each other as fast as the device is able to perform. The total dose over all these screening

procedures shall be divided by the time all these screening procedures took. This value plus the overall uncertainty ($k = 2$) shall not exceed the ambient dose equivalent rate requirement listed in 7.2.1.

This dose equivalent rate shall be determined by a reference instrument having a response that is within 20 % of the true value over the energy range from 25 keV to the maximum energy in keV corresponding to the maximum operating voltage of the X-ray tube.

7.3 System controls and normal operation indications

7.3.1 Requirements

The operating conditions, namely the tube voltage and tube current, for each mode of operation shall be pre-set by the manufacturer and shall not be alterable by the system operator. If there is more than one mode, prior to each scan a mode indicator shall be clearly visible to the operator.

The operators control panel shall show the following:

- Electrical power to the system is on. Only the operator is permitted to switch on the power and this should require the use of a key.
- When the X-rays are being produced an “X-rays on” illuminated sign shall operate.
- The voltage and current for the operating mode shall be displayed when required by an engineer or maintenance staff.
- Indication shall be made for both when the shutter or beam stop is open and/or for when the scan is taking place, “scan on”.
- The production of x-rays shall only start if the illuminated sign “X-rays” is ready to operate.

Sufficient diagnostics shall be designed into the system to facilitate fault finding and to provide local and remote information on the status of the system. A self-test device shall be provided to perform self-testing continuously. Operation of the equipment after fault detection must be prevented until the fault is cleared. The manufacturer shall produce a test plan which shall demonstrate the normal operation of the system. This test plan shall contain all normal operational features, diagnostics, self-test facilities and safety features of the system.

If the moveable parts, e.g., the platform, X-ray unit or chopper, do not work properly the system shall shut down automatically.

7.3.2 Method of test

Using the manufacturer’s test plan verify that the operator’s control panel displays the information as required in 7.3.1.

Testing is done automatically by the software and related electronics. Interlocks, indications and alarms shall be independent of the system’s normal controls and operation indicators.

7.4 Safety indicators and interlocks

7.4.1 Safety standards

Appropriate requirements shall apply concerning specification, design, manufacturing, installation and operation of the equipment, with respect to the necessary hardware and software. The requirements shall be agreed between manufacturer and purchaser. In particular the purchaser (operator) shall decide the appropriate safety standard applicable to the site in which the system will be placed. The basic safety standard IEC 61508 Functional Safety of Electrical/ Electronic/Programmable electronic systems shall apply, as appropriate according to the required Safety Integrity Level (SIL) specified for the system.

7.4.2 Requirements

Operational interlocks shall terminate the production of X-rays in the event of any operational problem that could result in abnormal or unintended radiation emission. Either through redundancy or special design, a malfunction of any operational interlock or any system monitoring an operational interlock shall also terminate X-ray production regardless of the actual radiation emission. This shall include, but is not limited to: unintended stopping or slowing of the scanning motion, abnormal or unintended X-ray source output, computer safety system malfunction, termination malfunction, and when applicable, X-ray shutter or beam stop mechanism malfunction.

7.4.3 Method of test

The manufacturer shall produce a test plan in accordance with IEC 61508 which shall demonstrate the operation of the safety alarms and interlocks for the SIL level specified.

The system shall be switched on and allowed to run its start up and self-test routines. A fault condition in each one of the monitored parameters shall be simulated and the warning or fault description recorded.

8 Conditions and methods for producing the X-ray screening spectra

8.1 General

In practice the spectra of the radiation produced depends primarily on:

- the high-voltage across the X-ray tube;
- the thickness and nature of the total filtration;
- the type and nature of the target.

8.2 Tube potential characteristics of the X-ray unit

8.2.1 Requirements

The conventionally true value of the potential shall be known to within $\pm 5\%$.

8.2.2 Method of test

Calibrate, at several points close to their stated operating tube potential, and under normal operating conditions, the equipment used to indicate the tube potential. The best methods employ a calibrated resistor chain or involve the measurement of the maximum photon energy by spectrometry. If the calibration is determined by spectrometry, the tube potential shall be found from the intersection of the extrapolated linear high energy part of the spectrum with the energy axis. Advice on methods of accomplishing this are described in ISO 4037-1.

9 Ambient dose equivalent at the position of the person being screened

9.1 Requirements

The ambient dose equivalent, $H_x(10)$, at the reference point shall not exceed $0,4\ \mu\text{Sv}$ per screening procedure (that means the sum of all scans necessary to examine a person) for backscatter systems, (B) and $5\ \mu\text{Sv}$ per screening procedure (that means the sum of all scans necessary to examine a person) for transmission systems (T) and backscatter and transmission systems, (BT). Other values may be specified as required by national regulations.

9.2 Method of test

The method used to determine the reference point of maximum dose and the dose at that point for each screening procedure shall be as described in Annex A. Measurements shall be made with a reference instrument. Calculation is not sufficient.

With the X-ray scanner operating in the mode with greatest high voltage, the greatest tube current, and the smallest total filtration, the ambient dose equivalent per scan procedure (that means the sum of all scans necessary to examine a person) shall be measured at the reference point applying the methods described in Annex A. This value plus the overall uncertainty ($k = 2$) shall not exceed the ambient dose equivalent requirements listed in 9.1.

10 Electrical characteristics

10.1 Supply voltage

The system shall be designed to operate from a single-phase a.c. supply voltage in one of the following categories in accordance with IEC 60038:

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

NOTE Nominal single phase power supplies of 100 V, 50 Hz or 60 Hz and of 117 V and/or 234 V, 60 Hz are used in some countries and a nominal single-phase power of 110 V, 50 Hz is also used as an alternative supply in other countries.

10.2 Requirements

The system shall be capable of operating from mains supply voltage tolerance from -10% to $+10\%$ and supply frequencies of 47 Hz to 51 Hz (57 Hz to 61 Hz in countries where the nominal frequency is 60 Hz) without the variation in the reference dose exceeding $\pm 10\%$.

10.3 Method of test

The ambient dose equivalent per scan at the reference point should first be measured under reference conditions. Then the ambient dose equivalent per scan should be measured over the voltage and frequency ranges given in 10.1 and none of these values should differ from the reference ambient dose equivalent per scan by more than $\pm 10\%$.

11 Environmental conditions

11.1 Ambient temperature

11.1.1 Requirements

The equipment should be capable of operating over the temperature range $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ with changes in the reference ambient dose equivalent per scan not exceeding $\pm 10\%$ with all the safety systems operational.

11.1.2 Method of test

The reference ambient dose equivalent per scan at the reference position should first be measured at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ under reference conditions.

The equipment shall be operated at a temperature of at or below $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the ambient dose equivalent per scan measured. The equipment shall have been kept at $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ for at least 2 h before the test. The equipment shall also be operated at a temperature of $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ or higher and the test repeated after being at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ for at least 2 h.

The high voltage applied to the X-ray tube and the current taken shall also be monitored under reference conditions and again after the equipment has been in the environment at $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and at $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ for at least of 2 h. The applied voltage in both cases shall not exceed 1,02 times that under standard test conditions and the current drawn shall not exceed 1,05 times that under standard test conditions.

Verify that all the safety systems are operational over the above temperature range.

11.2 Relative humidity

11.2.1 Requirements

The equipment should be capable of operating over the relative humidity range 40 % to 93 % at $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ without changes in the reference ambient dose equivalent per scan exceeding $\pm 10\text{ }%$ with all the safety systems operational.

11.2.2 Method of test

The reference ambient dose equivalent per scan at the reference position should first be measured at 65 % relative humidity and $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ under reference conditions. Then the ambient dose equivalent per scan should be measured over the humidity ranges given in 11.2.1 and none of these values should differ from the reference ambient dose equivalent per scan by more than $\pm 10\text{ }%$.

The high voltage applied to the X-ray tube and the current taken shall be monitored under standard test conditions and again after the equipment has been in an environment greater than $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and with the relative humidity greater than 93 % in excess of 2 h and again at a temperature of $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and with a relative humidity of 40 %. The applied voltage in both cases shall not exceed 1,02 of that under standard test conditions and the current drawn shall not exceed 1,05 of that of that under standard test conditions.

Verify that all the safety systems are operational over the above humidity range.

12 Electromagnetic compatibility

12.1 Susceptibility to electromagnetic fields

12.1.1 Requirements

There shall be no change in the operational status. No alarms or other outputs should be activated when the equipment is exposed to the field. The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\text{ }%$ when the system is exposed to the radiated electromagnetic fields. All the safety systems shall remain operational during and after these tests.

12.1.2 Method of test

The field strength shall be 20 V/m over the frequency range from 80 MHz to 1 GHz and 1,4 GHz to 2,4 GHz and shall be varied in steps of 1 % (severity level 3 as described in IEC 61000-4-3). There shall also be no change in the operational status and no alarms or other outputs should be activated at any frequency.

Verify that all the safety systems are operational during and after these tests.

12.2 Conducted disturbances induced by bursts and radio frequencies

12.2.1 Requirements

There shall be no change in the operational status. No alarms or other outputs should be activated when the equipment is exposed to the field. The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\%$ when the system is exposed to bursts and radio frequencies. The safety systems shall remain operational during and after these tests.

The test applies to devices used in the presence of radio-frequency transmitters in the frequency range from 150 kHz to 80 MHz.

12.2.2 Method of test

Perform the following operations both with and without the presence of conducted disturbances induced by bursts (IEC 61000-4-4) and conducted disturbances induced by radio-frequency fields (IEC 61000-4-6) (the severity level shall in both cases be level 3).

- a) Set the equipment to perform a screening procedure.
- b) Set the frequency range from 150 kHz to 80 MHz at a field strength of 10 V, 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave.

The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\%$ when the system is exposed to the above bursts and radiofrequencies. There shall also be no change in the operational status and no alarms or other outputs should be activated. Verify that all the safety systems remain operational during and after these tests.

12.3 Surges and ring waves

12.3.1 Requirements

The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\%$ when the system is exposed to surges and oscillatory waves. There shall be no change in the operational status. No alarms or other outputs should be activated. All the safety systems shall remain operational during and after these tests.

12.3.2 Method of test

Connect the mains supply terminal via a coupling/decoupling network to the pulse generator in accordance with IEC 61000-4-5 and IEC 61000-4-12 (the severity level shall be level 3) and conduct the following operations.

- a) Ten pulses should be applied to the device with a minimum time between surges of 1 min.
- b) Each pulse should consist of a combination wave (1,2/50 μs – 8/20 μs) at a voltage of 2 kV.

Ring wave pulses should be not more than 2 kV. The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\%$ when the system is exposed to the ring waves. There shall be no change in the operational status. No alarms or other outputs should be activated when the assembly is exposed to the ring waves. Verify that all the safety systems remain operational during and after these tests.

12.4 Electrostatic discharge

12.4.1 Requirements

The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\%$ when the system is exposed to electrostatic discharges. No alarms or other outputs should be activated when the device is exposed to the discharges. All the safety systems shall remain operational during and after these tests.

12.4.2 Method of test

User and operator accessible components shall be placed close to a suitable discharge test generator as described in IEC 61000-4-2, and the following operations are performed, with and without the presence of radiation sources.

- a) Set the equipment to perform a scan.
- b) Discharge at least five times to each of those various external parts of the complete equipment which may be touched by the operator.
- c) For assemblies with conductive surfaces and coupling planes, the contact discharge method shall be employed as described in IEC 61000-4-2. The electrostatic discharge shall be equivalent to that from a capacitor of 150 pF charged to a voltage of 6 kV, and discharged through a resistor of 330 Ω (severity level 3).
- d) When assemblies with insulated surfaces are tested, the air discharge method with a voltage of 8 kV (severity level 3) shall be used. The reference ambient dose equivalent per scan shall not change by more than $\pm 10\%$ when the system is exposed to electrostatic discharges. There shall be no change in the operational status.

13 Mechanical characteristics

13.1 Mechanical shocks

13.1.1 Requirements

The equipment should be able to withstand, without affecting its performance, mechanical shocks (half-sine) from all directions at an acceleration of 300 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ over a time interval of 6 ms (IEC 60068-2-27). During this test the assembly should be operating.

13.1.2 Method of test

Mount the equipment on to a shock test device and perform a series of 10 mechanical shocks while observing the function of the monitor. The shocks (half-sine) shall be from each of three orthogonal directions at an acceleration of 300 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ over a time period of 6 ms (IEC 60068-2-27).

After exposure the equipment shall be inspected for loose or broken components and the operation of safety systems shall be checked.

13.2 Vibration test

13.2.1 Requirements

No alarms or other changes in operation should occur during the exposure to vibration.

Durability against vibration (recommended, not a requirement).

The physical condition of the equipment should not be affected by this vibration (e. g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

13.2.2 Method of test

Compliance shall be checked by monitoring the operational status during and after the vibration test

Frequency scanning:

The equipment shall be subjected to harmonic loadings of $0,5 g_n$ whose frequency gradually increases from 10 Hz to 150 Hz and decreases from 150 Hz to 10 Hz in each of three orthogonal directions (1 min cycle is recommended).

Durability against vibration during shipment (recommended, not a requirement).

Subject the equipment to harmonic loadings of $2 g_n$ for 15 min in each of three orthogonal directions at one or more frequencies in each of the following ranges from 10 Hz to 21 Hz and from 22 Hz to 33 Hz. However, if any mechanical resonance is found in the test above the test frequency should be chosen among the resonance frequencies. After each 15 min vibration interval, the equipment shall be inspected for any physical damage and the operation of safety systems shall be checked.

13.3 Microphonic/impact

13.3.1 Requirements

The equipment's response shall be unaffected by microphonic conditions such as those that may occur from low intensity sharp contacts with hard surfaces.

13.3.2 Method of test

With the equipment making a scan and using an appropriate test device (i.e. spring hammer), expose the equipment to an impact at an energy of 1,0 joules (J) equivalent to a mass of 1 kg moving at 1,4 m/s or a fall from a height of 0,1 m (IEC 60068-2-75). The test shall be performed on each side of the equipment while observing the performance of the equipment.

The performance shall be unaffected.

14 Documentation

14.1 Manual

The equipment shall be supplied with a detailed operational manual.

14.2 Type test report

The manufacturer shall make available, at the request of the purchaser, the report of the type tests performed to the requirements of this standard.

14.3 Certificate

A certificate shall be provided giving a description of the X-ray screening system. This should also include the following information in accordance with IEC 61187:

- operational mode, namely backscatter, (B), or transmission, (T), or combined backscatter and transmission (BT);
- field of application: intended uses, types of objects detected;
- X-ray operating conditions, high potential, tube current, filtration, HVL;
- scanning technique used for example pencil beam or slit collimator;
- radiation detector type;
- reference ambient dose equivalent per screening process;
- shielding thickness and leakage dose equivalent rate at 30 cm from external surfaces of the enclosure;
- list of safety interlocks and their purposes;
- scan speed, speed of the movable platform and/or of the X-ray unit;

- reference point at position of maximum ambient dose equivalent per scan;
- distance between focal spot of the X-ray tube and the beam outlet;
- maximum time for a scan.

For backscatter equipment only:

- pulse rate;
- velocity of beam on the surface of the object;
- beam spot size on the surface of the object;
- spatial resolution of the system.

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Warm-up time	15 min	> 15 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ± 1 %
Power supply frequency	Nominal frequency	Nominal frequency ± 1 %
Power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion lower than 5 %
Gamma radiation background	Air kerma rate $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$	Less than air kerma rate of $0,25 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to earth's magnetic field
Equipment controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation

Table 2 – Tests performed under standard test conditions

Characteristics under test	Requirements (subclause)	Method of test (subclause)
Ambient dose equivalent to person being scanned	9.1	9.2

Table 3 – Tests performed with variations of influence quantities

Characteristic under test or influence quantity	Range of values of influence quantities	Limits of variation of indications or of the dose to user	Method of tests (subclause)
Mains operation	From –12 % to +10 % of nominal power supply Voltage From 47 Hz to 51 Hz or 57 Hz to 61 Hz	±10 %	10.3
Temperature	From –10 °C to +50 °C	Operation to remain satisfactory. Dose change less than ± 10 %	11.1.2
Relative humidity	From 40 % to 93 % at 35 °C	Operation to remain satisfactory. Dose change less than ± 10 %	11.2.2
Susceptibility to electromagnetic fields	20 V/m over the frequency range from 80 MHz to 1 GHz and 1,4 GHz to 2,4 GHz	No change in operational status. No alarms or other outputs should be activated when the assembly is exposed to the field. Dose change less than ± 10 %	12.1.2
Conducted RF	150 kHz to 80 MHz at an intensity of 10 V, 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sinewave.	No change in operational status. No alarms or other outputs should be activated when the assembly is exposed to the field. Dose change less than ± 10 %	12.2.2
Surges and ring waves	Ten pulses applied to the device - Each pulse should consist of a combination wave (1,2/50 µs - 8/20 µs) at an intensity of 2 kV. Ring wave pulses should be not more than 2 kV.	No change in operational status. No alarms or other outputs should be activated. Dose change less than ± 10 %.	12.3.2
Electrostatic discharge	Conductive surfaces and coupling planes, the contact discharge method - equivalent to that from a capacitor of 150 pF charged to a voltage of 6 kV, and discharged through a resistor of 330 Ω. For insulated surfaces, the air discharge method with a voltage of 8 kV	No alarms or other outputs should be activated when the monitor is exposed to the discharge. Dose change less than ± 10 %	12.4.2
Mechanical shock	300 m·s ⁻² in 6 ms	Operation to remain satisfactory	13.1.2
Vibration	0,5 g _n at 10 Hz to 150 Hz	Operation to remain satisfactory	13.2.2
Microphonic/impact	1,0 J	Operation to remain satisfactory	13.3.2

Annex A (normative)

Measurement and calculation of ambient dose equivalent per scan at the reference point

A.1 General

The reference point is the point in any part of the space that could be occupied by the person scanned when a screening procedure is being performed, without a person present, that receives the maximum or near maximum dose equivalent.

For the purpose of this test, a meter or a number of identical radiation meters are positioned at specific points in that space to determine the radiation dose equivalent at those points.

A.2 Measuring equipment

The radiation meters used to determine the reference point shall have an energy response uniform $\pm 20\%$ between 25 keV and the maximum energy in keV corresponding to the maximum operating voltage of the X-ray tube. They shall have a response such that the standard deviation due to statistical fluctuations of the reading at the reference point shall be less than 5 % of that reading. Where the radiation level is too low to achieve this then the sum of the radiation from a sufficient number of screening procedures shall be measured such that the standard deviation is less than 5 %.

A.3 Procedure

In order to determine the reference point a number of specified measurement points are used. These specified measurement points form a three dimensional matrix in the space that is typically occupied by the person being screened, the points being 10 cm apart. The horizontal plane of this matrix is the area to where the person being monitored would be confined or an area 2 m \times 2 m whichever is the lesser. In the latter case one edge of the matrix will be coincident with the face of the equipment and centred about the mean exit position of the x-ray beam. Each horizontal plane of the matrix shall be from 5 cm to 185 cm from the floor. The centre vertical planes will pass through the centre of each horizontal plane.

A.4 Preliminary tests

Measure the dose at the centre of the matrix from a sufficient number of screening procedures. Should the readout of dose take a significant time any increase in measured value due to natural background should be taken into account. Repeat the test ten times.

Calculate

$$\sqrt{\frac{1}{(n-1)x_m} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}$$

x_m being the mean of n measurements x_i

If this is greater than 0,05, repeat this test, increasing the number of screening procedures per reading until a value of less than 0,05 is achieved.

If more than one radiation meter is used, place each in the same position and repeat the above test. In the further tests use only radiation meters that agree with each other to 10 % or better.

A.5 Method of test

Two tests can be used, either:

- a) Measure the dose equivalent at each point in the matrix described above and determine point of maximum dose. Take a further six measurements at 5 cm from the point of this maximum along the axis of the matrix. If any of these measurements show a higher dose than that position shall be taken as reference point otherwise the original position shall be taken as the maximum point in the matrix.

or

- b) Measure the dose at each point along an axis from the centre of the matrix. From the point of maximum dose, measure at each point along an axis at right angles. From the point of maximum dose again measure at each point along the axis at right angles to the previous two and determine the maximum dose. If this dose is not significantly (less than 10 %) different from the dose at the centre, use this point of maximum dose found above as the starting point and repeat the process. Repeat this process until no dose is measured significantly different from that at the starting point of that particular process.

Take a further six measurements at 5 cm from the point of this maximum along the axes of the matrix. If any of these measurements show a higher dose that position shall be taken as the reference point otherwise it shall be taken as the maximum point in the matrix.

The maximum dose received per screening process is determined by dividing the maximum dose measured above by the number of screening procedures used in each measurement.

The active detector area should be between about 10 cm² and 100 cm².

A.6 Recommendations

Usually, dose values are in the range from less than 1 μSv per scan up to a few μSv per scan with a typical irradiation time of a few milliseconds. Owing to this pulse-like character of radiation fields, the dose rate may be several Sieverts per hour.

Ionization chambers are the most suitable measuring instruments to fulfill these requirements. To overcome the problem of leakage charge, time-resolved measurements are recommended. With this, it is possible to separate the amount of leakage charge from the charge being produced within the short time of irradiation. The read out has to allow time-resolved measurements of the generated charge to be performed in 100 ms intervals (or shorter).

The correction for air pressure and temperature to the registered charge has to be performed.

In Figure A.1 at typical result of a measurement is shown: The charge in an ionization chamber depending on the measurement time. To evaluate the dose the following procedure has to be applied:

- a) Extrapolate the charge depending on time prior to and after the radiation pulse hits the ionization chamber as shown by the two straight lines in Figure A.1 below.
- b) Determine the time of the middle of the radiation pulse. In Figure A.1, this is at about 22 s.
- c) Calculate the difference of the two extrapolation curves determined in a) at the time determined at b). This is the charge caused by the radiation.

- d) Multiply the charge obtained in b) with an appropriate calibration factor of the ionization chamber, see below.

Further information is given in the literature ².

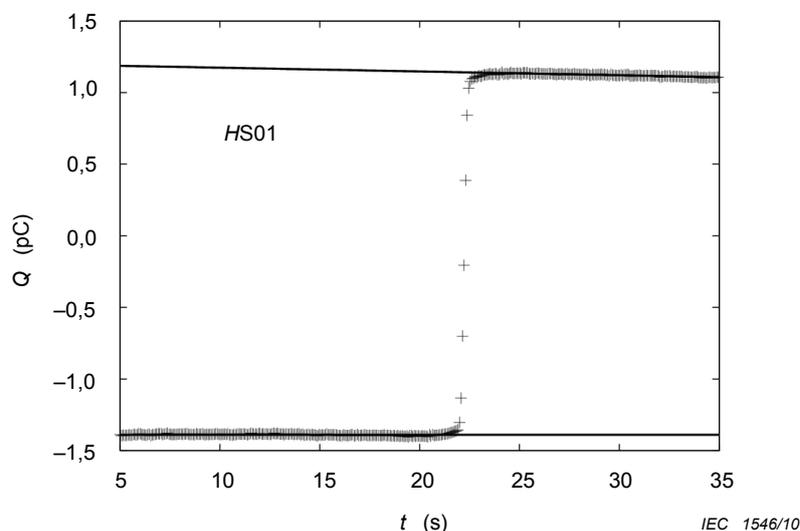


Figure A.1 – Charge Q versus time t , measured at a pencil-beam scanner (backscatter) by means of the $Hx(10)$ secondary standard ionization chamber (the dose is about $0,1 \mu\text{Sv}$)

At least two different ionization chambers shall be used with flat energy response, calibrated in terms of ambient dose $Hx(10)$, see for example ³ and ⁴ The measuring instruments used have to be calibrated to assure the traceability to the SI-system (represented by national primary standards). The reference radiation quality used for the calibration shall have an energy spectrum similar to the one of the X-ray scanner. This can be achieved by choosing a radiation quality with a high voltage and total filtration similar to the one of the X-ray scanner. The reference radiation can be chosen from the ISO 4037 series. In addition, the chambers shall have a flat energy response (better than $\pm 10\%$) in the energy range ± 20 keV of the emitted radiation from the X-ray scanner.

The electrometer used shall have a charge resolution small enough to detect the expected amount of charge from the ionization chamber. The following numerical equation may serve to estimate the expected charge:

$$Q [\text{pC}] \approx H [\mu\text{Sv}] \times V_{\text{ic}} [\text{cm}^3] \times 0,03$$

where

Q is the charge from the ionization chamber in pC,

H is the expected dose in μSv , and

V_{ic} is the volume of the ionization chamber in cm^3 .

This originates from the following equation:

² Hupe, O., Ankerhold, U. *Determination of ambient and personal dose equivalent for personnel and cargo security screening*. Radiat. Prot. Dosim. Vol.121 No. 4 pp. 429-437, (2006).

³ Ankerhold, U., Behrens, R., Ambrosi, P. *A prototype ionisation chamber as a secondary standard for the measurement of personal dose equivalent, $H_p(10)$, on a slab phantom*. Radiat. Prot. Dosim. Vol.86, 167 (1999).

⁴ Ankerhold, U. *Optimization of a secondary standard chamber for the measurement of the ambient dose equivalent, $H^*(10)$, for low photon energies*. Radiat. Prot. Dosim. Vol.118, 16 (2006).

$$Q \approx \frac{H}{\left(\frac{W}{e}\right) \times \frac{1}{\rho} \times \frac{1}{V_{ic}}}$$

where

$(W/e) \approx 34$ J/C is the average energy required to produce an ion pair in dry air,
and

$\rho \approx 1,2 \times 10^{-3}$ g·cm⁻³ is the density of dry air.

Annex B (informative)

Requirements of International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and For the Safety of Radiation Sources (BSS). IAEA Safety Series No. 115, 1996.

“Practices and sources within practices may be exempt from the requirements of the Standards, including those for notification, registration or licensing, if the Regulatory Authority is satisfied that the sources meet the exemption criteria or exemption levels specified in Schedule 1. Exemptions or other exemption levels specified by the Regulatory Authority on the basis of these exemption criteria. Exemption should not be granted to permit practices that would otherwise not be justified.

A practice or a source within a practice may be exempted without further consideration provided that the following criteria are met in all feasible situations:

- a) the effective dose expected to be incurred by any member of the public due to the exempted practice or source is of the order of 10 μSv or less in a year, and
- b) either the collective effective dose committed by one year of performance of practice is no more than about 1 manSv or an assessment for the optimization of protection shows that exemption is the optimum option.”

Compliance with a).

Using the dose limit requirements in Section 9 of this standard of 0,4 μSv per screening procedure for backscatter systems would mean that an individual would be limited to 25 scans per year to comply with the limit of 10 μSv and for transmission systems where the limit of this standard is 5 μSv an individual would be limited to 2 scans per year.

Compliance with b).

For a single scanning system a total about 2 500 000 persons could be scanned in a year using backscatter systems and 200 000 persons for transmission systems

“EXEMPTED SOURCES AND EXEMPTION LEVELS

the following sources within practices are automatically exempted without further consideration from the requirements of the Standards, including those for notification, registration or licensing:

- c) radiation generators, of a type approved by the Regulatory Authority, and any electronic tube, such as a cathode ray tube for the display of visual images, provided that:
 - i) they do not cause in normal operating conditions an ambient dose equivalent rate or a directional dose equivalent rate, as appropriate, exceeding 1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ at a distance of 0,1 m from any accessible surface of the apparatus.”

Compliance with c), i).

The shielding requirements of 7.2.1 restrict the dose equivalent rate to 2,5 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ at a distance of 30 cm which compares to the BSS limit which corresponds to about 0,11 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ at 30 cm.

Annex C (informative)

Leakage localization meter and use

This meter should have the following features:

- a) The meter (or detached probe) should have multiple detectors in a linear array, covering an active length of at least 35 cm. Each detector should have no dimension greater than 5 cm.
- b) Each detector output should have a separate meter or other means of providing an indication proportional to the signal. Such indicator should allow the indication of the detector yielding the highest momentary signal.
- c) The meter should respond to photon radiation in the energy of 15 keV to 600 keV capable of measuring down to $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ or better.
- d) The meter should have a minimum dynamic range of 0,1 to 1 000 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ambient dose equivalent rate, with the lowest scale resolution of $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ or better for the whole energy range. An overflow indication should occur when the meter's range is exceeded.
- e) The meter should respond to the following pulses of radiation and provide a suitable indication for follow-up measurement: 100 ms, 1 nSv single pulses (i.e., $36 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ instantaneous rate); 10 ms, 10 nSv pulses (i.e., $3 600 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ instantaneous rate).
- f) The meter should operate properly in temperatures between -10°C and $+50^\circ\text{C}$ and up to 95 % relative humidity.

A scattering object should be placed at the location a person would normally stand to be screened. The scattering object shall approximate the surface area of an average adult and should have a density near $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. With the scattering object in place the ambient dose equivalent should be measured at locations where bystander access is allowed.

Where the shielding is reliant on walls, partitions, etc., at the installation or on additional shielding that is not part of the basic equipment these tests should be undertaken after installation again repeating the tests where any panels, doors etc. that can be opened are removed or opened.

Bibliography

ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) 17: 1970, *Radiation dosimetry: X-rays Generated at Potentials of 5 to 150 kV*

ICRU 39, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources*

ICRU 51, *Units in Radiation Protection*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	30
INTRODUCTION.....	32
1 Domaine d'application et objet.....	33
2 Références normatives.....	33
3 Termes et définitions	34
4 Unités.....	36
5 Classification des systèmes.....	37
6 Procédures générales d'essai.....	37
6.1 Nature des essais	37
6.2 Conditions de référence et conditions normalisées d'essai	37
6.3 Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai.....	37
6.4 Essais réalisés avec des variations de grandeurs d'influence	37
7 Considérations sur la sécurité	37
7.1 Généralités.....	37
7.2 Blindage.....	38
7.2.1 Exigences.....	38
7.2.2 Méthode d'essai	38
7.3 Commande du système et indication de fonctionnement normal	38
7.3.1 Exigences.....	38
7.3.2 Méthode d'essai	39
7.4 Indicateurs de sécurité et asservissements	39
7.4.1 Normes de sécurité	39
7.4.2 Exigences.....	39
7.4.3 Méthode d'essai	39
8 Conditions et méthodes pour produire un spectre de balayage de rayons X	40
8.1 Généralités.....	40
8.2 Caractéristiques de potentiel du tube de l'unité de rayons X.....	40
8.2.1 Exigences.....	40
8.2.2 Méthode d'essai	40
9 Equivalent de dose ambiant à l'emplacement de l'individu en cours de contrôle	40
9.1 Exigences	40
9.2 Méthode d'essai	40
10 Caractéristiques électriques	41
10.1 Tension d'alimentation	41
10.2 Exigences	41
10.3 Méthode d'essai	41
11 Conditions environnementales.....	41
11.1 Température ambiante	41
11.1.1 Exigences.....	41
11.1.2 Méthode d'essai	41
11.2 Humidité relative	42
11.2.1 Exigences.....	42
11.2.2 Méthode d'essai	42
12 Compatibilité électromagnétique.....	42
12.1 Susceptibilité aux champs électromagnétiques.....	42

12.1.1	Exigences.....	42
12.1.2	Méthode d'essai	42
12.2	Perturbations conduites induites par les salves et les radiofréquences.....	42
12.2.1	Exigences.....	42
12.2.2	Méthode d'essai	43
12.3	Surtensions et ondes sinusoïdales fortement amorties	43
12.3.1	Exigences.....	43
12.3.2	Méthode d'essai	43
12.4	Décharges électrostatiques	43
12.4.1	Exigences.....	43
12.4.2	Méthode d'essai	44
13	Caractéristiques mécaniques.....	44
13.1	Chocs mécaniques	44
13.1.1	Exigences.....	44
13.1.2	Méthode d'essai	44
13.2	Essai de vibrations	44
13.2.1	Exigences.....	44
13.2.2	Méthode d'essai	44
13.3	Essai microphonique/impact.....	45
13.3.1	Exigences.....	45
13.3.2	Méthode d'essai	45
14	Documentation	45
14.1	Manuel d'instructions.....	45
14.2	Rapport d'essais de type	45
14.3	Certificat	45
	Annexe A (normative) Mesures et calculs de l'équivalent de dose ambiant par balayage au point de référence.....	48
	Annexe B (informative) Exigences des normes de base de sécurité pour la protection contre les rayonnements ionisants et pour la sécurité des sources de rayonnement (BSS). IAEA Safety Series No. 115, 1996.	52
	Annexe C (informative) Instrument de mesure de localisation de fuite et utilisation.....	53
	Bibliographie.....	54
	Figure A.1 – Charge Q en fonction du temps t , mesurée à un scanner à faisceau très étroit (rétrodiffrusion) au moyen d'une chambre d'ionisation de $Hx(10)$ étalonnée à partir d'un étalon secondaire.....	50
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normalisées d'essai	46
	Tableau 2 – Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai.....	46
	Tableau 3 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
SYSTÈMES RADIOGRAPHIQUES AUX RAYONS X
POUR LE CONTRÔLE DES INDIVIDUS DANS LE CADRE
DE LA SÉCURITÉ ET DU TRANSPORT D’OBJETS ILLICITES**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62463 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/642/FDIS	45B/658/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

L'existence de la présente norme n'implique pas l'approbation de l'utilisation des équipements pertinents. Néanmoins, ces appareils existent et sont utilisés dans certains pays, et sont susceptibles d'être utilisés pour contrôler des individus de toutes les nationalités, y compris les ressortissants des pays qui interdisent leur utilisation. Si d'autres organismes internationaux interdisent leur utilisation, la présente norme pourrait être supprimée. Pendant ce temps, la présente norme est considérée comme utile pour réduire les doses de rayonnement pour les membres du public et d'autres personnes susceptibles d'avoir à utiliser les appareils. Les équipements radiographiques de contrôle individuel sont utilisés pour examiner des personnes afin de détecter des objets tels que: des armes, des explosifs, des objets dissimulés ou ingérés tels que de la drogue ou des diamants. Les dispositifs de contrôle peuvent être répartis en trois types: un type mettant en œuvre les rayons X rétrodiffusés par effet Compton (systèmes à rétrodiffusion) pour la création d'images, un autre type mettant en œuvre les rayons X transmis (systèmes à transmission) pour la création d'images, et un troisième type étant la combinaison des deux premiers (rétrodiffusion et transmission).

Les trois types consistent en une unité de rayons X et une unité de détection, et ils nécessitent environ 10 s pour effectuer un balayage.

Un ordinateur externe commande le fonctionnement et permet la visualisation de l'image. Des logiciels sophistiqués sont utilisés pour évaluer les images complexes et pour permettre la détection des objets cachés.

La différence essentielle entre les différents types de systèmes est la position des détecteurs. Généralement, les tensions d'alimentation sont aussi différentes.

Les systèmes à rayons X rétrodiffusés, (B), utilisent un faisceau très étroit qui balaie le sujet à haute vitesse dans les directions verticale et horizontale. Des détecteurs de grande taille sont installés du même côté que la source de rayons X par rapport au sujet. L'individu est debout face à l'enveloppe, et il est balayé par le faisceau de rayons X qui possède une section type d'environ 25 mm²; ceci est bien entendu la grandeur limitant la résolution spatiale du système. Généralement, l'individu est balayé deux fois, une fois de face et une fois de dos. Parfois, des balayages latéraux sont aussi effectués. Généralement, les systèmes utilisent une tension crête (kV) et un courant (mA) fixes, réglés pour la source de rayons X. Les valeurs typiques sont de l'ordre de 50 kV et de 5 mA. Le filtrage total est équivalent à une épaisseur d'aluminium entre 1 mm et 7 mm.

Les systèmes à transmission, (T), utilisent souvent un faisceau vertical de rayons X en forme de ventilateur et une matrice linéaire de détecteurs. L'individu se tient entre le tube à rayons X et la matrice de détecteurs, et il est balayé par le faisceau de rayons X qui possède une largeur type d'approximativement 2 mm. La grandeur limitant la résolution spatiale est la taille des éléments du détecteur. Les systèmes utilisent généralement une tension crête fixe (kV) et un courant fixe (mA). Les valeurs typiques sont de l'ordre d'environ 140 kV à 220 kV et de 0,1 mA à environ 4 mA. Le filtrage total est équivalent à une épaisseur d'aluminium entre 1 mm et environ 16 mm. Les systèmes sont capables de détecter des objets dans le corps.

Les systèmes radiographiques combinant rétrodiffusion et transmission, (BT), sont des systèmes qui mettent en œuvre les deux modes au cours d'une même procédure de balayage.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – SYSTÈMES RADIOGRAPHIQUES AUX RAYONS X POUR LE CONTRÔLE DES INDIVIDUS DANS LE CADRE DE LA SÉCURITÉ ET DU TRANSPORT D'OBJETS ILLICITES

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux systèmes radiographiques conçus pour le contrôle des individus, afin de détecter s'ils sont porteurs d'objets qui pourraient être utilisés à des fins criminelles, par exemple: acte terroriste, trafic de drogue et vol. Ces objets peuvent être des armes, des explosifs, des substances chimiques ou des agents biologiques et tout autre objet dissimulé.

Trois types de systèmes radiographiques de contrôle sont couramment utilisés. Il s'agit des systèmes à rétrodiffusion, des systèmes à transmission et des systèmes combinant rétrodiffusion et transmission. Dans les systèmes à rétrodiffusion, les rayons X sont utilisés pour détecter des objets qui sont cachés sous ou dans les vêtements sur les individus. Avec les systèmes à transmission, on peut détecter des objets qui sont avalés ou cachés dans des cavités corporelles. Les dispositifs combinés peuvent fournir simultanément les deux types d'informations.

L'objet de la présente norme est de spécifier des exigences normalisées, et également des caractéristiques générales, des procédures générales d'essai, des caractéristiques de rayonnement, des caractéristiques électriques, des influences environnementales, des caractéristiques mécaniques, des exigences de sécurité, et de fournir des exemples de méthodes acceptables en termes de dose pour le corps humain ou des parties du corps dans le cadre des procédures de contrôle, ainsi que le temps nécessaire à chaque procédure de contrôle.

En particulier, la présente norme traite des exigences de conception, dans la mesure où elles ont un lien avec la radioprotection des individus contrôlés, de ceux qui sont à proximité des appareils, et des opérateurs. La présente norme ne traite pas des exigences d'aptitude à la fonction pour la qualité de détection des objets.

2 Références normatives

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

CEI 60038:2009, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique 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 60068-2-27, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-75:1997, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

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 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

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

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

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

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

ISO 4037-1:1996, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. La terminologie générale concernant les systèmes radiographiques de contrôle est donnée dans la CEI 60050-393:2003 et la CEI 60050-394:2007.

3.1

équivalent de dose ambiant, Hx(d)

l'équivalent de dose ambiant en un point d'un champ de rayonnement, est l'équivalent de dose qui serait produit par le champ étendu et aligné correspondant, dans la sphère ICRU, à une profondeur, d, sur le rayon opposé à la direction du champ aligné

[ICRU 51]

NOTE 1 La profondeur recommandée, d, pour les rayonnements à forte pénétration, est de 10 mm, et l'équivalent de dose ambiant à cette profondeur peut s'écrire Hx(10).

NOTE 2 Tissu mou signifie élément ICRU 4, voir ICRU 39.

3.2

unité de rayons X à potentiel constant

unité dans laquelle les ondulations de la haute tension ne sont pas supérieures à $\pm 10\%$

3.3

emplacement du rayon d'exposition

partie de la surface externe de l'enveloppe du système à travers laquelle le rayon X collimaté passe

3.4

couche de demi-atténuation (kerma dans l'air), HVL (en anglais *half value layer*) ou HVL_x

l'épaisseur de la matière spécifiée qui atténue le faisceau de rayonnement à un niveau tel que le débit de kerma dans l'air est réduit à la moitié de sa valeur d'origine. Dans cette définition, la contribution de tout le rayonnement diffusé, autre que celui qui peut être présent initialement dans le faisceau concerné, est réputée être exclue

[ICRU 17]

3.5

filtrage

le filtrage total est réalisé par un filtrage fixe et tout autre filtrage supplémentaire mis en œuvre par le constructeur.

Le filtrage fixe est constitué du filtrage inhérent du tube et de celui dû à la chambre d'ionisation du moniteur.

Le filtrage inhérent du tube est dû aux différents éléments constitutifs (verre de l'ampoule, huile, fenêtre, etc), et il est exprimé pour une haute tension donnée comme étant l'épaisseur d'un filtre en aluminium qui, en l'absence des éléments constitutifs du tube, fournirait un rayonnement ayant la même première HVL

3.6

instrument moniteur

instrument qui utilise une alarme pour surveiller la stabilité du débit d'équivalent de dose ambiant pendant une exposition ou pour comparer le débit d'équivalent de dose ambiant pendant le contrôle avec le débit d'équivalent de dose de référence déterminé lors de l'essai de type

3.7

mode de fonctionnement

système à rétrodiffusion, à transmission ou à rétrodiffusion et transmission et technique de balayage

3.8

opérateur

personne autorisée et totalement formée au fonctionnement du système

3.9

instrument de référence

instrument dont la traçabilité de l'étalonnage est assurée soit directement, soit indirectement jusqu'aux étalons primaires détenus par un laboratoire national d'étalonnage ou par un laboratoire de référence reconnu qui détient des étalons appropriés

3.10

point de référence

point dans l'espace qui peut être occupé par la personne dont le contrôle est en cours, recevant la dose maximale, et auquel, dans le cadre des exigences d'essai de la présente norme, les spectres de rayonnements X (ou HVL) et l'équivalent de dose ambiant de référence selon la procédure de contrôle, sont mesurés

3.11**verrouillage de sécurité**

dispositif destiné à empêcher ou interrompre la génération de rayonnements X, chaque fois que la sécurité est compromise par l'accès à l'intérieur du système, par des irrégularités de fonctionnement ou par la défaillance de l'équipement

3.12**balayage**

cycle de balayage consistant en l'opération nécessaire pour produire une vue (par exemple une vue de face)

3.13**système de balayage**

équipement complet utilisé pour produire un balayage, incluant le générateur de rayons X et le collimateur

3.14**procédure de contrôle**

somme de tous les balayages nécessaires au contrôle d'un individu

3.15**enveloppe**

conteneur dans lequel l'unité de rayons X et son système de balayage sont enfermés

3.16**ondulation**

rapport exprimé en pourcentage, défini pour un courant donné par l'équation:

$$(U_{\max} - U_{\min}) \times 100 / U_{\max}$$

où U_{\max} est la valeur maximale et U_{\min} la valeur minimale entre lesquelles la tension oscille

3.17**utilisateur**

individu contrôlé par l'équipement

3.18**unité de rayons X**

ensemble comprenant une alimentation haute tension, un tube à rayons X avec son enveloppe de protection et des connexions électriques haute tension

3.19**tube à rayons X**

tube sous vide conçu pour produire des rayons X par bombardement d'une anode par un faisceau d'électrons accélérés par une différence de potentiel

4 Unités

Dans la présente norme, les unités sont des multiples et sous-multiples des unités du Système International (SI)¹. Les unités non SI suivantes sont aussi utilisées:

Pour le temps: années, jours, heures (h), minutes (min).

¹ (Système International du Bureau des poids et mesures: Système International des Unités, 8^{ème} édition, 2006).

Pour l'énergie: l'électronvolt (eV), ($1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$).

NOTE Les définitions des grandeurs de rayonnement et des termes de dosimétrie sont données dans les CEI 60050-393 et CEI 60050-394.

5 Classification des systèmes

Les systèmes sont classés selon qu'ils sont des systèmes à rayons X rétrodiffusés, (B), ou des systèmes à rayons X à transmission, (T), ou des systèmes combinant rétrodiffusion et transmission, (BT).

6 Procédures générales d'essai

6.1 Nature des essais

Sauf spécification contraire exprimée dans les paragraphes individuels, tous les essais énumérés dans la présente norme doivent être considérés comme des « essais de type ».

6.2 Conditions de référence et conditions normalisées d'essai

Les conditions de référence et les conditions normalisées d'essai sont données dans le Tableau 1. Les conditions de référence sont celles auxquelles l'aptitude à la fonction de l'instrument fait référence, et les conditions normalisées d'essai définissent les tolérances nécessaires pour la réalisation des essais. Sauf spécification contraire, les essais décrits dans la présente norme doivent être réalisés dans les conditions normalisées d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 1.

6.3 Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai

Les essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai sont listés dans le Tableau 2 qui indique, pour chaque caractéristique objet de l'essai, les exigences en accord avec le paragraphe où la méthode d'essai correspondante est décrite.

6.4 Essais réalisés avec des variations de grandeurs d'influence

Pour les essais qui ont pour but de déterminer les effets de variations des grandeurs d'influence données dans le Tableau 3, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions normalisées d'essai données dans le Tableau 1, sauf spécification contraire dans la procédure d'essai concernée.

7 Considérations sur la sécurité

7.1 Généralités

Le constructeur doit fournir une description des systèmes de sécurité du rayonnement qui sont destinés à empêcher, en fonctionnement normal du système radiographique de contrôle, une exposition accidentelle de l'opérateur et du public, et à assurer que l'individu objet du contrôle n'est pas exposé à une dose par procédure de contrôle supérieure à la valeur maximale établie par le constructeur (voir Article 9). Le manuel d'instructions fourni par le constructeur doit inclure les détails des caractéristiques de sécurité du circuit d'exposition de sécurité du rayonnement. Ces détails doivent aussi inclure les instructions des essais fonctionnels.

Pour les conditions de sécurité radiologiques et électriques utilisées par le système, le constructeur doit faire référence aux publications CEI et ISO applicables, voir 7.4.1.

7.2 Blindage

7.2.1 Exigences

Pendant le contrôle d'un individu et que le rayon X est émis, l'obturateur ou tout autre dispositif d'arrêt du faisceau ouvert, il convient que le débit d'équivalent de dose ambiant dans tout emplacement où d'autres personnes, y compris l'opérateur, ont accès, ne soit pas supérieur à $2,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, mesuré sur plusieurs balayages. Lorsque le débit de dose peut dépasser cette valeur à une distance supérieure à 30 cm de toute surface externe, le constructeur doit fournir un contour iso-dose pour cette valeur. Les réglementations nationales peuvent stipuler des limites plus basses.

7.2.2 Méthode d'essai

La direction dans laquelle la dose la plus élevée par procédure de contrôle est émise, doit être identifiée par des mesures (des plans techniques et d'autres aspects physiques peuvent aider dans cette détermination, mais il convient de ne pas se fonder dessus). Il convient de veiller avec précaution au contrôle de la station, à d'éventuelles fissures autour des portes, aux ouïes d'aération, aux joints des blindages et à tout autre emplacement vulnérable, en se basant sur la documentation technique. S'il y a des portes extérieures ou des panneaux amovibles qui ne sont pas verrouillé(e)s ou asservi(e)s, la surveillance du rayonnement doit être répétée avec les portes extérieures ouvertes et les panneaux retirés. L'équivalent de débit de dose ambiant par procédure de contrôle (ce qui signifie la somme de tous les balayages nécessaires pour examiner un individu) doit être mesuré à la distance spécifiée en 7.2.1, à partir de la surface du dispositif. Le scanner de rayons X doit fonctionner dans le mode mettant en œuvre la haute tension la plus élevée, le courant de tube le plus élevé et le filtrage total le plus faible permis en fonctionnement. Ceci doit être effectué pour au moins cinq procédures de contrôle consécutives se succédant aussi vite que le permet le dispositif. La dose totale sur l'ensemble de ces procédures de contrôle doit être divisée par le temps qui a été nécessaire pour les réaliser. Cette valeur, augmentée de l'incertitude globale ($k = 2$) ne doit pas être supérieure à l'exigence portant sur le débit d'équivalent de dose ambiant, listée en 7.2.1.

Ce débit d'équivalent de dose ambiant doit être déterminé par un instrument de référence ayant une réponse dans les 20 % de la valeur vraie sur l'étendue d'énergie allant de 25 keV à l'énergie maximale en keV correspondant à la tension de fonctionnement maximale du tube à rayons X.

7.3 Commande du système et indication de fonctionnement normal

7.3.1 Exigences

Les conditions de fonctionnement, c'est-à-dire la tension et le courant du tube, pour chaque mode de fonctionnement, doivent être préétablies par le constructeur et elles ne doivent pas pouvoir être altérées par l'opérateur du système. S'il y a plusieurs modes, un indicateur du mode doit être clairement visible par l'opérateur avant chaque balayage.

Le panneau de commande de l'opérateur doit afficher ce qui suit:

- L'indication de marche de l'alimentation électrique du système. Seul l'opérateur est autorisé à mettre en marche l'alimentation, et il convient que l'utilisation requiert une clé.
- Lorsque les rayons X sont produits, un signal lumineux « Rayons X présents » doit avertir du fonctionnement.
- La tension et le courant pour le mode de fonctionnement doivent être affichés sur requête d'un personnel d'ingénierie ou de maintenance.
- Le fait que l'obturateur ou tout dispositif d'arrêt du faisceau sont ouverts doit être indiqué, et/ou quand le balayage est en cours, cela doit être indiqué par un signal « Balayage en cours ».

- La production de rayons X doit démarrer uniquement si le signal lumineux « Rayons X » est en état de fonctionner.

Des dispositifs de diagnostic suffisants doivent être conçus dans le système pour faciliter la recherche de panne et pour fournir localement et à distance des informations sur l'état du système. Un dispositif d'auto-test doit être fourni afin de réaliser un auto-test en continu. Le fonctionnement de l'équipement après une détection de panne doit être empêché jusqu'à ce que la panne soit éliminée. Le constructeur doit produire un plan d'essai qui doit démontrer le fonctionnement normal du système. Ce plan d'essai doit inclure toutes les caractéristiques du fonctionnement normal, les diagnostics, les moyens d'auto-test et les caractéristiques de sécurité du système.

Le système doit automatiquement s'arrêter s'il y a des parties mobiles, par exemple la plateforme, l'unité de rayons X ou le hacheur, qui ne fonctionnent pas correctement.

7.3.2 Méthode d'essai

En appliquant le plan d'essai du constructeur, vérifier que les affichages du panneau de contrôle de l'opérateur donnent les informations requises en 7.3.1.

L'essai est effectué automatiquement par le logiciel et son électronique associée. Les asservissements, les indications et les alarmes doivent être indépendants des commandes normales du système et des indicateurs de fonctionnement.

7.4 Indicateurs de sécurité et asservissements

7.4.1 Normes de sécurité

Des exigences appropriées doivent être appliquées au matériel et au logiciel nécessaires, en ce qui concerne la spécification, la conception, la fabrication, l'installation et le fonctionnement de l'équipement. Les exigences doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le constructeur. En particulier, le client (opérateur) doit décider de la norme de sécurité applicable au site sur lequel le système sera installé. La norme de base de sécurité CEI 61508 – Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – doit être applicable, conformément au niveau d'intégrité de sécurité (SIL, en anglais *Safety Integrity Level*) requis, spécifié pour le système.

7.4.2 Exigences

Des asservissements doivent interrompre la production de rayons X en cas d'apparition de tout problème de fonctionnement qui peut entraîner une émission de rayonnements anormale ou involontaire. Soit au moyen d'une redondance ou soit au moyen d'une conception spéciale, un dysfonctionnement d'un asservissement ou de tout autre système de surveillance d'un asservissement, doit aussi interrompre la production de rayons X, indépendamment de l'émission réelle de rayonnement. Ceci doit inclure, sans toutefois s'y limiter: l'arrêt ou le ralentissement involontaire du mouvement de balayage, la sortie anormale ou involontaire de la source de rayons X, le dysfonctionnement de l'ordinateur du système de sécurité, le dysfonctionnement des bornes et, le cas échéant, le dysfonctionnement du mécanisme de l'obturateur ou du dispositif d'arrêt du faisceau.

7.4.3 Méthode d'essai

Le constructeur doit produire un plan d'essai en accord avec la CEI 61508, qui doit démontrer le fonctionnement des alarmes de sécurité et des asservissements pour le niveau SIL spécifié.

Le système doit être mis en marche pour permettre le déroulement de ses routines de démarrage et d'auto-test. Une condition de panne de chacun de ses paramètres surveillés doit être simulée, et la description de l'avertissement ou de la panne doit être enregistrée.

8 Conditions et méthodes pour produire un spectre de balayage de rayons X

8.1 Généralités

En pratique, le spectre de rayonnement produit dépend principalement:

- de la haute tension traversant le tube à rayons X;
- de l'épaisseur et de la nature du filtrage total;
- du type et de la nature de la cible.

8.2 Caractéristiques de potentiel du tube de l'unité de rayons X

8.2.1 Exigences

La valeur conventionnellement vraie du potentiel doit être connue dans les limites de $\pm 5\%$.

8.2.2 Méthode d'essai

Étalonner l'équipement utilisé pour indiquer le potentiel du tube en différents points proches du potentiel du tube en fonctionnement et dans des conditions normales de fonctionnement. Les meilleures méthodes utilisent une chaîne de résistances étalonnées ou impliquent la mesure par spectrométrie de l'énergie photonique maximale. Si l'étalonnage est déterminé par spectrométrie, le potentiel du tube doit être trouvé à l'intersection de la partie haute énergie linéaire extrapolée du spectre avec l'axe des énergies. Des conseils sur des méthodes pour effectuer cela sont donnés dans l'ISO 4037-1.

9 Equivalent de dose ambiant à l'emplacement de l'individu en cours de contrôle

9.1 Exigences

L'équivalent de dose ambiant, $H_x(10)$, au point de référence, ne doit pas être supérieur à $0,4\ \mu\text{Sv}$ par procédure de contrôle (c'est-à-dire la somme de tous les balayages nécessaires pour examiner un individu) pour les systèmes à rétrodiffusion (B) et $5\ \mu\text{Sv}$ par procédure de contrôle (c'est-à-dire la somme de tous les balayages nécessaires pour examiner un individu) pour les systèmes à transmission (T) et à rétrodiffusion et transmission combinés (BT). D'autres valeurs peuvent être spécifiées en fonction des réglementations nationales.

9.2 Méthode d'essai

La méthode utilisée pour déterminer le point de référence de la dose maximale et la dose à ce point pour chaque procédure de contrôle doit être conforme à la description en Annexe A. Les mesures doivent être faites avec un instrument de référence. Des calculs ne sont pas suffisants.

Le scanner de rayons X étant en fonctionnement dans le mode mettant en œuvre la haute tension la plus élevée, le courant de tube le plus élevé et le filtrage total le plus faible, l'équivalent de dose ambiant par procédure de balayage (c'est-à-dire la somme de tous les balayages nécessaires pour examiner un individu), doit être mesuré au point de référence en appliquant les méthodes décrites dans l'Annexe A. Cette valeur, augmentée de l'incertitude globale ($k = 2$), ne doit pas être supérieure aux exigences portant sur le débit d'équivalent de dose ambiant, listées en 9.1.

10 Caractéristiques électriques

10.1 Tension d'alimentation

Le système doit être conçu pour fonctionner à partir d'une tension d'alimentation alternative monophasée dans l'une des catégories suivantes, conformément à la CEI 60038:

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

NOTE Les tensions d'alimentation monophasées nominales de 100 V, 50 Hz ou 60 Hz et de 117 V et/ou 234 V, 60 Hz sont utilisées dans certains pays, et une alimentation monophasée nominale de 110 V, 50 Hz est aussi utilisée comme alimentation alternative dans d'autres pays.

10.2 Exigences

Le système doit pouvoir fonctionner à partir d'une tolérance de la tension d'alimentation du réseau de -10% à $+10\%$ et avec des fréquences d'alimentation de 47 Hz à 51 Hz (57 Hz à 61 Hz dans les pays où la fréquence nominale est 60 Hz), sans que la dose de référence ne varie de plus de $\pm 10\%$.

10.3 Méthode d'essai

Il convient que l'équivalent de dose ambiant par balayage au point de référence soit d'abord mesuré dans les conditions de référence. Il convient qu'ensuite l'équivalent de dose ambiant par balayage soit mesuré sur les étendues de tension et de fréquence données en 10.1, et il convient qu'aucune de ces valeurs mesurées ne diffère de l'équivalent de dose ambiant de référence par balayage de plus de $\pm 10\%$.

11 Conditions environnementales

11.1 Température ambiante

11.1.1 Exigences

Il convient que l'équipement puisse fonctionner sur la gamme de températures de -10 °C à $+50\text{ °C}$, sans que la variation de l'équivalent de dose ambiant de référence par balayage ne soit supérieure à $\pm 10\%$, tous les systèmes de sécurité étant en fonctionnement.

11.1.2 Méthode d'essai

Il convient que l'équivalent de dose ambiant de référence par balayage au point de référence soit d'abord mesuré à 20 °C , dans les conditions de référence.

L'équipement doit fonctionner à une température de -10 °C ou moins, et l'équivalent de dose ambiant par balayage doit être mesuré. L'équipement doit être maintenu à -10 °C pendant au moins 2 h avant l'essai. L'équipement doit aussi fonctionner à une température de 50 °C ou plus, et l'essai doit être répété après maintien de l'équipement à 50 °C pendant au moins 2 h.

La haute tension appliquée au tube de rayons X et le courant absorbé doivent aussi être surveillés dans des conditions de référence et à nouveau après que l'équipement a séjourné à -10 °C et à $+50\text{ °C}$ pendant au moins 2 h. La tension appliquée dans les deux cas ne doit pas être supérieure à 1,02 fois celle dans les conditions normalisées d'essai, et le courant ne doit pas être supérieur à 1,05 fois celui dans les conditions normalisées d'essai.

Vérifier que tous les systèmes de sécurité fonctionnent sur toute la gamme de températures ci-dessus.

11.2 Humidité relative

11.2.1 Exigences

Il convient que l'équipement puisse fonctionner sur l'étendue d'humidité relative de 40 % à 93 %, à +35 °C, sans que l'équivalent de dose ambiant de référence par balayage ne diffère de ± 10 %, tous les systèmes de sécurité étant en fonctionnement.

11.2.2 Méthode d'essai

Il convient que l'équivalent de dose ambiant de référence par balayage au point de référence soit d'abord mesuré à 65 % d'humidité relative et à 35 °C dans les conditions de référence. Il convient qu'ensuite l'équivalent de dose ambiant par balayage soit mesuré sur les étendues d'humidité données en 11.2.1 et qu'aucune de ces valeurs mesurées ne diffère de l'équivalent de dose ambiant de référence par balayage de plus de ± 10 %.

La haute tension appliquée au tube de rayons X et le courant absorbé doivent être surveillés dans des conditions d'essai normalisées et à nouveau après que l'équipement a séjourné à plus de +35 °C et avec une humidité relative supérieure à 93 % pendant plus de 2 h, et à nouveau à une température de +35 °C et avec une humidité relative de 40 %. La tension appliquée dans les deux cas ne doit pas être supérieure à 1,02 fois celle dans les conditions normalisées d'essai, et le courant ne doit pas être supérieur à 1,05 fois celui dans les conditions normalisées d'essai.

Vérifier que tous les systèmes de sécurité fonctionnent sur toute l'étendue d'humidité ci-dessus.

12 Compatibilité électromagnétique

12.1 Susceptibilité aux champs électromagnétiques

12.1.1 Exigences

Il ne doit y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée lorsque l'équipement est exposé au champ. L'équivalent de dose ambiant de référence par balayage ne doit pas varier de plus de ± 10 % quand le système est exposé à des champs électromagnétiques rayonnés. Tous les systèmes de sécurité doivent rester opérationnels pendant et après ces essais.

12.1.2 Méthode d'essai

L'intensité du champ doit être de 20 V/m dans le domaine de fréquences de 80 MHz à 1 GHz et de 1,4 GHz à 2,4 GHz, et doit varier par pas de 1 % (niveau de sévérité 3 décrit dans la CEI 61000-4-3). Il ne doit également y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement, et il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée à aucune fréquence.

Vérifier que tous les systèmes de sécurité sont opérationnels pendant et après ces essais.

12.2 Perturbations conduites induites par les salves et les radiofréquences

12.2.1 Exigences

Il ne doit y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée lorsque l'équipement est exposé au champ. L'équivalent de dose ambiant de référence par balayage ne doit pas varier de plus de ± 10 % quand le système est exposé à des salves et des radiofréquences. Les systèmes de sécurité doivent rester opérationnels pendant et après ces essais.

L'essai s'applique aux dispositifs utilisés en présence d'émetteurs de radiofréquences dans la gamme de fréquences de 150 kHz à 80 MHz.

12.2.2 Méthode d'essai

Réaliser les opérations suivantes en présence et hors présence de perturbations conduites induites par des salves (CEI 61000-4-4) et de perturbations conduites induites par des champs de radiofréquences (CEI 61000-4-6) (dans les deux cas, le niveau de sévérité doit être le niveau 3).

- a) Régler l'équipement pour réaliser une procédure de contrôle.
- b) Etablir la gamme de fréquences de 150 kHz à 80 MHz à une intensité de champ de 10 V, une amplitude de 80 % modulée avec une onde sinusoïdale à 1 kHz.

L'équivalent de dose ambiante de référence par balayage ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ quand le système est exposé aux salves ci-dessus et à des radiofréquences. Il ne doit également y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement, et il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée. Vérifier que tous les systèmes de sécurité restent opérationnels pendant et après ces essais.

12.3 Surtensions et ondes sinusoïdales fortement amorties

12.3.1 Exigences

L'équivalent de dose ambiante de référence par balayage ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ quand le système est exposé à des surtensions et à des ondes d'oscillation. Il ne doit y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée. Tous les systèmes de sécurité doivent rester opérationnels pendant et après ces essais.

12.3.2 Méthode d'essai

Connecter les bornes de l'alimentation au générateur d'impulsions via un réseau de couplage/découplage, conformément à la CEI 61000-4-5 et à la CEI 61000-4-12 (le niveau de sévérité doit être le niveau 3), et effectuer les opérations suivantes.

- a) Il convient d'appliquer 10 impulsions au dispositif, avec un temps minimum entre chaque impulsion de 1 min.
- b) Il convient que chaque impulsion soit une onde de combinaison (1,2/50 μs – 8/20 μs) à une tension de 2 kV.

Il convient que les impulsions d'ondes sinusoïdales fortement amorties ne soient pas supérieures à 2 kV. L'équivalent de dose ambiante de référence par balayage ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ quand le système est exposé à des ondes sinusoïdales fortement amorties. Il ne doit y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée lorsque l'ensemble est exposé aux ondes sinusoïdales fortement amorties. Vérifier que tous les systèmes de sécurité restent opérationnels pendant et après ces essais.

12.4 Décharges électrostatiques

12.4.1 Exigences

L'équivalent de dose ambiante de référence par balayage ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ quand le système est exposé aux décharges électrostatiques. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée pendant l'exposition du dispositif aux décharges. Tous les systèmes de sécurité doivent rester opérationnels pendant et après ces essais.

12.4.2 Méthode d'essai

Les composants accessibles à l'utilisateur et à l'opérateur doivent être placés à proximité d'un générateur de décharges d'essai, tel que décrit dans la CEI 61000-4-2, et les opérations suivantes sont effectuées en présence et hors de la présence de sources de rayonnement.

- a) Régler l'équipement pour réaliser un balayage.
- b) Effectuer au moins cinq décharges sur chacune des différentes parties externes de l'équipement complet, pouvant être accessibles par l'opérateur.
- c) Pour les équipements ayant des surfaces conductrices et des plans couplés, la méthode de décharge par contact doit être employée, conformément à la CEI 61000-4-2. La décharge électrostatique doit être équivalente à celle d'un condensateur de 150 pF chargé à une tension de 6 kV, et déchargé dans une résistance de 330 Ω (niveau de sévérité 3).
- d) Lorsque des équipements avec des surfaces isolées sont soumis aux essais, la méthode de décharge dans l'air doit être utilisée avec une tension de 8 kV (niveau de sévérité 3). L'équivalent de dose ambiant de référence par balayage ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ quand le système est exposé aux décharges électrostatiques. Il ne doit y avoir aucune modification de l'état de fonctionnement.

13 Caractéristiques mécaniques

13.1 Chocs mécaniques

13.1.1 Exigences

Il convient que l'équipement supporte, sans que son aptitude à la fonction ne soit affectée, des chocs mécaniques (demi-sinusoïde) dans toutes les directions, à une accélération de 300 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ sur une durée de 6 ms (CEI 60068-2-27). Il convient que l'équipement reste fonctionnel pendant l'essai.

13.1.2 Méthode d'essai

Monter l'équipement sur un dispositif d'essai de choc, et réaliser une série de 10 chocs mécaniques tout en observant le fonctionnement du moniteur. Les chocs (demi-sinusoïde) doivent être appliqués dans trois directions orthogonales, à une accélération de 300 $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ sur une durée de 6 ms (CEI 60068-2-27).

Après l'essai, l'équipement doit être inspecté pour rechercher les composants desserrés ou cassés, et le fonctionnement des systèmes de sécurité doit être vérifié.

13.2 Essai de vibrations

13.2.1 Exigences

Il convient qu'aucune alarme ou autre modification dans le fonctionnement ne survienne pendant l'essai de vibration.

Endurance aux vibrations (recommandé, mais non exigé).

Il convient que l'état physique de l'équipement ne soit pas altéré par ces vibrations (par exemple, les joints de soudure doivent résister, les vis et écrous ne doivent pas être desserrés).

13.2.2 Méthode d'essai

La conformité doit être vérifiée en surveillant l'état opérationnel pendant et après l'essai de vibrations.

Balayage de fréquence:

L'équipement doit être soumis à des charges harmoniques de $0,5 g_n$, dont la fréquence croît graduellement de 10 Hz à 150 Hz, puis décroît de 150 Hz à 10 Hz, dans chacune des trois directions orthogonales (un cycle d'1 min est recommandé).

Essai d'endurance aux vibrations pendant le transport (recommandé, mais non exigé).

Soumettre l'équipement à des charges harmoniques de $2 g_n$ pendant 15 min, dans chacune des trois directions orthogonales, à une ou plusieurs fréquences dans chacune des étendues de 10 Hz à 21 Hz et de 22 Hz à 33 Hz. Cependant, si une résonance mécanique est rencontrée dans l'essai ci-dessus, il convient de choisir la fréquence d'essai parmi les fréquences de résonance. Après chaque durée de 15 min de vibrations, l'équipement doit être inspecté pour rechercher tout dommage physique, et le fonctionnement des systèmes de sécurité doit être vérifié.

13.3 Essai microphonique/impact

13.3.1 Exigences

La réponse de l'équipement ne doit pas être affectée par des conditions microphoniques telles que celles qui peuvent résulter d'un contact acéré de faible intensité sur une surface dure.

13.3.2 Méthode d'essai

L'équipement effectuant un balayage et en utilisant un dispositif d'essai approprié (c'est-à-dire un marteau à ressort), exposer l'équipement à un choc d'une énergie de 1,0 joules (J), équivalent à une masse de 1 kg se déplaçant à une vitesse de 1,4 m/s ou à une chute d'une hauteur de 0,1 m (CEI 60068-2-75). L'essai doit être réalisé sur chacune des faces de l'équipement, tandis que son aptitude à la fonction est observée.

L'aptitude à la fonction ne doit pas être affectée.

14 Documentation

14.1 Manuel d'instructions

L'équipement doit être fourni avec un manuel d'instructions détaillé.

14.2 Rapport d'essais de type

Le constructeur doit tenir à la disposition du client le rapport des essais de type réalisés conformément aux exigences de la présente norme.

14.3 Certificat

Un certificat doit être fourni, et il doit donner une description du système radiographique de contrôle. Il convient qu'il inclue aussi les informations suivantes, conformément à la CEI 61187:

- mode de fonctionnement, c'est-à-dire rétrodiffusion, (B), ou transmission, (T), ou rétrodiffusion et transmission combinées (BT);
- champ d'application: utilisations prévues, types d'objets détectés;
- conditions de fonctionnement des rayons X, haute tension, courant du tube, filtrage, HVL;
- technique de balayage utilisée, par exemple faisceau très étroit ou collimateur à fente;

- type du détecteur de rayonnement;
- équivalent de dose ambiant de référence par procédé de contrôle;
- épaisseur de blindage et débit d'équivalent de dose de fuite à 30 cm de la surface externe de l'enveloppe;
- liste des asservissements de sécurité et leurs rôles respectifs;
- vitesse de balayage, vitesse de la plateforme mobile et/ou de l'unité de rayons X;
- point de référence à la position de l'équivalent de dose ambiant maximal par balayage;
- distance entre le point focal du tube à rayons X et la sortie du faisceau;
- durée maximale d'un balayage.

Uniquement pour les équipements à rétrodiffusion:

- taux d'impulsions;
- vitesse de déplacement du faisceau sur la surface de l'objet;
- taille de l'impact du faisceau sur la surface de l'objet;
- résolution spatiale du système.

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

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf spécification contraire du constructeur)	Conditions normalisées d'essai (sauf spécification contraire du constructeur)
Temps de chauffage	15 min	> 15 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à 106 kPa
Tension d'alimentation	Tension nominale d'alimentation	Tension nominale d'alimentation ±1 %
Fréquence de l'alimentation	Fréquence nominale	Fréquence nominale ±1 %
Forme d'onde de la puissance d'alimentation	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion harmonique totale inférieure à 5 %
Rayonnement gamma de l'environnement	Débit de kerma dans l'air 0,1 µGy·h ⁻¹	Inférieur au débit de kerma dans l'air de 0,25 µGy·h ⁻¹
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible qui provoque des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à deux fois la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre
Commandes de l'équipement	Réglage pour un fonctionnement normal	Réglage pour un fonctionnement normal

Tableau 2 – Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai

Caractéristiques en essai	Exigences (paragraphe)	Méthode d'essai (paragraphe)
Equivalent de dose ambiant pour l'individu en cours de contrôle	9.1	9.2

Tableau 3 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence

Caractéristique en essai ou grandeur d'influence	Etendue des valeurs des grandeurs d'influence	Limites de l'écart des indications ou de la dose sur l'utilisateur	Méthode d'essais (paragraphe)
Fonctionnement sur le réseau	De -12 % à +10 % de la tension nominale d'alimentation De 47 Hz à 51 Hz ou 57 Hz à 61 Hz	±10 %	10.3
Température	De -10 °C à +50 °C	Le fonctionnement demeure satisfaisant. Variation de dose inférieure à ± 10 %	11.1.2
Humidité relative	De 40 % à 93 %, à 35 °C	Le fonctionnement demeure satisfaisant. Variation de dose inférieure à ± 10 %	11.2.2
Susceptibilité aux champs électromagnétiques	20 V/m sur la gamme de fréquences de 80 MHz à 1 GHz et 1,4 GHz à 2,4 GHz	Pas de modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée lorsque l'équipement est exposé au champ. Variation de dose inférieure à ± 10 %	12.1.2
RF conduites	150 kHz à 80 MHz à une intensité de 10 V, 80 % d'amplitude modulée avec une onde sinusoïdale à 1 kHz.	Pas de modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée lorsque l'équipement est exposé au champ. Variation de dose inférieure à ± 10 %	12.2.2
Surtensions et ondes sinusoïdales fortement amorties	Dix impulsions sont appliquées au dispositif – Il convient que chaque impulsion soit une onde de combinaison (1,2/50 µs - 8/20 µs) d'une intensité de 2 kV. Il convient que les impulsions d'ondes sinusoïdales fortement amorties ne soient pas supérieures à 2 kV.	Pas de modification de l'état de fonctionnement. Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée. Variation de dose inférieure à ± 10 %.	12.3.2
Décharges électrostatiques	Surfaces conductrices et plans de couplage, méthode de décharge par contact - équivalent à la décharge d'un condensateur de 150 pF chargé sous une tension de 6 kV, et déchargé dans une résistance de 330 Ω. Pour les surfaces isolées, méthode de décharge dans l'air avec une tension de 8 kV	Il convient qu'aucune alarme ou autre sortie ne soit activée quand le moniteur est exposé à la décharge. Variation de dose inférieure à ± 10 %	12.4.2
Chocs mécaniques	300 m·s ⁻² en 6 ms	Le fonctionnement demeure satisfaisant	13.1.2
Vibrations	0,5 g _n de 10 Hz à 150 Hz	Le fonctionnement demeure satisfaisant	13.2.2
Essai microphonique/impact	1,0 J	Le fonctionnement demeure satisfaisant	13.3.2

Annexe A (normative)

Mesures et calculs de l'équivalent de dose ambiant par balayage au point de référence

A.1 Généralités

Le point de référence est tout point de l'espace qui pourrait être occupé par un individu contrôlé mais, en l'absence de l'individu, lorsqu'une procédure de contrôle est en cours, qui reçoit le maximum ou presque de l'équivalent de dose.

Pour la réalisation de cet essai, un radiomètre ou plusieurs radiomètres identiques sont positionnés en des points spécifiques dans cet espace, afin de déterminer l'équivalent de dose de rayonnement à ces points.

A.2 Equipement de mesure

Les radiomètres utilisés pour déterminer le point de référence doivent avoir une réponse en énergie uniforme dans la tolérance $\pm 20\%$ entre 25 keV et l'énergie maximale en keV correspondant à la tension de fonctionnement maximale du tube à rayons X. Leur réponse doit être telle que l'écart type dû à la fluctuation statistique de la lecture au point de référence soit inférieur à 5 % de la lecture. Lorsque le niveau de rayonnement est trop faible pour atteindre cette limite, la somme des rayonnements d'un nombre suffisant de procédures de contrôle doit être mesurée de telle sorte que l'écart type soit inférieur à 5 %.

A.3 Procédure

Afin de déterminer le point de référence, un certain nombre de points de mesure spécifiés sont utilisés. Ces points de mesure spécifiés forment une matrice tridimensionnelle dans l'espace, qui est généralement occupée par l'individu en cours de contrôle, les points étant séparés de 10 cm. Le plan horizontal de cette matrice est l'emplacement où l'individu en cours de contrôle serait confiné, ou un emplacement de 2 m par 2 m, la valeur la plus faible prévalant. Dans le dernier cas, un bord de la matrice coïncidera avec la face de l'équipement et sera centré à peu près sur le point de sortie moyen du faisceau de rayons X. Chaque plan horizontal de la matrice doit être situé entre 5 cm et 185 cm du sol. Les plans verticaux centraux passeront par le centre de chaque plan horizontal.

A.4 Essais préliminaires

Mesurer la dose au centre de la matrice à l'aide d'un nombre suffisant de procédures de contrôle. Chaque lecture de dose pouvant prendre un temps significatif, il convient de prendre en compte l'augmentation de la valeur mesurée due à l'environnement naturel. Répéter l'essai dix fois.

Calculer

$$\sqrt{\frac{1}{(n-1)x_m} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}$$

x_m étant la moyenne de n mesures x_i

Si cela est supérieur à 0,05, répéter cet essai en augmentant le nombre de procédures de contrôle par lecture jusqu'à ce qu'une valeur inférieure à 0,05 soit obtenue.

Si plusieurs radiomètres sont utilisés, placer chacun d'entre eux dans la même position, et répéter l'essai ci-dessus. A chaque nouvel essai, utiliser uniquement les radiomètres dont les lectures ne diffèrent pas de plus de 10 % ou plus.

A.5 Méthode d'essai

Deux essais peuvent être utilisés:

- a) Mesurer l'équivalent de dose en chaque point de la matrice décrite ci-dessus, et déterminer le point de dose maximale. Prendre six autres mesures à 5 cm du point de ce maximum le long des axes de la matrice. Si une de ces mesures montre une dose supérieure, la position doit alors être prise comme point de référence, sinon, la position initiale doit être considérée comme le point maximum de la matrice.

ou

- b) Mesurer la dose en tout point le long d'un axe de la matrice à partir du centre de la matrice. A partir du point maximum, mesurer en chaque point le long d'un axe perpendiculaire. A partir du point maximum, mesurer à nouveau en chaque point d'un troisième axe perpendiculaire aux deux précédents, et déterminer la dose maximale. Si la dose n'est pas significativement différente (écart inférieur à 10 %) de la dose au centre, utiliser ce point de la dose maximale trouvé ci-dessus comme point de départ, et répéter le processus. Répéter ce processus jusqu'à ce qu'aucune dose mesurée ne soit significativement différente de celle au point de départ de ce processus particulier.

Prendre six autres mesures à 5 cm du point de ce maximum, le long des axes de la matrice. Si toutes ces mesures montrent une dose supérieure, la position doit alors être prise comme point de référence, sinon, la position initiale doit être considérée comme le point maximum de la matrice.

La dose maximale reçue par procédure de contrôle est déterminée en divisant la dose maximale mesurée ci-dessus par le nombre de procédures de contrôle utilisé pour chaque mesure.

Il convient que la surface active du détecteur soit comprise entre environ 10 cm² et 100 cm².

A.6 Recommandations

Généralement, les valeurs de dose sont dans l'étendue allant de moins de 1 µSv par balayage à quelques µSv par balayage, avec un temps d'exposition type de quelques millisecondes. Du fait du caractère pseudo-pulsé des champs de rayonnement, le débit de dose peut être de plusieurs Sieverts par heure.

Les chambres d'ionisation sont les instruments de mesure les mieux adaptés pour répondre à ces exigences. Pour s'affranchir du problème de la charge de fuite, des mesures en résolution temporelle sont recommandées. Dans ce cas, il est possible de séparer la contribution de la charge de fuite de la charge produite dans le court instant de l'exposition. La lecture doit permettre des mesures à résolution temporelle de la charge générée, dans des intervalles de 100 ms (ou moins).

Les corrections de pression de l'air et de la température doivent être apportées aux charges enregistrées.

La Figure A.1 donne un résultat typique d'une mesure. La charge dans la chambre à ionisation dépend du temps de mesure. Pour évaluer la dose, la procédure suivante doit être appliquée:

- a) Extrapoler la charge dépendant du temps avant et après que les impulsions de rayonnement atteignent la chambre d'ionisation, comme le montrent les deux lignes droites dans la Figure A.1 ci-dessous.
- b) Déterminer le temps du milieu de l'impulsion de rayonnement. Dans la Figure A.1, c'est à environ 22 s.
- c) Calculer la différence des deux courbes d'extrapolation déterminées en a) au temps déterminé en b). C'est la charge provoquée par le rayonnement.
- d) Multiplier la charge obtenue en b) avec le facteur d'étalonnage approprié de la chambre d'ionisation, voir ci-dessous.

D'autres d'informations sont disponibles dans les ouvrages de référence ².

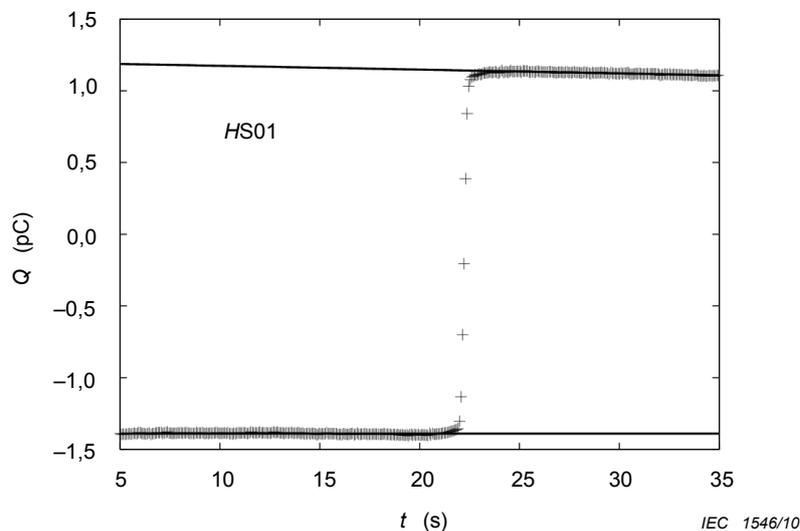


Figure A.1 – Charge Q en fonction du temps t , mesurée à un scanner à faisceau très étroit (rétrodiffusion) au moyen d'une chambre d'ionisation de $Hx(10)$ étalonnée à partir d'un étalon secondaire (la dose est d'environ $0,1 \mu Sv$)

Au moins deux chambres d'ionisation différentes doivent être utilisées avec une réponse en énergie uniforme, étalonnée en termes de dose ambiante $Hx(10)$, voir par exemple ³ et ⁴. Les instruments de mesure utilisés doivent être étalonnés, afin que soit assurée la traçabilité par rapport au système SI (représenté par les étalons primaires nationaux). La qualité de rayonnement de référence utilisée pour l'étalonnage doit avoir un spectre d'énergie similaire à celui du scanner de rayons X. Ceci peut être obtenu en sélectionnant une qualité de rayonnement avec une haute tension et un filtrage total, similaire à celle du scanner de rayons X. Le rayonnement de référence peut être choisi dans la série ISO 4037. De plus, les chambres doivent avoir une réponse en énergie uniforme (mieux que $\pm 10\%$) dans l'étendue d'énergie ± 20 keV du rayonnement émis par le scanner à rayons X.

² Hupe, O., Ankerhold, U. *Determination of ambient and personal dose equivalent for personnel and cargo security screening*. Radiat. Prot. Dosim. Vol.121 No. 4 pp. 429-437, (2006).

³ Ankerhold, U., Behrens, R., Ambrosi, P. *A prototype ionisation chamber as a secondary standard for the measurement of personal dose equivalent, $H_p(10)$, on a slab phantom*. Radiat. Prot. Dosim. Vol.86, 167 (1999).

⁴ Ankerhold, U. *Optimization of a secondary standard chamber for the measurement of the ambient dose equivalent, $H^*(10)$, for low photon energies*. Radiat. Prot. Dosim. Vol.118, 16 (2006).

L'électromètre utilisé doit avoir une résolution de charge suffisamment fine pour détecter la quantité de charge prévue de la chambre à ionisation. L'équation numérique suivante peut servir à estimer la charge prévue:

$$Q [\text{pC}] \approx H [\mu\text{Sv}] \times V_{\text{ic}} [\text{cm}^3] \times 0,03$$

où

Q est la charge de la chambre à ionisation en pC,

H est la dose prévue en μSv , et

V_{ic} est le volume de la chambre à ionisation en cm^3 .

Ceci provient de l'équation suivante:

$$Q \approx \frac{H}{\left(\frac{W}{e}\right) \times \frac{1}{\rho} \times \frac{1}{V_{\text{ic}}}}$$

où

$(W/e) \approx 34 \text{ J/C}$ est l'énergie moyenne nécessaire pour produire une paire d'ions dans l'air sec, et

$\rho \approx 1,2 \times 10^{-3} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ est la densité de l'air sec.

Annexe B (informative)

Exigences des normes de base de sécurité pour la protection contre les rayonnements ionisants et pour la sécurité des sources de rayonnement (BSS). IAEA Safety Series No. 115, 1996.

« En pratique, les sources et leurs utilisations peuvent être exemptes d'exigences normatives, y compris pour la notification, l'enregistrement ou la licence, si l'autorité de sûreté se satisfait du fait que les sources soient conformes aux critères d'exemption ou niveaux d'exemption spécifiés dans le Schedule 1. Exemptions ou d'autres niveaux d'exemption spécifiés par l'autorité de sûreté sur la base de ces critères d'exemption. Il convient que l'exemption ne couvre pas des pratiques qui autrement ne seraient pas justifiées.

Une utilisation ou une source en utilisation peut être exemptée sans autres considérations, pourvu que les critères suivants soient respectés dans toutes les situations possibles:

- a) la dose effective prévue pour être appliquée à toute personne du public à la suite d'une utilisation ou une source avec exemption est de l'ordre de 10 μSv ou moins par an, et
- b) soit la dose effective collective sur une année d'utilisation ne dépasse pas environ 1 manSv, soit une évaluation de l'optimisation de la protection montre que l'exemption est l'option optimale. »

Conformité à a).

Le fait d'utiliser les exigences de limites de dose de l'Article 9 de la présente norme de 0,4 μSv par procédure de contrôle pour les systèmes à rétrodiffusion peut signifier qu'un individu ne devrait pas subir plus de 25 balayages par an pour respecter la limite de 10 μSv et, pour les systèmes à transmission où la limite de la présente norme est 5 μSv , un individu ne devrait pas subir plus de 2 balayages par an.

Conformité à b).

Pour un système à balayage unique, un total d'environ 2 500 000 individus peuvent être contrôlés en une année pour un système à rétrodiffusion, et 200 000 individus pour un système à transmission.

« SOURCES EXEMPTÉES ET NIVEAUX D'EXEMPTION

Les sources suivantes en utilisation sont automatiquement exemptées sans tenir compte des exigences normatives, y compris celles relatives aux notifications, enregistrements ou licences:

- c) générateurs de rayonnement d'un type approuvé par l'autorité de sûreté et tout tube électronique tel qu'un tube cathodique pour l'affichage d'images, à condition:
 - i) qu'ils n'entraînent pas, dans des conditions normales de fonctionnement, un débit d'équivalent de dose ambiant ou un débit d'équivalent de dose directionnel, le cas échéant, excédant 1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à une distance de 0,1 m de toute surface accessible de l'équipement. »

Conformité à c), i).

Les exigences de blindage de 7.2.1 restreignent le débit d'équivalent de dose à 2,5 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à une distance de 30 cm ce qui, comparé à la limite BSS, correspond à environ 0,11 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à 30 cm.

Annexe C (informative)

Instrument de mesure de localisation de fuite et utilisation

Il convient que cet instrument de mesure possède les caractéristiques suivantes:

- a) Il convient que l'instrument de mesure (ou la sonde amovible) possède plusieurs détecteurs dans une matrice linéaire, couvrant une longueur active d'au moins 35 cm. Il convient que chaque détecteur n'ait pas de dimensions supérieures à 5 cm.
- b) Il convient que chaque sortie de détecteur possède un instrument de mesure distinct ou un autre dispositif fournissant une indication proportionnelle au signal. Il convient qu'un tel indicateur permette l'indication du détecteur conduisant au signal instantané le plus élevé.
- c) Il convient que l'instrument de mesure réponde au rayonnement photonique dans l'étendue d'énergie de 15 keV à 600 keV, et qu'il soit capable de mesurer jusqu'à $0,1 \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ou mieux.
- d) Il convient que l'instrument de mesure ait une étendue dynamique minimale de débit d'équivalent de dose ambiant de $0,1$ à $1\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, avec la résolution d'échelle la plus faible de $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ou mieux pour toute l'étendue d'énergie de l'instrument. Il convient qu'une indication de surcharge soit donnée quand l'étendue de l'instrument de mesure est dépassée.
- e) Il convient que l'instrument de mesure réponde aux impulsions de rayonnement suivantes et fournisse une indication adéquate pour les mesures à faire: 100 ms, 1 nSv en impulsions uniques (c'est-à-dire, $36 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ débit instantané); 10 ms, 10 nSv en impulsions uniques (c'est-à-dire, $3\,600 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ débit instantané).
- f) Il convient que l'instrument de mesure fonctionne correctement dans la gamme de températures de $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ à $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ et jusqu'à une humidité relative de 95 %.

Il convient qu'un objet diffusant soit placé à l'endroit où normalement un individu serait debout pour son contrôle. L'objet diffusant doit avoir approximativement la taille d'un adulte moyen, et il convient que sa densité soit proche de $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. L'objet diffusant étant en place, il convient que l'équivalent de dose ambiant soit mesuré aux emplacements où l'accès en attente est permis.

Lorsque le blindage dépend d'un mur, d'une séparation, etc., de l'installation ou d'un blindage complémentaire qui ne fait pas partie de l'équipement de base, il convient que ces essais soient menés après l'installation et répétés le cas échéant, dans les conditions où tout panneau ou porte, etc. qui peut être ouvert(e) le soit effectivement.

Bibliographie

ICRU 17 (Commission Internationale sur les unités et mesures des rayonnements): 1970, *Radiation dosimetry: X-rays Generated at Potentials of 5 to 150 kV*

ICRU 39, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources*

ICRU 51, *Units in Radiation Protection*

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