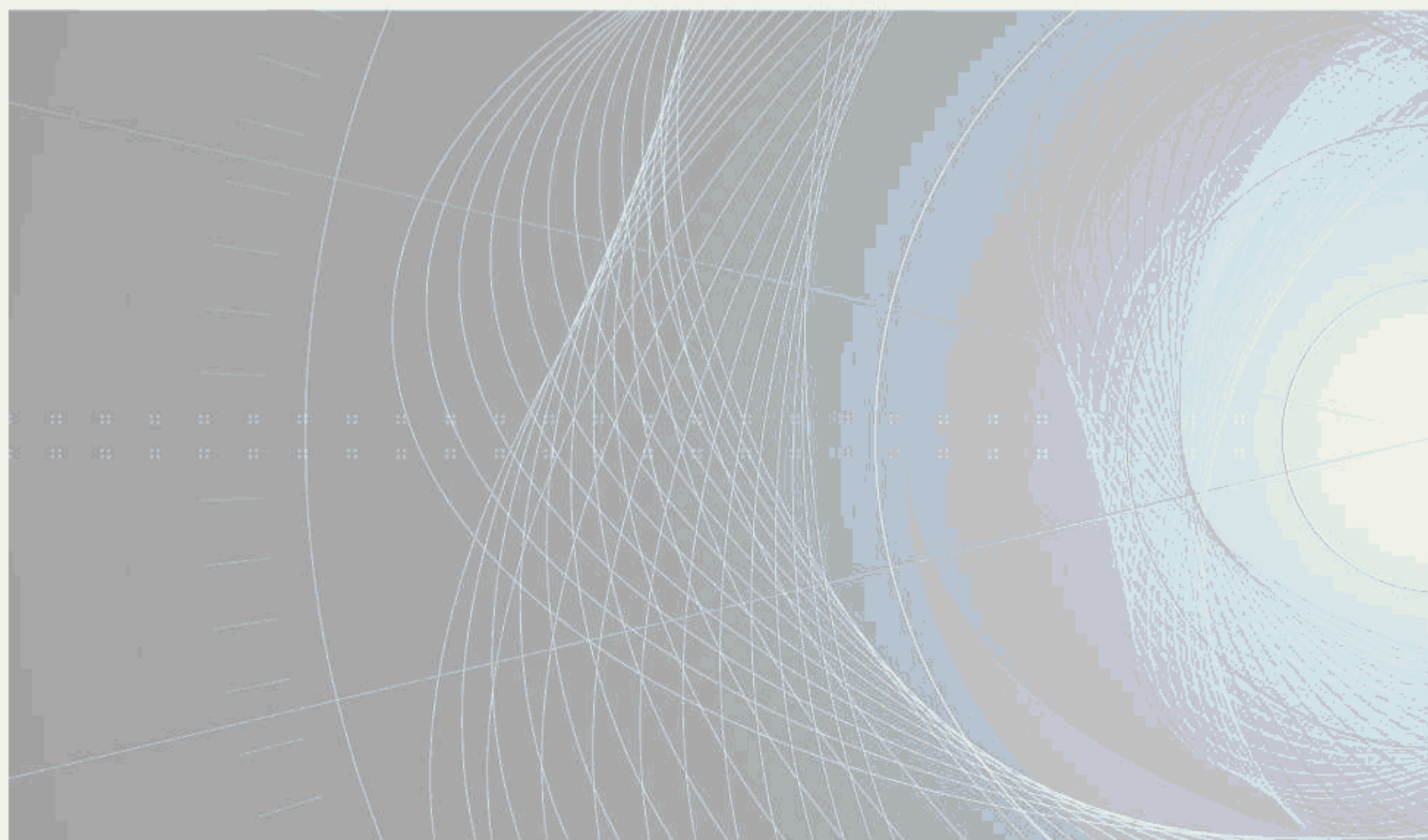


INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Radiation protection instrumentation – X-ray computed tomography (CT)
inspection systems of bottled/canned liquids**

**Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes d'inspection par
tomographie aux rayons x par ordinateur (CT) des liquides en bouteille ou en
canette**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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



IEC 62963

Edition 1.0 2020-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Radiation protection instrumentation – X-ray computed tomography (CT)
inspection systems of bottled/canned liquids**

**Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes d'inspection par
tomographie aux rayons x par ordinateur (CT) des liquides en bouteille ou en
canette**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-8254-0

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

CONTENTS

FOREWORD	3
1 Scope	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	6
4 Requirements	8
4.1 Structure and appearance	8
4.2 Functionality	8
4.3 Performance	8
4.4 Radiation safety	17
4.5 Electrical safety	18
4.6 Mechanical safety	19
4.7 Power voltage suitability	20
4.8 Environmental requirements	20
4.9 Electromagnetic compatibility	21
5 Marking and documentation	22
5.1 Marking	22
5.2 Documentation	22
6 Packing and shipment	23
6.1 Packing	23
6.2 Shipment	23
6.3 Documentation	23
Annex A (informative) Guidance for scoring the contrast-sensitivity and spatial-resolution metrics	24
A.1 Contrast sensitivity evaluation	24
A.2 Spatial resolution example	24
Annex B (informative) Example recording form for container-artifacts testing	26
Figure 1 – The image-contrast-sensitivity test article (all units are in mm)	10
Figure 2 – The spatial-resolution test article (all the units are in mm)	12
Figure 3 – The container-artifacts test article	13
Figure A.1 – Spatial resolution example	25
Table 1 – Reference condition and standard test condition	9
Table 2 – Container for minimum volume test	9
Table 3 – Densities of test samples and respective NaCl concentrations	11
Table 4 – Position versus dimension of line pairs	12
Table 5 – The recording form for container-artifacts test object's parameters	13
Table 6 – Standard deviation and relative measured deviation	15
Table 7 – Requirements on accuracy	16
Table 8 – Containers for test	17
Table 9 – Reference table of noise correction	17
Table 10 – Tolerance limit of touch current	19
Table 11 – Requirements on temperature and relative humidity	20
Table 12 – Mechanical test projects and relevant requirement	21
Table A.1 – Image contrast sensitivity of different density samples	24
Table B.1 – Recording form for container-artifacts testing	26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY (CT) INSPECTION
SYSTEMS OF BOTTLED/CANNED LIQUIDS**

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 62963 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/958/FDIS	45B/962/RVD

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

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

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY (CT) INSPECTION SYSTEMS OF BOTTLED/CANNED LIQUIDS

1 Scope

This document describes the technical requirements, test methods, inspection requirements, markings and labelling, and requirements on the accompanying documents, packaging, shipping and storage for X-ray security inspection systems that inspect bottled or canned liquids (hereinafter referred to as "the system") based on X-ray computed tomography (CT). Here, the system is limited to those that feature tomographic scanning, not standard X-ray projection. This document is applicable to liquids, aerosols and gelatinous objects in transparent or visually opaque containers.

This technical performance document includes minimum or baseline performance requirements; regulators may require additional performance testing.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60068-2-1, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

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

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

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

IEC 61000-6-1:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61010-1:2010, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

ISO 780:2015, *Packaging – Distribution packaging – Graphical symbols for handling and storage of packages*

ISO 13849 (all parts), *Safety of machinery – Safety-related parts of control systems*

ASTM A624/624M:2013, *Standard Specification for Tin Mill Products, Electrolytic Tin Plate, Single Reduced*

ASTM B221:2014, *Standard Specification for Aluminium and Aluminium-Alloy Extruded Bars, Rods, Wire, Profiles, and Tubes*

EN 546-1:2006, *Aluminium and aluminium alloys – Foil – Part 1: Technical conditions for inspection and delivery*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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

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

3.1

ambient dose equivalent

$H^*(10)$

dose equivalent at a point in a radiation field that would be produced by the corresponding expanded and aligned field in the ICRU sphere at a depth of 10 mm on the radius opposing the direction of the aligned field

Note 1 to entry: The SI unit of ambient dose equivalent is the sievert (Sv) or its decimal multiples or submultiples (e.g. mSv).

Note 2 to entry: The ambient dose equivalent (rate), used for the monitoring of strongly penetrating radiation, is not an appropriate quantity for any beta radiation even that which is nominally penetrating (ICRU Report 47, 1992).

Note 3 to entry: When the term dose equivalent alone is used in this document, the quantities ambient dose equivalent and directional dose equivalent are implied.

3.2

ambient dose equivalent rate

ratio of $dH^*(10)$ by dt , where $dH^*(10)$ is the increment of ambient dose equivalent in the time interval dt :

$$H^*(10) = \frac{dH^*(10)}{dt}$$

Note 1 to entry: The SI unit of ambient dose equivalent rate is the sievert per second ($\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}$). Units of ambient dose equivalent rate are any quotient of the sievert or its decimal multiples or submultiples by a suitable unit of time (e.g., $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$).

3.3

CT value

value reported by CT systems on a per voxel basis that is a function of the material's density and atomic number

Note 1 to entry: It is expressed in Hounsfield units (HU) in which the value of air at standard pressure and temperature (STP) is defined as zero HU, while the value of distilled water at STP is defined as 1 000 HU.

3.4

density resolution

measure of the extent to which a tomograph or radiograph can be used to detect physical differences in the test object

3.5**effective atomic number** **Z_{eff}**

material property that represents the atomic number of a theoretical element that, if the material were replaced by the element, would produce the same x-ray attenuation characteristics

Note 1 to entry: Z_{eff} measurements can be scanner-dependent and its value shall not be considered as absolute.

3.6**electron density**

material property defined as:

$$= \rho \times 2 /$$

Where

ρ is electron density,

ρ_p is physical density,

Z is atomic number, and

A is atomic weight.

3.7**object inspection time**

time interval from when the object to be inspected is inserted into the system to the time when the system shows the result for the whole object. This does not include initial system warm up time

Note 1 to entry: Object inspection may contain one or more single slices.

3.8**single slice inspection time**

time interval from when the object to be inspected is inserted into the system, to the time that the system shows the result for only one two-dimensional imaged slice of the object, a single voxel in height

Note 1 to entry: This definition applies only to systems that have a single-slice mode available. This does not include initial system warm up time.

3.9**spatial resolution**

smallest separation distance at which two points (or line pairs) can be distinguished as separate entities

3.10**test sample**

combination of designated container and its content to be scanned

3.11**X-ray computed tomography (CT)**

technique that uses computer-processed combinations of many X-ray images taken from different angles to produce cross-sectional (tomographic) images (virtual 'slices') of specific areas of a scanned object

3.12**X-ray inspection system of bottled/canned liquids**

system that applies X-ray CT to bottles or cans with the intent of identifying liquids, aerosols, or gels for security purposes

4 Requirements

4.1 Structure and appearance

Protection grade for the system's shell shall be subject to rules of IEC 60529, which shall not be rated lower than the international protection marking code IP20.

4.2 Functionality

4.2.1 Threat alarm

The system shall automatically provide warning by audible or visual signals when threats are detected. The signals may be disabled by configuration, if desired.

4.2.2 Image display

- a) The system shall designate the position(s) that a container should be placed for inspection.
- b) The system shall display images of inspected position(s).

4.2.3 Data storage

- a) Data stored in the system shall include the resulting image, device identification number (ID), operator ID and image generation time.
- b) Image retrieval: functionality shall be provided to retrieve result images by operator ID, image generation time and alarm result.
- c) Image storage capacity: The system shall save images and results of a minimum of 10 000 scanned objects.
- d) Image storage security: Images saved in the system shall be secured. Only authorized personnel should be able to access to operate on the images.
- e) Image export: The system shall export images into an open image format that can be easily transferred or exported.

4.3 Performance

4.3.1 Reference environmental conditions and standard test requirements

Except where otherwise specified, tests shall be carried out within the standard test conditions shown in the third column of Table 1. For tests performed outside the standard test conditions, the values of temperature, pressure and relative humidity shall be stated and the appropriate corrections, if any, made to give the response under reference conditions. All tests in 4.3 shall be performed with the same values of these reference environmental conditions. Reference conditions are given in the second column of Table 1.

The values in Table 1 are intended for tests performed in temperate climates. In other climates, the actual values for the test shall be stated. Similarly atmospheric pressure lower than 70 kPa may be permitted at higher altitudes. If the system is to be operate outside the environmental standard test conditions, testing shall be performed at these non-standard conditions.

Table 1 – Reference condition and standard test condition

Environment condition	Reference condition	Standard test conditions
Environment temperature	20 °C	15 °C to 35 °C
Relative humidity	65 %	45 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106,6 kPa
Background radiation dose rate	Ambient dose equivalent rate no greater than 0,1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	Ambient dose equivalent rate less than 0,25 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Ambient electromagnetic field	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Ambient magnetic induction	Negligible	Less than twice the value of the induction due to earth's magnetic field

For the system under test, the image quality test report shall include manufacturer, manufacture date, model No., serial No., software version, environmental conditions, serial No. of the test articles, type and serial No. of X-ray emitter. For all performance requirements in 4.3, image evaluation shall be based on images acquired under normal security-screening operation mode including exposure time, high voltage, and any other adjustable parameters.

4.3.2 Requirement on inspection time

4.3.2.1 Requirements

The object inspection time shall not be more than 30 s. In single slice mode, if available, the inspection time shall be no more than 10 s.

4.3.2.2 Test method

The system shall conduct an inspection for a test sample and the measurement/scanning time and mode shall be recorded, and comply with the requirement of 4.3.2.1.

4.3.3 Requirement on minimum volume of liquid to be inspected

4.3.3.1 Requirements

The system shall be able to inspect volumes of liquid that are ≥ 100 ml. The shape of the container used to test for minimum scannable volume shall be a cylinder with a diameter of 50 mm.

4.3.3.2 Test method

Fill the container TC01, defined in Table 2, with water, and use the sample to perform inspection. Such test shall be normally achieved and finally give an inspection result.

Table 2 – Container for minimum volume test

Code	Name	Specification
TC01	Container for minimum volume of liquid-to-be-inspected test sample	Cross-section is circular; external diameter: 50 ± 1 mm; wall thickness: $1\pm 0,5$ mm; polyethylene plastic bottle

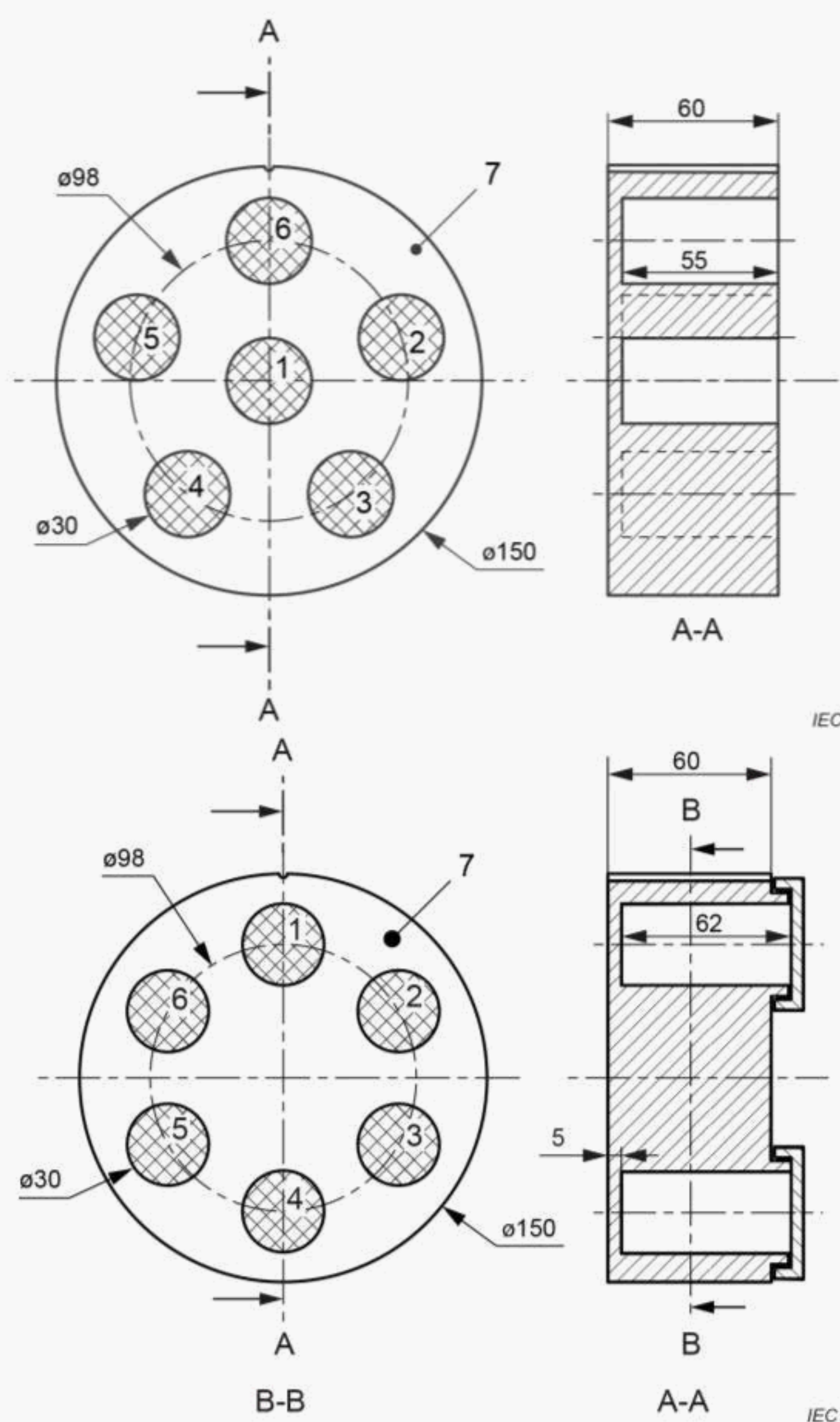
4.3.4 Image contrast sensitivity

4.3.4.1 Requirements

The system's image contrast sensitivity shall be sufficient to achieve discrimination between samples with physical density that differs by less than or equal to 3 % from that of water. The evaluation report format for this metric is given in Annex A, Table A.1.

4.3.4.2 Description of the image-contrast-sensitivity test article

Using image contrast, this metric gauges effective liquid density resolution or sensitivity. The test article consists of 6 cylindrical cavities in a large cylindrical base, each filled with a different density liquid, as shown in Figure 1. The large cylinder is made of polyethylene. Each cavity is filled with distilled water or NaCl water solutions of different concentrations which is contained with a lid. Ensure the liquids are chemically stable over the period of testing. Relative densities of the liquids are given in Table 3.



Key

- 1 to 6 Test samples at different densities
- 7 Base of the cylinder

Figure 1 – The image-contrast-sensitivity test article (all units are in mm)

Table 3 – Densities of test samples and respective NaCl concentrations

Sample No.	Physical density of test liquid	NaCl concentration (20 °C)
1	Water	0
2	Base density of water +1 %	1,66 ± 0,05 %
3	Base density of water +2 %	3,06 ± 0,05 %
4	Base density of water +3 %	4,44 ± 0,05 %
5	Base density of water +4 %	5,83 ± 0,05 %
6	Base density of water +5 %	7,20 ± 0,05 %

4.3.4.3 Test method

Place the image-contrast-sensitivity test article at the center of the inspection volume with the axis of the cylinder vertically upwards. Scan the test object such that the central position of the article that contains the test samples is imaged. Visually determine which of the NaCl test samples can be discriminated from the water test sample by comparing the imaged samples within one of the following reconstructed images: CT value, electron density or Z_{eff} . If the reconstructed image includes more than one vertical voxel, before performing the evaluation, produce a two-dimensional image using a projection method in the vertical direction that produces the best signal to noise. Otherwise, evaluate directly the acquired single slice, two-dimensional image of the samples. The system shall achieve discrimination between samples with physical densities that differ by less than or equal to 3 % from that of water; i.e., at least 4 samples (namely, #1, #4, #5, #6) shall be discriminable. The image inspection shall be taken by at least 5 different persons with normal vision and at least 3 persons shall produce the same result as defined in Table A.1.

4.3.5 Spatial resolution

4.3.5.1 Requirements

The system shall be able to entirely resolve line pairs with spatial frequencies of less than or equal to 2,0 mm. Evaluation of the sample is described in Clause A.2.

4.3.5.2 The spatial-resolution test article

The spatial-resolution test article is a plastic cylinder with a diameter of 150 mm and a height of 50 mm into which iron plates are inserted. Three iron plates form each line-pair gauge. The article is composed of eight line-pair gauges of different thicknesses as shown in Figure 2.

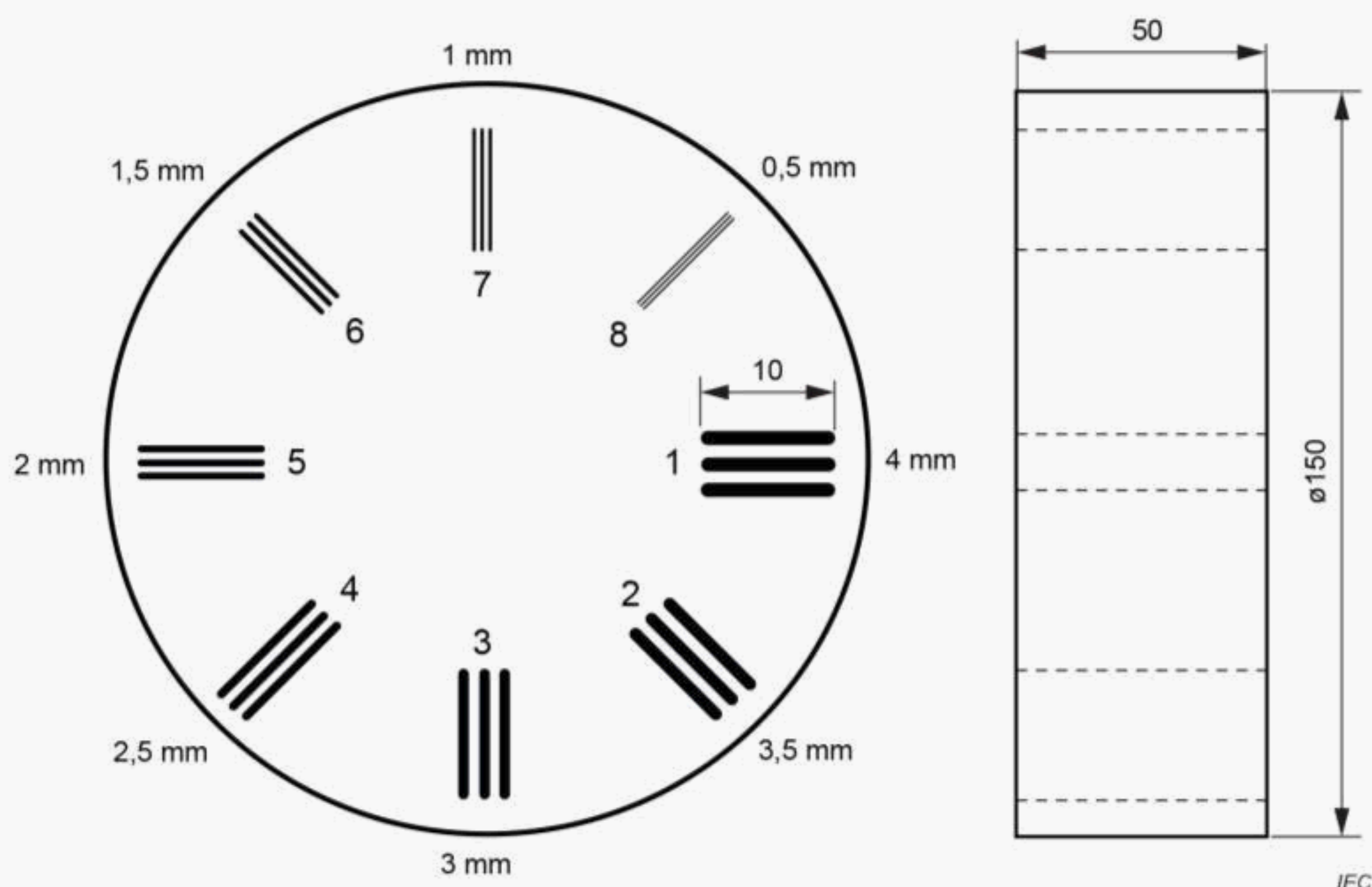


Figure 2 – The spatial-resolution test article (all the units are in mm)

The line-pair gauge dimensions and positions are given in Table 4.

Table 4 – Position versus dimension of line pairs

Code No.	Inserted iron plate dimensions length × width × thickness mm	Thickness of the gap between the plates mm
1	50×10×(4,00 ± 0,05)	4,00 ± 0,05
2	50×10×(3,50 ± 0,05)	3,50 ± 0,05
3	50×10×(3,00 ± 0,05)	3,00 ± 0,05
4	50×10×(2,50 ± 0,05)	2,50 ± 0,05
5	50×10×(2,00 ± 0,05)	2,00 ± 0,05
6	50×10×(1,50 ± 0,05)	1,50 ± 0,05
7	50×10×(1,00 ± 0,05)	1,00 ± 0,05
8	50×10×(0,50 ± 0,05)	0,50 ± 0,05

4.3.5.3 Test method

Place the spatial-resolution test article at the center of the scanning volume with the axis of the cylinder vertically upwards. Scan the central position of the article. Visually inspect the imaged test object within one of the following slice images: CT value, electron density or Z_{eff} . A line-pair gauge with all three lines visually complete and separable from others is judged as resolvable. Record each of the resolvable line-pair gauge with code number designated in Table 4. At least codes 1 to 5 (4,0 mm to 2,0 mm) shall be entirely resolved. Such inspection shall be taken by at least 5 different persons with normal vision and at least 3 persons shall produce the same conclusion.

4.3.6 Container artifacts

4.3.6.1 Container-artifacts test article

This test article is used to measure the influence of the container size and material on the CT value, electron density and Z_{eff} determined for the liquid within the container. The container-artifacts test article is an object constructed by binding to a polyformaldehyde cuboid and cylinder thick/thin strips of aluminum and thick/thin strips of iron including 14 steps, with a 100 mm diameter 210 mm height polyethylene barrel as protective sleeve on the outside. Here, the polyformaldehyde cuboid has 7 steps in total at the height of 105 ± 3 mm and the polyformaldehyde cylinder has 7 steps too, at the height of 105 ± 3 mm as shown in Figure 3. For detailed parameters, see Table 5.

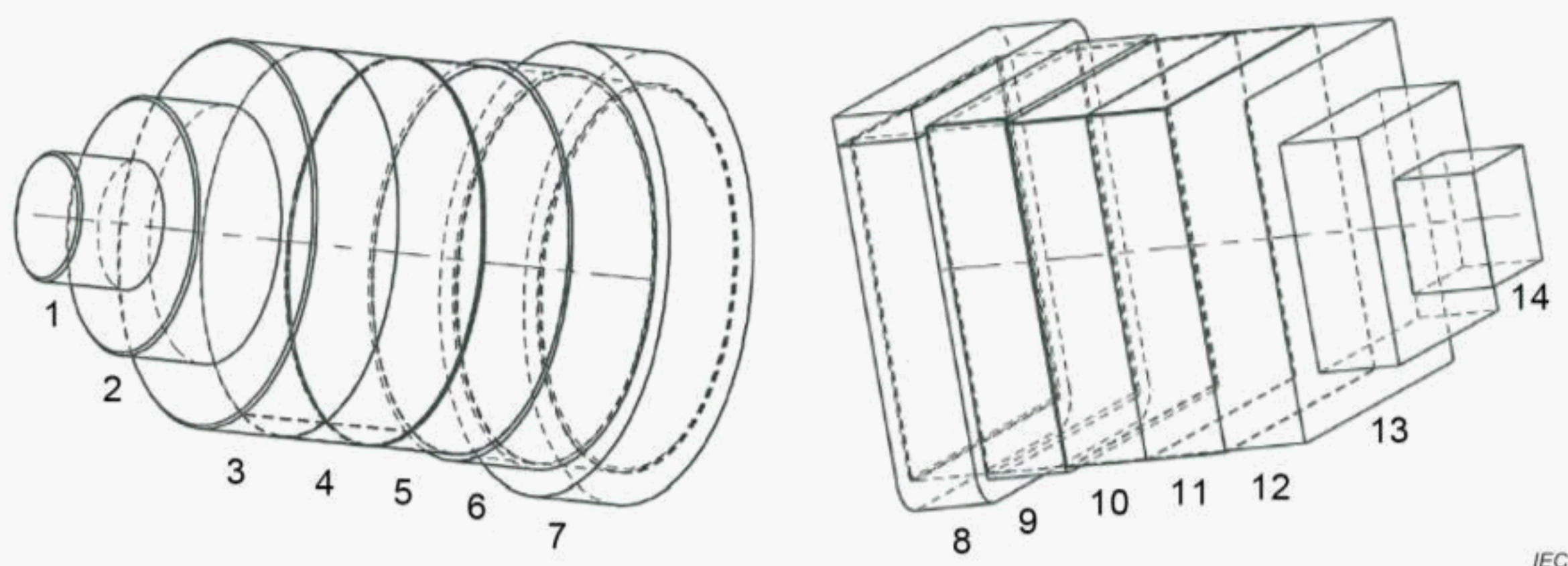


Figure 3 – The container-artifacts test article

Table 5 – The recording form for container-artifacts test object's parameters

Step No.	Specification of inner materials	Covering material grade	Cross-section mm	Height mm	Covering thickness mm	Representative
1	polyformaldehyde Φ20 mm	--	20 ± 1	15 ± 1	--	small-sized round plastic container
2	polyformaldehyde Φ40 mm	--	40 ± 1	15 ± 1	--	medium-sized round plastic container
3	polyformaldehyde Φ60 mm	--	60 ± 1	15 ± 1	--	large-sized round plastic container
4	polyformaldehyde	ASTM A624/A624M:2013 Single reduced, electrolytic tin plate, L,T-2, or equivalent, thickness 0,2 mm	60 ± 1	15 ± 1	$0,2 \pm 0,01$	round iron can
5	polyformaldehyde Φ60 mm	EN 546-1:2006 Aluminium Foil Al 6061, or equivalent, thickness 0,2 mm	60 ± 1	15 ± 1	$0,2 \pm 0,01$	round Al container

Step No.	Specification of inner materials	Covering material grade	Cross-section mm	Height mm	Covering thickness mm	Representative
6	polyformaldehyde Φ60 mm	ASTM A624/A624M:2013 Single reduced, electrolytic tin plate, L,T-2, or equivalent, thickness 0,5 mm	60±1	15±1	1,0 ± 0,01	dual-layer round vacuum cup
7	polyformaldehyde Φ60 mm	ASTM B221:2014 Aluminum Extruded Bar Al 6061, or equivalent	60±1	15±1	5,0 ± 0,01	round glass container
8	polyformaldehyde with cross section 60 mm × 60 mm	ASTM B221:2014 Aluminum Extruded Bar Al 6061, or equivalent	60±1 ×60±1	15±1	5,0 ± 0,01	square glass container
9	polyformaldehyde with cross section 60 mm × 60 mm	ASTM A624/A624M:2013 Single reduced, electrolytic tin plate, L,T-2, or equivalent, thickness 0,5 mm	60±1 ×60±1	15±1	1,0 ± 0,01	dual-layer square vacuum cup
10	polyformaldehyde with cross section 60 mm × 60 mm	EN 546-1:2006 Aluminium Foil Al 6061, or equivalent, thickness 0,2 mm	60±1 ×60±1	15±1	0,2 ± 0,01	square Al container
11	polyformaldehyde with cross section 60 mm × 60 mm	ASTM A624/A624M:2013 Single reduced, electrolytic tin plate, L,T-2, or equivalent, thickness 0,2 mm	60±1 ×60±1	15±1	0,2 ± 0,01	square iron can
12	polyformaldehyde with cross section 60 mm × 60 mm	--	60±1 ×60±1	15±1	--	large-sized square plastic container
13	polyformaldehyde with cross section 40 mm × 40 mm	--	40±1 ×40±1	15±1	--	medium-sized square plastic container
14	polyformaldehyde with cross section 20 mm × 20 mm	--	20±1 ×20±1	15±1	--	small-sized square plastic container

4.3.6.2 Requirements

The requirements on the standard deviation and relative measured deviation (benchmarked against the CT mean value of step 3) are presented in Table 6.

Table 6 – Standard deviation and relative measured deviation

Characteristic of liquid	Step No.	Standard deviation	Relative measured deviation of mean %
CT value	1	< 20	< 10
	2	< 20	< 10
	3	≤ 20	0,00
	4	< 40	< 20
	5	< 40	< 10
	6	< 50	< 50
	7	< 50	< 20
	8	< 50	< 20
	9	< 50	< 50
	10	< 40	< 10
	11	< 40	< 20
	12	< 20	< 10
	13	< 20	< 10
	14	< 20	< 10
Electron density	1	< 0,1	< 5
	2	< 0,1	< 5
	3	≤ 0,1	0,00
	4	< 0,1	< 5
	5	< 0,1	< 5
	6	< 0,1	< 10
	7	< 0,1	< 5
	8	< 0,1	< 5
	9	< 0,1	< 10
	10	< 0,1	< 5
	11	< 0,1	< 5
	12	< 0,1	< 5
	13	< 0,1	< 5
	14	< 0,1	< 5
Effective atomic number (Z_{eff})	1	< 0,4	< 5
	2	< 0,4	< 5
	3	≤ 0,4	0,00
	4	< 2,0	< 20
	5	< 0,5	< 5
	6	< 3,0	< 100
	7	< 2,0	< 20
	8	< 2,0	< 20
	9	< 3,0	< 100
	10	< 0,5	< 5
	11	< 2,0	< 20
	12	< 0,4	< 5
	13	< 0,4	< 5
	14	< 0,4	< 5

4.3.6.3 Test method

Place the container-artifacts test article at the center of the inspection volume. Scan the article, and for each of the 14 steps of the test article (see Figure 3 and Table 5), scan the middle of the step to get a CT image.

From the generated 14 CT images, draw a box to get a rectangular area within the container-artifacts test article and the side length of the rectangular is between 30 mm and 40 mm at the layer with large cross-section and between 8 mm and 15 mm at the layer with small cross-section. From the voxel values in the image, calculate the values below (when the system is able to automatically select any area within the container-artifacts test article, these values may be reported directly by the system from each of the 14 CT images):

- a) Mean CT value;
- b) Standard deviation of CT value;
- c) Relative measured deviation of mean CT value, taking the CT mean value of the step 3 as reference;
- d) Mean electron density (if available);
- e) Standard deviation of electron density (if available);
- f) Relative measured deviation of mean electron density, taking the CT mean value of the step 3 as reference (if available);
- g) Mean Z_{eff} (if available);
- h) Standard deviation of Z_{eff} (if available);
- i) Relative measured deviation of mean Z_{eff} , taking the CT mean value of the step 3 as reference (if available);

Record the calculated results. A sample of recording form for the testing is given in Annex B, Table B.1.

Of these, the measured value's standard deviation and the mean's relative measured deviation shall meet the requirements in Table 6.

4.3.7 Accuracy

4.3.7.1 Requirements

The requirements on the absolute accuracy of various characteristics are given in Table 7.

Table 7 – Requirements on accuracy

Characteristic value of liquid	Distilled water	100 % ethanol (analytically pure)
CT value	970 to 1030	680 to 750
Electron density	1,097 to 1,119	0,873 to 0,909
Atomic number	7,28 to 7,74	6,28 to 6,67

4.3.7.2 Test method

Use the system to test container TC02 and TC03 (see Table 8) filled with distilled water and 100 % ethanol (analytically pure) respectively. Record the values of CT value, and if provided by the system, the values of electron density and effective atomic number. These shall be within the ranges specified in Table 7.

Table 8 – Containers for test

Code	Name	Specification
TC02	Container for minimum volume of object to be inspected test sample 1	Cross-section is circular; external diameter: 53±3 mm; cylinder's height is 110±5 mm; wall thickness: 1±0,1 mm; polyethylene plastic bottle
TC03	Container for volume suitability test sample 2	Cross-section is circular; external diameter: 100±5 mm; cylinder's height is 110±5 mm; wall thickness: 1±0,1 mm; polyethylene plastic bottle

4.3.8 System noise

4.3.8.1 Requirements

The sound level at a distance of 1 m to the system surface shall be less than 65 dB(A).

4.3.8.2 Test method

Use a sound level meter (accuracy is 0,1 dB) to perform a survey test in positions 1 m from surface of the system (both around and above) while the system is normally operating. The system noise shall satisfy the requirement of 4.3.8.1. The sound level of background noise shall be under that of the noise to be tested by 10 dB(A) or more. If the difference between the measurement value and the background value is less than 10 dB(A), the operator shall amend it following the instruction of Table 9.

Table 9 – Reference table of noise correction

Difference value dB	Correction value dB
3	-3
4 to 6	-2
7 to 9	-1

4.4 Radiation safety

4.4.1 Ambient dose equivalent rate

4.4.1.1 Standard scatter body

The standard scatter article is a plastic cylinder made of white polyethylene. The cylinder's cross-section is circular; the cylinder's diameter is 160 ± 1 mm; the cylinder's height is 100 ± 1 mm.

4.4.1.2 Requirements

The ambient dose equivalent rate shall not be higher than 1 µSv/h in any place beyond 5 cm from surface of the system, including above.

4.4.1.3 Test method

Place the standard scatter article in the central inspection area. While the radiation source is operating, perform a radiation survey test at 5 cm from all surfaces of the system. The results shall conform to the requirements of 4.4.2.2. The environmental dose meter itself shall register emissions greater than 0,1 µSv/h with at least an accuracy of ±10 %.

4.4.2 Safety interlocking device

4.4.2.1 Requirements

The system shall be provided with reliable safety interlocking subsystems (including safety interlocking switch) so that the X-rays can be interlocked to cover and doors. The safety interlocking subsystem shall comply with the requirements of ISO 13849 or equivalent safety standard.

4.4.2.2 Test method

Activate each safety interlock separately while x-rays are being emitted. X-rays shall stop emitting immediately.

4.4.3 Emergency stop switch

4.4.3.1 Requirements

An emergency stop switch shall be provided in an easily accessible location such that the operator can immediately terminate x-ray emissions in case of an emergency. The emergency stop switch shall comply the requirements of ISO 13849 or equivalent safety standard.

4.4.3.2 Test method

While the system is operating with X-rays, verify using an appropriate radiation survey meter that X-ray emissions terminate with activation of each safety interlock (separately) as well as the emergency stop switch. The system shall be subject to the requirements of 4.4.4.1 in such case.

4.4.4 Status indicators for power and X-ray emission

4.4.4.1 Requirements

There shall be either audible or visible indication for the status of system power and x-ray emission.

4.4.4.2 Test method

Operate the system and verify using an appropriate radiation survey meter that x-ray emission and power indicators are consistent with the determined status of the system.

4.5 Electrical safety

4.5.1 Protective grounding

4.5.1.1 Requirements

- a) The system shall be provided with protective grounding terminals that can be connected to grounding wires and are clearly marked.
- b) Resistance between grounding terminals and metal article connecting with exterior surface shall not be above 0,1 Ω .

4.5.1.2 Test method

Visually inspect insulation colour of grounding wire and use earth resistance tester (milliohm range; measurement error is no more than $\pm 3\%$) to measure resistance value between protective grounding terminal and grounding wire. Measurement result shall be subject to the requirements of 4.5.1.1.

4.5.2 Insulation resistance

4.5.2.1 Requirements

Under the test condition shown in Table 1, the insulation resistance between power supply terminal and exposed metal article shall not be less than 100 MΩ.

4.5.2.2 Test method

Use an insulation resistance meter (500 V; measurement error is no more than $\pm 10\%$) to measure insulation resistance value between phase/zero conductors of power supply and exposed metal parts. Power switch shall be turned to connection mode and power plug shall not be connected to the grid. Then apply 1 000 V test voltage and maintain such stable status for 5 s and then read value of insulation resistance. Such value shall be subject to the requirements of 4.5.2.1.

4.5.3 Dielectric strength

4.5.3.1 Requirements

The insulation between the power circuit conductors and protective circuit shall be able to withstand voltage of 1,5 kV and 50 Hz to 60 Hz for 1 min under normal conditions and there shall be no breakdown or arc over during the test.

4.5.3.2 Test method

After pre-wetting treatment is performed in normal working condition and following requirements of 6.8.2 of IEC 61010-1:2010, operator shall test designated sections of the system by magnitude of voltage and length of time stipulated by 4.5.3.1. During the test, test voltage shall be gradually adjusted to defined value from 0 V within 5 s and maintain such status for 1 min. The system shall not suffer any breakdown or arc over.

4.5.4 Allowable limit value of accessible parts

4.5.4.1 Requirements

Touch current in normal condition or after pre-wetting treatment shall not be above tolerance limit listed in Table 10.

Table 10 – Tolerance limit of touch current

Status	Normal	Single failure
Tolerance limit (mA)	1	3,5

4.5.4.2 Test method

After pre-wetting treatment is performed in normal working condition and following requirements of 6.8.2 of IEC 61010-1:2010, operator shall use leakage current meter (Accuracy: 0,01 mA) to test designated sections of the system. Testing result shall be subject to the requirements of 4.5.4.1.

4.6 Mechanical safety

4.6.1 Requirements

The system shall not overturn when it is tilted by 10° in any direction from its upright position.

4.6.2 Test method

Place the system on a slope with gradient of 10° and the system shall not overturn in any direction.

4.7 Power voltage suitability

4.7.1 Requirements

The system shall perform normally after a supply voltage is applied between 85 % and 110 % of the nominal voltage rating and in the range of ± 3 Hz of nominal frequency.

4.7.2 Test method

After being tested for respective 15 min in three voltage levels that AC voltage amounts to 85 % of nominal value, nominal value and 110 % of nominal value respectively, the system shall perform normally.

4.8 Environmental requirements

4.8.1 Temperature and relative humidity

See Table 11 for temperature and relative humidity test projects and relevant requirements.

Table 11 – Requirements on temperature and relative humidity

Project	Severity level	Test method	Duration h	Test item			Comment
				Initial	Mediate	Final	
Low temperature	0 °C \pm 3 °C	Perform Ab test of IEC 60068-2-1	8	4.3.7	4.3.7	4.3.7	Energize the system when testing
High temperature	+45 °C \pm 2 °C	Perform Bb test of IEC 60068-2-2	8	4.3.7	4.3.7	4.3.7	Energize the system when testing
Constant humidity	+40 °C \pm 2 °C Relative humidity: (93 \pm 3) % (no condensation)	Perform Ca test of IEC 60068-2-78	48	4.3.7	4.3.7	4.3.7	Energize the system when testing
Low temperature storage	-20 °C \pm 2 °C	Perform Ab test of IEC 60068-2-1	8	4.3.7	None	4.3.7	The system shall be tested without any external packaging
High temperature storage	+55 °C \pm 2 °C	Perform Bb test of IEC 60068-2-2	8	4.3.7	None	4.3.7	The system shall be tested without any external packaging

4.8.2 Mechanical requirements

See Table 12 for mechanical test projects and relevant requirements.

Table 12 – Mechanical test projects and relevant requirement

Project	Requirement	Test method	Test item		Comment
			Initial	Final	
Vibration Test	frequency range is from 2 Hz to 9 Hz and from 9 Hz to 200 Hz for sine wave; amplitude is 0,3 mm; peak acceleration is 1 m/s ² ; Vibration direction: X, Y, Z; Duration (min): 10	Subject to IEC 60068-2-6	4.3.7	4.3.7	Do not energize the system if without any packaging process

4.9 Electromagnetic compatibility

4.9.1 Immunity test

4.9.1.1 Requirements

4.9.1.1.1 Power frequency magnetic field

Immunity test on power frequency magnetic field for external terminals of the system shall be performed subject to requirements of 1.1 of Table 1 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.2 Radiation of RF electromagnetic field

Immunity test on radiation of RF electromagnetic field for external terminals of the system shall be performed subject to requirements of 1.2 of Table 1 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.3 RF common mode

Immunity test on RF common mode for power input/output terminals of the system shall be performed subject to requirements of 4.1 of Table 4 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.4 Electrostatic discharge

Immunity test on electrostatic discharge for external terminals of the system shall be performed subject to requirements of 1.4 of Table 1 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.5 Electrical fast transient burst

- Immunity test on electrical fast transient burst for terminals of signal/controller lines of the system shall be performed subject to requirements of 2.3 of Table 2 of IEC 61000-6-1:2016.
- Immunity test on electrical fast transient burst for power input/output terminals of the system shall be performed subject to requirements of 4.5 of Table 4 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.6 Voltage sag

Test of voltage sag for power input/output terminals of the system shall be performed subject to requirements of 4.2 of Table 4 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.7 Voltage interruption

Test of voltage interruption for power input/output terminals of the system shall be performed subject to requirements of 4.3 of Table 4 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.8 Voltage surge

Test of voltage surge for power input/output terminals of the system shall be performed subject to requirements of 4.4 of Table 4 of IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.2 Test method

Test shall be performed following method defined by IEC 61000-6-1 and be subject to the requirements of 4.9.1.1.

4.9.2 Emission test

4.9.2.1 Requirements

4.9.2.1.1 Radiated disturbance

Performance of radiated disturbance of the system shall be subject to requirements of 1.1, 1.2 or 1.3 of Table 1 of IEC 61000-6-3:2006.

4.9.2.1.2 Conduction disturbance

Performance of conduction disturbance of the system shall be subject to requirements of Table 2.1 of IEC 61000-6-3:2006.

4.9.2.2 Test method

Test shall be performed following method defined by IEC 61000-6-3 and be subject to the requirements of 4.9.2.1.

5 Marking and documentation

5.1 Marking

5.1.1 General

The system shall show below clear, permanent marks in significantly prominent positions:

- a) Name of manufacturer;
- b) Product's name and type;
- c) Registered trademark;
- d) Production date and factory number.

5.1.2 Packing marking

External packing of the system shall be provided with produce's name, type and marks for packing, storage and shipment. Marks for packing, storage and shipment shall be those marks of "Fragile", "Upward", "No Rains" and "Stacking Layers Limit" listed in ISO 780:2015.

5.2 Documentation

- a) Operation manual;
- b) Maintenance instruction;
- c) Qualification certificate of product inspection. Warning notes and description of warning signs (on the system) shall be provided along with random technical document.

6 Packing and shipment

6.1 Packing

Anti-vibration and moisture-proof measures should be provided for interior side of packing case.

6.2 Shipment

Moisture, dust, insolation, freezing, shocking and corrosion should be prevented during shipment.

6.3 Documentation

Some documents, including but not limited to the following information, shall be provided with each system:

- Manufacturer's name or registered trademark.
- Type of system, serial number.
- Software and hardware version.
- Tests reports.
- Instruction manuals.
- Certificate of the source.
- Confirmation of compliance with this document.

Annex A (informative)

Guidance for scoring the contrast-sensitivity and spatial-resolution metrics

A.1 Contrast sensitivity evaluation

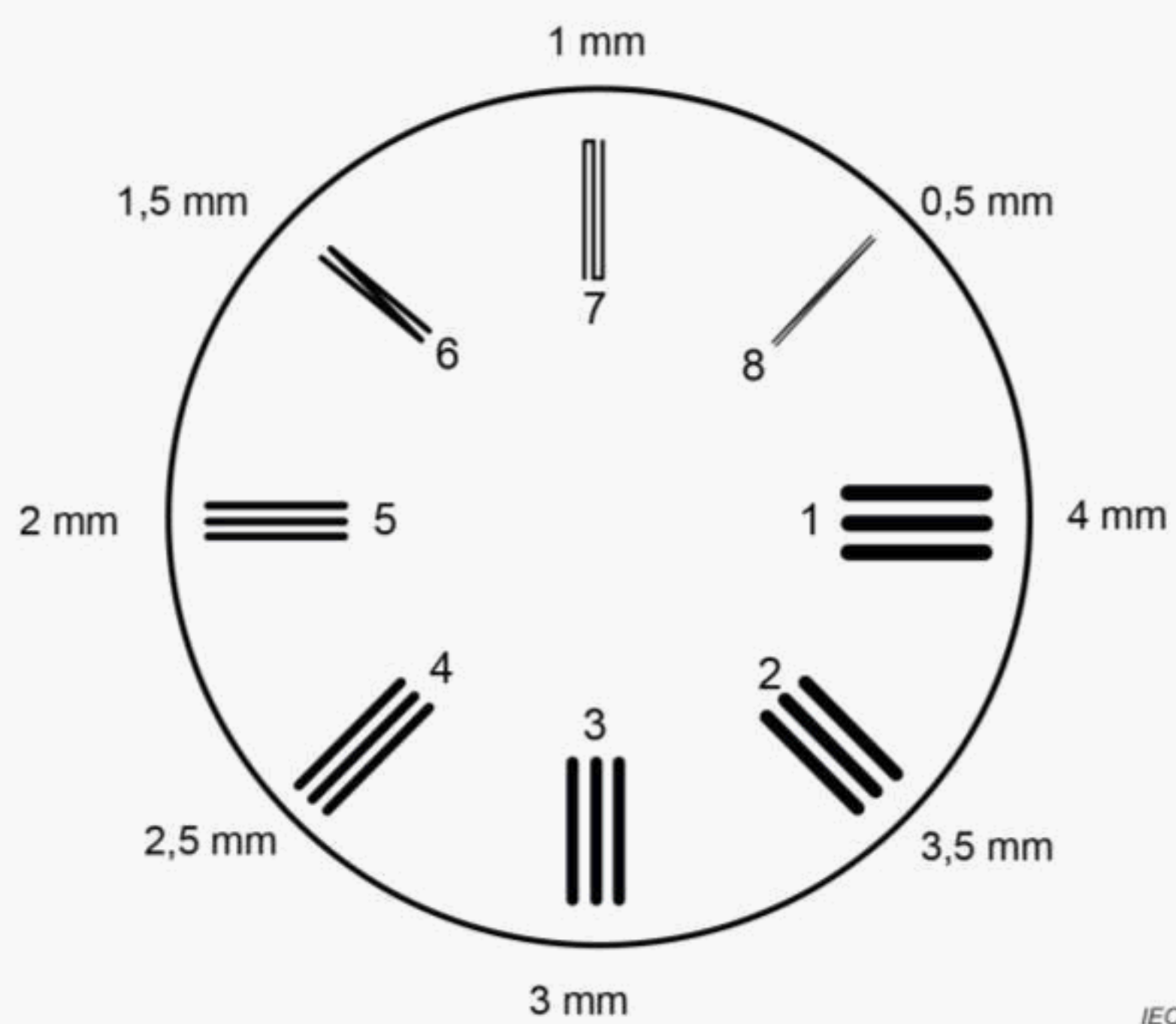
See Table A.1 for how to report relative density resolution. Note which of the NaCl test samples can be discriminated relative to the water test sample by visually comparing the imaged samples within one of the following two-dimensional slice images: CT value, electron density or Z_{eff} . The system's image contrast sensitivity shall be sufficient to achieve discrimination between samples with physical density that differs by less than or equal to 3 % from that of water; hence the baseline requirement is that #1 vs #4, #1 vs #5, #1 vs #6 shall be discriminable.

Table A.1 – Image contrast sensitivity of different density samples

Sample comparison	Yes/No	Physical-density difference from water
Test liquid No. 1 and No. 2		1 %
Test liquid No. 1 and No. 3		2 %
Test liquid No. 1 and No. 4		3 %
Test liquid No. 1 and No. 5		4 %
Test liquid No. 1 and No. 6		5 %

A.2 Spatial resolution example

See Figure A.1 for an example for scoring the spatial resolution test. In Figure A.1, the 2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 3,5 mm, and 4,0 mm line pairs are visually discriminable; 0,5 mm, 1,0 mm, 1,5 mm are not resolved. Hence, 2,0 mm would be reported in this example.



IEC

Figure A.1 – Spatial resolution example

Annex B (informative)

Example recording form for container-artifacts testing

Table B.1 – Recording form for container-artifacts testing

Characteristic value of liquid	Step No.	Measured value		Relative measured value
		Mean	Standard deviation	Relative measured deviation of mean
CT value	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
Electron density	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
Effective atomic number (Z_{eff})	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	33
4 Exigences	35
4.1 Structure et apparence	35
4.2 Fonctionnalité	35
4.3 Performances	36
4.4 Radioprotection.....	45
4.5 Sécurité électrique	46
4.6 Sécurité mécanique	47
4.7 Tension de puissance adaptée	47
4.8 Exigences d'environnement	48
4.9 Compatibilité électromagnétique	49
5 Marquage et documentation	50
5.1 Marquage	50
5.2 Documentation	50
6 Conditionnement et transport	50
6.1 Conditionnement	50
6.2 Transport	50
6.3 Documentation	51
Annexe A (informative) Recommandations pour la notation des indicateurs de sensibilité au contraste et de résolution spatiale	52
A.1 Evaluation de la sensibilité au contraste	52
A.2 Exemple de résolution spatiale	52
Annexe B (informative) Exemple de formulaire d'enregistrement pour l'essai d'un contenant factice	54
Figure 1 – Unité soumise à l'essai de sensibilité au contraste de l'image (toutes les mesures sont en mm)	38
Figure 2 – Unité soumise à l'essai de résolution spatiale (toutes les mesures sont en mm)	39
Figure 3 – Contenant factice d'essai	40
Figure A.1 – Exemple de résolution spatiale	53
Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai	36
Tableau 2 – Contenant utilisé pour l'essai du volume minimal	37
Tableau 3 – Densités des échantillons d'essai et concentrations en NaCl respectives	38
Tableau 4 – Position et dimensions des paires de lignes	40
Tableau 5 – Formulaire d'enregistrement des paramètres du contenant factice d'essai	41
Tableau 6 – Ecart-type et écart relatif mesuré	42
Tableau 7 – Exigences relatives à la précision	44
Tableau 8 – Contenants utilisés pour l'essai	44
Tableau 9 – Tableau de référence de la correction du bruit	44
Tableau 10 – Seuil de tolérance du courant de contact	47

Tableau 11 – Exigences relatives à la température et à l'humidité relative	48
Tableau 12 – Projets d'essai mécanique et exigences applicables	48
Tableau A.1 – Sensibilité au contraste de l'image pour des échantillons de densités différentes	52
Tableau B.1 – Formulaire d'enregistrement pour l'essai d'un contenant factice	54

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – SYSTÈMES D'INSPECTION PAR TOMOGRAPHIE AUX RAYONS X PAR ORDINATEUR (CT) DES LIQUIDES EN BOUTEILLE OU EN CANETTE

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 62963 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

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

FDIS	Rapport de vote
45B/958/FDIS	45B/962/RVD

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

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

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

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

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – SYSTÈMES D'INSPECTION PAR TOMOGRAPHIE AUX RAYONS X PAR ORDINATEUR (CT) DES LIQUIDES EN BOUTEILLE OU EN CANETTE

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les exigences techniques, les méthodes d'essai, les exigences d'inspection, le marquage et l'étiquetage ainsi que les exigences relatives aux documents d'accompagnement, au conditionnement, au transport et au stockage des systèmes d'inspection aux rayons X des liquides en bouteille ou en canette (ci-après dénommés "le système") reposant sur la tomographie par ordinateur. Seuls les systèmes d'imagerie par tomographie sont ici pris en considération, et non les systèmes d'émission normale de rayons X. Le présent document s'applique aux liquides, aux aérosols et aux gels dans des contenants transparents ou visuellement opaques.

Le présent document fixe des exigences de performance minimales ou de référence; les organismes de réglementation peuvent exiger des essais de performance supplémentaires.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2-1, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

IEC 60068-2-2, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

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

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

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

IEC 61000-6-1:2016, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-3: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61010-1:2010, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Exigences générales*

ISO 780:2015, *Emballages – Emballages de distribution – Symboles graphiques pour la manutention et le stockage des emballages*

ISO 13849 (toutes les parties), *Sécurité des machines – Parties des systèmes de commande relatives à la sécurité*

ASTM A624/624M:2013, *Standard Specification for Tin Mill Products, Electrolytic Tin Plate, Single Reduced* (disponible en anglais seulement)

ASTM B221:2014, *Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Extruded Bars, Rods, Wire, Profiles, and Tubes* (disponible en anglais seulement)

EN 546-1:2006, *Aluminium et alliages d'aluminium – Feuille mince – Partie 1: Conditions techniques de contrôle et de livraison*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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

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

3.1

équivalent de dose ambiant

$H^*(10)$

équivalent de dose en un point d'un champ de rayonnement, qui serait produit par le champ unidirectionnel et expansé correspondant, dans la sphère de l'ICRU, à une profondeur de 10 mm, sur le rayon qui fait face à la direction du champ unidirectionnel

Note 1 à l'article: L'unité SI utilisée pour exprimer l'équivalent de dose ambiant est le sievert (Sv) ou ses multiples et sous-multiples décimaux (par exemple mSv).

Note 2 à l'article: L'équivalent de dose ambiant (débit) utilisé pour surveiller les rayonnements présentant un pouvoir de pénétration élevé n'est pas approprié pour mesurer les rayonnements bêta, même lorsqu'ils présentent un pouvoir de pénétration d'une valeur nominale (ICRU Report 47, 1992).

Note 3 à l'article: Lorsque le terme "équivalent de dose" est utilisé seul dans le présent document, les grandeurs d'équivalent de dose ambiant et d'équivalent de dose directionnel sont sous-entendues.

3.2

débit d'équivalent de dose ambiant

rapport de $dH^*(10)$ par dt , où $dH^*(10)$ correspond à l'incrément d'équivalent de dose ambiant dans l'intervalle de temps dt :

$$H^*(10) = \frac{dH^*(10)}{dt}$$

Note 1 à l'article: L'unité SI utilisée pour exprimer le débit d'équivalent de dose ambiant est le sievert par seconde (Sv·s⁻¹). Les unités utilisées pour exprimer le débit d'équivalent de dose ambiant sont tout quotient du sievert ou de ses multiples et sous-multiples décimaux par une unité de temps appropriée (par exemple mSv·h⁻¹).

3.3

valeur CT

valeur restituée par voxel par des systèmes CT en fonction de la densité et du numéro atomique du matériau

Note 1 à l'article: Elle s'exprime en unités Hounsfield (UH), la valeur pour l'air dans des conditions normales de pression et de température (CNTP) correspondant à zéro UH et la valeur pour l'eau distillée dans des CNTP correspondant à 1 000 UH.

3.4

résolution de densité

mesure exprimant la capacité d'un tomographe ou d'un système de radiographie à pouvoir détecter des différences physiques au sein d'un objet à l'essai

3.5

numéro atomique équivalent

Z_{eff}

propriété d'un matériau représentant le numéro atomique d'un élément théorique qui, si le matériau était remplacé par l'élément, produirait les mêmes caractéristiques d'atténuation des rayons X

Note 1 à l'article: Les mesures Z_{eff} peuvent dépendre de l'analyseur et ne doivent pas être interprétées comme des valeurs absolues.

3.6

densité électronique

propriété d'un matériau définie comme suit:

$$= \rho \times 2 /$$

où

est la densité électronique,

est la densité physique,

est le numéro atomique, et

est la masse atomique

3.7

temps d'inspection de l'objet

intervalle de temps compris entre l'insertion de l'objet à inspecter dans le système et l'affichage du résultat pour l'objet complet; la durée de préchauffage initiale du système n'est pas prise en compte

Note 1 à l'article: L'inspection de l'objet peut comprendre une ou plusieurs coupes.

3.8

temps d'inspection pour une coupe unique

intervalle de temps compris entre l'insertion de l'objet à inspecter dans le système et l'affichage du résultat pour un plan de coupe unique en deux dimensions de l'objet (un seul voxel de hauteur)

Note 1 à l'article: Cette définition ne s'applique qu'aux systèmes disposant d'un mode de coupe unique. La durée de préchauffage initiale du système n'est pas prise en compte.

3.9

résolution spatiale

plus faible distance à partir de laquelle deux points (ou deux lignes) peuvent être distingués l'un de l'autre

3.10

échantillon d'essai

association d'un contenant donné et de son contenu à radiographier

3.11

tomographie aux rayons X par ordinateur (CT)

technique consistant à utiliser des combinaisons de plusieurs images radiographiques générées par ordinateur, prises de différents angles, pour produire des images en coupe (tomographiques, soit des "tranches" virtuelles) de zones spécifiques d'un objet radiographié

Note 1 à l'article: L'abréviation "CT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "computed tomography".

3.12

système d'inspection aux rayons X des liquides en bouteille ou en canette

système appliquant la tomographie aux rayons X par ordinateur à des bouteilles ou à des canettes dans le but d'identifier les liquides, les aérosols ou les gels qu'elles contiennent à des fins de sécurité

4 Exigences

4.1 Structure et apparence

L'indice de protection de l'enveloppe du système doit respecter les règles de l'IEC 60529 et ne doit pas être inférieur au code IP20 de marquage de protection internationale.

4.2 Fonctionnalité

4.2.1 Alarme en cas de menace

Si une menace est détectée, le système doit générer un avertissement automatique reposant sur des signaux visuels ou auditifs. Les signaux peuvent être désactivés à l'aide des paramètres de configuration, si souhaité.

4.2.2 Affichage de l'image

- a) Le système doit désigner l'endroit ou les endroits dans lesquels il convient de placer un conteneur pour inspection.
- b) Le système doit afficher des images de l'endroit ou des endroits inspectés.

4.2.3 Stockage des données

- a) Les données stockées dans le système doivent inclure l'image résultante, le numéro d'identification de l'appareil (ID), l'identifiant de l'opérateur et le temps de génération de l'image.
- b) Extraction d'images: une fonctionnalité doit permettre d'extraire des images à partir de l'identifiant de l'opérateur, du temps de génération ou du résultat d'alarme.
- c) Capacité de stockage d'images: le système doit stocker les images et les résultats pour au moins 10 000 objets radiographiés.
- d) Stockage sécurisé des images: les images sauvegardées dans le système doivent être sécurisées. Il convient que seul le personnel autorisé soit en mesure d'accéder aux images pour réaliser des opérations sur celles-ci.
- e) Exportation d'images: le système doit exporter les images dans un format ouvert, pouvant être facilement transféré ou exporté.

4.3 Performances

4.3.1 Conditions d'environnement de référence et exigences normales d'essai

Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés dans les conditions normales d'essai indiquées dans la troisième colonne du Tableau 1. Pour les essais réalisés en dehors des conditions normales d'essai, les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative doivent être indiquées et les corrections appropriées, le cas échéant, doivent être appliquées pour obtenir les résultats dans les conditions de référence. Tous les essais du 4.3 doivent être réalisés à partir des mêmes valeurs de ces conditions d'environnement de référence. Les conditions de référence sont indiquées dans la deuxième colonne du Tableau 1.

Les valeurs indiquées dans le Tableau 1 sont destinées aux essais effectués sous des climats tempérés. Sous d'autres climats, les valeurs réelles utilisées pour l'essai doivent être indiquées. De façon similaire, une pression atmosphérique inférieure à 70 kPa peut être admise à des altitudes supérieures. Si le système doit fonctionner en dehors des conditions d'environnement normales d'essai, les essais doivent être effectués dans ces conditions non normales.

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

Conditions d'environnement	Conditions de référence	Conditions normales d'essai
Température de l'environnement	20 °C	15 °C à 35 °C
Humidité relative	65 %	45 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à 106,6 kPa
Débit de dose du rayonnement ambiant	Débit d'équivalent de dose ambiant inférieur ou égal à 0,1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	Débit d'équivalent de dose ambiant inférieur à 0,25 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Champ électromagnétique ambiant	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible provoquant des interférences
Induction magnétique ambiante	Négligeable	Inférieure au double de la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre

Pour le système soumis à l'essai, le rapport d'essai sur la qualité de l'image doit comprendre les informations suivantes: fabricant, date de fabrication, numéro de modèle, numéro de série, version du logiciel, conditions d'environnement, numéro de série des unités soumises à l'essai, type et numéro de série de l'émetteur de rayons X. Pour toutes les exigences de performances du 4.3, l'évaluation de l'image doit reposer sur des images acquises en mode normal de fonctionnement du contrôle de sécurité, notamment en ce qui concerne le temps d'exposition, la haute tension et tout autre paramètre réglable.

4.3.2 Exigences relatives au temps d'inspection

4.3.2.1 Exigences

Le temps d'inspection de l'objet ne doit pas dépasser 30 s. En mode de coupe unique, le cas échéant, le temps d'inspection ne doit pas dépasser 10 s.

4.3.2.2 Méthode d'essai

Le système doit réaliser une inspection pour un échantillon d'essai. Le temps et le mode de mesure/de balayage doivent être enregistrés et satisfaire aux exigences décrites en 4.3.2.1.

4.3.3 Exigences relatives au volume minimal du liquide à inspecter

4.3.3.1 Exigences

Le système doit pouvoir procéder à l'inspection de liquides d'un volume \geq 100 ml. Le contenant utilisé pour l'essai du volume minimal à radiographier doit avoir la forme d'un cylindre d'un diamètre de 50 mm.

4.3.3.2 Méthode d'essai

Remplir le contenant TC01 défini dans le Tableau 2 avec de l'eau, et utiliser l'échantillon pour réaliser l'inspection. Cet essai doit être réalisé dans des conditions normales et donner un résultat d'inspection.

Tableau 2 – Contenant utilisé pour l'essai du volume minimal

Code	Nom	Spécification
TC01	Contenant pour l'essai du volume minimal du liquide à inspecter	Section circulaire, diamètre externe: 50 mm \pm 1 mm; épaisseur des parois: 1 mm \pm 0,5 mm; bouteille en polyéthylène

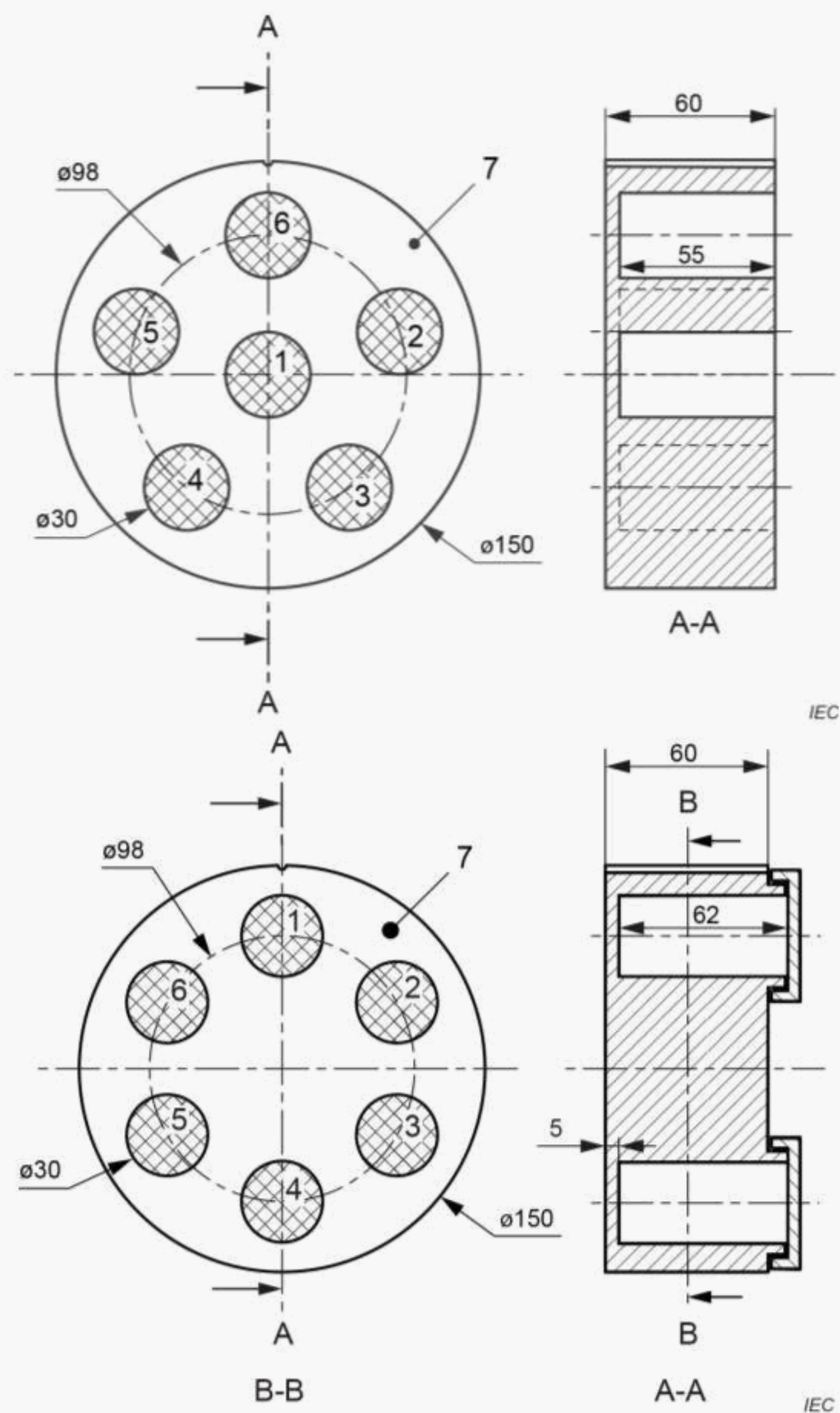
4.3.4 Sensibilité au contraste de l'image

4.3.4.1 Exigences

La sensibilité au contraste de l'image du système doit être suffisante pour distinguer les échantillons dont la densité physique diffère de 3 % ou moins de celle de l'eau. Le format du rapport d'évaluation pour cette mesure est donné dans le Tableau A.1 de l'Annexe A.

4.3.4.2 Description de l'unité soumise à l'essai pour la sensibilité au contraste de l'image

En utilisant le contraste de l'image, cette mesure jauge la résolution ou la sensibilité de la densité équivalente d'un liquide. L'unité soumise à l'essai est composée de six cavités cylindriques réparties dans une grande base cylindrique, chaque cavité étant remplie d'un liquide de densité différente (voir Figure 1). Le grand cylindre est composé de polyéthylène. Chaque cavité est remplie d'eau distillée ou de solutions d'eau de NaCl de concentrations différentes qui sont retenues par un couvercle. La stabilité chimique des liquides est à garantir sur toute la durée de l'essai. Les densités relatives des liquides sont données dans le Tableau 3.



Légende

- 1 à 6 échantillons d'essai de densités différentes
7 base du cylindre

**Figure 1 – Unité soumise à l'essai de sensibilité au contraste de l'image
(toutes les mesures sont en mm)**

Tableau 3 – Densités des échantillons d'essai et concentrations en NaCl respectives

N° de l'échantillon	Densité physique du liquide d'essai	Concentration en NaCl (20 °C)
1	Eau	0
2	Densité de base de l'eau + 1 %	1,66 % ± 0,05 %
3	Densité de base de l'eau +2 %	3,06 % ± 0,05 %
4	Densité de base de l'eau +3 %	4,44 % ± 0,05 %
5	Densité de base de l'eau +4 %	5,83 % ± 0,05 %
6	Densité de base de l'eau +5 %	7,20 % ± 0,05 %

4.3.4.3 Méthode d'essai

Placer l'unité soumise à l'essai de sensibilité au contraste de l'image au centre du volume à inspecter, l'axe du cylindre étant dirigé vers le haut. Radiographier l'objet à l'essai de telle sorte que la position centrale de l'unité qui contient les échantillons d'essai soit représentée en image. Déterminer, par examen visuel, quels échantillons d'essai de NaCl peuvent être distingués de l'échantillon d'essai d'eau en comparant les échantillons imagés avec l'une des images reconstituées suivantes: valeur CT, densité électronique ou Z_{eff} . Si l'image reconstituée comprend plus d'un voxel vertical, avant d'effectuer l'évaluation, produire une image bidimensionnelle à l'aide d'une méthode de projection dans la direction verticale qui produit le meilleur signal sur bruit. Dans le cas contraire, évaluer directement l'image bidimensionnelle des échantillons obtenue à partir d'un seul plan de coupe. Le système doit distinguer les échantillons dont la densité physique diffère de 3 % ou moins de celle de l'eau; c'est-à-dire qu'au moins quatre échantillons (à savoir n 1, n 4, n 5 et n 6) doivent être distingués. Cette inspection d'image doit être réalisée par au moins cinq personnes différentes possédant une vision normale, et trois personnes au moins doivent obtenir les résultats définis dans le Tableau A.1.

4.3.5 Résolution spatiale

4.3.5.1 Exigences

Le système doit pouvoir distinguer clairement des paires de lignes avec des fréquences spatiales inférieures ou égales à 2,0 mm. L'évaluation des échantillons est décrite à l'Article A.2.

4.3.5.2 Unité soumise à l'essai de résolution spatiale

L'unité soumise à l'essai de résolution spatiale est un cylindre en plastique de 150 mm de diamètre et de 50 mm de hauteur, dans lequel sont insérées des plaques en fer. Chaque gabarit de paires de lignes est constitué de trois plaques de fer. L'unité est constituée de huit gabarits de paires de lignes d'épaisseurs différentes (voir Figure 2).

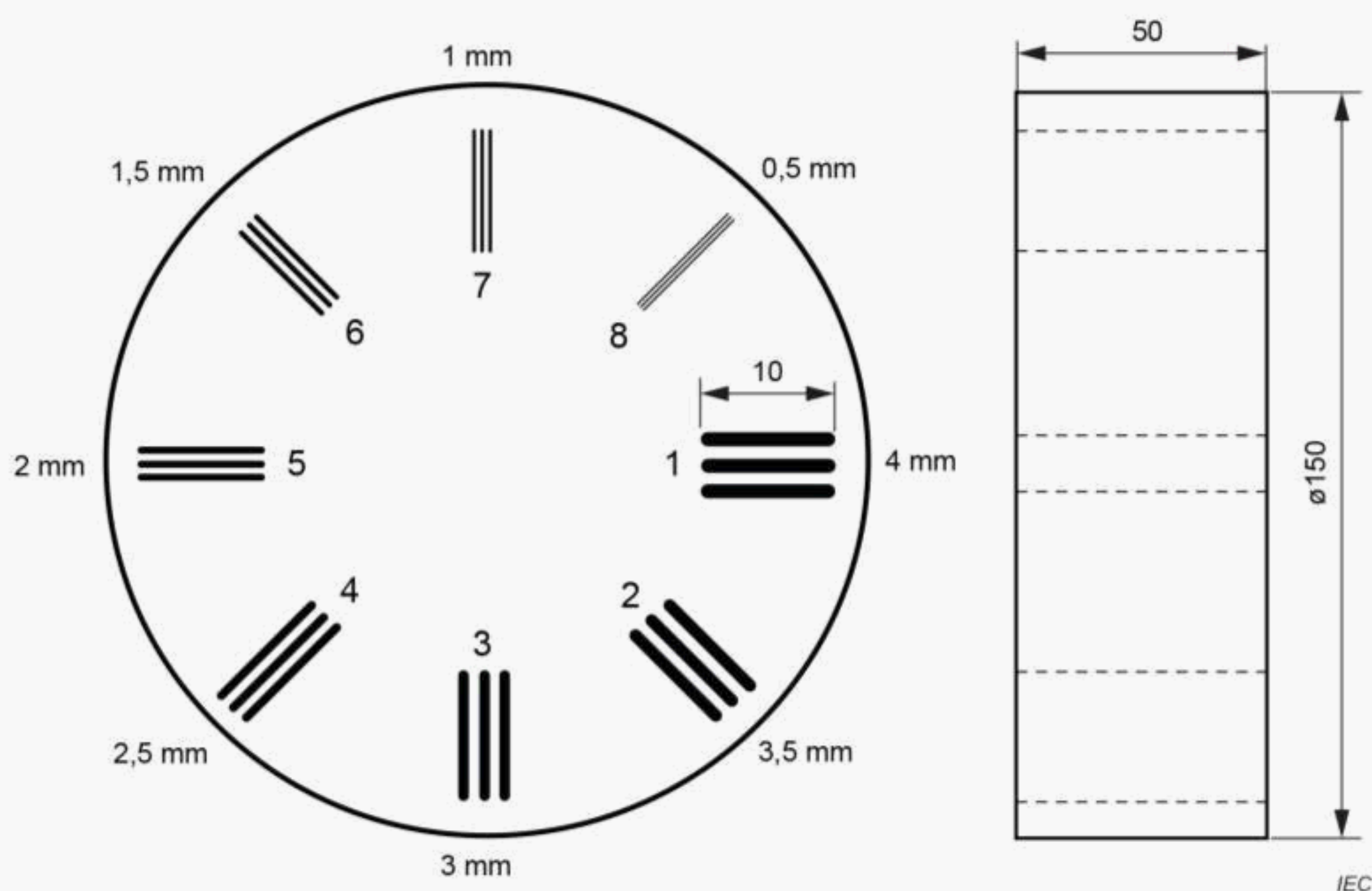


Figure 2 – Unité soumise à l'essai de résolution spatiale (toutes les mesures sont en mm)

Les dimensions et la position de chaque gabarit de paires de lignes sont indiquées dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Position et dimensions des paires de lignes

Code	Dimensions de la plaque de fer insérée longueur × largeur × épaisseur mm	Épaisseur de l'intervalle entre les plaques mm
1	50 × 10 × (4,00 ± 0,05)	4,00 ± 0,05
2	50 × 10 × (3,50 ± 0,05)	3,50 ± 0,05
3	50 × 10 × (3,00 ± 0,05)	3,00 ± 0,05
4	50 × 10 × (2,50 ± 0,05)	2,50 ± 0,05
5	50 × 10 × (2,00 ± 0,05)	2,00 ± 0,05
6	50 × 10 × (1,50 ± 0,05)	1,50 ± 0,05
7	50 × 10 × (1,00 ± 0,05)	1,00 ± 0,05
8	50 × 10 × (0,50 ± 0,05)	0,50 ± 0,05

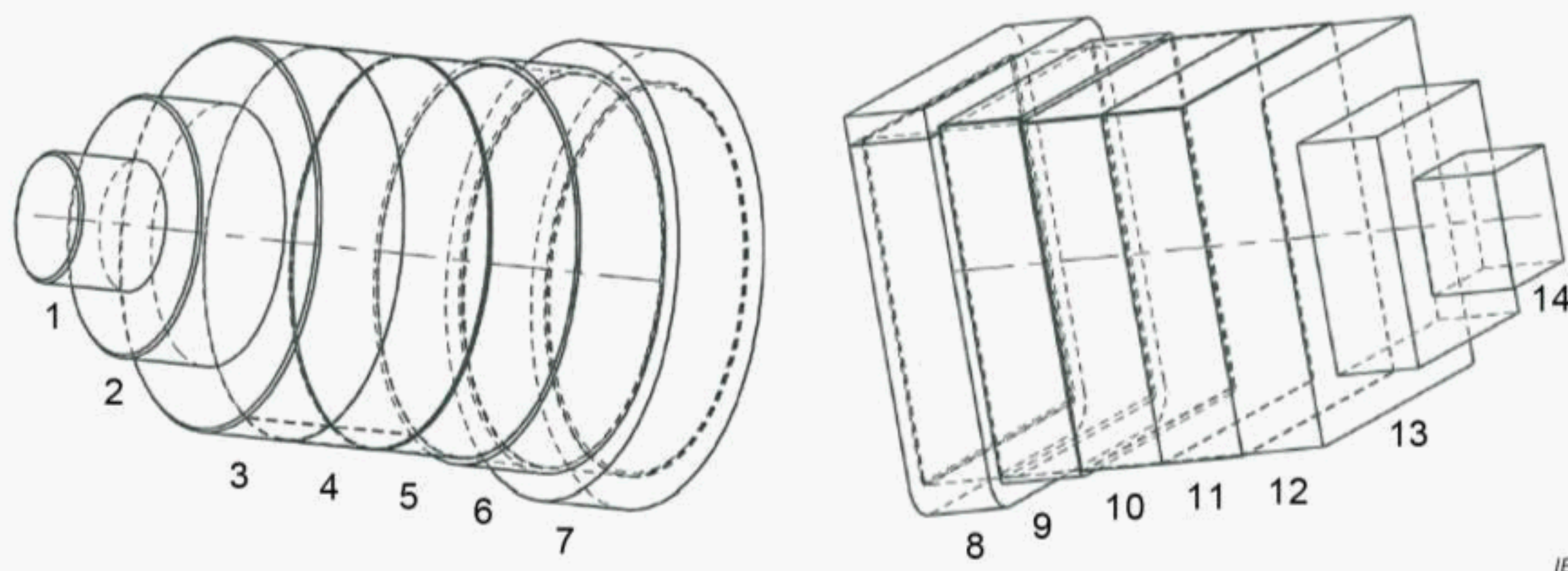
4.3.5.3 Méthode d'essai

Placer l'unité soumise à l'essai de résolution spatiale au centre du volume à balayer, l'axe du cylindre étant dirigé vers le haut. Radiographier la position centrale de l'unité. Réaliser un examen visuel de l'objet à l'essai représenté en image dans l'un des plans de coupe suivants: valeur CT, densité électronique ou Z_{eff} . Un gabarit de paires de lignes dont les trois lignes sont visuellement entières et séparées les unes des autres est jugé comme étant distinguable. Consigner chaque gabarit de paires de lignes distinguable à l'aide des codes identifiés dans le Tableau 4. Au minimum, les gabarits correspondants aux codes 1 à 5 (4,0 mm à 2,0 mm) doivent être clairement distingués. Cette inspection doit être réalisée par au moins cinq personnes différentes possédant une vision normale, et trois personnes au moins doivent produire les mêmes conclusions.

4.3.6 Contenant factice

4.3.6.1 Contenant factice d'essai

Cette unité d'essai permet de mesurer l'influence de la taille et du matériau du contenant sur la valeur CT, la densité électronique et la valeur Z_{eff} déterminées pour le liquide contenu. Un contenant factice d'essai est un objet fabriqué en appliquant des bandes épaisses/fines d'aluminium et de fer à une forme moitié cuboïde, moitié cylindrique en polyformaldéhyde, sous forme de 14 étages, avec un manchon de protection extérieur cylindrique en polyéthylène de 100 mm de diamètre et de 210 mm de hauteur. Ici, la forme cuboïde en polyformaldéhyde comporte 7 étages pour une hauteur totale de $105 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$, et la forme cylindrique en polyformaldéhyde comporte également 7 étages pour une hauteur de $105 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ (voir Figure 3). Les paramètres sont décrits dans le Tableau 5.



IEC

Figure 3 – Contenant factice d'essai

Tableau 5 – Formulaire d'enregistrement des paramètres du contenant factice d'essai

Etage	Spécification du matériau intérieur	Qualité du matériau de couverture	Section mm	Hauteur mm	Epaisseur de couverture mm	Unité représentée
1	polyformaldéhyde, Φ 20 mm	--	20 ± 1	15 ± 1	--	rond de petite taille contenant en plastique
2	polyformaldéhyde, Φ 40 mm	--	40 ± 1	15 ± 1	--	rond de taille moyenne contenant en plastique
3	polyformaldéhyde, Φ 60 mm	--	60 ± 1	15 ± 1	--	rond de grande taille contenant en plastique
4	polyformaldéhyde, Φ 60 mm	Tôle en fer blanc électrolytique simple réduction selon l'ASTM A624/A624M:2013, L T-2 ou équivalent, épaisseur: 0,2 mm	60 ± 1	15 ± 1	$0,2 \pm 0,01$	canette en fer circulaire
5	polyformaldéhyde, Φ 60 mm	Feuille d'aluminium selon l'EN 546-1:2006, Al 6061 ou équivalent, épaisseur: 0,2 mm	60 ± 1	15 ± 1	$0,2 \pm 0,01$	contenant circulaire en aluminium
6	polyformaldéhyde, Φ 60 mm	Tôle en fer blanc électrolytique simple réduction selon l'ASTM A624/A624M:2013, L T-2 ou équivalent, épaisseur: 0,5 mm	60 ± 1	15 ± 1	$1,0 \pm 0,01$	ventouse circulaire à deux couches
7	polyformaldéhyde, Φ 60 mm	Barre en aluminium extrudé selon l'ASTM B221:2014, Al 6061 ou équivalent	60 ± 1	15 ± 1	$5,0 \pm 0,01$	contenant circulaire en verre
8	polyformaldéhyde, section de 60 mm \times 60 mm	Barre en aluminium extrudé selon l'ASTM B221:2014, Al 6061 ou équivalent	60 ± 1 $\times 60 \pm 1$	15 ± 1	$5,0 \pm 0,01$	contenant carré en verre
9	polyformaldéhyde, section de 60 mm \times 60 mm	Tôle en fer blanc électrolytique simple réduction selon l'ASTM A624/A624M:2013, L T-2 ou équivalent, épaisseur: 0,5 mm	60 ± 1 $\times 60 \pm 1$	15 ± 1	$1,0 \pm 0,01$	ventouse carrée à deux couches
10	polyformaldéhyde, section de 60 mm \times 60 mm	Feuille d'aluminium selon l'EN 546-1:2006, Al 6061 ou équivalent, épaisseur: 0,2 mm	60 ± 1 $\times 60 \pm 1$	15 ± 1	$0,2 \pm 0,01$	contenant carré en aluminium
11	polyformaldéhyde, section de 60 mm \times 60 mm	Tôle en fer blanc électrolytique simple réduction selon l'ASTM A624/A624M:2013, L T-2 ou équivalent, épaisseur: 0,2 mm	60 ± 1 $\times 60 \pm 1$	15 ± 1	$0,2 \pm 0,01$	canette en fer carrée

Etage	Spécification du matériau intérieur	Qualité du matériau de couverture	Section mm	Hauteur mm	Epaisseur de couverture mm	Unité représentée
12	polyformaldéhyde, section de 60 mm × 60 mm	--	60 ± 1 $\times 60 \pm 1$	15 ± 1	--	carré de grande taille contenant en plastique
13	polyformaldéhyde, section de 40 mm × 40 mm	--	40 ± 1 $\times 40 \pm 1$	15 ± 1	--	carré de taille moyenne contenant en plastique
14	polyformaldéhyde, section de 20 mm × 20 mm	--	20 ± 1 $\times 20 \pm 1$	15 ± 1	--	carré de petite taille contenant en plastique

4.3.6.2 Exigences

Les exigences relatives à l'écart-type et à l'écart relatif mesuré (évaluées par rapport à la valeur CT moyenne de l'étage 3) sont présentées dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Ecart-type et écart relatif mesuré

Caractéristique du liquide	Etage	Ecart-type	Ecart relatif mesuré de la moyenne %
Valeur CT	1	< 20	< 10
	2	< 20	< 10
	3	≤ 20	0,00
	4	< 40	< 20
	5	< 40	< 10
	6	< 50	< 50
	7	< 50	< 20
	8	< 50	< 20
	9	< 50	< 50
	10	< 40	< 10
	11	< 40	< 20
	12	< 20	< 10
	13	< 20	< 10
	14	< 20	< 10
Densité électronique	1	< 0,1	< 5
	2	< 0,1	< 5
	3	≤ 0,1	0,00
	4	< 0,1	< 5
	5	< 0,1	< 5
	6	< 0,1	< 10
	7	< 0,1	< 5
	8	< 0,1	< 5
	9	< 0,1	< 10
	10	< 0,1	< 5
	11	< 0,1	< 5
	12	< 0,1	< 5

Caractéristique du liquide	Etage	Ecart-type	Ecart relatif mesuré de la moyenne %
	13	< 0,1	< 5
	14	< 0,1	< 5
Numéro atomique équivalent (Z_{eff})	1	< 0,4	< 5
	2	< 0,4	< 5
	3	< 0,4	0,00
	4	< 2,0	< 20
	5	< 0,5	< 5
	6	< 3,0	< 100
	7	< 2,0	< 20
	8	< 2,0	< 20
	9	< 3,0	< 100
	10	< 0,5	< 5
	11	< 2,0	< 20
	12	< 0,4	< 5
	13	< 0,4	< 5
	14	< 0,4	< 5

4.3.6.3 Méthode d'essai

Placer le contenant factice d'essai au centre du volume à inspecter. Radiographier l'unité soumise à l'essai. Pour chacun des 14 étages (voir Figure 3 et Tableau 5), radiographier la coupe centrale pour obtenir une image.

A partir des 14 images générées, tracer sur le contenant factice d'essai une zone rectangulaire dont la longueur est comprise entre 30 mm et 40 mm sur les couches de section large et entre 8 mm et 15 mm sur les couches de section étroite. A partir des valeurs de voxel de l'image, calculer les valeurs suivantes (si le système est en mesure de choisir automatiquement une zone du contenant factice d'essai, ces valeurs peuvent être reportées directement par le système pour chacune des 14 images):

- valeur CT moyenne;
- écart-type de la valeur CT;
- écart relatif mesuré de la valeur CT moyenne, en prenant pour référence la valeur CT moyenne de l'étage 3;
- densité électronique moyenne (si connue);
- écart-type de densité électronique (si connu);
- écart relatif mesuré de la densité électronique moyenne, en prenant pour référence la valeur CT moyenne de l'étage 3 (si connue);
- valeur Z_{eff} moyenne (si connue);
- écart-type de Z_{eff} (si connu);
- écart relatif mesuré de la valeur Z_{eff} moyenne, en prenant pour référence la valeur CT moyenne de l'étage 3 (si connue).

Enregistrer les résultats des calculs. Le Tableau B.1 de l'Annexe B donne un exemple de formulaire d'enregistrement pour l'essai.

Sur ces valeurs, l'écart-type de la valeur mesurée et l'écart relatif mesuré de la moyenne doivent satisfaire aux exigences présentées dans le Tableau 6.

4.3.7 Précision

4.3.7.1 Exigences

Les exigences relatives à la précision absolue des différentes caractéristiques sont présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7 – Exigences relatives à la précision

Valeur caractéristique du liquide	Eau distillée	Ethanol à 100 % (pur)
Valeur CT	970 à 1 030	680 à 750
Densité électronique	1,097 à 1,119	0,873 à 0,909
Numéro atomique	7,28 à 7,74	6,28 à 6,67

4.3.7.2 Méthode d'essai

Utiliser le système pour soumettre à l'essai les contenants TC02 et TC03 (voir Tableau 8) respectivement remplis d'eau distillée et d'éthanol à 100 % (pur). Enregistrer les valeurs CT et, si le système les fournit, les valeurs de densité électronique et de numéro atomique équivalent. Ces valeurs doivent être comprises dans les plages spécifiées dans le Tableau 7.

Tableau 8 – Contenants utilisés pour l'essai

Code	Nom	Spécification
TC02	Contenant 1 pour l'essai du volume minimal de l'objet à inspecter	Section circulaire, diamètre externe: 53 mm \pm 3 mm; hauteur du cylindre: 110 mm \pm 5 mm; épaisseur des parois: 1 mm \pm 0,1 mm; bouteille en polyéthylène
TC03	Contenant 2 pour l'essai du caractère approprié du volume	Section circulaire, diamètre externe: 100 mm \pm 5 mm; hauteur du cylindre: 110 mm \pm 5 mm; épaisseur des parois: 1 mm \pm 0,1 mm; bouteille en polyéthylène

4.3.8 Bruit du système

4.3.8.1 Exigences

Le niveau acoustique à 1 m de la surface du système doit être inférieur à 65 dB(A).

4.3.8.2 Méthode d'essai

A l'aide d'un sonomètre (d'une précision de 0,1 dB), réaliser un essai de contrôle sur des positions à 1 m de distance de la surface du système (autour et au-dessus) dans des conditions de fonctionnement normales. Le bruit du système doit satisfaire aux exigences définies en 4.3.8.1. Le niveau de pression acoustique du bruit de fond doit être inférieur de 10 dB(A) ou plus au bruit à soumettre à l'essai. Si la différence entre la valeur mesurée et la valeur ambiante est inférieure à 10 dB(A), l'opérateur doit la modifier conformément aux instructions du Tableau 9.

Tableau 9 – Tableau de référence de la correction du bruit

Valeur de différence dB	Valeur de correction dB
3	-3
4 à 6	-2
7 à 9	-1

4.4 Radioprotection

4.4.1 Débit d'équivalent de dose ambiant

4.4.1.1 Corps de diffusion normalisé

L'unité de diffusion normalisée est un cylindre en polyéthylène blanc. La section du cylindre est circulaire; le cylindre est de 160 mm \pm 1 mm de diamètre et de 100 mm \pm 1 mm de hauteur.

4.4.1.2 Exigences

Le débit d'équivalent de dose ambiant ne doit pas être supérieur à 1 $\mu\text{Sv/h}$ en tout point d'une zone de 5 cm à partir de la surface du système, y compris au-dessus.

4.4.1.3 Méthode d'essai

Placer l'unité de diffusion normalisée au centre de la zone à inspecter. Si la source de rayonnement est active, réaliser un essai de contrôle de rayonnement à 5 cm de distance de toutes les surfaces du système. Les résultats doivent satisfaire aux exigences définies en 4.4.2.2. Pour le rayonnement ambiant, le dosimètre doit enregistrer des émissions supérieures à 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ avec une précision minimale de $\pm 10\%$.

4.4.2 Dispositif de verrouillage de sécurité

4.4.2.1 Exigences

Le système doit être équipé de sous-systèmes de verrouillage de sécurité fiables (y compris un commutateur de verrouillage de sécurité) au niveau des couvercles et de portes de manière à pouvoir interrompre les rayons X. Le sous-système de verrouillage de sécurité doit satisfaire aux exigences de l'ISO 13849 ou d'une norme de sécurité équivalente.

4.4.2.2 Méthode d'essai

Activer chaque dispositif de verrouillage de sécurité séparément pendant l'émission de rayons X. L'émission de rayons X doit s'interrompre immédiatement.

4.4.3 Interrupteur d'arrêt d'urgence

4.4.3.1 Exigences

Un interrupteur d'arrêt d'urgence doit être placé à un endroit facile d'accès, de telle sorte que l'opérateur puisse interrompre immédiatement l'émission de rayons X en cas d'urgence. L'interrupteur d'arrêt d'urgence doit satisfaire aux exigences de l'ISO 13849 ou d'une norme de sécurité équivalente.

4.4.3.2 Méthode d'essai

Si le système émet des rayons X, vérifier à l'aide d'un appareil de contrôle de rayonnement approprié que les émissions s'interrompent dès que l'un des dispositifs de verrouillage de sécurité ou l'interrupteur d'arrêt d'urgence est activé. Le cas échéant, le système doit satisfaire aux exigences définies en 4.4.3.1.

4.4.4 Indicateurs de statut pour l'alimentation et l'émission de rayons X

4.4.4.1 Exigences

Le statut de l'alimentation du système et le statut d'émissions de rayons X doivent faire l'objet d'une indication visuelle ou auditive.

4.4.4.2 Méthode d'essai

Faire fonctionner le système et vérifier, à l'aide d'un appareil de contrôle de rayonnement approprié, que les indicateurs d'émissions de rayons X et d'alimentation correspondent à l'état déterminé du système.

4.5 Sécurité électrique

4.5.1 Mise à la terre de protection

4.5.1.1 Exigences

- a) Le système doit être équipé de bornes de terre de protection pouvant être connectées aux câbles à la terre, lesquels sont clairement marqués.
- b) La résistance entre les bornes de terre et l'unité métallique reliée à la surface extérieure ne doit pas dépasser $0,1 \Omega$.

4.5.1.2 Méthode d'essai

Contrôler, par examen visuel, la couleur de l'isolation du câble à la terre, et utiliser le tellurohmètre (mesure en milliohms, erreur de mesure inférieure ou égale à $\pm 3 \%$) pour mesurer la valeur de la résistance entre la borne de terre de protection et le câble à la terre. Le résultat de la mesure doit satisfaire aux exigences définies en 4.5.1.1.

4.5.2 Résistance d'isolement

4.5.2.1 Exigences

Dans la condition d'essai indiquée dans le Tableau 1, la résistance d'isolement entre la borne d'alimentation et l'unité métallique exposée ne doit pas être inférieure à $100 \text{ M}\Omega$.

4.5.2.2 Méthode d'essai

Utiliser un appareil de mesure de résistance d'isolement (500 V; erreur de mesure inférieure ou égale à $\pm 10 \%$) pour mesurer la valeur de la résistance d'isolement entre les conducteurs de phase/neutre de l'alimentation électrique et les pièces métalliques exposées. L'interrupteur d'alimentation doit être activé et la prise ne doit pas être connectée au réseau. Appliquer ensuite une tension d'essai de 1 000 V et maintenir cette valeur pendant 5 s avant de relever la valeur de la résistance d'isolement. Cette valeur doit satisfaire aux exigences définies en 4.5.2.1.

4.5.3 Rigidité diélectrique

4.5.3.1 Exigences

L'isolation comprise entre les conducteurs du circuit d'alimentation et le circuit de protection doit pouvoir résister à une tension de 1,5 kV et de 50 Hz à 60 Hz pendant 1 min dans des conditions normales. Il ne doit pas se produire de claquage ou d'arc au cours de l'essai.

4.5.3.2 Méthode d'essai

Après l'application du traitement de préhumidification dans des conditions normales de fonctionnement et en respectant les exigences définies en 6.8.2 de l'IEC 61010-1:2010, l'opérateur doit soumettre des sections désignées du système à l'essai d'amplitude de tension et de durée décrit en 4.5.3.1. Au cours de l'essai, la tension d'essai doit être ajustée graduellement pour atteindre la valeur définie à partir de 0 V en 5 s, puis maintenir cette valeur pendant 1 min. Le système ne doit subir ni claquage ni arc.

4.5.4 Valeur limite admissible pour les parties accessibles

4.5.4.1 Exigences

Dans des conditions normales ou après le traitement de préhumidification, le courant de contact ne doit pas être supérieur au seuil de tolérance indiqué dans le Tableau 10.

Tableau 10 – Seuil de tolérance du courant de contact

Statut	Normal	Défaillance unique
Seuil de tolérance (mA)	1	3,5

4.5.4.2 Méthode d'essai

Après l'application du traitement de préhumidification dans des conditions normales de fonctionnement et en respectant les exigences définies en 6.8.2 de l'IEC 61010-1:2010, l'opérateur doit soumettre les sections désignées du système à un essai à l'aide d'un appareil de mesure du courant de fuite (précision: 0,01 mA). Les résultats de l'essai doivent satisfaire aux exigences définies en 4.5.4.1.

4.6 Sécurité mécanique

4.6.1 Exigences

Le système ne doit pas se renverser lorsqu'il est incliné de 10° par rapport à sa position verticale, dans n'importe quelle direction.

4.6.2 Méthode d'essai

Placer le système sur une pente de 10°. Le système ne doit se renverser dans aucune direction.

4.7 Tension de puissance adaptée

4.7.1 Exigences

Le système doit fonctionner normalement lorsqu'une tension d'alimentation comprise entre 85 % et 110 % de la tension nominale est appliquée et avec une plage de ± 3 Hz par rapport à la fréquence nominale.

4.7.2 Méthode d'essai

Le système doit fonctionner normalement après avoir été soumis à l'essai à trois niveaux de tension en courant alternatif (à 85 % de la valeur nominale, à la valeur nominale et à 110 % de la valeur nominale), pendant 15 min chaque fois.

4.8 Exigences d'environnement

4.8.1 Température et humidité relative

Pour plus d'informations sur les projets d'essai de température et d'humidité relative et sur les exigences applicables, consulter le Tableau 11.

Tableau 11 – Exigences relatives à la température et à l'humidité relative

Projet	Niveau de gravité	Méthode d'essai	Durée h	Élément à l'essai			Commentaire
				Initial	Intermédiaire	Final	
Basse température	0 °C ± 3 °C	Réaliser l'essai Ab décrit dans l'IEC 60068-2-1.	8	4.3.7	4.3.7	4.3.7	Mettre le système sous tension pour l'essai.
Haute température	+45 °C ± 2 °C	Réaliser l'essai Bb décrit dans l'IEC 60068-2-2.	8	4.3.7	4.3.7	4.3.7	Mettre le système sous tension pour l'essai.
Humidité constante	+40 °C ± 2 °C Humidité relative: (93 ± 3) % (sans condensation)	Réaliser l'essai Ca décrit dans l'IEC 60068-2-78.	48	4.3.7	4.3.7	4.3.7	Mettre le système sous tension pour l'essai.
Stockage basse température	-20 °C ± 2 °C	Réaliser l'essai Ab décrit dans l'IEC 60068-2-1.	8	4.3.7	Aucun	4.3.7	Le système doit être soumis à l'essai sans aucun emballage externe.
Stockage haute température	+55 °C ± 2 °C	Réaliser l'essai Bb décrit dans l'IEC 60068-2-2.	8	4.3.7	Aucun	4.3.7	Le système doit être soumis à l'essai sans aucun emballage externe.

4.8.2 Exigences mécaniques

Pour plus d'informations sur les projets d'essai mécanique et sur les exigences applicables, consulter le Tableau 12.

Tableau 12 – Projets d'essai mécanique et exigences applicables

Projet	Exigence	Méthode d'essai	Élément à l'essai		Commentaire
			Initial	Final	
Essai de vibration	Plage de fréquences comprise entre 2 Hz et 9 Hz et entre 9 Hz et 200 Hz pour l'onde sinusoïdale; amplitude de 0,3 mm; pic d'accélération de 1 m/s ² ; sens des vibrations: X, Y, Z; durée (min): 10	Selon l'IEC 60068-2-6	4.3.7	4.3.7	Ne pas mettre le système sous tension en l'absence de processus de conditionnement.

4.9 Compatibilité électromagnétique

4.9.1 Essai d'immunité

4.9.1.1 Exigences

4.9.1.1.1 Champ magnétique à la fréquence du réseau

L'essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau pour les bornes externes du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 1.1 dans le Tableau 1 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.2 Rayonnement du champ électromagnétique RF

L'essai d'immunité au champ électromagnétique RF pour les bornes externes du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 1.2 dans le Tableau 1 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.3 Mode commun RF

L'essai d'immunité en mode commun pour les bornes d'entrée/sortie d'alimentation du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 4.1 dans le Tableau 4 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.4 Décharge électrostatique

L'essai d'immunité aux décharges électrostatiques pour les bornes externes du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 1.4 dans le Tableau 1 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.5 Transitoires électriques rapides en salves

- a) L'essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves pour les bornes des lignes de signaux/de contrôleurs du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 2.3 dans le Tableau 2 de l'IEC 61000-6-1:2016.
- b) L'essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves pour les bornes d'entrée/de sortie d'alimentation du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 4.5 dans le Tableau 4 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.6 Creux de tension

L'essai de creux de tension pour les bornes d'entrée/de sortie d'alimentation du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 4.2 dans le Tableau 4 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.7 Interruption de tension

L'essai d'interruption de tension pour les bornes d'entrée/de sortie d'alimentation du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 4.3 dans le Tableau 4 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.1.8 Tension de choc

L'essai de tension de choc pour les bornes d'entrée/de sortie d'alimentation du système doit être réalisé en respectant les exigences décrites en 4.4 dans le Tableau 4 de l'IEC 61000-6-1:2016.

4.9.1.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé en suivant la méthode définie dans l'IEC 61000-6-1, et satisfaire aux exigences indiquées en 4.9.1.1.

4.9.2 Essai d'émission

4.9.2.1 Exigences

4.9.2.1.1 Perturbation rayonnée

Les performances de perturbation rayonnée du système doivent satisfaire aux exigences définies en 1.1, en 1.2 ou en 1.3 dans le Tableau 1 de l'IEC 61000-6-3:2006.

4.9.2.1.2 Perturbation de la conduction

Les performances de perturbation de la conduction du système doivent satisfaire aux exigences définies dans le Tableau 2.1 de l'IEC 61000-6-3:2006.

4.9.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé en suivant la méthode définie dans l'IEC 61000-6-3, et satisfaire aux exigences indiquées en 4.9.2.1.

5 Marquage et documentation

5.1 Marquage

5.1.1 Généralités

Le système doit porter un marquage clair et permanent des informations suivantes, à des endroits bien visibles:

- a) nom du fabricant;
- b) nom et type du produit;
- c) marque déposée;
- d) date de production et code de l'usine.

5.1.2 Marquage de l'emballage

L'emballage externe du système doit porter le nom et le type du produit, ainsi que des informations sur le conditionnement, le stockage et le transport. Les marquages relatifs au conditionnement, au stockage et au transport doivent correspondre aux marquages "Fragile", "Haut", "Ne pas exposer à la pluie" et "Empilement limité" énumérés dans l'ISO 780:2015.

5.2 Documentation

- a) manuel d'utilisation;
- b) instructions de maintenance;
- c) certificat de qualification délivré à l'issue de l'inspection du produit. Les notes d'avertissement et la description des signes d'avertissement (sur le système) doivent être fournies, de même que tout document technique.

6 Conditionnement et transport

6.1 Conditionnement

Il convient de mettre en œuvre des mesures de limitation des vibrations et de l'humidité sur la face intérieure du conditionnement.

6.2 Transport

Il convient de protéger le système contre l'humidité, la poussière, la lumière, le gel, les chocs et la corrosion pendant le transport.

6.3 Documentation

Certains documents, concernant notamment les informations suivantes, doivent être fournis avec chaque système:

- le nom du fabricant ou la marque déposée;
- le type de système et le numéro de série;
- la version logicielle et de matériel;
- les rapports d'essai;
- les manuels d'instructions;
- le certificat de la source;
- la confirmation de la conformité au présent document.

Annexe A (informative)

Recommandations pour la notation des indicateurs de sensibilité au contraste et de résolution spatiale

A.1 Evaluation de la sensibilité au contraste

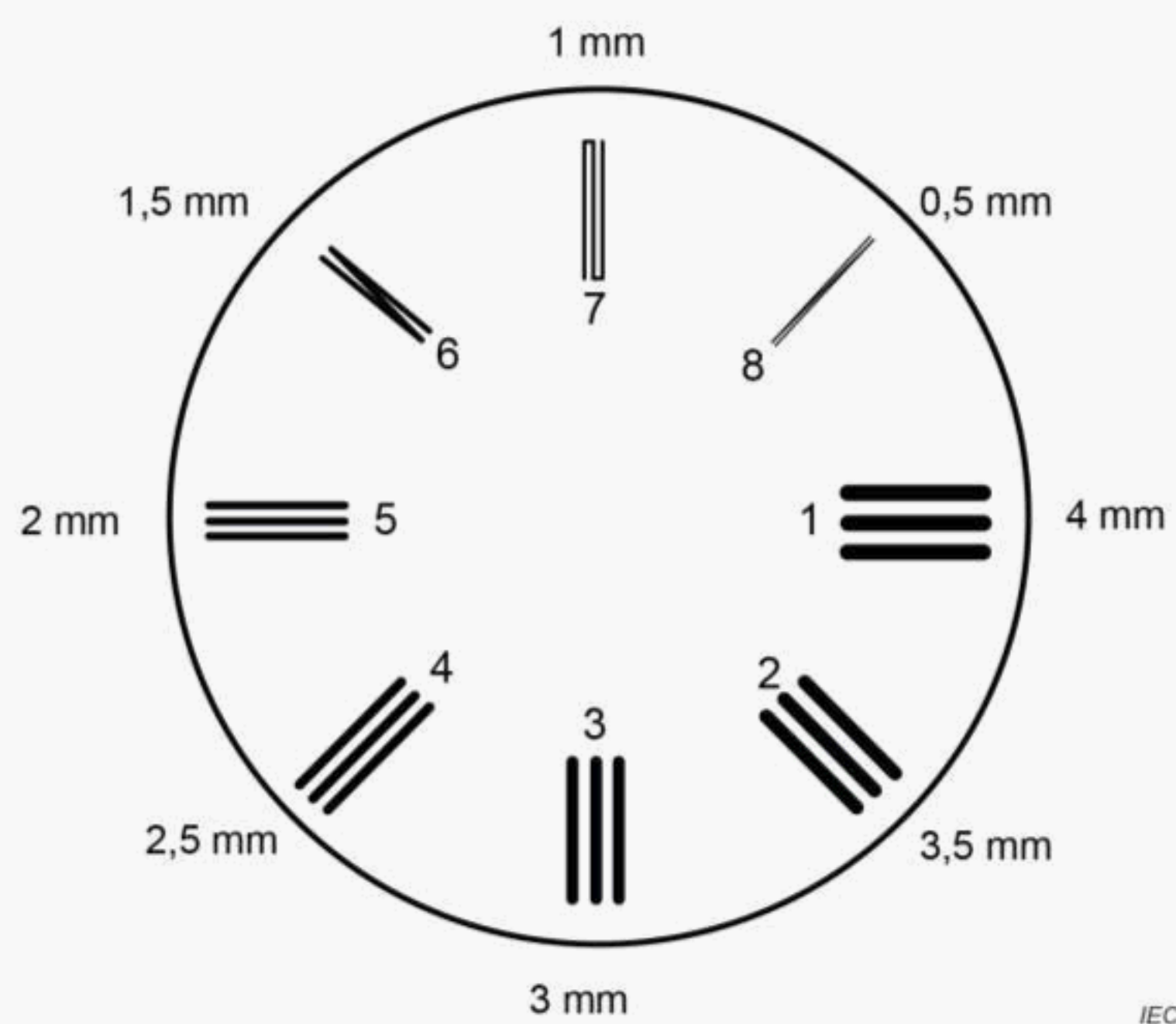
Voir Tableau A.1 pour savoir comment consigner la résolution de densité relative. Noter quels échantillons d'essai de NaCl peuvent être distingués de l'échantillon d'essai d'eau en comparant visuellement les échantillons représentés en image dans l'un des plans de coupe bidimensionnelle suivants: valeur CT, densité électronique ou Z_{eff} . La sensibilité au contraste de l'image du système doit être suffisante pour distinguer les échantillons dont la densité physique diffère de 3 % ou moins de celle de l'eau. Par conséquent, l'exigence de référence est que les échantillons n° 1 et n° 4 doivent être distingués, de même que les échantillons n° 1 et n° 5 et que les échantillons n° 1 et n° 6.

**Tableau A.1 – Sensibilité au contraste de l'image
pour des échantillons de densités différentes**

Comparaison d'échantillons	Oui/Non	Différence de densité physique par rapport à l'eau
Liquide d'essai n° 1 et n° 2		1 %
Liquide d'essai n° 1 et n° 3		2 %
Liquide d'essai n° 1 et n° 4		3 %
Liquide d'essai n° 1 et n° 5		4 %
Liquide d'essai n° 1 et n° 6		5 %

A.2 Exemple de résolution spatiale

Voir Figure A.1 pour un exemple de notation de l'essai de résolution spatiale. Sur la Figure A.1, les paires de lignes de 2,0 mm, 2,5 mm, 3,0 mm, 3,5 mm et 4,0 mm sont distinguées visuellement; ce n'est pas le cas des paires de lignes de 0,5 mm, 1,0 mm et 1,5 mm. Par conséquent, la valeur 2,0 mm serait consignée dans cet exemple.



IEC

Figure A.1 – Exemple de résolution spatiale

Annexe B (informative)

Exemple de formulaire d'enregistrement pour l'essai d'un contenant factice

Tableau B.1 – Formulaire d'enregistrement pour l'essai d'un contenant factice

Valeur caractéristique du liquide	Etagé	Valeur mesurée		Valeur mesurée relative
		Moyenne	Ecart-type	Ecart relatif mesuré de la moyenne
Valeur CT	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
Densité électronique	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
Numéro atomique équivalent (Z_{eff})	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			

