

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Industrial non-destructive testing equipment – Electron linear accelerator

**Appareils destinés aux essais non destructifs pour le secteur industriel –
Accélérateur électronique linéaire**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

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 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

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.



IEC 62976

Edition 1.1 2021-10
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Industrial non-destructive testing equipment – Electron linear accelerator

**Appareils destinés aux essais non destructifs pour le secteur industriel –
Accélérateur électronique linéaire**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.120.01

ISBN 978-2-8322-1043-7

**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.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



Industrial non-destructive testing equipment – Electron linear accelerator

**Appareils destinés aux essais non destructifs pour le secteur industriel –
Accélérateur électronique linéaire**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
4 Equipment sets, names and work conditions	9
4.1 Equipment sets	9
4.2 Name convention	9
4.3 Operating conditions	10
4.3.1 Environmental requirement.....	10
4.3.2 Power supply	10
5 Technical requirements.....	10
5.1 Appearance	10
5.2 Control system.....	10
5.2.1 Design principle	10
5.2.2 Operation of start and stop	10
5.2.3 Functions of control system.....	10
5.3 Performance	11
5.3.1 X-ray beam energy.....	11
5.3.2 X-ray homogeneity	11
5.3.3 X-ray beam air kerma rate.....	11
5.3.4 X-ray beam focal spot	12
5.3.5 X-ray beam asymmetry	12
5.3.6 X-ray sensitivity	12
5.3.7 Dose leakage.....	13
5.4 Electrical safety	13
5.4.1 Protective grounding	13
5.4.2 Insulation resistance	13
5.4.3 Dielectric strength	13
5.4.4 Protection against electric shock	13
5.5 Reliability.....	13
5.5.1 Continuous operation	13
5.5.2 Recovery	13
5.5.3 Restart	13
6 Test methods.....	13
6.1 General requirements.....	13
6.1.1 Testing conditions	13
6.1.2 Instruments and devices.....	14
6.2 Visual inspection	15
6.3 Control system test	15
6.4 Performance test.....	15
6.4.1 X-ray beam energy.....	15
6.4.2 X-ray homogeneity	16
6.4.3 X-ray beam air kerma rate.....	17
6.4.4 X-ray beam focal spot	17
6.4.5 X-ray beam asymmetry	19
6.4.6 X-ray sensitivity	19

6.4.7	Leakage dose rate	19
6.5	Electrical safety testing	20
6.5.1	Protective grounding	20
6.5.2	Insulation resistance	20
6.5.3	Dielectric strength	20
6.5.4	Protection against electric shock	20
6.6	Reliability test	20
6.6.1	Continuous operation	20
6.6.2	Recovery	20
6.6.3	Restart	20
7	Inspection rules	21
7.1	Inspection classification	21
7.2	Inspection items	21
7.3	Criterion rule	21
8	Marking Signage, packaging, transportation, storage and accompanying documents.....	21
8.1	Marking Signage	21
8.1.1	Accelerator signs	21
8.1.2	Component nameplates.....	22
8.1.3	Labels	22
8.1.4	Warning signs	22
8.2	Packaging.....	22
8.3	Transportation.....	22
8.4	Storage.....	22
8.5	Accompanying documents	23
8.5.1	Instructions	23
8.5.2	Product certification Supplier's declaration of conformity	23
8.5.3	Other documents	23
	Figure 1 – Naming convention.....	9
	Figure 2 – Sketch map of the test module.....	14
	Figure 3 – Sketch map of the copper block with a swivelling edge.....	15
	Figure 4 – Schematic diagram of X ray beam radial uniformity measurement.....	16
	Figure 5 – Schematic diagram of the testing module in front of the detector	17
	Figure 6 – Schematic diagram of the “Sandwich” test module placement	18
	Figure 7 – Schematic diagram of the copper block test module placement.....	18
	Figure 8 – Diagram of leakage dose measurement points	20
	Table 1 – Specifications of several commonly used accelerator models	10
	Table 2 – Half value layer of materials corresponding to commonly used X-ray beam energies	11
	Table 3 – X-ray homogeneity of commonly used X-ray beam energies	11
	Table 4 – X-ray beam air kerma rate of different models	12
	Table 5 – Detection range of equivalent steel thickness corresponding to commonly used X-ray beam energies	12
	Table 6 – Testing conditions	14

Table 7 – Inspection items of the accelerator.....	21
--	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL NON-DESTRUCTIVE TESTING EQUIPMENT – ELECTRON LINEAR ACCELERATOR

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62976 edition 1.1 contains the first edition (2017-05) [documents 45/821/FDIS and 45/824/RVD] and its amendment 1 (2021-10) [documents 45/920/CDV and 45/929/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 62976 has been prepared by technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under webstore.iec.ch in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

INDUSTRIAL NON-DESTRUCTIVE TESTING EQUIPMENT – ELECTRON LINEAR ACCELERATOR

1 Scope

This document gives the rules of naming, technical requirements, test methods, inspection, **marking signage**, packaging, transportation, storage and accompanying documents for electron linear accelerator equipment for Non-Destructive Testing (NDT).

This document applies to NDT electron linear accelerator equipment in the X-ray energy range of 1 MeV to 15 MeV, including the accelerator equipment for radiographic film, computed radiography with imaging plates, real-time imaging, digital detector array and industrial computerized tomography.

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.

ISO/IEC Guide 37:2012, *Instructions for use of products by consumers*

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

ISO 19232-1:2013, *Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 1: Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators*

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 target

area on the surface of accelerating tube outlet on which the electron beam impinges and from which the primary beam of X-rays is emitted

3.2 linear electron accelerator LINAC

apparatus for producing high energy electrons by accelerating them along a waveguide. The electrons strike a target to produce X-rays

Note 1 to entry: NDT electron linear accelerator, hereinafter referred to as the accelerator.

[SOURCE: ISO 5576:1997, 2.84]

3.3

X-rays

penetrating electromagnetic radiation, within the approximate wavelength range of 1 nm to 0,0001 nm, produced when high velocity electrons impinge on a metal target

[SOURCE: ISO 5576:1997, 2.129]

3.4

X-ray beam energy

E

maximum X-ray energy in the continuous emission spectrum, equal to the product of the electron charge and the accelerating voltage

Note 1 to entry: *E* is expressed in megaelectronvolts (MeV).

3.5

wedge X-ray field

X-radiation field with a dose distribution that changes approximately linearly with distance from the beam edge along a line perpendicular to and passing through the radiation beam axis

[SOURCE: IEC 60976, 2007, 3.32]

3.6

half-value layer

thickness of a specified material, which attenuates under narrow beam conditions X- radiation with a particular spectrum to an extent such that the air kerma rate, exposure rate or absorbed dose rate is reduced to one half of the value that is measured without the material. The half-value layer (HVL) is expressed in suitable submultiples of the metre together with the material

[SOURCE: IEC 60601-1-3, 2008, 3.27]

3.7

X-ray beam focal spot

d

dimension across the focal spot of an accelerating tube, measured perpendicular to the central beam axis

Note 1 to entry: *d* is expressed in millimetres (mm).

3.8

X-ray beam homogeneity

ratio, expressed as a percent, of the dose rate in a plane 1 m from the target and normal to the beam central axis, and acquired at a specified angle from the central axis, to the dose rate in the plane and on the beam axis

3.9

X-ray beam air kerma rate

K

volume of ionization caused by the x-ray beam in air per unit time at 1 m away from target

Note 1 to entry: *K* is expressed in centigrays per minute (cGy/min).

3.10

X-ray beam asymmetry

ratio of the difference to the average values of the dose rates measured at equal distances from the central beam axis and in a vertical plane normal to the x-ray beam

Note 1 to entry: This ratio is expressed as a percentage.

3.11

X-ray sensitivity

ratio of the minimum defect size that can be observed in the detector to the thickness of the penetrated material

Note 1 to entry: This ratio is expressed as a percentage.

3.12

X-ray head

part of an X-ray installation that contains the accelerating tube and its shield

4 Equipment sets, names and work conditions

4.1 Equipment sets

Generally, the equipment consists of the following components:

- a) X-ray head,
- b) modulator,
- c) temperature control unit (TCU),
- d) control system,
- e) power distribution cabinet,
- f) safety interlock system,
- g) interconnecting cables (X-ray head to modulator, modulator to console) and hoses (TCU to X-ray head).

4.2 Name convention

The naming rules of the equipment are shown in Figure 1.

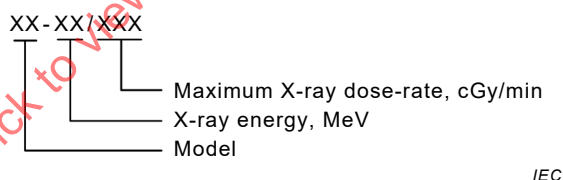


Figure 1 – Naming convention

The specifications of several commonly used accelerator models are shown in Table 1.

Table 1 – Specifications of several commonly used accelerator models

Model No.	Specification	
	X-ray beam energy MeV	Maximum X-ray dose rate cGy/min
XX-2/200	2	200
XX-4/500	4	500
XX-6/1000	6	1 000
XX-9/3000	9	3 000
XX-12/5000	12	5 000
XX-15/12000	15	12 000

4.3 Operating conditions

4.3.1 Environmental requirement

- environment temperature: (5 to 40) °C;
- relative humidity: ≤90 %.

4.3.2 Power supply

- voltage: 380 V ±10 % three-phase four-wire AC system;
- frequency: 50 Hz ±2 % / 60 Hz ±2 %;
- power supply: it is put forward in the product manual according to the accelerator model;
- grounding resistance: special grounding resistance of modulator is less than 4 Ω.

5 Technical requirements

5.1 Appearance

The surface shall be smooth, uniform color, no obvious scratches, bumps or holes.

5.2 Control system

5.2.1 Design principle

The design of the control system shall ensure the safety of the operator, the device and the delivered dose.

5.2.2 Operation of start and stop

Operation of X-ray source start and stop shall be executed in the control console.

5.2.3 Functions of control system

The basic functions of the control system shall include:

- normal start-up and shut-down,
- display of the status of normal, fault, alarm and auto-stop,
- display of the main operational parameters,
- safety interlock,
- emergency stop.

5.3 Performance

5.3.1 X-ray beam energy

Commonly used X-ray beam energies of accelerators are shown in Table 2 and the corresponding half value layer should not be less than the value in Table 2.

Table 2 – Half value layer of materials corresponding to commonly used X-ray beam energies

X-ray beam energy MeV	Steel (Material density: $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) mm	Plexiglas (Material density: $1,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) mm
1	$16 \pm 0,5$	61 ± 2
2	$20 \pm 0,5$	84 ± 2
4	$25 \pm 0,5$	116 ± 2
6	$28 \pm 0,5$	138 ± 2
9	$30 \pm 0,5$	149 ± 2
12	$32 \pm 0,5$	178 ± 2
15	$33 \pm 0,5$	204 ± 2

5.3.2 X-ray homogeneity

X-ray homogeneity shall not be less than the value in Table 3 by using a beam flattening filter.

Table 3 – X-ray homogeneity of commonly used X-ray beam energies

X-ray beam energy MeV	Subtended angle Δ between beam central axis and axis connecting the centre of focal spot with the point of measurement located on the circumference (°)	X-ray homogeneity %
1	7,5	80
2	7,5	78
4	7,5	75
6	7,5	62
9	7,5	55
12	6,0	50
15	6,0	45

5.3.3 X-ray beam air kerma rate

X-ray beam air kerma rate shall achieve the value shown in Table 4 (can be reduced based on purpose).

Table 4 – X-ray beam air kerma rate of different models

X-ray beam energy MeV	X-ray beam dose rate cGy/min
1	20
2	200
4	500
6	1 000
9	3 000
12	5 000
15	12 000

5.3.4 X-ray beam focal spot

The diameter of the X-ray spot shall be less than or equal to 2,0 mm when the X-ray beam energy is less than 9 MeV; the diameter of X-ray spot shall be less than or equal to 3,5 mm when X-ray beam energy is equal to or higher than 9 MeV.

5.3.5 X-ray beam asymmetry

X-ray beam asymmetry shall be less than 3 % at 7,5° away from X-ray beam center axis when the X-ray beam energy is less than or equal to 9 MeV; X-ray beam asymmetry shall be less than 5 % at 6° away from X-ray beam center axis when X-ray beam energy is higher than 9 MeV.

5.3.6 X-ray sensitivity

In the range of the X-ray beam energy and the corresponding equivalent steel thickness stated in Table 5, X-ray sensitivity shall be less than 1 % as determined by linear densitometry for imaging detection.

Table 5 – Detection range of equivalent steel thickness corresponding to commonly used X-ray beam energies

X-ray beam energy MeV	Range of equivalent steel thickness mm
1	36 to 150
2	40 to 200
4	50 to 250
6	50 to 280
9	76 to 380
12	100 to 420
15	100 to 460

NOTE Equivalent steel thickness is the conversion of different plate thickness based on the density of $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ steel.

5.3.7 Dose leakage

a) X-ray dose leakage

A measure of leakage is given by the ratio of X-ray dose rate 1 m away from the target in a variety of directions to the X-ray dose rate on the central beam axis. This shall be expressed as a percentage and shall be less than 0,1 %.

b) Neutron dose leakage (if the accelerator energy is higher than or equal to 10 MeV)

Neutron dose rate shall be no more than 0,01 mSv/h 1 m away from the target beyond the X-ray field formed by the forward collimator and no more than 0,001 mSv/h in other places

5.4 Electrical safety

5.4.1 Protective grounding

Separated electric shock protection is essential. The resistance between metal surface and grounding terminal shall not be more than 0,1 Ω .

5.4.2 Insulation resistance

The insulation resistance between wires (including phase line and zero line) and ground of each independent electrical part of the equipment should not be less than 1 M Ω when the test voltage (AC RMS or DC average) reaches to 1 000 V.

5.4.3 Dielectric strength

Electrical equipment with electrical grounding should tolerate the dielectric strength testing of 2 000 V (AC RMS or DC average) with no breakdown and no repeated arcing during the test.

5.4.4 Protection against electric shock

Electrical equipment of the accelerator should have anti shock functionality under the condition of normal use, the touchable parts should not be hazardous or live. The voltage between accessible component and ground terminal should be less than AC 30 V or DC 60 V. The warning symbols for "high voltage" shall be posted near the high voltage device.

5.5 Reliability

5.5.1 Continuous operation

The device shall be able to operate for 8 h with less than 4 interruptions lasting no more than 30 min each.

5.5.2 Recovery

The time of reaching the normal work status shall be less than 15 min when the downtime without fault is longer than 1 h after shutdown.

5.5.3 Restart

The time of reaching the normal work status shall be less than 150 min when the downtime without fault is longer than 48 h after shutdown.

6 Test methods

6.1 General requirements

6.1.1 Testing conditions

The test shall be carried out under the conditions of Table 6.

Table 6 – Testing conditions

Environmental parameter	Reference value	Range
Temperature	25 °C	5 °C to 40 °C
Relative humidity	65 %	≤90 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86 kPa to 106 kPa
Voltage (alternating current)	380 V	380 V ± 10 %
Frequency (alternating current)	50 Hz /60 Hz	50 Hz ± 2 % / 60 Hz ± 2 %

6.1.2 Instruments and devices

6.1.2.1 General

Within the validity verification, the test equipment and instruments should meet the test requirements.

6.1.2.2 X-ray dose meter

An X-ray dose meter is used to measure the in-beam air kerma rate.

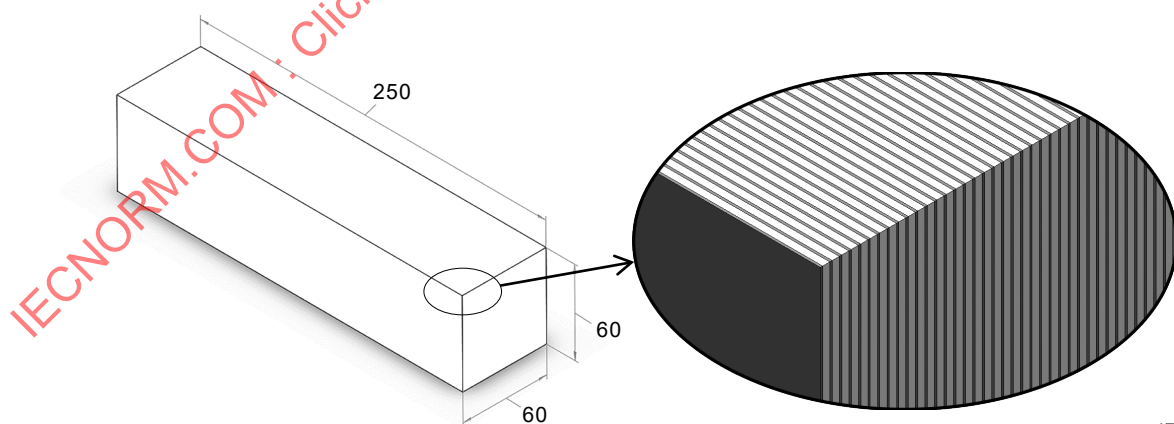
6.1.2.3 Wire-type image quality indicators

Wire-type image quality indicators complying with ISO 19232-1:2013 shall be used to measure X-ray sensitivity.

6.1.2.4 “Sandwich” test module

The “Sandwich” test module is used to measure the X-ray beam focal spot size. It is closely superposed by the rectangular (250 mm x 60 mm) copper or lead foil (with white color) and plastic pieces (with black color) alternately as shown in Figure 2, the foil thickness h_1 is not more than 0,1 mm, plastic film thickness h_2 is not more than 0,3 mm, and the superimposing thickness is not less than 60 mm.

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 2 – Sketch map of the test module

6.1.2.5 Copper block with a swivelling edge

The copper block (60 mm x 60 mm x 16 mm) with a swiveling edge $\pm 15^\circ$ is a test block using as alternative method for the focal spot measurement, see Figure 3.

Dimensions in millimetres

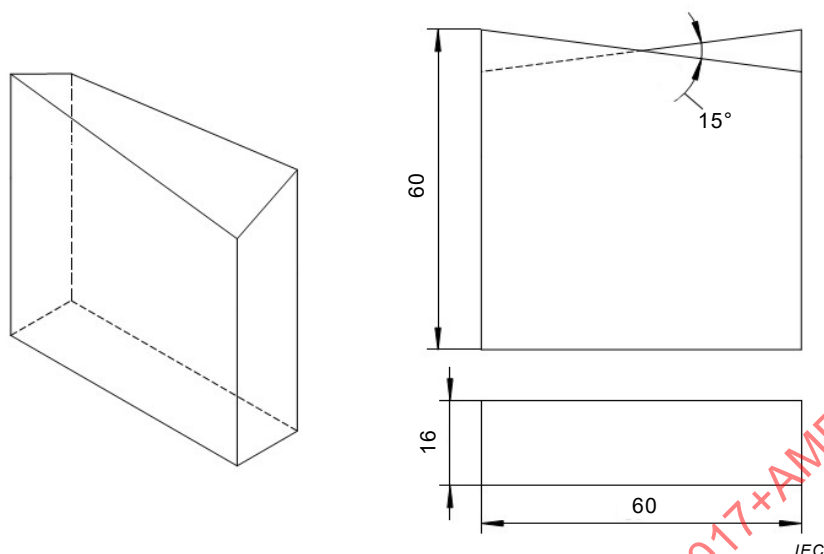


Figure 3 – Sketch map of the copper block with a swivelling edge

6.1.2.6 Plate specimen

The plate specimens are 36 mm to 460 mm steel or equivalent thickness of solid propellant to aid in measuring the X-ray beam energy and X-ray sensitivity. Select the appropriate range of the plate thickness depending on the energy of the accelerator, as specified in Table 5.

6.2 Visual inspection

Visually check the appearance of the facility with normal illumination to demonstrate that the requirements of 5.1 are satisfied.

6.3 Control system test

By visual inspection and demonstration to ensure that the control system satisfies the requirements of 5.2.

6.4 Performance test

6.4.1 X-ray beam energy

Measure the half-value layer of X-ray beam produced by the accelerator in steel or solid propellant in order to estimate the X-ray beam energy of the accelerator.

When measuring, the dosimeter probe is placed 1 m from the target in the center of the X-ray beam (the 0° direction), and steel plates with different thicknesses are placed between the probe and the target. Measure the X-ray attenuation through steel plates with different thicknesses d and with the same dose rate, $\dot{D}$, as measured by a dose meter. In general, in order to prevent errors caused by low-energy X-rays, the initial plate thickness should be greater than two times the half-value layer corresponding to the measured energy profile.

Graph the X-ray beam air kerma rates obtained with different thickness steel plates or solid propellants. Use the least-squares method to calculate μ values according to the formula (1), further calculate the half value layer $d_{1/2}$ value using the formula $d_{1/2} = \ln 2 / \mu$, and use Table 2 to estimate the X-ray beam energy.

$$\dot{D} = \dot{D}_0 e^{-\mu d} \quad (1)$$

where

d is the plates thickness, in mm;

$\dot{D}_0$ is the dose rate when $d = 0$, in cGy/min;

$\dot{D}$ is the dose rate, in cGy/min;

μ is the linear attenuation coefficient, in mm⁻¹.

The test results shall comply with the requirement of 5.3.1.

6.4.2 X-ray homogeneity

Measure the X-ray air kerma rate 1 m from the target on the central axis of the X-ray beam, $\dot{K}_0$. Measure the X-ray air kerma rates, $\dot{K}_i$, in a plane normal to the beam axis and at equal and symmetrically opposing distances as shown in Figure 4. Measure at least four rates at horizontal and vertical transverse points that each make an angle A with the central beam axis (the values of A are given in Table 3). All measurements are to be made under the same conditions. Use the minimum of the $\dot{K}_i$ acquired to calculate the homogeneity η_h according to formula (2).

$$\eta_h = \frac{\dot{K}_{\min}}{\dot{K}_0} \times 100 \% \quad (2)$$

where

η_h is the X-ray homogeneity;

$\dot{K}_{\min}$ is the minimum X-ray air kerma rate measured from the set of points A degrees from the beam axis and 1 m from the target, in cGy/min;

$\dot{K}_0$ is the X-ray air kerma rate value on the central axis 1 m far from the target, in cGy/min.

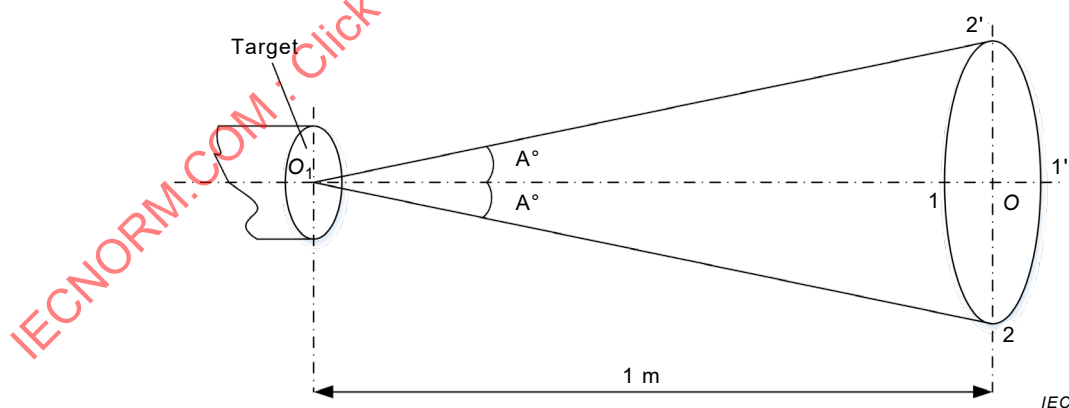


Figure 4 – Schematic diagram of X ray beam radial uniformity measurement

The computed homogeneity shall comply with the requirements of 5.3.2.

6.4.3 X-ray beam air kerma rate

Place the dosimeter probes in front and 1 m far from the target at the center of X ray beam axis, set the standard dosimeter mode to “dose” and measure 3 sets of time and dose during the beam test, calculate the average value of X-ray beam air kerma rate, then multiply the calibration factor of the ~~certificate~~ dosimeter probe and the air density correction factor. The result is the X-ray beam air kerma rate of the accelerator.

The test result shall comply with the requirements of 5.3.3.

6.4.4 X-ray beam focal spot

6.4.4.1 “Sandwich” test method

The X-ray beam focal spot is measured using a test module made according to 6.1.2.4, as shown in Figure 5. Place the test module 300 mm, 500 mm, and 800 mm from the target at the center of X ray beam axis as shown in Figure 6. X-ray beam slits through the corresponding plastic sheet, and makes the film exposure put at the other end of the test module; after being film processed, several black lines will appear, the black intensity is larger at the center and smaller on both sides.

Using the number of black lines whose black intensity is 50 % or greater than the central, calculate the X-ray beam focal spot according to formula (3).

$$d_i = (h_1 + h_2) \times n_i \quad (3)$$

where

d_i is the X-ray beam focal spot, in mm;

h_1 is the copper or lead foil thickness, in mm;

h_2 is the plastic piece thickness, in mm;

n_i is the number of black lines whose black intensity is 50 % or greater than the central.

For each of 3 distances, use the least-squares method for linear fitting, ($d_i = (a + d_c)$ where a is the linear factor, l is the distance of the testing module to target, and d_c is the X-ray beam focus spot value when l equal to 0.

The results shall comply with the requirements of 5.3.4.

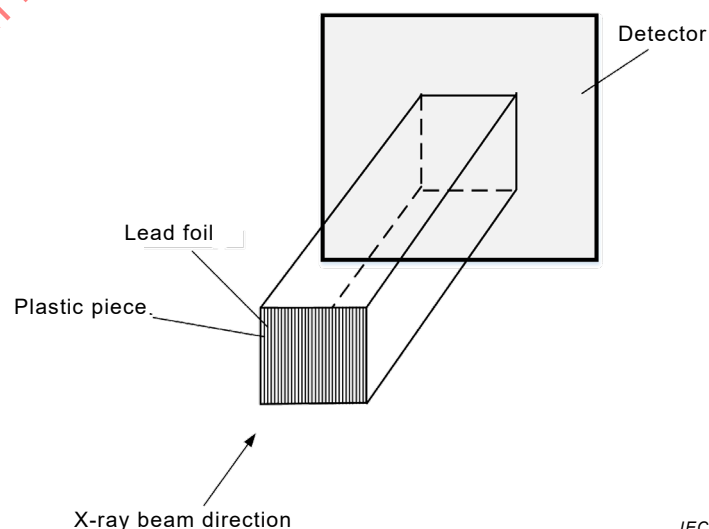


Figure 5 – Schematic diagram of the testing module in front of the detector

Dimensions in millimetres

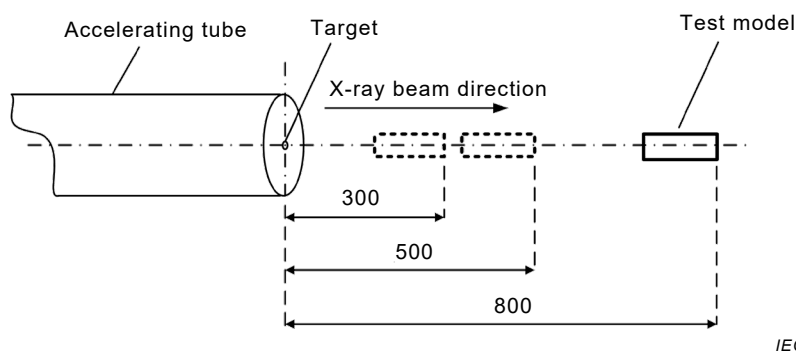


Figure 6 – Schematic diagram of the “Sandwich” test module placement

6.4.4.2 “Copper block” method

An alternative method for the focal spot measurement is a copper block made according to 6.1.2.5. When the copper block is exactly in the middle between target and image detector as shown in Figure 7, then the detector image shows directly the focal spot size measured. Otherwise a magnification factor has to be considered. A typical distance between focal spot and detector is 4 m. The focal spot size is measured as edge unsharpness according to the Klasens method (unsharpness is the distance of the 16 % and the 84 % points in a profile across the sharpest edge response in the image multiplied by 1,47).

A horizontal edge position measures the vertical focal spot size and a vertical edge orientation measures the horizontal focal spot size.

The result shall comply with the requirements in 5.3.4.

Dimensions in metres

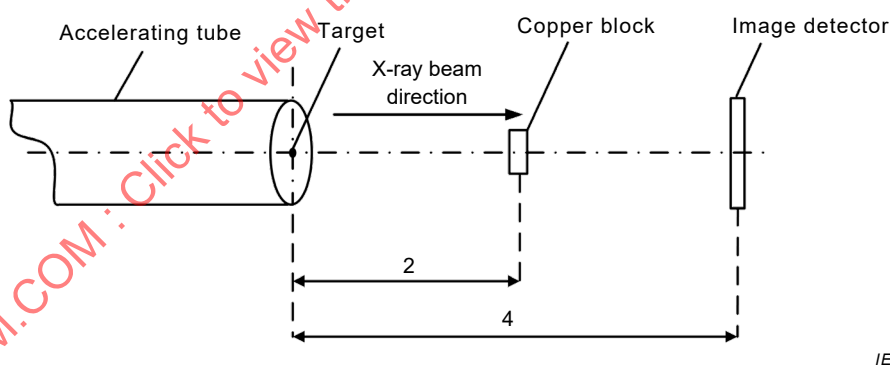


Figure 7 – Schematic diagram of the copper block test module placement

6.4.5 X-ray beam asymmetry

Get the difference and the average of the four measurements in 6.4.2 shown in Figure 4 as 1, 1', 2, and 2'. Calculate the X-ray beam asymmetry η according to formula (4).

$$\eta = \frac{\Delta \dot{D}}{\bar{\dot{D}}} = \left| \frac{\dot{D}_i - \dot{D}_i'}{(\dot{D}_i + \dot{D}_i')/2} \right|_{\max} \times 100 \% \quad (4)$$

where

$\Delta \dot{D}$ is the difference of $\dot{D}_i$ and $\dot{D}_i'$;

$\bar{\dot{D}}$ is the average of $\dot{D}_i$ and $\dot{D}_i'$;

$\dot{D}_i$ and $\dot{D}_i'$ are the dose rates of two symmetry points.

The results shall comply with the requirements of 5.3.5.

6.4.6 X-ray sensitivity

Place the steel plate specimen with the thickness of Table 5 vertically and 1 m from the target at the center of X ray beam axis. Attach wire-type image quality indicators to the side of the plate that is closest to the X-ray beam; attach film to the other plate side. Process the film after exposure, observe the minimum line diameter of image quality indicators in the film, and calculate the X-ray sensitivity according to formula (5).

$$C = \frac{d_{\min}}{T} \times 100 \% \quad (5)$$

where

C is the X-ray sensitivity;

$d_{\min}$ is the minimum line diameter of image quality indicators in the film, in mm;

T is the thickness of steel plate, in mm.

The results shall comply with the requirements of 5.3.6.

6.4.7 Leakage dose rate

Block front-end and the surrounding space of accelerator collimator with more than 10 half value layers of lead or tungsten. Consider a sphere with a radius of 1 m with the target as its center. Place dosimeter probes at twenty or more locations on the sphere (see Figure 8 for normative locations; the target is at O) and measure the dose rates normalized to 1 min to obtain $\dot{D}_i$. The dose rate percentage is calculated for each measurement by formula (6) relative to dose rate $\dot{D}_0$ at a distance of 1 m from the center beam of the X-ray to the target without blocking.

$$\eta_{LDR} = \frac{\dot{D}_i}{\dot{D}_0} \times 100 \% \quad (6)$$

The test results of each point shall comply with the requirements of 5.3.7.

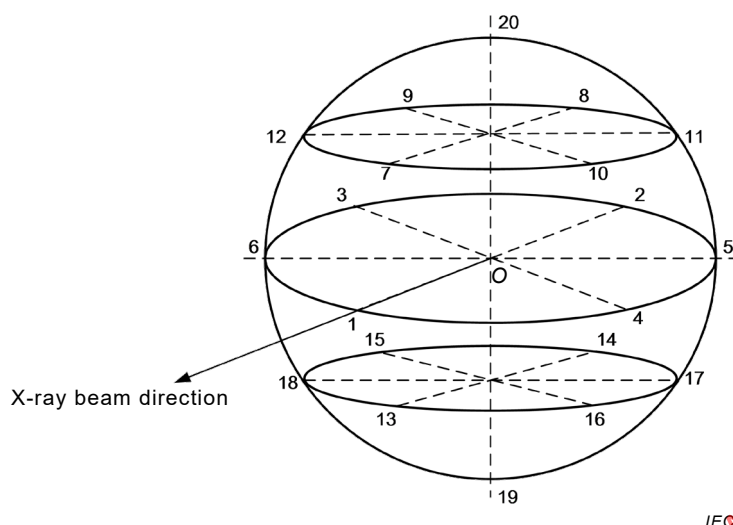


Figure 8 – Diagram of leakage dose measurement points

6.5 Electrical safety testing

6.5.1 Protective grounding

Ground resistance tester shall be used to measure the resistance of ground-end and the shell, the test current is 25 A, the result should comply with the requirements of 5.4.1.

6.5.2 Insulation resistance

Using 1 000 V insulation resistance meter, test insulation resistances of phase line, zero line to ground and metal shell, the result shall comply with the requirements of 5.4.2.

6.5.3 Dielectric strength

Test voltage shall be gradually increased to 2 000 V in 10 s, and maintained for at least 1 min, the test results shall comply with the requirements of 5.4.3.

6.5.4 Protection against electric shock

Use 2 k Ω resistor in parallel on the AC and DC voltmeter to measure the voltage between the touchable components and protective grounding under normal working conditions of the accelerator, the result shall comply with the requirement of 5.4.4.

6.6 Reliability test

6.6.1 Continuous operation

Continuous operation under the rated X-ray beam air kerma rate, the test result shall comply with the requirements of 5.5.1.

6.6.2 Recovery

The reboot time after 1 h outage shall comply with the requirement of 5.5.2.

6.6.3 Restart

The reboot time after 48 h outage shall comply with the requirement of 5.5.3.

7 Inspection rules

7.1 Inspection classification

Inspection is divided into the type inspection and delivery inspection.

7.2 Inspection items

Inspection items are shown in Table 7.

Table 7 – Inspection items of the accelerator

No.	Item	Type inspection	Delivery inspection	Technical requirements	Inspection method
1	Appearance	▲	▲	5.1	6.2
2	Control system	▲	▲	5.2	6.3
3	X-ray beam energy	▲	▲	5.3.1	6.4.1
4	X-ray homogeneity	▲	▲	5.3.2	6.4.2
5	X-ray beam air kerma rate	▲	▲	5.3.3	6.4.3
6	X-ray focal spot	▲	▲	5.3.4	6.4.4
7	X-ray beam asymmetry	▲	▲	5.3.5	6.4.5
8	X-ray sensitivity	▲	▲	5.3.6	6.4.6
9	Leakage dose rate	▲	▲	5.3.7	6.4.7
10	Protective grounding	▲	▲	5.4.1	6.5.1
11	Insulation resistance	▲	▲	5.4.2	6.5.2
12	Dielectric strength	▲	▲	5.4.3	6.5.3
13	Protection against electric shock	▲	▲	5.4.4	6.5.4
14	Continuous operation	▲	△	5.5.1	6.6.1
15	Recovery	▲	▲	5.5.2	6.6.2
16	Restart	▲	▲	5.5.3	6.6.3
NOTE ▲ required items △ optional items.					

7.3 Criterion rule

7.3.1 If defective items were found during the type inspection, it is allowed to adjust or replace related components or subsystems, and carry out a new inspection.

7.3.2 The products passing the inspection items in Table 7 during delivery inspection shall be the qualified products.

8 Marking, Signage, packaging, transportation, storage and accompanying documents

8.1 Marking Signage

8.1.1 Accelerator signs

The accelerator shall be marked with legible permanent sign or signs in a suitable position. The sign shall include:

a) Manufacturer's name.

- b) Device name.
- c) Device type.
- d) Serial number and date of manufacture.
- e) Product standard No.

8.1.2 Component nameplates

Nameplates of main components should be fixed in a suitable place. Content of the nameplate shall at least contain the following items:

- a) Component name.
- b) Manufacturer's name.
- c) Serial number and date of manufacture.

8.1.3 Labels

All measuring meters, operating switches, buttons, indicator lights in the accelerator system shall be labelled.

8.1.4 Warning signs

Warning signs and warning instructions shall comply with the radioactive symbols and signs specified in ISO 780:2015.

8.2 Packaging

8.2.1 The accelerator should be dispensed in crates, and the box should contain the detailed packing list. Crates should provide measures against rain, moisture, and shock. Components are fixed in the box and soft plastic is used to avoid loose and rubbing.

8.2.2 Thyristors and other fragile parts should be in separate boxes specially designed to ensure that they will not be damaged during transport.

8.2.3 Packaging mark should comply with the relevant requirements in ISO 780:2015.

8.3 Transportation

8.3.1 Packaged equipment or components shall allow their transportation by automobiles, trains and ships.

8.3.2 Shipment should be carried out strictly in accordance with the conditions indicated on the package. Shipment should be gentle, not upside down, and collisions should be avoided.

8.4 Storage

8.4.1 Storehouse for storage should provide ambient temperature 0 °C to 40 °C, relative humidity less than 90 %, and good ventilation. The storehouse should not contain corrosive gas, strong vibrations, shocks and strong magnetic fields.

8.4.2 The parts which need to be kept in vacuum for a long time, such as accelerating tubes, klystrons, should be vacuumized regularly in accordance with the requirements of specification.

8.5 Accompanying documents

8.5.1 Instructions

Instructions shall comply with the specification of ISO/IEC Guide 37:2012, and include the following items:

- a) Technical specification: characteristics, the main purpose and scope of application, brief structure and working principle, and the main performance parameters, radiation safety and security measures, the product working conditions, the environment and installation requirements.
- b) Operation manual: operation safety, instructions and precautions of radiation safety, operating procedures, methods, and preventive measures against misuse, and other requirements for operation.
- c) Maintenance manual: symptoms, causes and remedy, routine operation and maintenance procedures, periodic maintenance procedures and methods while maintaining long-term storage.

8.5.2 ~~Product certification~~ Supplier's declaration of conformity

~~Product certification~~ Supplier's declaration of conformity shall include the implementation of product standards, inspection results and conclusions, product number, production date and ~~inspector signature~~ of inspection department ~~inspector signature~~, etc.

8.5.3 Other documents

Accompanying documents should contain a list of spare parts, packing list and packing catalog.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	27
1 Domaine d'application.....	29
2 Références normatives	29
3 Termes et définitions	29
4 Composition de l'équipement, noms et conditions de fonctionnement.....	31
4.1 Composition de l'équipement.....	31
4.2 Convention de nommage.....	31
4.3 Conditions de fonctionnement.....	32
4.3.1 Exigences environnementales	32
4.3.2 Alimentation.....	32
5 Exigences techniques	32
5.1 Aspect	32
5.2 Système de commande	32
5.2.1 Principe de conception.....	32
5.2.2 Démarrage et arrêt.....	32
5.2.3 Fonctions du système de commande	32
5.3 Performances.....	33
5.3.1 Energie du faisceau de rayonnement X.....	33
5.3.2 Homogénéité du faisceau de rayonnement X	33
5.3.3 Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X	33
5.3.4 Foyer optique du faisceau de rayonnement X	34
5.3.5 Asymétrie du faisceau de rayonnement X	34
5.3.6 Sensibilité du rayonnement X	34
5.3.7 Fuite de dose.....	35
5.4 Sécurité électrique	35
5.4.1 Mise à la terre pour des raisons de protection.....	35
5.4.2 Résistance d'isolement	35
5.4.3 Rigidité diélectrique	35
5.4.4 Protection contre les chocs électriques.....	35
5.5 Fiabilité.....	35
5.5.1 Fonctionnement continu	35
5.5.2 Récupération	35
5.5.3 Redémarrage.....	35
6 Méthodes d'essai.....	36
6.1 Exigences générales	36
6.1.1 Conditions d'essai.....	36
6.1.2 Instruments et appareils.....	36
6.2 Inspection visuelle.....	37
6.3 Essai du système de commande.....	38
6.4 Essai des performances	38
6.4.1 Energie du faisceau de rayonnement X.....	38
6.4.2 Homogénéité du faisceau de rayonnement X	38
6.4.3 Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X	39
6.4.4 Foyer optique du faisceau de rayonnement X	39
6.4.5 Asymétrie du faisceau de rayonnement X	41
6.4.6 Sensibilité du rayonnement X	41

6.4.7	Débit de dose de fuite	42
6.5	Essais de sécurité électrique	42
6.5.1	Mise à la terre pour des raisons de protection	42
6.5.2	Résistance d'isolement	42
6.5.3	Rigidité diélectrique	42
6.5.4	Protection contre les chocs électriques	43
6.6	Essai de fiabilité	43
6.6.1	Fonctionnement continu	43
6.6.2	Récupération	43
6.6.3	Redémarrage	43
7	Règles d'inspection	43
7.1	Classification des types d'inspection	43
7.2	Eléments à inspecter	43
7.3	Règles et critères	44
8	Marquage Signalétique, emballage, transport, stockage et documents d'accompagnement	44
8.1	Marquage Signalétique	44
8.1.1	Marquage de l'accélérateur	44
8.1.2	Plaques signalétiques des composants	45
8.1.3	Etiquettes	45
8.1.4	Symboles d'avertissement	45
8.2	Emballage	45
8.3	Transport	45
8.4	Stockage	45
8.5	Documents d'accompagnement	45
8.5.1	Instructions	45
8.5.2	Certification du produit Déclaration de conformité du fournisseur	46
8.5.3	Autres documents	46
	Figure 1 – Convention de nommage	31
	Figure 2 – Schéma sommaire du module d'essai	37
	Figure 3 – Schéma sommaire du bloc de cuivre à angle orientable	37
	Figure 4 – Schéma de mesure de l'uniformité radiale du faisceau de rayonnement X	39
	Figure 5 – Schéma du module d'essai en face du détecteur	40
	Figure 6 – Schéma du placement du module d'essai "sandwich"	40
	Figure 7 – Schéma du placement du module d'essai "bloc de cuivre"	41
	Figure 8 – Diagramme des points de mesure de dose de fuite	42
	Tableau 1 – Spécifications relatives aux différents modèles d'accélérateurs communément utilisés	32
	Tableau 2 – Couches de demi-transmission du matériau correspondant aux énergies de faisceaux de rayonnement X communément utilisées	33
	Tableau 3 – Homogénéité du faisceau de rayonnement X pour les énergies de faisceau de rayonnement X communément utilisées	33
	Tableau 4 – Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X de différents modèles	34
	Tableau 5 – Plages de détection d'épaisseurs d'acier équivalentes correspondant aux énergies de faisceaux de rayonnement X communément utilisées	34
	Tableau 6 – Conditions d'essai	36

Tableau 7 – Éléments de l'accélérateur à inspecter	44
--	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILS DESTINÉS AUX ESSAIS NON DESTRUCTIFS POUR LE SECTEUR INDUSTRIEL – ACCÉLÉRATEUR ÉLECTRONIQUE LINÉAIRE

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62976 édition 1.1 contient la première édition (2017-05) [documents 45/821/FDIS et 45/824/RVD] et son amendement 1 (2021-10) [documents 45/920/CDV and 45/929/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62976 a été établie par le comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

APPAREILS DESTINÉS AUX ESSAIS NON DESTRUCTIFS POUR LE SECTEUR INDUSTRIEL – ACCÉLÉRATEUR ÉLECTRONIQUE LINÉAIRE

1 Domaine d'application

Le présent document donne les règles qui s'appliquent au nommage, aux exigences techniques, aux méthodes d'essais, à l'inspection, ~~au marquage~~ à la signalétique, à l'emballage, au transport, au stockage et aux documents d'accompagnement des accélérateurs électroniques linéaires destinés aux essais non destructifs (END).

Le présent document s'applique aux accélérateurs électroniques linéaires destinés aux essais non destructifs dont le rayonnement X est compris dans la plage d'énergie allant de 1 MeV à 15 MeV, notamment aux accélérateurs utilisés pour les films radiographiques, la radiographie informatisée à plaque d'imagerie, l'imagerie en temps réel, les barrettes de détecteurs numériques et la tomographie informatisée à usage industriel.

2 Références normatives

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

ISO/IEC Guide 37:2012, *Instructions d'emploi des produits par les consommateurs*

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

ISO 19232-1:2013, *Essais non destructifs – Qualité d'image des radiogrammes – Partie 1: Détermination de l'indice de qualité d'image à l'aide d'indicateurs à fils*

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

cible

partie de la surface de la sortie d'un tube d'accélération frappée par le faisceau d'électrons et qui émet le faisceau primaire de rayons X

3.2

accélérateur électronique linéaire

LINAC

générateur d'électrons à haute énergie qui accélère ceux-ci le long d'un guide d'ondes. Les électrons viennent frapper une cible qui produit des rayons X

Note 1 à l'article: L'accélérateur électronique linéaire destiné aux essais non destructifs est appelé ci-après "accélérateur".

[SOURCE: ISO 5576:1997, 2.84]

3.3

rayonnement X

rayons X

rayonnement électromagnétique pénétrant, dont la longueur d'onde est comprise approximativement entre 1 nm et 0,0001 nm, produit par l'impact d'électrons à haute vitesse sur une cible métallique

[SOURCE: ISO 5576:1997, 2.129]

3.4

énergie du faisceau de rayonnement X

E

énergie maximale du rayonnement X dans le spectre d'émission continu, correspondant au produit de la charge de l'électron par la tension d'accélération

Note 1 à l'article: *E* est exprimé en Megaelectronvolts (MeV).

3.5

champ de rayonnement X avec coin

champ de rayonnement X avec une distribution de dose qui varie approximativement linéairement en fonction de la distance au bord du faisceau le long d'une ligne perpendiculaire à l'axe du faisceau de rayonnement et le traversant

[SOURCE: IEC 60976, 2007, 3.32]

3.6

couche de demi-transmission

épaisseur d'un matériau spécifié, qui transmet dans les conditions du faisceau étroit un rayonnement X avec un spectre particulier en réduisant le débit de kerma dans l'air, le débit d'exposition ou le débit de dose absorbée à la moitié de la valeur que l'on mesurerait en l'absence du matériau considéré. La couche de demi-transmission (CDT) est exprimée en sous-multiples appropriés du mètre suivis de l'indication du matériau

[SOURCE: IEC 60601-1-3, 2008, 3.27]

3.7

foyer optique du faisceau de rayonnement X

d

diamètre du foyer optique d'un tube d'accélération, mesuré perpendiculairement à l'axe central du faisceau

Note 1 à l'article: *d* est exprimé en millimètres (mm).

3.8

homogénéité du faisceau de rayonnement X

quotient, exprimé en pourcentage, du débit de dose à 1 m à partir de la cible et dans un plan normal par rapport à l'axe central du faisceau, acquis à un angle donné de l'axe central, sur le débit de dose dans le plan et sur l'axe du faisceau

3.9

débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X

K

volume d'ionisation provoquée par le faisceau de rayonnement X dans l'air par unité de temps à 1 m de la cible

Note 1 à l'article: K est exprimé en centigrays par minute (cGy/min).

3.10

asymétrie du faisceau de rayonnement X

quotient des différences par rapport aux valeurs moyennes des débits de dose mesurés à égales distances de l'axe central du faisceau, dans un plan vertical normal par rapport au faisceau de rayonnement X

Note 1 à l'article: Ce quotient est exprimé en pourcentage.

3.11

sensibilité du rayonnement X

quotient de la dimension minimale des défauts pouvant être observés par le détecteur sur l'épaisseur du matériau

Note 1 à l'article: Ce quotient est exprimé en pourcentage.

3.12

tête à rayonnement X

partie d'une installation à rayonnement X qui contient le tube d'accélération et sa gaine

4 Composition de l'équipement, noms et conditions de fonctionnement

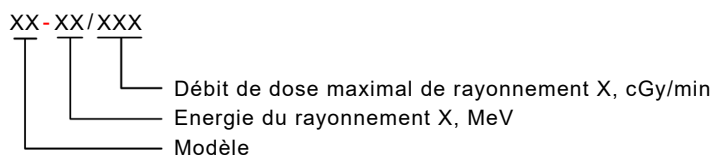
4.1 Composition de l'équipement

Généralement, l'équipement se compose des appareils suivants:

- une tête à rayonnement X;
- un modulateur;
- un module de régulation de la température;
- un système de commande;
- une armoire d'alimentation électrique;
- un système de verrouillage de sécurité;
- des câbles d'interconnexion (entre la tête à rayonnement X et le modulateur, entre le modulateur et le tableau de commande) et des conduits flexibles (entre le module de régulation de la température et la tête à rayonnement X).

4.2 Convention de nommage

Les règles de nommage des appareils sont indiquées à la Figure 1.



IEC

Figure 1 – Convention de nommage

Les spécifications relatives aux différents modèles d'accélérateurs communément utilisés sont indiquées au Tableau 1.

Tableau 1 – Spécifications relatives aux différents modèles d'accélérateurs communément utilisés

N° de modèle	Spécification	
	Energie du faisceau de rayonnement X MeV	Débit de dose maximal de rayonnement X cGy/min
XX-2/200	2	200
XX-4/500	4	500
XX-6/1000	6	1 000
XX-9/3000	9	3 000
XX-12/5000	12	5 000
XX-15/12000	15	12 000

4.3 Conditions de fonctionnement

4.3.1 Exigences environnementales

- Température de l'environnement: (5 à 40) °C
- Humidité relative: ≤ 90 %

4.3.2 Alimentation

- tension: système AC triphasé 4 fils à 380 V ± 10 %;
- fréquence: 50 Hz ± 2 % / 60 Hz ± 2 %;
- alimentation: indiquée dans le manuel du produit, en fonction du modèle d'accélérateur;
- résistance de mise à la terre: la résistance de mise à la terre spécifique du modulateur est inférieure à 4 Ω.

5 Exigences techniques

5.1 Aspect

La surface doit être lisse, de couleur uniforme, et ne doit présenter aucune rayure, aucune bosse et aucun trou.

5.2 Système de commande

5.2.1 Principe de conception

La conception du système de commande doit assurer la sécurité de l'opérateur, de l'appareil et de la dose fournie.

5.2.2 Démarrage et arrêt

Le démarrage et l'arrêt de la source de rayonnement X doivent être réalisés sur le tableau de commande.

5.2.3 Fonctions du système de commande

Les fonctions de base du système de commande doivent inclure:

- le démarrage et l'arrêt normaux;
- l'affichage de l'état "normal", "défaut", "alarme" ou "arrêt automatique";
- l'affichage des principaux paramètres de fonctionnement;

- le verrouillage de sécurité;
- l'arrêt d'urgence.

5.3 Performances

5.3.1 Energie du faisceau de rayonnement X

Les énergies de faisceau de rayonnement X communément utilisées pour les accélérateurs sont indiquées au Tableau 2. Il convient que les valeurs de couche de demi-transmission correspondantes ne soient pas inférieures aux valeurs du même Tableau 2.

Tableau 2 – Couches de demi-transmission du matériau correspondant aux énergies de faisceaux de rayonnement X communément utilisées

Energie du faisceau de rayonnement X MeV	Acier (Densité du matériau: $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)	Plexiglas (Densité du matériau: $1,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
	mm	mm
1	$16 \pm 0,5$	61 ± 2
2	$20 \pm 0,5$	84 ± 2
4	$25 \pm 0,5$	116 ± 2
6	$28 \pm 0,5$	138 ± 2
9	$30 \pm 0,5$	149 ± 2
12	$32 \pm 0,5$	178 ± 2
15	$33 \pm 0,5$	204 ± 2

5.3.2 Homogénéité du faisceau de rayonnement X

L'homogénéité du faisceau de rayonnement X ne doit pas être inférieure à la valeur donnée au Tableau 3 et obtenue en utilisant un filtre d'aplatissement du faisceau.

Tableau 3 – Homogénéité du faisceau de rayonnement X pour les énergies de faisceau de rayonnement X communément utilisées

Energie du faisceau de rayonnement X MeV	Angle sous-tendu A entre l'axe central du faisceau et l'axe reliant le centre du foyer optique au point de mesure situé sur la circonférence	Homogénéité du faisceau de rayonnement X
	(°)	%
1	7,5	80
2	7,5	78
4	7,5	75
6	7,5	62
9	7,5	55
12	6,0	50
15	6,0	45

5.3.3 Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X

Le débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X doit atteindre les valeurs indiquées dans le Tableau 4 (et peut être réduit en fonction de l'objectif).

Tableau 4 – Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X de différents modèles

Energie du faisceau de rayonnement X MeV	Débit de dose du faisceau de rayonnement X cGy/min
1	20
2	200
4	500
6	1 000
9	3 000
12	5 000
15	12 000

5.3.4 Foyer optique du faisceau de rayonnement X

Le diamètre du foyer du rayonnement X doit être inférieur ou égal à 2,0 mm lorsque l'énergie du faisceau est inférieure à 9 MeV. Le diamètre du foyer du rayonnement X doit être inférieur ou égal à 3,5 mm lorsque l'énergie du faisceau est supérieure ou égale à 9 MeV.

5.3.5 Asymétrie du faisceau de rayonnement X

L'asymétrie du faisceau de rayonnement X doit être inférieure à 3 % à 7,5° de l'axe central du faisceau lorsque l'énergie du faisceau est inférieure ou égale à 9 MeV. L'asymétrie du faisceau de rayonnement X doit être inférieure à 5 % à 6° de l'axe central du faisceau lorsque l'énergie du faisceau est supérieure à 9 MeV.

5.3.6 Sensibilité du rayonnement X

Pour les énergies du faisceau de rayonnement X et les plages d'épaisseurs d'acier équivalentes correspondantes indiquées au Tableau 5, la sensibilité du rayonnement X doit être inférieure à 1 %, comme le détermine le densitomètre linéaire de détection par imagerie.

Tableau 5 – Plages de détection d'épaisseurs d'acier équivalentes correspondant aux énergies de faisceaux de rayonnement X communément utilisées

Energie du faisceau de rayonnement X MeV	Plage d'épaisseur d'acier équivalente mm
1	36 à 150
2	40 à 200
4	50 à 250
6	50 à 280
9	76 à 380
12	100 à 420
15	100 à 460

NOTE L'épaisseur d'acier équivalente correspond à la conversion de différentes épaisseurs de plaques en fonction de la densité de l'acier ($7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$).

5.3.7 Fuite de dose

a) Fuite de dose de rayonnement X

Le rapport entre le débit de dose de rayonnement X à 1 m de la cible dans plusieurs directions et le débit de dose de rayonnement X sur l'axe central du faisceau donne une mesure de la fuite. Cette mesure doit être exprimée sous la forme d'un pourcentage et doit être inférieure à 0,1 %.

b) Fuite de dose neutrons (si l'énergie de l'accélérateur est supérieure ou égale à 10 MeV)

Le débit de dose neutrons ne doit pas être supérieur à 0,01 mSv/h à 1 m de la cible au-delà du champ du rayonnement X formé par le collimateur situé à l'avant, et ne doit pas être supérieur à 0,001 mSv/h à toute autre position.

5.4 Sécurité électrique

5.4.1 Mise à la terre pour des raisons de protection

Il est essentiel de mettre en place une protection distincte contre les chocs électriques. La résistance entre la surface métallique et la borne de mise à la terre ne doit pas être supérieure à 0,1 Ω .

5.4.2 Résistance d'isolement

Il convient que la résistance d'isolement entre les fils (ligne à phase et ligne nulle comprises) et la terre de chaque pièce électrique indépendante de l'appareil soit supérieure ou égale à 1 M Ω lorsque la tension d'essai (valeur efficace en courant alternatif ou valeur moyenne en courant continu) atteint 1 000 V.

5.4.3 Rigidité diélectrique

Il convient que les appareils électriques disposant d'une mise à la terre tolèrent des essais de rigidité diélectrique de 2 000 V (valeur efficace en courant alternatif ou valeur moyenne en courant continu) sans claquage et sans formation répétée d'arcs au cours de l'essai.

5.4.4 Protection contre les chocs électriques

Il convient que les appareils électriques de l'accélérateur disposent d'une fonctionnalité anti chocs en conditions d'utilisation normale. Il convient également que les pièces accessibles ne soient pas dangereuses ou actives. Il convient que la tension entre les composants accessibles et la borne de mise à la terre soit inférieure à 30 V en courant alternatif ou à 60 V en courant continu. Les symboles d'avertissement pour la "haute tension" doivent être placés à proximité de l'appareil à haute tension.

5.5 Fiabilité

5.5.1 Fonctionnement continu

L'appareil doit être capable de fonctionner pendant 8 h avec moins de 4 interruptions d'une durée inférieure ou égale à 30 min chacune.

5.5.2 Récupération

Le temps nécessaire pour atteindre l'état de fonctionnement normal doit être inférieur à 15 min lorsque l'interruption sans défaut dure plus de 1 h à compter de l'arrêt.

5.5.3 Redémarrage

Le temps nécessaire pour atteindre l'état de fonctionnement normal doit être inférieur à 150 min lorsque l'interruption sans défaut dure plus de 48 h à compter de l'arrêt.

6 Méthodes d'essai

6.1 Exigences générales

6.1.1 Conditions d'essai

L'essai doit être réalisé dans les conditions indiquées dans le Tableau 6.

Tableau 6 – Conditions d'essai

Paramètres environnementaux	Valeur de référence	Plage
Température	25 °C	5 °C à 40 °C
Humidité relative	65 %	≤ 90 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86 kPa à 106 kPa
Tension (courant alternatif)	380 V	380 V ± 10 %
Fréquence (courant alternatif)	50 Hz/60 Hz	50 Hz ± 2 %/60 Hz ± 2 %

6.1.2 Instruments et appareils

6.1.2.1 Généralités

Dans le cadre de la vérification de la validité, il convient que l'appareil et les instruments d'essai satisfassent aux exigences d'essai.

6.1.2.2 Dosimètre pour rayons X

Un dosimètre pour rayons X est utilisé pour mesurer le débit de kerma dans l'air à l'intérieur du faisceau.

6.1.2.3 Indicateurs de qualité d'image à fils

Des indicateurs de qualité d'image à fils conformes à l'ISO 19232-1:2013 doivent être utilisés pour mesurer la sensibilité au rayonnement X.

6.1.2.4 Module d'essai "sandwich"

Le module d'essai "sandwich" est utilisé pour mesurer la dimension du foyer optique du faisceau de rayonnement X. Il est étroitement recouvert par une feuille de cuivre ou de plomb rectangulaire (250 mm x 60 mm) (en blanc) et des pièces de plastique (en noir), alternativement, comme indiqué à la Figure 2, l'épaisseur h_1 de la feuille étant inférieure ou égale à 0,1 mm, l'épaisseur h_2 du film plastique étant inférieure ou égale à 0,3 mm, et l'épaisseur supplémentaire étant supérieure ou égale à 60 mm.

Dimensions en millimètres

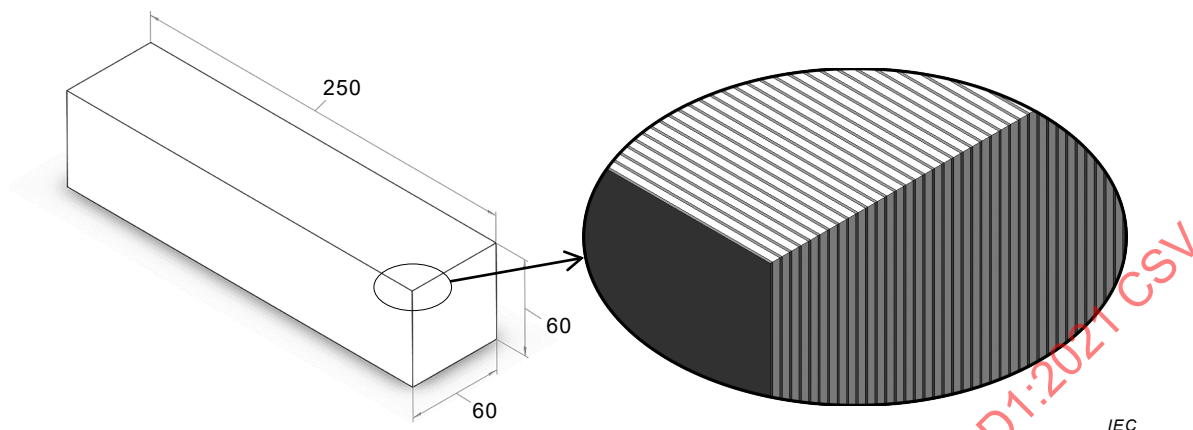


Figure 2 – Schéma sommaire du module d'essai

6.1.2.5 Bloc de cuivre à angle orientable

Le bloc de cuivre (60 mm x 60 mm x 16 mm) à angle orientable de $\pm 15^\circ$ est un bloc d'essai utilisé comme autre méthode de mesure du foyer optique, voir Figure 3.

Dimensions en millimètres

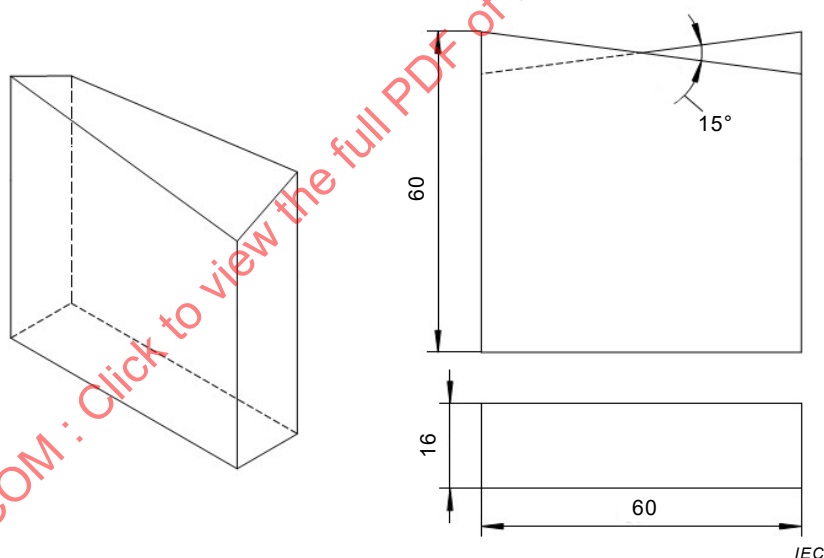


Figure 3 – Schéma sommaire du bloc de cuivre à angle orientable

6.1.2.6 Echantillons de plaque

Les échantillons de plaques présentent une épaisseur de 36 mm à 460 mm, en acier ou en propergol solide, pour aider à mesurer l'énergie du faisceau de rayonnement X ou la sensibilité du rayonnement X. Choisir la plage d'épaisseur appropriée spécifiée au Tableau 5 en fonction de l'énergie de l'accélérateur.

6.2 Inspection visuelle

Réaliser une inspection visuelle de l'aspect de l'installation avec un éclairage normal afin de garantir que les exigences du 5.1 sont respectées.

6.3 Essai du système de commande

Garantir, par inspection visuelle ou démonstration, que le système de commande satisfait aux exigences du 5.2.

6.4 Essai des performances

6.4.1 Energie du faisceau de rayonnement X

Mesurer la couche de demi-transmission du faisceau de rayonnement X produite par l'accélérateur à travers l'acier ou le propergol solide afin d'estimer l'énergie du rayonnement X de l'accélérateur.

Lors de la mesure, la sonde du dosimètre est placée à 1 m de la cible dans l'axe central du faisceau de rayonnement X (à 0°), et des plaques d'acier d'épaisseurs différentes sont placées entre la sonde et la cible. Mesurer l'atténuation du rayonnement X à travers des plaques d'acier d'épaisseurs d différentes pour le même débit de dose $\dot{D}$, mesuré par un dosimètre. En général, pour éviter les erreurs provoquées par un rayonnement X de faible énergie, il convient que l'épaisseur initiale d de la plaque soit supérieure à deux fois la couche de demi-transmission correspondant au profil d'énergie mesuré.

Réaliser une représentation graphique des débits de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X obtenus pour des plaques d'acier ou de propergol solide d'épaisseurs différentes. Utiliser la méthode des moindres carrés pour calculer les valeurs μ conformément à la formule (1), puis calculer la valeur de la couche de demi-transmission $d_{1/2}$ à l'aide de la formule $d_{1/2} = \ln 2 / \mu$ et utiliser le Tableau 2 pour estimer l'énergie du faisceau de rayonnement X.

$$\dot{D} = \dot{D}_0 e^{-\mu d} \quad (1)$$

où:

d est l'épaisseur des plaques, en mm;

$\dot{D}_0$ est le débit de dose lorsque $d = 0$, en cGy/min;

$\dot{D}$ est le débit de dose, en cGy/min;

μ est le coefficient d'atténuation linéaire, en mm⁻¹.

Les résultats d'essai doivent satisfaire aux exigences du 5.3.1.

6.4.2 Homogénéité du faisceau de rayonnement X

Mesurer le débit de kerma dans l'air du rayonnement X à 1 m de la cible sur l'axe central du faisceau, $\dot{K}_0$. Mesurer les débits de kerma dans l'air du rayonnement X, $\dot{K}_i$, sur un plan normal par rapport à l'axe du faisceau et à des distances égales dans des directions symétriquement opposées, comme représenté à la Figure 4. Mesurer au moins quatre valeurs de débit aux points transversaux horizontaux et verticaux formant un angle A avec l'axe central du faisceau (les valeurs de A étant données au Tableau 3). Toutes les mesures doivent être réalisées dans les mêmes conditions. Utiliser la valeur minimale de $\dot{K}_i$ obtenue pour calculer l'homogénéité η_h conformément à la formule (2).

$$\eta_h = \frac{\dot{K}_{\min}}{\dot{K}_0} \times 100 \% \quad (2)$$

où:

η_h est l'homogénéité du faisceau de rayonnement X;

$\dot{K}_{\min}$ est le débit de kerma dans l'air minimal du faisceau de rayonnement X mesuré aux différents points de degré A à partir de l'axe du faisceau, à 1 m de la cible, en cGy/min;

$\dot{K}_0$ est la valeur du débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X sur l'axe central à 1 m de la cible, en cGy/min.

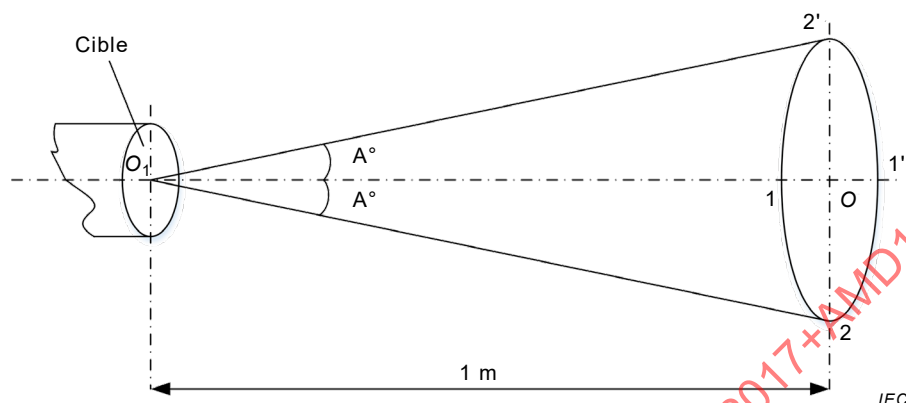


Figure 4 – Schéma de mesure de l'uniformité radiale du faisceau de rayonnement X

L'homogénéité calculée doit satisfaire aux exigences du 5.3.2.

6.4.3 Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X

Placer les sondes de dosimètres devant la cible et à une distance de 1 m dans l'axe central du faisceau de rayonnement X; définir le mode du dosimètre normalisé sur "dose"; et mesurer 3 fois, conjointement, le temps et la dose au cours de l'essai; calculer la valeur moyenne du débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X, puis multiplier le facteur d'étalonnage du certificat de la sonde de dosimètre et le facteur de correction de densité de l'air. Le résultat est le débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X de l'accélérateur.

Le résultat de l'essai doit satisfaire aux exigences du 5.3.3.

6.4.4 Foyer optique du faisceau de rayonnement X

6.4.4.1 Méthode d'essai "sandwich"

Le foyer optique du faisceau de rayonnement X est mesuré à l'aide d'un module d'essai réalisé conformément au 6.1.2.4, comme représenté à la Figure 5. Placer le module d'essai à 300 mm, 500 mm et 800 mm de la cible dans l'axe central du faisceau de rayonnement X, comme représenté à la Figure 6. Le faisceau de rayonnement X traverse la feuille de plastique correspondant et assure l'exposition du film placé de l'autre côté du module d'essai. Après le traitement du film, plusieurs lignes noires apparaissent, dont l'intensité est plus importante au centre que sur les côtés.

A l'aide du nombre de lignes noires dont l'intensité est supérieure ou égale à 50 % par rapport à la ligne centrale, calculer le foyer optique du faisceau de rayonnement X conformément à la formule (3).

$$d_i = (h_1 + h_2) \times n_i \quad (3)$$

où:

d_i est le foyer optique du faisceau de rayonnement X, en mm;

h_1 est l'épaisseur de la feuille de cuivre ou de plomb, en mm;

h_2 est l'épaisseur de la pièce en plastique, en mm;

n_i est le nombre de lignes noires dont l'intensité est supérieure ou égale à 50 % de l'intensité de la ligne centrale.

Pour chacune des 3 distances, utiliser la méthode des moindres carrés pour l'ajustement linéaire ($d_i = (\alpha l + d_c)$ α étant le facteur linéaire, l étant la distance entre le module d'essai et la cible) et d_c étant la valeur du foyer optique du faisceau de rayonnement X lorsque l est égal à 0.

Les résultats doivent satisfaire aux exigences du 5.3.4.

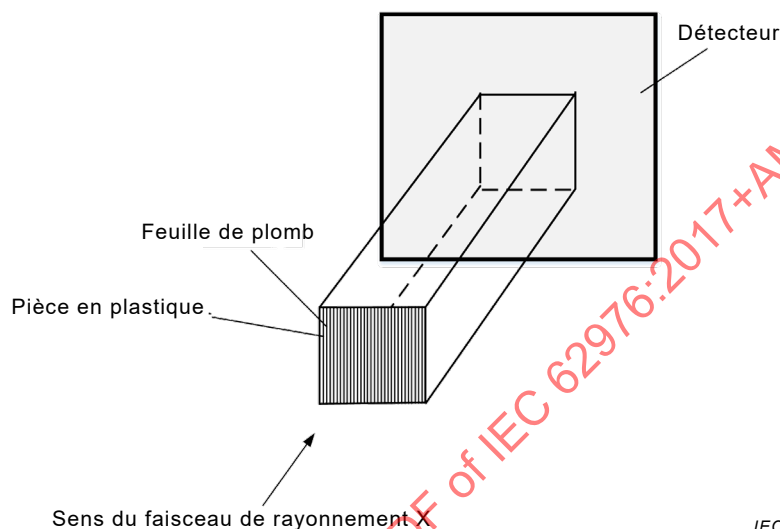


Figure 5 – Schéma du module d'essai en face du détecteur

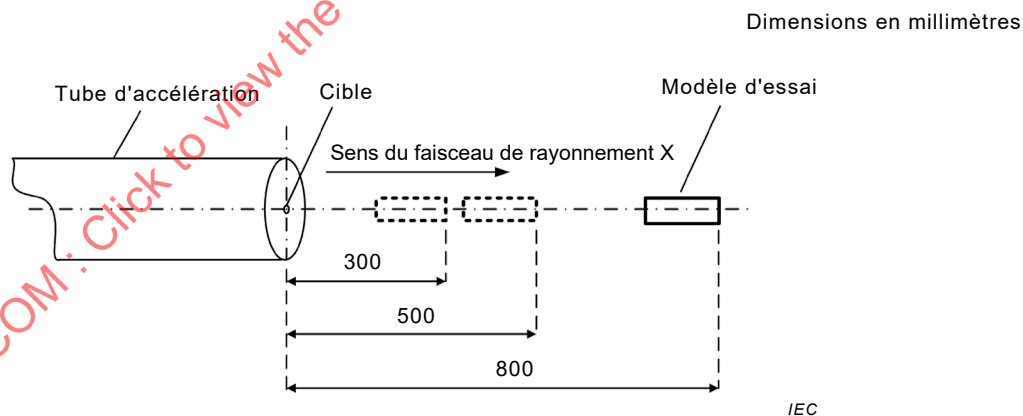


Figure 6 – Schéma du placement du module d'essai "sandwich"

6.4.4.2 Méthode "bloc de cuivre"

Une autre méthode de mesure du foyer optique consiste à utiliser un bloc de cuivre réalisé conformément à 6.1.2.5. Lorsque le bloc de cuivre est situé à égale distance entre la cible et le détecteur d'image, comme représenté à la Figure 7, le détecteur d'image affiche directement la dimension du foyer optique mesurée. Lorsque ce n'est pas le cas, un facteur de grossissement doit être pris en compte. La distance type entre le foyer optique et le détecteur est de 4 m. La dimension du foyer optique est mesurée comme flou d'angle conformément à la méthode de Klasens (le flou est la distance de 16 % et de 84 % des points d'un profil sur la réponse d'angle la plus précise dans l'image multipliée par 1,47).

Une position d'angle horizontale mesure la dimension verticale du foyer optique et une position d'angle verticale mesure la dimension horizontale du foyer optique.

Le résultat doit satisfaire aux exigences du 5.3.4.

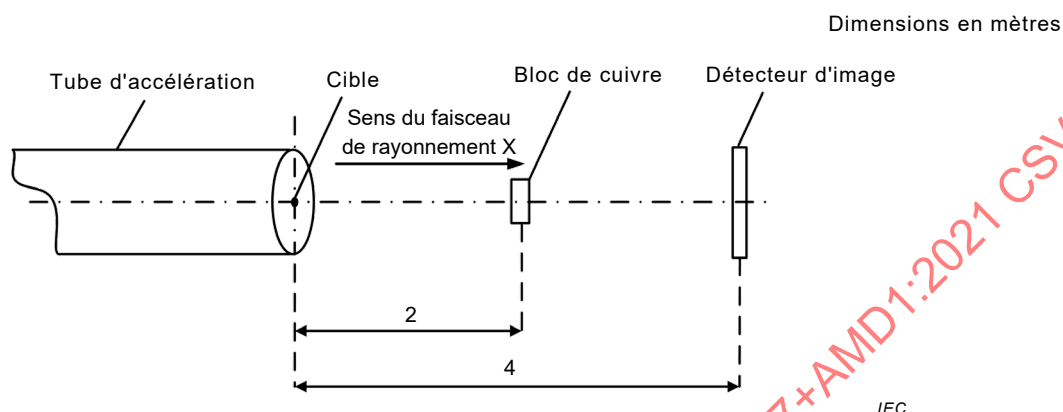


Figure 7 – Schéma du placement du module d'essai "bloc de cuivre"

6.4.5 Asymétrie du faisceau de rayonnement X

Déterminer la différence et la moyenne des quatre mesures de 6.4.2 représentées à la Figure 4 comme 1, 1', 2 et 2'. Calculer l'asymétrie du faisceau de rayonnement X η conformément à la formule (4).

$$\eta = \frac{\Delta \dot{D}}{\bar{\dot{D}}} = \left| \frac{\dot{D}_i - \dot{D}_i'}{(\dot{D}_i + \dot{D}_i')/2} \right|_{\max} \times 100 \% \quad (4)$$

où:

$\Delta \dot{D}$ est la différence entre $\dot{D}_i$ et $\dot{D}_i'$;

$\bar{\dot{D}}$ est la moyenne entre $\dot{D}_i$ et $\dot{D}_i'$.

$\dot{D}_i$ et $\dot{D}_i'$ sont les débits de doses des deux points de symétrie.

Les résultats doivent satisfaire aux exigences du 5.3.5.

6.4.6 Sensibilité du rayonnement X

Placer l'échantillon de plaque en acier de l'épaisseur indiquée au Tableau 5 verticalement à 1 m de la cible dans l'axe central du faisceau de rayonnement X. Fixer des indicateurs de qualité d'image à fils sur le côté de la plaque le plus proche du faisceau de rayonnement X. Fixer le film sur l'autre côté de la plaque. Traiter le film après exposition, observer le diamètre minimal en ligne des indicateurs de qualité d'image dans le film et calculer la sensibilité du rayonnement X conformément à la formule (5).

$$C = \frac{d_{\min}}{T} \times 100 \% \quad (5)$$

où:

C est la sensibilité aux rayons X;

$d_{\min}$ est le diamètre minimal en ligne des indicateurs de qualité d'image dans le film, en mm;

T est l'épaisseur de la plaque d'acier, en mm.

Les résultats doivent satisfaire aux exigences du 5.3.6.

6.4.7 Débit de dose de fuite

Bloquer les faces avant et l'espace environnant du collimateur de l'accélérateur avec plus de 10 couches de demi-dimension de plomb ou de tungstène. Imaginer une sphère de rayon 1 m, dont le centre est la cible. Placer les sondes des dosimètres à 20 emplacements ou plus sur la sphère (voir Figure 8 pour connaître les emplacements normalisés, la cible étant en O) et mesurer les débits de dose normalisés à 1 min pour obtenir $\dot{D}_i$. Le pourcentage de débit de dose est calculé pour chaque mesure à l'aide de la formule (6) relative au débit de dose $\dot{D}_0$ à une distance de 1 m de la cible sur l'axe central du faisceau de rayonnement X, sans obstacle.

$$\eta_{LDR} = \frac{\dot{D}_i}{\dot{D}_0} \times 100 \% \quad (6)$$

Les résultats d'essai de chaque point doivent satisfaire aux exigences du 5.3.7.

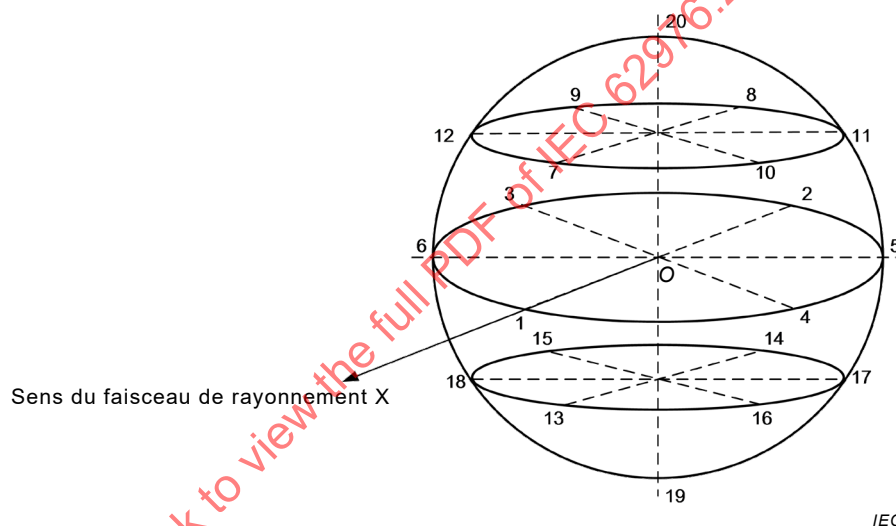


Figure 8 – Diagramme des points de mesure de dose de fuite

6.5 Essais de sécurité électrique

6.5.1 Mise à la terre pour des raisons de protection

Le dispositif d'essai de la résistance à la terre doit être utilisé pour mesurer la résistance de la borne de terre et de l'enveloppe. Le courant d'essai est de 25 A. Il convient que le résultat soit conforme aux exigences du 5.4.1.

6.5.2 Résistance d'isolement

A l'aide d'un dispositif de mesure de la résistance d'isolement de 1 000 V, soumettre à l'essai la résistance d'isolement de la ligne à phases, de la ligne nulle à la terre et de l'enveloppe en métal. Le résultat doit être conforme aux exigences du 5.4.2.

6.5.3 Rigidité diélectrique

La tension d'essai doit être augmentée progressivement jusqu'à 2 000 V en 10 s, puis maintenue pendant au moins 1 min. Les résultats d'essai doivent satisfaire aux exigences du 5.4.3.

6.5.4 Protection contre les chocs électriques

Utiliser une résistance de 2 k Ω en parallèle sur le voltmètre en courant alternatif et en courant continu pour mesurer la tension entre les composants accessibles et la mise à la terre de protection, dans des conditions de fonctionnement normales de l'accélérateur. Le résultat doit être conforme aux exigences du 5.4.4.

6.6 Essai de fiabilité

6.6.1 Fonctionnement continu

En fonctionnement continu au débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X, le résultat de l'essai doit satisfaire aux exigences du 5.5.1.

6.6.2 Récupération

Le temps de réinitialisation après une indisponibilité de 1 h doit être conforme aux exigences du 5.5.2.

6.6.3 Redémarrage

Le temps de réinitialisation après une indisponibilité de 48 h doit être conforme aux exigences du 5.5.3.

7 Règles d'inspection

7.1 Classification des types d'inspection

Il existe deux types d'inspection: l'inspection de type et l'inspection à la livraison.

7.2 Éléments à inspecter

Les éléments à inspecter sont indiqués au Tableau 7.

Tableau 7 – Eléments de l'accélérateur à inspecter

N°	Elément	Inspection de type	Inspection à la livraison	Exigences techniques	Méthode d'inspection
1	Aspect	▲	▲	5.1	6.2
2	Système de commande	▲	▲	5.2	6.3
3	Energie du faisceau de rayonnement X	▲	▲	5.3.1	6.4.1
4	Homogénéité du faisceau de rayonnement X	▲	▲	5.3.2	6.4.2
5	Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X	▲	▲	5.3.3	6.4.3
6	Foyer optique du faisceau de rayonnement X	▲	▲	5.3.4	6.4.4
7	Asymétrie du faisceau de rayonnement X	▲	▲	5.3.5	6.4.5
8	Sensibilité du rayonnement X	▲	▲	5.3.6	6.4.6
9	Débit de dose de fuite	▲	▲	5.3.7	6.4.7
10	Mise à la terre pour des raisons de protection	▲	▲	5.4.1	6.5.1
11	Résistance d'isolement	▲	▲	5.4.2	6.5.2
12	Rigidité diélectrique	▲	▲	5.4.3	6.5.3
13	Protection contre les chocs électriques	▲	▲	5.4.4	6.5.4
14	Fonctionnement continu	▲	△	5.5.1	6.6.1
15	Récupération	▲	▲	5.5.2	6.6.2
16	Redémarrage	▲	▲	5.5.3	6.6.3
NOTE ▲ inspection requise △ inspection facultative.					

7.3 Règles et critères

7.3.1 Si l'inspection de type révèle des éléments défectueux, il est permis de régler ou de remplacer les composants ou sous-systèmes associés, puis de procéder à une nouvelle inspection.

7.3.2 Les produits qui passent l'inspection à la livraison pour tous les éléments énumérés au Tableau 7 doivent être considérés comme des produits qualifiés.

8 Marquage Signalétique, emballage, transport, stockage et documents d'accompagnement

8.1 Marquage Signalétique

8.1.1 Marquage de l'accélérateur

L'accélérateur doit présenter des marquages lisibles et permanents, à un endroit adapté. Ces marquages doivent inclure:

- le nom du fabricant;
- le nom de l'appareil;
- le type d'appareil;
- le numéro de série et la date de fabrication;
- le numéro de la norme produit.

8.1.2 Plaques signalétiques des composants

Il convient que les plaques signalétiques des composants principaux soient fixées à un emplacement adéquat. Les plaques signalétiques doivent au moins contenir les éléments suivants:

- a) le nom du composant;
- b) le nom du fabricant;
- c) le numéro de série et la date de fabrication.

8.1.3 Etiquettes

Tous les appareils de mesure, interrupteurs, boutons et témoins lumineux du système d'accélérateur doivent être étiquetés.

8.1.4 Symboles d'avertissement

Les symboles d'avertissement et instructions afférentes doivent respecter les signes et symboles spécifiés dans l'ISO 780:2015.

8.2 Emballage

8.2.1 Il convient que les accélérateurs soient répartis dans des caisses, et que la boîte contienne la liste de colisage détaillée. Il convient que les caisses assurent une protection contre la pluie, l'humidité et les chocs. Les composants sont fixés à l'intérieur de la boîte, et des pièces de plastique souples sont utilisées pour éviter le jeu et les frottements.

8.2.2 Il convient que les thyristors et autres pièces fragiles soient emballés dans des boîtes distinctes, conçues pour les garantir de tout dommage pendant le transport.

8.2.3 Il convient que le marquage des emballages respecte les exigences pertinentes de l'ISO 780:2015.

8.3 Transport

8.3.1 Les appareils ou composants emballés doivent pouvoir être transportés par voie routière, ferroviaire ou maritime.

8.3.2 Il convient que les conditions d'expédition respectent strictement les indications marquées sur l'emballage. Il convient que les marchandises soient manipulées avec précautions, placées dans le bon sens, et que les chocs soient évités.

8.4 Stockage

8.4.1 Il convient que l'entrepôt de stockage présente une température ambiante entre 0 °C et 40 °C, une humidité relative inférieure à 90 % et une bonne aération. Il convient qu'il n'existe aucun risque d'exposition à des gaz corrosifs, des vibrations puissantes, des chocs et des champs magnétiques intenses dans l'entrepôt.

8.4.2 Il convient que les pièces devant être conservées sous vide pendant une longue période, par exemple les tubes d'accélération ou les klystrons, soient mises sous vide régulièrement, conformément aux exigences spécifiées.

8.5 Documents d'accompagnement

8.5.1 Instructions

Les instructions doivent être conformes aux spécifications de l'ISO/IEC Guide 37:2012. Elles contiennent les éléments suivants:

- a) spécifications techniques: caractéristiques, objectif principal et domaine d'application, présentation rapide de la structure et du principe de fonctionnement, principaux paramètres, mesures de sécurité et de radioprotection, conditions de fonctionnement du produit, exigences environnementales et d'installation;
- b) manuel d'utilisation: sécurité de fonctionnement, instructions et précautions relatives à la radioprotection, procédures d'utilisation, méthodes et mesures préventives contre le mauvais usage, autres exigences de fonctionnement;
- c) manuel de maintenance: symptômes, causes et remédiation, procédures de fonctionnement et de maintenance de routine, procédures et méthodes de maintenance périodiques lors d'un stockage à long terme.

8.5.2 Certification du produit Déclaration de conformité du fournisseur

La ~~certification~~ déclaration de conformité du ~~produit~~ fournisseur doit inclure la mise en œuvre des normes de produits, les résultats et conclusions d'inspection, le numéro de produit, la date de fabrication et la signature de la personne chargée de l'inspection, etc.

8.5.3 Autres documents

Il convient qu'une liste des pièces de rechange, une liste de colisage et un catalogue fassent partie des documents d'accompagnement.

FINAL VERSION**VERSION FINALE****Industrial non-destructive testing equipment – Electron linear accelerator****Appareils destinés aux essais non destructifs pour le secteur industriel –
Accélérateur électronique linéaire**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
4 Equipment sets, names and work conditions	9
4.1 Equipment sets	9
4.2 Name convention	9
4.3 Operating conditions	10
4.3.1 Environmental requirement.....	10
4.3.2 Power supply	10
5 Technical requirements.....	10
5.1 Appearance	10
5.2 Control system.....	10
5.2.1 Design principle	10
5.2.2 Operation of start and stop	10
5.2.3 Functions of control system.....	10
5.3 Performance	11
5.3.1 X-ray beam energy.....	11
5.3.2 X-ray homogeneity	11
5.3.3 X-ray beam air kerma rate.....	11
5.3.4 X-ray beam focal spot	12
5.3.5 X-ray beam asymmetry	12
5.3.6 X-ray sensitivity	12
5.3.7 Dose leakage.....	13
5.4 Electrical safety	13
5.4.1 Protective grounding	13
5.4.2 Insulation resistance	13
5.4.3 Dielectric strength	13
5.4.4 Protection against electric shock	13
5.5 Reliability.....	13
5.5.1 Continuous operation	13
5.5.2 Recovery	13
5.5.3 Restart	13
6 Test methods.....	13
6.1 General requirements.....	13
6.1.1 Testing conditions	13
6.1.2 Instruments and devices.....	14
6.2 Visual inspection	15
6.3 Control system test	15
6.4 Performance test.....	15
6.4.1 X-ray beam energy.....	15
6.4.2 X-ray homogeneity	16
6.4.3 X-ray beam air kerma rate.....	17
6.4.4 X-ray beam focal spot	17
6.4.5 X-ray beam asymmetry	19
6.4.6 X-ray sensitivity	19

6.4.7	Leakage dose rate	19
6.5	Electrical safety testing	20
6.5.1	Protective grounding	20
6.5.2	Insulation resistance	20
6.5.3	Dielectric strength	20
6.5.4	Protection against electric shock	20
6.6	Reliability test	20
6.6.1	Continuous operation	20
6.6.2	Recovery	20
6.6.3	Restart	20
7	Inspection rules	21
7.1	Inspection classification	21
7.2	Inspection items	21
7.3	Criterion rule	21
8	Signage, packaging, transportation, storage and accompanying documents	21
8.1	Signage	21
8.1.1	Accelerator signs	21
8.1.2	Component nameplates	22
8.1.3	Labels	22
8.1.4	Warning signs	22
8.2	Packaging	22
8.3	Transportation	22
8.4	Storage	22
8.5	Accompanying documents	23
8.5.1	Instructions	23
8.5.2	Supplier's declaration of conformity	23
8.5.3	Other documents	23
Figure 1	– Naming convention	9
Figure 2	– Sketch map of the test module	14
Figure 3	– Sketch map of the copper block with a swivelling edge	15
Figure 4	– Schematic diagram of X ray beam radial uniformity measurement	16
Figure 5	– Schematic diagram of the testing module in front of the detector	17
Figure 6	– Schematic diagram of the “Sandwich” test module placement	18
Figure 7	– Schematic diagram of the copper block test module placement	18
Figure 8	– Diagram of leakage dose measurement points	20
Table 1	– Specifications of several commonly used accelerator models	10
Table 2	– Half value layer of materials corresponding to commonly used X-ray beam energies	11
Table 3	– X-ray homogeneity of commonly used X-ray beam energies	11
Table 4	– X-ray beam air kerma rate of different models	12
Table 5	– Detection range of equivalent steel thickness corresponding to commonly used X-ray beam energies	12
Table 6	– Testing conditions	14

Table 7 – Inspection items of the accelerator.....	21
--	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL NON-DESTRUCTIVE TESTING EQUIPMENT – ELECTRON LINEAR ACCELERATOR

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 62976 edition 1.1 contains the first edition (2017-05) [documents 45/821/FDIS and 45/824/RVD] and its amendment 1 (2021-10) [documents 45/920/CDV and 45/929/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 62976 has been prepared by technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under webstore.iec.ch in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

INDUSTRIAL NON-DESTRUCTIVE TESTING EQUIPMENT – ELECTRON LINEAR ACCELERATOR

1 Scope

This document gives the rules of naming, technical requirements, test methods, inspection, signage, packaging, transportation, storage and accompanying documents for electron linear accelerator equipment for Non-Destructive Testing (NDT).

This document applies to NDT electron linear accelerator equipment in the X-ray energy range of 1 MeV to 15 MeV, including the accelerator equipment for radiographic film, computed radiography with imaging plates, real-time imaging, digital detector array and industrial computerized tomography.

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.

ISO/IEC Guide 37:2012, *Instructions for use of products by consumers*

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

ISO 19232-1:2013, *Non-destructive testing – Image quality of radiographs – Part 1: Determination of the image quality value using wire-type image quality indicators*

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 target

area on the surface of accelerating tube outlet on which the electron beam impinges and from which the primary beam of X-rays is emitted

3.2 linear electron accelerator LINAC

apparatus for producing high energy electrons by accelerating them along a waveguide. The electrons strike a target to produce X-rays

Note 1 to entry: NDT electron linear accelerator, hereinafter referred to as the accelerator.

[SOURCE: ISO 5576:1997, 2.84]

3.3

X-rays

penetrating electromagnetic radiation, within the approximate wavelength range of 1 nm to 0,0001 nm, produced when high velocity electrons impinge on a metal target

[SOURCE: ISO 5576:1997, 2.129]

3.4

X-ray beam energy

E

maximum X-ray energy in the continuous emission spectrum, equal to the product of the electron charge and the accelerating voltage

Note 1 to entry: *E* is expressed in megaelectronvolts (MeV).

3.5

wedge X-ray field

X-radiation field with a dose distribution that changes approximately linearly with distance from the beam edge along a line perpendicular to and passing through the radiation beam axis

[SOURCE: IEC 60976, 2007, 3.32]

3.6

half-value layer

thickness of a specified material, which attenuates under narrow beam conditions X- radiation with a particular spectrum to an extent such that the air kerma rate, exposure rate or absorbed dose rate is reduced to one half of the value that is measured without the material. The half-value layer (HVL) is expressed in suitable submultiples of the metre together with the material

[SOURCE: IEC 60601-1-3, 2008, 3.27]

3.7

X-ray beam focal spot

d

dimension across the focal spot of an accelerating tube, measured perpendicular to the central beam axis

Note 1 to entry: *d* is expressed in millimetres (mm).

3.8

X-ray beam homogeneity

ratio, expressed as a percent, of the dose rate in a plane 1 m from the target and normal to the beam central axis, and acquired at a specified angle from the central axis, to the dose rate in the plane and on the beam axis

3.9

X-ray beam air kerma rate

K

volume of ionization caused by the x-ray beam in air per unit time at 1 m away from target

Note 1 to entry: *K* is expressed in centigrays per minute (cGy/min).

3.10

X-ray beam asymmetry

ratio of the difference to the average values of the dose rates measured at equal distances from the central beam axis and in a vertical plane normal to the x-ray beam

Note 1 to entry: This ratio is expressed as a percentage.

3.11

X-ray sensitivity

ratio of the minimum defect size that can be observed in the detector to the thickness of the penetrated material

Note 1 to entry: This ratio is expressed as a percentage.

3.12

X-ray head

part of an X-ray installation that contains the accelerating tube and its shield

4 Equipment sets, names and work conditions

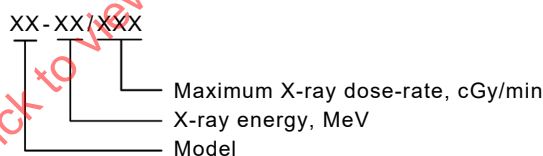
4.1 Equipment sets

Generally, the equipment consists of the following components:

- a) X-ray head,
- b) modulator,
- c) temperature control unit (TCU),
- d) control system,
- e) power distribution cabinet,
- f) safety interlock system,
- g) interconnecting cables (X-ray head to modulator, modulator to console) and hoses (TCU to X-ray head).

4.2 Name convention

The naming rules of the equipment are shown in Figure 1.



IEC

Figure 1 – Naming convention

The specifications of several commonly used accelerator models are shown in Table 1.

Table 1 – Specifications of several commonly used accelerator models

Model No.	Specification	
	X-ray beam energy MeV	Maximum X-ray dose rate cGy/min
XX-2/200	2	200
XX-4/500	4	500
XX-6/1000	6	1 000
XX-9/3000	9	3 000
XX-12/5000	12	5 000
XX-15/12000	15	12 000

4.3 Operating conditions

4.3.1 Environmental requirement

- environment temperature: (5 to 40) °C;
- relative humidity: ≤90 %.

4.3.2 Power supply

- voltage: 380 V ±10 % three-phase four-wire AC system;
- frequency: 50 Hz ±2 % / 60 Hz ±2 %;
- power supply: it is put forward in the product manual according to the accelerator model;
- grounding resistance: special grounding resistance of modulator is less than 4 Ω.

5 Technical requirements

5.1 Appearance

The surface shall be smooth, uniform color, no obvious scratches, bumps or holes.

5.2 Control system

5.2.1 Design principle

The design of the control system shall ensure the safety of the operator, the device and the delivered dose.

5.2.2 Operation of start and stop

Operation of X-ray source start and stop shall be executed in the control console.

5.2.3 Functions of control system

The basic functions of the control system shall include:

- normal start-up and shut-down,
- display of the status of normal, fault, alarm and auto-stop,
- display of the main operational parameters,
- safety interlock,
- emergency stop.

5.3 Performance

5.3.1 X-ray beam energy

Commonly used X-ray beam energies of accelerators are shown in Table 2 and the corresponding half value layer should not be less than the value in Table 2.

Table 2 – Half value layer of materials corresponding to commonly used X-ray beam energies

X-ray beam energy MeV	Steel (Material density: $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) mm	Plexiglas (Material density: $1,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) mm
1	$16 \pm 0,5$	61 ± 2
2	$20 \pm 0,5$	84 ± 2
4	$25 \pm 0,5$	116 ± 2
6	$28 \pm 0,5$	138 ± 2
9	$30 \pm 0,5$	149 ± 2
12	$32 \pm 0,5$	178 ± 2
15	$33 \pm 0,5$	204 ± 2

5.3.2 X-ray homogeneity

X-ray homogeneity shall not be less than the value in Table 3 by using a beam flattening filter.

Table 3 – X-ray homogeneity of commonly used X-ray beam energies

X-ray beam energy MeV	Subtended angle Δ between beam central axis and axis connecting the centre of focal spot with the point of measurement located on the circumference (°)	X-ray homogeneity %
1	7,5	80
2	7,5	78
4	7,5	75
6	7,5	62
9	7,5	55
12	6,0	50
15	6,0	45

5.3.3 X-ray beam air kerma rate

X-ray beam air kerma rate shall achieve the value shown in Table 4 (can be reduced based on purpose).

Table 4 – X-ray beam air kerma rate of different models

X-ray beam energy MeV	X-ray beam dose rate cGy/min
1	20
2	200
4	500
6	1 000
9	3 000
12	5 000
15	12 000

5.3.4 X-ray beam focal spot

The diameter of the X-ray spot shall be less than or equal to 2,0 mm when the X-ray beam energy is less than 9 MeV; the diameter of X-ray spot shall be less than or equal to 3,5 mm when X-ray beam energy is equal to or higher than 9 MeV.

5.3.5 X-ray beam asymmetry

X-ray beam asymmetry shall be less than 3 % at 7,5° away from X-ray beam center axis when the X-ray beam energy is less than or equal to 9 MeV; X-ray beam asymmetry shall be less than 5 % at 6° away from X-ray beam center axis when X-ray beam energy is higher than 9 MeV.

5.3.6 X-ray sensitivity

In the range of the X-ray beam energy and the corresponding equivalent steel thickness stated in Table 5, X-ray sensitivity shall be less than 1 % as determined by linear densitometry for imaging detection.

Table 5 – Detection range of equivalent steel thickness corresponding to commonly used X-ray beam energies

X-ray beam energy MeV	Range of equivalent steel thickness mm
1	36 to 150
2	40 to 200
4	50 to 250
6	50 to 280
9	76 to 380
12	100 to 420
15	100 to 460

NOTE Equivalent steel thickness is the conversion of different plate thickness based on the density of $7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ steel.

5.3.7 Dose leakage

a) X-ray dose leakage

A measure of leakage is given by the ratio of X-ray dose rate 1 m away from the target in a variety of directions to the X-ray dose rate on the central beam axis. This shall be expressed as a percentage and shall be less than 0,1 %.

b) Neutron dose leakage (if the accelerator energy is higher than or equal to 10 MeV)

Neutron dose rate shall be no more than 0,01 mSv/h 1 m away from the target beyond the X-ray field formed by the forward collimator and no more than 0,001 mSv/h in other places

5.4 Electrical safety

5.4.1 Protective grounding

Separated electric shock protection is essential. The resistance between metal surface and grounding terminal shall not be more than 0,1 Ω .

5.4.2 Insulation resistance

The insulation resistance between wires (including phase line and zero line) and ground of each independent electrical part of the equipment should not be less than 1 M Ω when the test voltage (AC RMS or DC average) reaches to 1 000 V.

5.4.3 Dielectric strength

Electrical equipment with electrical grounding should tolerate the dielectric strength testing of 2 000 V (AC RMS or DC average) with no breakdown and no repeated arcing during the test.

5.4.4 Protection against electric shock

Electrical equipment of the accelerator should have anti shock functionality under the condition of normal use, the touchable parts should not be hazardous or live. The voltage between accessible component and ground terminal should be less than AC 30 V or DC 60 V. The warning symbols for "high voltage" shall be posted near the high voltage device.

5.5 Reliability

5.5.1 Continuous operation

The device shall be able to operate for 8 h with less than 4 interruptions lasting no more than 30 min each.

5.5.2 Recovery

The time of reaching the normal work status shall be less than 15 min when the downtime without fault is longer than 1 h after shutdown.

5.5.3 Restart

The time of reaching the normal work status shall be less than 150 min when the downtime without fault is longer than 48 h after shutdown.

6 Test methods

6.1 General requirements

6.1.1 Testing conditions

The test shall be carried out under the conditions of Table 6.

Table 6 – Testing conditions

Environmental parameter	Reference value	Range
Temperature	25 °C	5 °C to 40 °C
Relative humidity	65 %	≤90 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86 kPa to 106 kPa
Voltage (alternating current)	380 V	380 V ± 10 %
Frequency (alternating current)	50 Hz /60 Hz	50 Hz ± 2 % / 60 Hz ± 2 %

6.1.2 Instruments and devices

6.1.2.1 General

Within the validity verification, the test equipment and instruments should meet the test requirements.

6.1.2.2 X-ray dose meter

An X-ray dose meter is used to measure the in-beam air kerma rate.

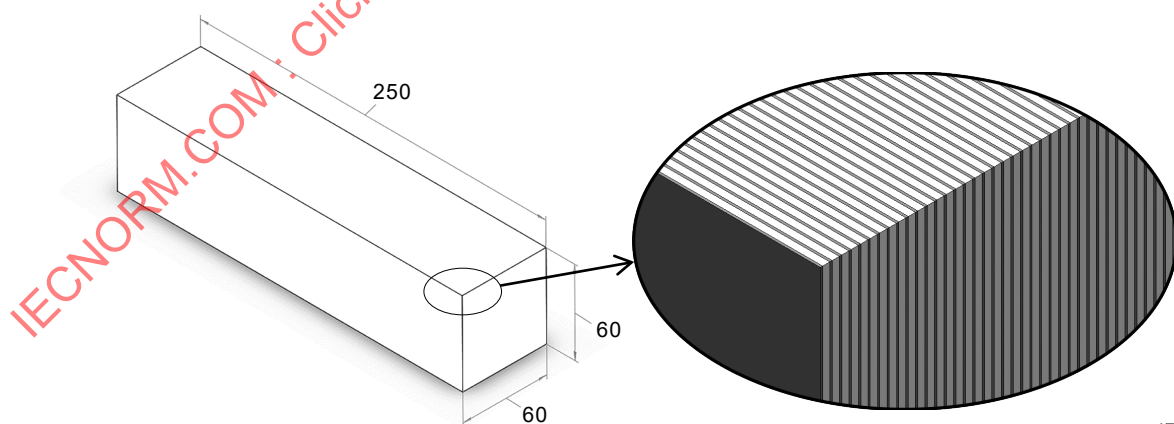
6.1.2.3 Wire-type image quality indicators

Wire-type image quality indicators complying with ISO 19232-1:2013 shall be used to measure X-ray sensitivity.

6.1.2.4 “Sandwich” test module

The “Sandwich” test module is used to measure the X-ray beam focal spot size. It is closely superposed by the rectangular (250 mm x 60 mm) copper or lead foil (with white color) and plastic pieces (with black color) alternately as shown in Figure 2, the foil thickness h_1 is not more than 0,1 mm, plastic film thickness h_2 is not more than 0,3 mm, and the superimposing thickness is not less than 60 mm.

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 2 – Sketch map of the test module

6.1.2.5 Copper block with a swivelling edge

The copper block (60 mm x 60 mm x 16 mm) with a swiveling edge $\pm 15^\circ$ is a test block using as alternative method for the focal spot measurement, see Figure 3.

Dimensions in millimetres

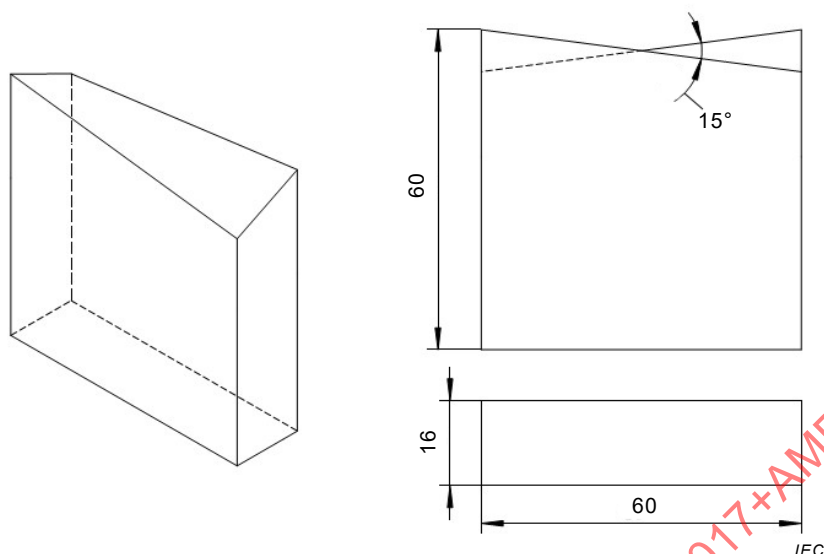


Figure 3 – Sketch map of the copper block with a swivelling edge

6.1.2.6 Plate specimen

The plate specimens are 36 mm to 460 mm steel or equivalent thickness of solid propellant to aid in measuring the X-ray beam energy and X-ray sensitivity. Select the appropriate range of the plate thickness depending on the energy of the accelerator, as specified in Table 5.

6.2 Visual inspection

Visually check the appearance of the facility with normal illumination to demonstrate that the requirements of 5.1 are satisfied.

6.3 Control system test

By visual inspection and demonstration to ensure that the control system satisfies the requirements of 5.2.

6.4 Performance test

6.4.1 X-ray beam energy

Measure the half-value layer of X-ray beam produced by the accelerator in steel or solid propellant in order to estimate the X-ray beam energy of the accelerator.

When measuring, the dosimeter probe is placed 1 m from the target in the center of the X-ray beam (the 0° direction), and steel plates with different thicknesses are placed between the probe and the target. Measure the X-ray attenuation through steel plates with different thicknesses d and with the same dose rate, $\dot{D}$, as measured by a dose meter. In general, in order to prevent errors caused by low-energy X-rays, the initial plate thickness should be greater than two times the half-value layer corresponding to the measured energy profile.

Graph the X-ray beam air kerma rates obtained with different thickness steel plates or solid propellants. Use the least-squares method to calculate μ values according to the formula (1), further calculate the half value layer $d_{1/2}$ value using the formula $d_{1/2} = \ln 2 / \mu$, and use Table 2 to estimate the X-ray beam energy.

$$\dot{D} = \dot{D}_0 e^{-\mu d} \quad (1)$$

where

d is the plates thickness, in mm;

$\dot{D}_0$ is the dose rate when $d = 0$, in cGy/min;

$\dot{D}$ is the dose rate, in cGy/min;

μ is the linear attenuation coefficient, in mm^{-1} .

The test results shall comply with the requirement of 5.3.1.

6.4.2 X-ray homogeneity

Measure the X-ray air kerma rate 1 m from the target on the central axis of the X-ray beam, $\dot{K}_0$. Measure the X-ray air kerma rates, $\dot{K}_i$, in a plane normal to the beam axis and at equal and symmetrically opposing distances as shown in Figure 4. Measure at least four rates at horizontal and vertical transverse points that each make an angle A with the central beam axis (the values of A are given in Table 3). All measurements are to be made under the same conditions. Use the minimum of the $\dot{K}_i$ acquired to calculate the homogeneity η_h according to formula (2).

$$\eta_h = \frac{\dot{K}_{\min}}{\dot{K}_0} \times 100 \% \quad (2)$$

where

η_h is the X-ray homogeneity;

$\dot{K}_{\min}$ is the minimum X-ray air kerma rate measured from the set of points A degrees from the beam axis and 1 m from the target, in cGy/min;

$\dot{K}_0$ is the X-ray air kerma rate value on the central axis 1 m far from the target, in cGy/min.

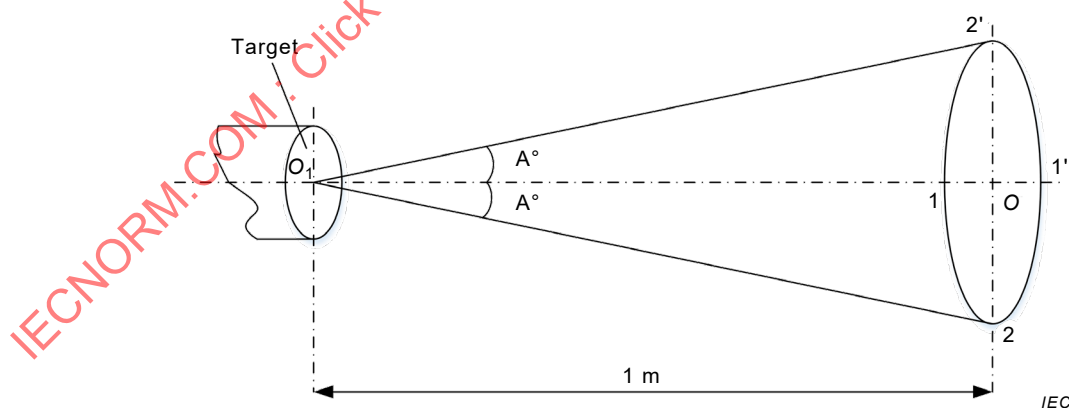


Figure 4 – Schematic diagram of X ray beam radial uniformity measurement

The computed homogeneity shall comply with the requirements of 5.3.2.

6.4.3 X-ray beam air kerma rate

Place the dosimeter probes in front and 1 m far from the target at the center of X ray beam axis, set the standard dosimeter mode to “dose” and measure 3 sets of time and dose during the beam test, calculate the average value of X-ray beam air kerma rate, then multiply the calibration factor of the dosimeter probe and the air density correction factor. The result is the X-ray beam air kerma rate of the accelerator.

The test result shall comply with the requirements of 5.3.3.

6.4.4 X-ray beam focal spot

6.4.4.1 “Sandwich” test method

The X-ray beam focal spot is measured using a test module made according to 6.1.2.4, as shown in Figure 5. Place the test module 300 mm, 500 mm, and 800 mm from the target at the center of X ray beam axis as shown in Figure 6. X-ray beam slits through the corresponding plastic sheet, and makes the film exposure put at the other end of the test module; after being film processed, several black lines will appear, the black intensity is larger at the center and smaller on both sides.

Using the number of black lines whose black intensity is 50 % or greater than the central, calculate the X-ray beam focal spot according to formula (3).

$$d_i = (h_1 + h_2) \times n_i \quad (3)$$

where

d_i is the X-ray beam focal spot, in mm;

h_1 is the copper or lead foil thickness, in mm;

h_2 is the plastic piece thickness, in mm;

n_i is the number of black lines whose black intensity is 50 % or greater than the central.

For each of 3 distances, use the least-squares method for linear fitting, ($d_i = (a + d_c)$ where a is the linear factor, l is the distance of the testing module to target, and d_c is the X-ray beam focus spot value when l equal to 0.

The results shall comply with the requirements of 5.3.4.

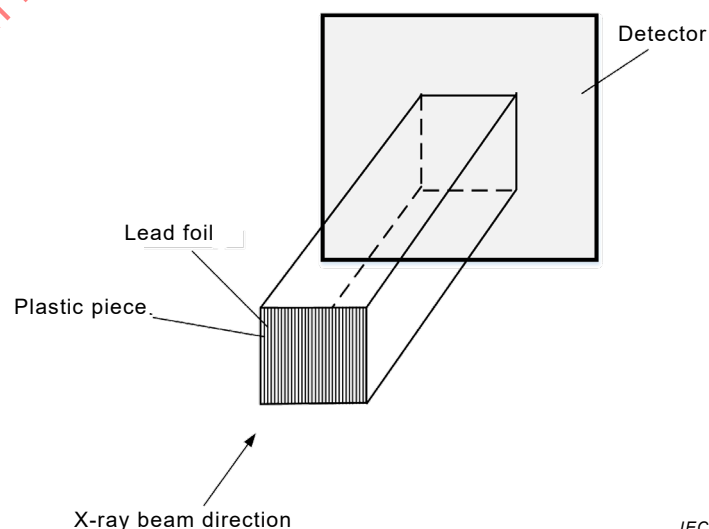
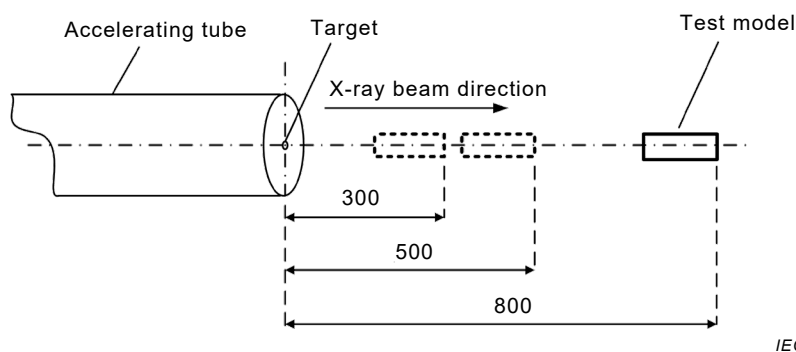


Figure 5 – Schematic diagram of the testing module in front of the detector

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 6 – Schematic diagram of the “Sandwich” test module placement

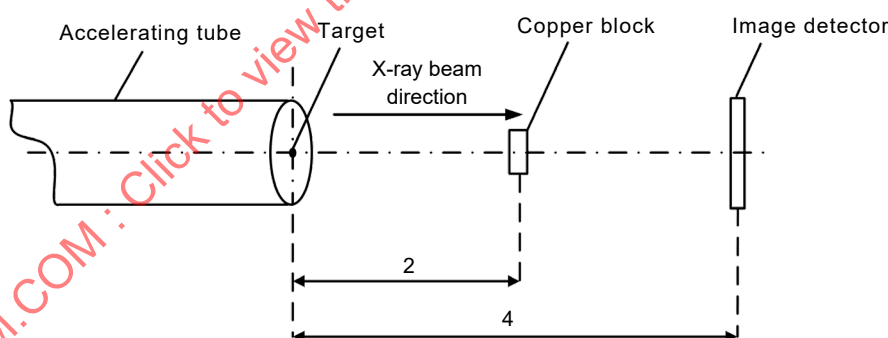
6.4.4.2 “Copper block” method

An alternative method for the focal spot measurement is a copper block made according to 6.1.2.5. When the copper block is exactly in the middle between target and image detector as shown in Figure 7, then the detector image shows directly the focal spot size measured. Otherwise a magnification factor has to be considered. A typical distance between focal spot and detector is 4 m. The focal spot size is measured as edge unsharpness according to the Klasens method (unsharpness is the distance of the 16 % and the 84 % points in a profile across the sharpest edge response in the image multiplied by 1,47).

A horizontal edge position measures the vertical focal spot size and a vertical edge orientation measures the horizontal focal spot size.

The result shall comply with the requirements in 5.3.4.

Dimensions in metres



IEC

Figure 7 – Schematic diagram of the copper block test module placement

6.4.5 X-ray beam asymmetry

Get the difference and the average of the four measurements in 6.4.2 shown in Figure 4 as 1, 1', 2, and 2'. Calculate the X-ray beam asymmetry η according to formula (4).

$$\eta = \frac{\Delta \dot{D}}{\bar{\dot{D}}} = \left| \frac{\dot{D}_i - \dot{D}_i'}{(\dot{D}_i + \dot{D}_i')/2} \right|_{\max} \times 100 \% \quad (4)$$

where

$\Delta \dot{D}$ is the difference of $\dot{D}_i$ and $\dot{D}_i'$;

$\bar{\dot{D}}$ is the average of $\dot{D}_i$ and $\dot{D}_i'$;

$\dot{D}_i$ and $\dot{D}_i'$ are the dose rates of two symmetry points.

The results shall comply with the requirements of 5.3.5.

6.4.6 X-ray sensitivity

Place the steel plate specimen with the thickness of Table 5 vertically and 1 m from the target at the center of X ray beam axis. Attach wire-type image quality indicators to the side of the plate that is closest to the X-ray beam; attach film to the other plate side. Process the film after exposure, observe the minimum line diameter of image quality indicators in the film, and calculate the X-ray sensitivity according to formula (5).

$$C = \frac{d_{\min}}{T} \times 100 \% \quad (5)$$

where

C is the X-ray sensitivity;

$d_{\min}$ is the minimum line diameter of image quality indicators in the film, in mm;

T is the thickness of steel plate, in mm.

The results shall comply with the requirements of 5.3.6.

6.4.7 Leakage dose rate

Block front-end and the surrounding space of accelerator collimator with more than 10 half value layers of lead or tungsten. Consider a sphere with a radius of 1 m with the target as its center. Place dosimeter probes at twenty or more locations on the sphere (see Figure 8 for normative locations; the target is at O) and measure the dose rates normalized to 1 min to obtain $\dot{D}_i$. The dose rate percentage is calculated for each measurement by formula (6) relative to dose rate $\dot{D}_0$ at a distance of 1 m from the center beam of the X-ray to the target without blocking.

$$\eta_{LDR} = \frac{\dot{D}_i}{\dot{D}_0} \times 100 \% \quad (6)$$

The test results of each point shall comply with the requirements of 5.3.7.

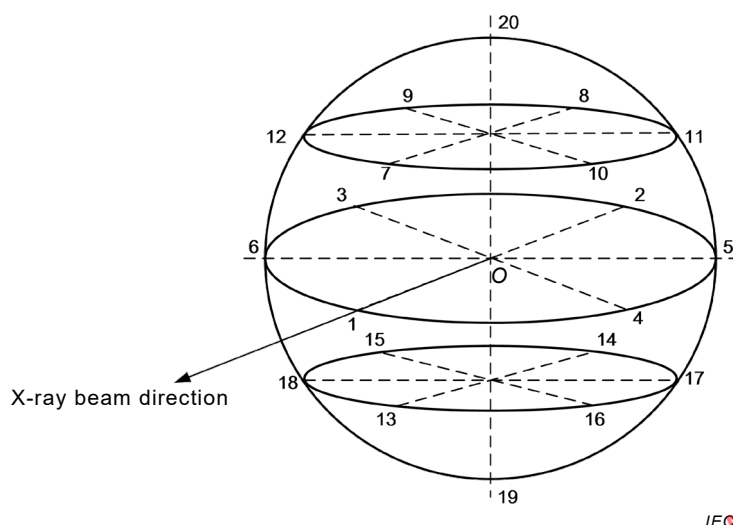


Figure 8 – Diagram of leakage dose measurement points

6.5 Electrical safety testing

6.5.1 Protective grounding

Ground resistance tester shall be used to measure the resistance of ground-end and the shell, the test current is 25 A, the result should comply with the requirements of 5.4.1.

6.5.2 Insulation resistance

Using 1 000 V insulation resistance meter, test insulation resistances of phase line, zero line to ground and metal shell, the result shall comply with the requirements of 5.4.2.

6.5.3 Dielectric strength

Test voltage shall be gradually increased to 2 000 V in 10 s, and maintained for at least 1 min, the test results shall comply with the requirements of 5.4.3.

6.5.4 Protection against electric shock

Use 2 k Ω resistor in parallel on the AC and DC voltmeter to measure the voltage between the touchable components and protective grounding under normal working conditions of the accelerator, the result shall comply with the requirement of 5.4.4.

6.6 Reliability test

6.6.1 Continuous operation

Continuous operation under the rated X-ray beam air kerma rate, the test result shall comply with the requirements of 5.5.1.

6.6.2 Recovery

The reboot time after 1 h outage shall comply with the requirement of 5.5.2.

6.6.3 Restart

The reboot time after 48 h outage shall comply with the requirement of 5.5.3.

7 Inspection rules

7.1 Inspection classification

Inspection is divided into the type inspection and delivery inspection.

7.2 Inspection items

Inspection items are shown in Table 7.

Table 7 – Inspection items of the accelerator

No.	Item	Type inspection	Delivery inspection	Technical requirements	Inspection method
1	Appearance	▲	▲	5.1	6.2
2	Control system	▲	▲	5.2	6.3
3	X-ray beam energy	▲	▲	5.3.1	6.4.1
4	X-ray homogeneity	▲	▲	5.3.2	6.4.2
5	X-ray beam air kerma rate	▲	▲	5.3.3	6.4.3
6	X-ray focal spot	▲	▲	5.3.4	6.4.4
7	X-ray beam asymmetry	▲	▲	5.3.5	6.4.5
8	X-ray sensitivity	▲	▲	5.3.6	6.4.6
9	Leakage dose rate	▲	▲	5.3.7	6.4.7
10	Protective grounding	▲	▲	5.4.1	6.5.1
11	Insulation resistance	▲	▲	5.4.2	6.5.2
12	Dielectric strength	▲	▲	5.4.3	6.5.3
13	Protection against electric shock	▲	▲	5.4.4	6.5.4
14	Continuous operation	▲	△	5.5.1	6.6.1
15	Recovery	▲	▲	5.5.2	6.6.2
16	Restart	▲	▲	5.5.3	6.6.3
NOTE ▲ required items △ optional items.					

7.3 Criterion rule

7.3.1 If defective items were found during the type inspection, it is allowed to adjust or replace related components or subsystems, and carry out a new inspection.

7.3.2 The products passing the inspection items in Table 7 during delivery inspection shall be the qualified products.

8 Signage, packaging, transportation, storage and accompanying documents

8.1 Signage

8.1.1 Accelerator signs

The accelerator shall be marked with legible permanent sign or signs in a suitable position. The sign shall include:

- Manufacturer's name.
- Device name.

- c) Device type.
- d) Serial number and date of manufacture.
- e) Product standard No.

8.1.2 Component nameplates

Nameplates of main components should be fixed in a suitable place. Content of the nameplate shall at least contain the following items:

- a) Component name.
- b) Manufacturer's name.
- c) Serial number and date of manufacture.

8.1.3 Labels

All measuring meters, operating switches, buttons, indicator lights in the accelerator system shall be labelled.

8.1.4 Warning signs

Warning signs and warning instructions shall comply with the radioactive symbols and signs specified in ISO 780:2015.

8.2 Packaging

8.2.1 The accelerator should be dispensed in crates, and the box should contain the detailed packing list. Crates should provide measures against rain, moisture, and shock. Components are fixed in the box and soft plastic is used to avoid loose and rubbing.

8.2.2 Thyristors and other fragile parts should be in separate boxes specially designed to ensure that they will not be damaged during transport.

8.2.3 Packaging mark should comply with the relevant requirements in ISO 780:2015.

8.3 Transportation

8.3.1 Packaged equipment or components shall allow their transportation by automobiles, trains and ships.

8.3.2 Shipment should be carried out strictly in accordance with the conditions indicated on the package. Shipment should be gentle, not upside down, and collisions should be avoided.

8.4 Storage

8.4.1 Storehouse for storage should provide ambient temperature 0 °C to 40 °C, relative humidity less than 90 %, and good ventilation. The storehouse should not contain corrosive gas, strong vibrations, shocks and strong magnetic fields.

8.4.2 The parts which need to be kept in vacuum for a long time, such as accelerating tubes, klystrons, should be vacuumized regularly in accordance with the requirements of specification.

8.5 Accompanying documents

8.5.1 Instructions

Instructions shall comply with the specification of ISO/IEC Guide 37:2012, and include the following items:

- a) Technical specification: characteristics, the main purpose and scope of application, brief structure and working principle, and the main performance parameters, radiation safety and security measures, the product working conditions, the environment and installation requirements.
- b) Operation manual: operation safety, instructions and precautions of radiation safety, operating procedures, methods, and preventive measures against misuse, and other requirements for operation.
- c) Maintenance manual: symptoms, causes and remedy, routine operation and maintenance procedures, periodic maintenance procedures and methods while maintaining long-term storage.

8.5.2 Supplier's declaration of conformity

Supplier's declaration of conformity shall include the implementation of product standards, inspection results and conclusions, product number, production date and inspector signature of inspection department, etc.

8.5.3 Other documents

Accompanying documents should contain a list of spare parts, packing list and packing catalog.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	27
1 Domaine d'application.....	29
2 Références normatives	29
3 Termes et définitions	29
4 Composition de l'équipement, noms et conditions de fonctionnement.....	31
4.1 Composition de l'équipement.....	31
4.2 Convention de nommage.....	31
4.3 Conditions de fonctionnement.....	32
4.3.1 Exigences environnementales	32
4.3.2 Alimentation.....	32
5 Exigences techniques	32
5.1 Aspect	32
5.2 Système de commande	32
5.2.1 Principe de conception.....	32
5.2.2 Démarrage et arrêt.....	32
5.2.3 Fonctions du système de commande	32
5.3 Performances.....	33
5.3.1 Energie du faisceau de rayonnement X.....	33
5.3.2 Homogénéité du faisceau de rayonnement X	33
5.3.3 Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X	33
5.3.4 Foyer optique du faisceau de rayonnement X	34
5.3.5 Asymétrie du faisceau de rayonnement X	34
5.3.6 Sensibilité du rayonnement X	34
5.3.7 Fuite de dose	35
5.4 Sécurité électrique	35
5.4.1 Mise à la terre pour des raisons de protection.....	35
5.4.2 Résistance d'isolement	35
5.4.3 Rigidité diélectrique	35
5.4.4 Protection contre les chocs électriques.....	35
5.5 Fiabilité.....	35
5.5.1 Fonctionnement continu	35
5.5.2 Récupération	35
5.5.3 Redémarrage.....	35
6 Méthodes d'essai.....	36
6.1 Exigences générales	36
6.1.1 Conditions d'essai.....	36
6.1.2 Instruments et appareils	36
6.2 Inspection visuelle.....	37
6.3 Essai du système de commande.....	38
6.4 Essai des performances	38
6.4.1 Energie du faisceau de rayonnement X.....	38
6.4.2 Homogénéité du faisceau de rayonnement X	38
6.4.3 Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X	39
6.4.4 Foyer optique du faisceau de rayonnement X	39
6.4.5 Asymétrie du faisceau de rayonnement X	41
6.4.6 Sensibilité du rayonnement X	41

6.4.7	Débit de dose de fuite	42
6.5	Essais de sécurité électrique	42
6.5.1	Mise à la terre pour des raisons de protection	42
6.5.2	Résistance d'isolement	42
6.5.3	Rigidité diélectrique	42
6.5.4	Protection contre les chocs électriques	43
6.6	Essai de fiabilité	43
6.6.1	Fonctionnement continu	43
6.6.2	Récupération	43
6.6.3	Redémarrage	43
7	Règles d'inspection	43
7.1	Classification des types d'inspection	43
7.2	Eléments à inspecter	43
7.3	Règles et critères	44
8	Signalétique, emballage, transport, stockage et documents d'accompagnement	44
8.1	Signalétique	44
8.1.1	Marquage de l'accélérateur	44
8.1.2	Plaques signalétiques des composants	45
8.1.3	Étiquettes	45
8.1.4	Symboles d'avertissement	45
8.2	Emballage	45
8.3	Transport	45
8.4	Stockage	45
8.5	Documents d'accompagnement	45
8.5.1	Instructions	45
8.5.2	Déclaration de conformité du fournisseur	46
8.5.3	Autres documents	46
	Figure 1 – Convention de nommage	31
	Figure 2 – Schéma sommaire du module d'essai	37
	Figure 3 – Schéma sommaire du bloc de cuivre à angle orientable	37
	Figure 4 – Schéma de mesure de l'uniformité radiale du faisceau de rayonnement X	39
	Figure 5 – Schéma du module d'essai en face du détecteur	40
	Figure 6 – Schéma du placement du module d'essai "sandwich"	40
	Figure 7 – Schéma du placement du module d'essai "bloc de cuivre"	41
	Figure 8 – Diagramme des points de mesure de dose de fuite	42
	Tableau 1 – Spécifications relatives aux différents modèles d'accélérateurs communément utilisés	32
	Tableau 2 – Couches de demi-transmission du matériau correspondant aux énergies de faisceaux de rayonnement X communément utilisées	33
	Tableau 3 – Homogénéité du faisceau de rayonnement X pour les énergies de faisceau de rayonnement X communément utilisées	33
	Tableau 4 – Débit de kerma dans l'air du faisceau de rayonnement X de différents modèles	34
	Tableau 5 – Plages de détection d'épaisseurs d'acier équivalentes correspondant aux énergies de faisceaux de rayonnement X communément utilisées	34
	Tableau 6 – Conditions d'essai	36

Tableau 7 – Éléments de l'accélérateur à inspecter	44
--	----

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPAREILS DESTINÉS AUX ESSAIS NON DESTRUCTIFS POUR LE SECTEUR INDUSTRIEL – ACCÉLÉRATEUR ÉLECTRONIQUE LINÉAIRE

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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 62976 édition 1.1 contient la première édition (2017-05) [documents 45/821/FDIS et 45/824/RVD] et son amendement 1 (2021-10) [documents 45/920/CDV and 45/929/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 62976 a été établie par le comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62976:2017+AMD1:2021 CSV