

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Protective devices against diagnostic medical X-radiation –
Part 1: Determination of attenuation properties of materials**

**Dispositifs de protection radiologique contre les rayonnements X pour
diagnostic médical –
Partie 1: Détermination des propriétés d'atténuation des matériaux**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61331-1:2014



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Protective devices against diagnostic medical X-radiation –
Part 1: Determination of attenuation properties of materials**

**Dispositifs de protection radiologique contre les rayonnements X pour
diagnostic médical –
Partie 1: Détermination des propriétés d'atténuation des matériaux**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 11.040.50

ISBN 978-2-8322-1562-3

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Methods to determine the ATTENUATION RATIO	7
4.1 General.....	7
4.2 NARROW BEAM CONDITION	7
4.2.1 General description	7
4.2.2 AIR KERMA RATE measurements	7
4.2.3 RADIATION QUALITIES and RADIATION DETECTOR.....	8
4.2.4 Signal to noise condition.....	9
4.2.5 ATTENUATION RATIO evaluation.....	10
4.3 BROAD BEAM CONDITION.....	10
4.3.1 General description	10
4.3.2 AIR KERMA RATE measurements	10
4.3.3 RADIATION QUALITIES and RADIATION DETECTOR.....	10
4.3.4 Signal to noise condition.....	11
4.3.5 ATTENUATION RATIO evaluation.....	12
4.4 Inverse BROAD BEAM CONDITION.....	12
4.4.1 General description	12
4.4.2 AIR KERMA RATE measurements	12
4.4.3 RADIATION QUALITIES and RADIATION DETECTOR.....	13
4.4.4 Signal to noise condition.....	14
4.4.5 ATTENUATION RATIO evaluation.....	14
4.5 Calculation of the ATTENUATION RATIO for photon-emitting radionuclides	14
4.5.1 Equation	14
4.5.2 Decay data	14
4.5.3 Mass ATTENUATION and mass energy-absorption coefficients	14
4.5.4 Verification of the mass- ATTENUATION COEFFICIENTS of the test material	15
5 Determination of ATTENUATION properties.....	16
5.1 ATTENUATION RATIO	16
5.1.1 Determination	16
5.1.2 Indication.....	16
5.2 BUILD-UP FACTOR.....	16
5.2.1 Determination	16
5.2.2 Indication.....	16
5.3 ATTENUATION EQUIVALENT.....	16
5.3.1 Determination	16
5.3.2 Indication.....	17
5.4 LEAD EQUIVALENT	17
5.4.1 Determination	17
5.4.2 Indication.....	17
5.5 LEAD EQUIVALENT class for a SPECIFIED range of RADIATION QUALITIES	17
5.5.1 Materials.....	17
5.5.2 Standard thicknesses	17

5.5.3	Conditions for assignment to a LEAD EQUIVALENT class	17
5.5.4	Indication.....	18
5.6	Homogeneity.....	18
5.6.1	Determination	18
5.6.2	Indication.....	18
6	Statement of compliance	18
Annex A (informative) Tables of ATTENUATION RATIOS, BUILD-UP FACTORS and first HALF-VALUE LAYERS		19
Bibliography.....		24
Index of defined terms used in this International Standard		25
Figure 1 – NARROW BEAM CONDITION		9
Figure 2 – BROAD BEAM CONDITION		11
Figure 3 – Inverse BROAD BEAM CONDITION		13
Table 1 – Standard RADIATION QUALITIES for X-RAY BEAMS.....		15
Table 2 – Standard gamma RADIATION QUALITIES according to ISO 4037-1.....		16
Table A.1 – ATTENUATION RATIOS F_N of lead thicknesses from 0,125 mm to 2 mm calculated for RADIATION QUALITIES of Table 1 according to the formula given in 4.5.4.....		20
Table A.2 – BUILD-UP FACTOR B measured for RADIATION QUALITIES of Table 1 according to the formula given in 5.2.1 for lead thicknesses 0,25 mm, 0,35 mm and 0,50 mm.....		21
Table A.3 – ATTENUATION RATIOS F_N of lead thicknesses from 0,125 mm to 7 mm calculated for RADIATION QUALITIES of Tables 1 and 2 according to the formula given in 4.5.4		21
Table A.4 – First HALF-VALUE LAYERS in mm Al of RADIATION QUALITIES of Table 1 as a function of additional lead filters of different thicknesses in the range from 0,125 mm to 2 mm		22
Table A.5 – First HALF-VALUE LAYERS in mm Cu of RADIATION QUALITIES of Table 1 as a function of additional lead filters of different thicknesses in the range from 0,125 mm to 4 mm		23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PROTECTIVE DEVICES AGAINST
DIAGNOSTIC MEDICAL X-RADIATION –****Part 1: Determination of attenuation properties of materials**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61331-1 has been prepared by subcommittee 62B: Diagnostic imaging equipment, of IEC technical committee 62: Electrical equipment in medical practice.

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 61331-1, published in 1994. It constitutes a technical revision. This second edition has been adapted to apply to the present technology. In particular, this second edition is consistently applicable to lead- and non-lead-containing materials. The essential changes and extensions are:

- extension of the scope to cover photon-emitting radionuclides;
- improved methods to determine the ATTENUATION RATIO;
- addition of the so-called inverse BROAD BEAM CONDITION;
- addition of a method to calculate the ATTENUATION RATIO of photon-emitting radionuclides;
- definition of new standard X- and gamma RADIATION QUALITIES used for testing;
- addition of the so-called LEAD EQUIVALENT class;

- tables of ATTENUATION RATIOS, BUILD-UP FACTORS and first HALF-VALUE LAYERS for the standard RADIATION QUALITIES filtered with different thicknesses of lead.

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

FDIS	Report on voting
62B/936/FDIS	62B/942/RVD

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

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

In this standard, the following print types are used:

- requirements and definitions: roman type;
- informative material appearing outside of tables, such as notes, examples and references: in smaller type. Normative text of tables is also in a smaller type;
- TERMS DEFINED IN CLAUSE 3 OF THIS STANDARD OR AS NOTED: SMALL CAPS.

The verbal forms used in this standard conform to usage described in Annex H of the ISO/IEC Directives, Part 2. For the purposes of this standard, the auxiliary verb:

- “shall” means that compliance with a requirement or a test is mandatory for compliance with this standard;
- “should” means that compliance with a requirement or a test is recommended but is not mandatory for compliance with this standard;
- “may” is used to describe a permissible way to achieve compliance with a requirement or test.

A list of all parts of the IEC 61331 series, published under the general title *Protective devices against diagnostic medical X-radiation*, can be found on the IEC website.

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

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

PROTECTIVE DEVICES AGAINST DIAGNOSTIC MEDICAL X-RADIATION –

Part 1: Determination of attenuation properties of materials

1 Scope

This part of IEC 61331 applies to materials in sheet form used for the manufacturing of PROTECTIVE DEVICES against X-RADIATION of RADIATION QUALITIES generated with X-RAY TUBE VOLTAGES up to 400 kV and gamma radiation emitted by radionuclides with photon energies up to 1,3 MeV.

This Part 1 is not intended to be applied to PROTECTIVE DEVICES when these are to be checked for the presence of their ATTENUATION properties before and after periods of use.

This Part 1 specifies the methods of determining and indicating the ATTENUATION properties of the materials.

The ATTENUATION properties are given in terms of:

- ATTENUATION RATIO;
- BUILD-UP FACTOR;
- ATTENUATION EQUIVALENT;

together with, as appropriate, an indication of homogeneity and mass per unit area.

Ways of stating values of ATTENUATION properties in compliance with this part of the International Standard are included.

Excluded from the scope of this International Standard are:

- methods for periodical checks of PROTECTIVE DEVICES, particularly of PROTECTIVE CLOTHING,
- methods of determining ATTENUATION by layers in the RADIATION BEAM, and
- methods of determining ATTENUATION for purposes of protection against IONIZING RADIATION provided by walls and other parts of an installation.

2 Normative references

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

IEC 60601-1:2005, *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*
IEC 60601-1:2005/AMD1:2012

IEC 60601-1-3:2008, *Medical electrical equipment – Part 1-3: General requirements for basic safety and essential performance – Collateral Standard: Radiation protection in diagnostic X-ray equipment*
IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013

IEC/TR 60788:2004, *Medical electrical equipment – Glossary of defined terms*

Monographie BIPM-5:2013, *Table of Radionuclides*¹

NISTIR 5632:2004, *Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients (version 1.4)* [on-line, cited 2014-01-30] Available at <http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/>²

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC/TR 60788:2004, IEC 60601-1:2005 and IEC 60601-1:2005/AMD 1:2012, IEC 60601-1-3:2008 and IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013 and the following apply.

3.1

ATTENUATION RATIO

ratio of the value of a SPECIFIED RADIATION QUANTITY in the centre of a SPECIFIED RADIATION BEAM of SPECIFIED RADIATION QUALITY, with the attenuating material under consideration outside the beam, to the value at the same position and under the same conditions with this attenuating material placed in the beam

4 Methods to determine the ATTENUATION RATIO

4.1 General

There are four different conditions described in this standard to determine ATTENUATION RATIOS, F :

F_N ATTENUATION RATIO measured with a NARROW BEAM CONDITION (4.2)

F_B ATTENUATION RATIO measured with a BROAD BEAM CONDITION (4.3)

F_{IB} ATTENUATION RATIO measured with an inverse BROAD BEAM CONDITION (4.4)

$F_{N,R}$ ATTENUATION RATIO calculated for a photon-emitting radionuclide, R (4.5)

4.2 NARROW BEAM CONDITION

4.2.1 General description

The ATTENUATION RATIO F_N for a given test material (or test object) shall be measured according to the arrangement for NARROW BEAM CONDITION as shown in Figure 1. This arrangement is designed to measure the ATTENUATION of the X-RAY BEAM only due to primary photons. The probability that secondary photons such as fluorescence photons or Compton scattered photons from the test object reach the RADIATION DETECTOR is minimized. The aperture in the DIAPHRAGM shall be just large enough to produce the smallest beam covering the radiation detector. An additional DIAPHRAGM (number 5 in Figure 1) shall be used to shield the RADIATION DETECTOR from SCATTERED RADIATION produced in the test object. The distance a from the test object to the reference point of the RADIATION DETECTOR on the beam axis shall be at least ten times the diameter d of the detector or ten times the diameter t of the RADIATION BEAM at the distal surface of the test object, whatever is larger, i.e. $a \geq 10 \max(d, t)$. The minimal distance of the wall or the floor from the detector (position 6 in the Figure 1) in the direction of the beam shall be 700 mm.

4.2.2 AIR KERMA RATE measurements

The AIR KERMA RATE shall be measured under three different conditions with the same RADIATION DETECTOR at the same position, where

¹ Bureau International de Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, F-92310 Sèvres, ISBN 92-822-2204-7 (set).

² National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S.Department of Commerce.

- $\dot{K}_0$ denotes the AIR KERMA RATE without the test object in the RADIATION BEAM;
- $\dot{K}_1$ the AIR KERMA RATE with the test object in the RADIATION BEAM;
- $\dot{K}_B$ the AIR KERMA RATE with the test object in the beam replaced by a sheet of material of the same shape with an ATTENUATION RATIO greater than 10^5 .

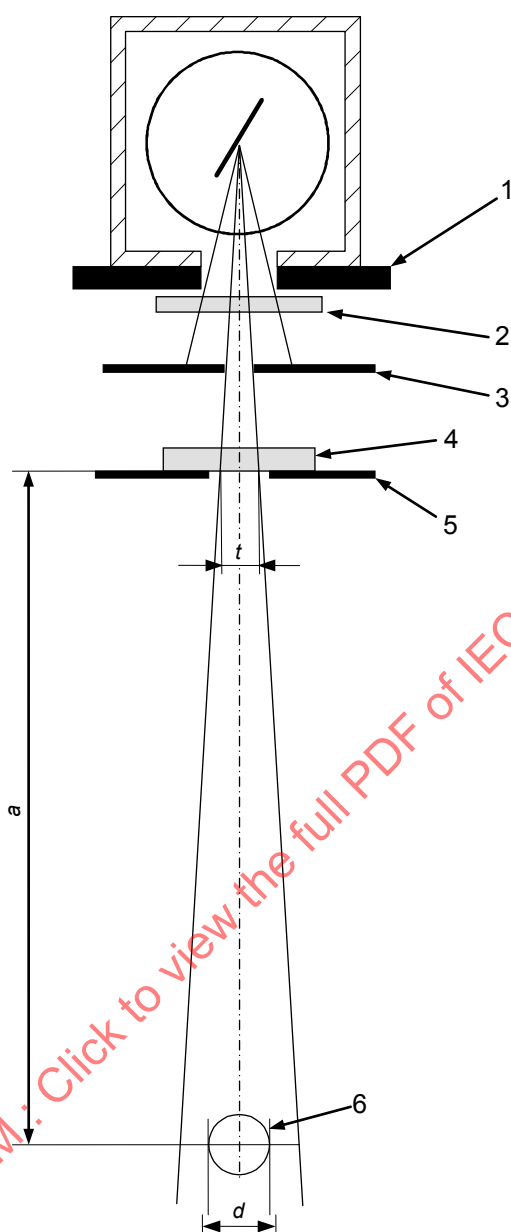
The same constant dose rate of the primary beam shall be used for the three measurements. If the mean dose rate of the primary beam varies by more than 0,2 % during the measurements, a monitor shall be used to normalize the three measurements to the same primary beam dose rate.

4.2.3 RADIATION QUALITIES and RADIATION DETECTOR

The RADIATION QUALITIES used for the measurements shall be selected from Table 1 . The RADIATION DETECTOR shall be calibrated in terms of AIR KERMA. The quotient $\dot{K}_0$ divided by $\dot{K}_1$ shall be known with a relative standard uncertainty not more than 2 %.

NOTE The AIR KERMA RESPONSE of the RADIATION DETECTOR can be measured with e.g. NARROW BEAM qualities and the RESPONSE can be plotted as a function of Al or Cu HALF-VALUE LAYERS (HVL). Tables A.4 and A.5 of this standard can be used to look up the approximate Al or Cu HVL of the non-attenuated and attenuated beams. The AIR KERMA RESPONSE in the actual beam can then be evaluated from the plot.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61331-1:2014



IEC 1444/14

- 1 DIAPHRAGM
- 2 Beam filtration
- 3 Beam-limiting DIAPHRAGM
- 4 Test object
- 5 DIAPHRAGM
- 6 Radiation detector

Condition: $a \geq 10 \max(d, t)$

Figure 1 – NARROW BEAM CONDITION

4.2.4 Signal to noise condition

The following condition shall be fulfilled:

$$\dot{K}_1 \geq 10 \dot{K}_B$$

4.2.5 ATTENUATION RATIO evaluation

The ATTENUATION RATIO F_N shall be evaluated as:

$$F_N = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

4.3 BROAD BEAM CONDITION

4.3.1 General description

The ATTENUATION RATIO F_B for a given test material (or test object) shall be measured according to the arrangement for BROAD BEAM CONDITION as shown in Figure 2. This arrangement is designed to measure the ATTENUATION of the x-ray beam if secondary photons emitted by the material sample are included in the detection of the attenuated beam. The probability that secondary photons such as fluorescence photons or Compton scattered photons from the test object reach the RADIATION DETECTOR is maximized. The distance a , from the focal spot to the radiation exit plane of the test object shall be at least three times the diameter d , of the beam limiting aperture, i.e. $a \geq 3d$. The aperture diameter d shall be at least 10 times greater than the distance b , of the reference point of the RADIATION DETECTOR from the surface of the test object, i.e. $d \geq 10b$. b shall be chosen as small as possible in order to minimize the ATTENUATION of secondary photons by the amount of air between the reference point of the RADIATION DETECTOR and the point of emission of the secondary photons from the test object. The distance between the outer wall of the chamber and the surface of the test object shall not exceed 10 mm. The minimal distance of the wall or the floor from the detector (position 6 in Figure 2) in the direction of the beam shall be 700 mm.

4.3.2 AIR KERMA RATE measurements

The AIR KERMA RATE shall be measured under three different conditions with the same RADIATION DETECTOR at the same position, where:

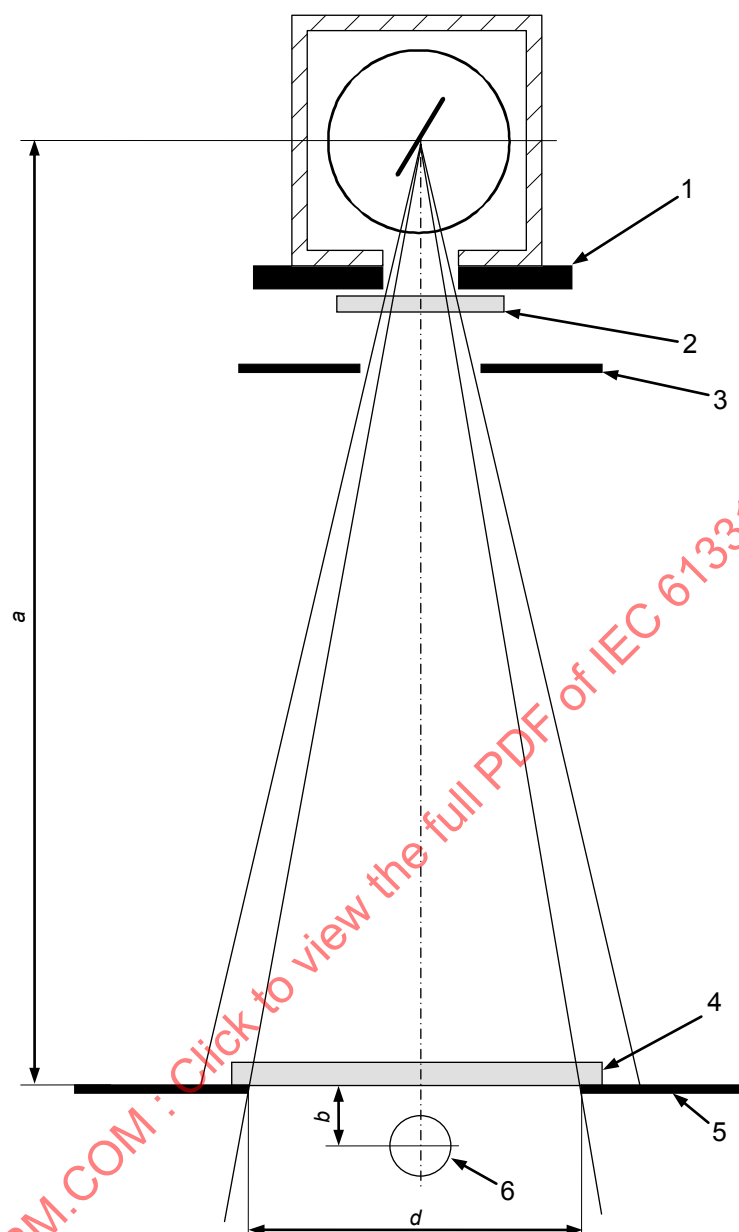
- $\dot{K}_0$ denotes the AIR KERMA RATE without the test object in the RADIATION BEAM;
- $\dot{K}_1$ the AIR KERMA RATE with the test object in the RADIATION BEAM;
- $\dot{K}_B$ the AIR KERMA RATE with the test object in the beam replaced by a sheet of material of the same shape with an ATTENUATION RATIO greater than 10^5 .

The same constant dose rate of the primary beam shall be used for the three measurements. If the mean dose rate of the primary beam varies by more than 0,2 % during the measurements a monitor shall be used to normalize the three measurements to the same primary beam dose rate. The dose rate of the primary beam at any point in the plane of the beam-limiting aperture shall not vary by more than 2 %.

4.3.3 RADIATION QUALITIES and RADIATION DETECTOR

The RADIATION QUALITIES given in Table 1 shall be used for the measurements. The RADIATION DETECTOR shall be calibrated in terms of AIR KERMA. The quotient $\dot{K}_0$ divided by $\dot{K}_1$ shall be known with a relative standard uncertainty not more than 2 %. The dependence of the response of the RADIATION DETECTOR upon the direction of incidence shall be negligibly small over a hemisphere. It is recommended to use a spherical ionisation chamber.

NOTE The AIR KERMA RESPONSE of the RADIATION DETECTOR can be measured with e.g. NARROW BEAM qualities and the RESPONSE can be plotted as a function of Al or Cu HALF-VALUE LAYERS (HVL). Tables A.4 and A.5 of this standard can be used to look up the approximate Al or Cu HVL of the non-attenuated and attenuated beams. The AIR KERMA RESPONSE in the actual beam can then be evaluated from the plot.



IEC 1445/14

- 1 DIAPHRAGM
- 2 Beam filtration
- 3 DIAPHRAGM
- 4 Test object
- 5 Beam-limiting DIAPHRAGM
- 6 Radiation detector

Conditions: $a \geq 3d$, $d \geq 10b$

Figure 2 – BROAD BEAM CONDITION

4.3.4 Signal to noise condition

The following condition shall be fulfilled:

$$\dot{K}_1 \geq 10 \dot{K}_B$$

4.3.5 ATTENUATION RATIO evaluation

The ATTENUATION RATIO F_B shall be evaluated as:

$$F_B = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

4.4 Inverse BROAD BEAM CONDITION

4.4.1 General description

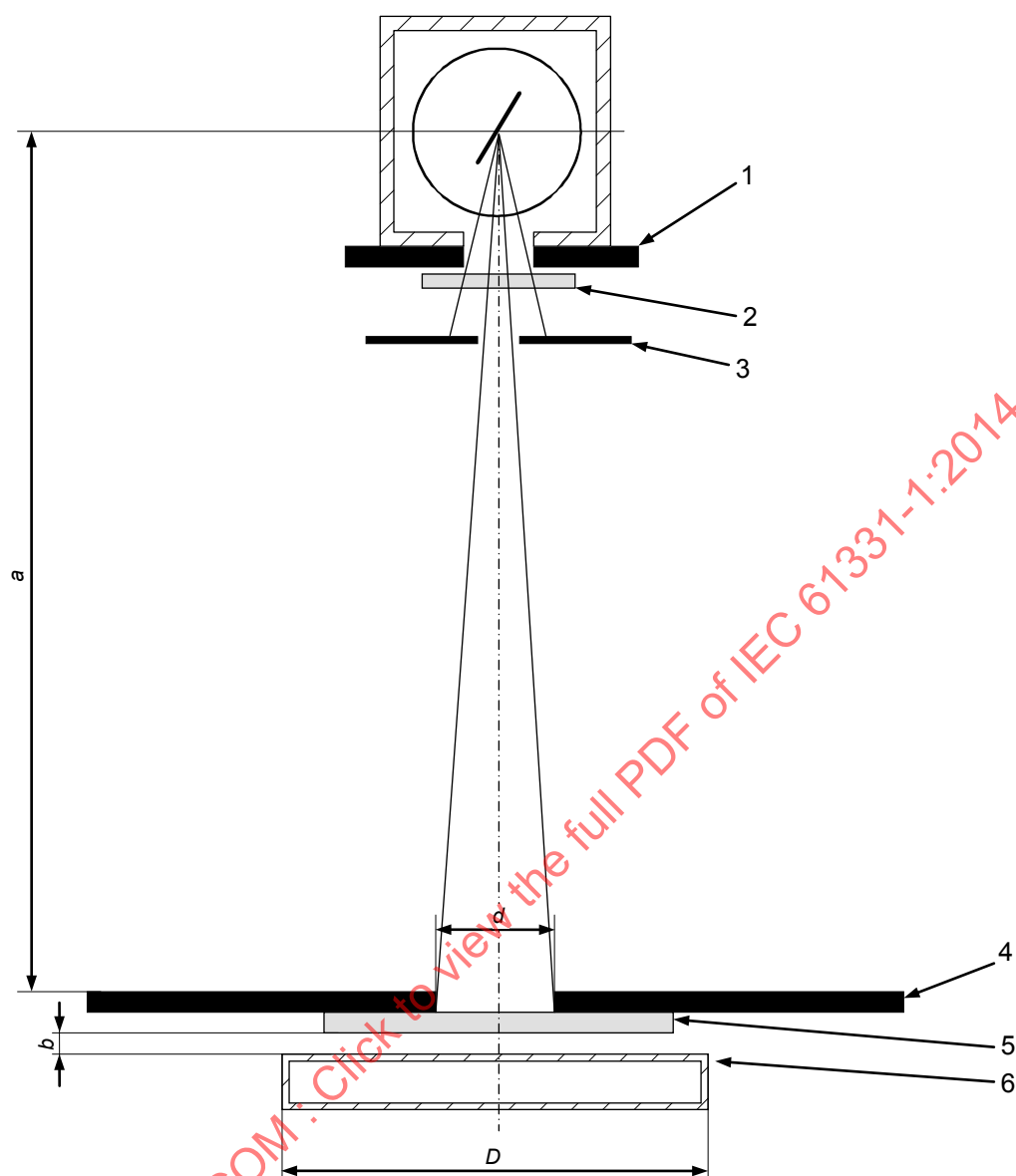
The geometry of the inverse BROAD BEAM shown in Figure 3 is an alternative method to measure the ATTENUATION RATIO F_B . In order to distinguish from the conventional method, it is designated as F_{IB} . In contrast to the conventional method described in 4.2 where a BROAD BEAM impinges on a large area piece of the test object and a small RADIATION DETECTOR closely behind the test object is used, the inverse method is characterized by a NARROW BEAM impinging on a small area piece of the test object and a large area flat RADIATION DETECTOR immediately behind the test object. A flat ionisation chamber shall be used for this purpose. This method has some advantages because it is easy to use, has low measuring uncertainties, need only small field sizes and small sheets of material. It shall be used for the determination of the ATTENUATION properties of materials used for PROTECTIVE CLOTHING and PROTECTIVE DEVICES for gonads in medical x-ray diagnostic described in IEC 61331-3. The method as described here shall not be used for RADIATION QUALITIES with X-RAY TUBE VOLTAGES above 150 kV. The distance a , from the focal spot to the entrance plane of the measuring DIAPHRAGM shall not be less than 5 times the diameter of the DIAPHRAGM aperture, d , i.e. $a \geq 5 d$. The test object can be fixed to the exit plane of the measuring DIAPHRAGM. The distance b , between the radiation exit plane of the test object and the flat ionisation chamber shall be chosen to be as close as possible. The following condition shall be fulfilled: $D - d \geq 10 b$. The distance b shall not exceed 5 mm. The minimal distance of the wall or the floor from the detector (position 6 in the Figure 3) in the direction of the beam shall be 700 mm.

4.4.2 AIR KERMA RATE measurements

The AIR KERMA RATE shall be measured under three different conditions with the same RADIATION DETECTOR at the same position, where:

- $\dot{K}_0$ denotes the AIR KERMA RATE without the test object in the RADIATION BEAM;
- $\dot{K}_1$ the AIR KERMA RATE with the test object in the RADIATION BEAM;
- $\dot{K}_B$ the AIR KERMA RATE with the test object in the beam replaced by a sheet of material of the same shape with an ATTENUATION RATIO greater than 10^5 .

The same constant dose rate of the primary beam shall be used for the three measurements. If the mean dose rate of the primary beam varies by more than 0,2 % during the measurements, a monitor shall be used to normalize the three measurements to the same primary beam dose rate.



IEC 1446/14

- 1 DIAPHRAGM
- 2 Beam filtration
- 3 DIAPHRAGM
- 4 Measuring DIAPHRAGM
- 5 Test object
- 6 Flat measuring chamber

Conditions: $a \geq 5d$, $D - d \geq 10b$, $b \leq 5$ mm

Figure 3 – Inverse BROAD BEAM CONDITION

4.4.3 RADIATION QUALITIES and RADIATION DETECTOR

The RADIATION QUALITIES given in Table 1 shall be used for the measurements. The flat ionisation chamber shall be calibrated in terms of AIR KERMA under the same irradiation conditions as used in the measurements. The quotient $\dot{K}_0$ divided by $\dot{K}_1$ shall be known with a relative standard uncertainty not more than 2%.

NOTE The AIR KERMA RESPONSE of the RADIATION DETECTOR can be measured with e.g. NARROW BEAM qualities and the RESPONSE can be plotted as a function of AI HALF-VALUE LAYERS (HVL). Table A.4 of this standard can be

used to look up the approximate AI HVL of the non-attenuated and attenuated beams. The AIR KERMA RESPONSE in the actual beam can then be evaluated from the plot.

4.4.4 Signal to noise condition

The following condition shall be fulfilled:

$$\dot{K}_1 \geq 10 \dot{K}_B$$

4.4.5 ATTENUATION RATIO evaluation

The ATTENUATION RATIO F_{IB} shall be evaluated as:

$$F_{IB} = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

4.5 Calculation of the ATTENUATION RATIO for photon-emitting radionuclides

4.5.1 Equation

The ATTENUATION RATIO $F_{N,R}$ for a given test material to protect against the photon-emitting radionuclide R shall be calculated according to the following equation:

$$F_{N,R} = \frac{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{air} p(E_i) E_i}{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{air} p(E_i) E_i e^{\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho} \right)_m d}} , E_i \geq 20 \text{ keV}$$

where

E_i is the energy of the i -th photon emitted per decay

$p(E_i)$ is the photon emission probability per decay event for photons with energy E_i

$\left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{air}$ is the mass energy-absorption coefficient of air for photons with energy E_i

$\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho} \right)_m$ is the mass ATTENUATION COEFFICIENT of the test material for photons with energy E_i

d is the thickness of the test material

ρ is the density of the test material

4.5.2 Decay data

Photon energies E_i and photon emission probabilities $p(E_i)$ shall be taken from the Monographie BIPM-5: Table of Radionuclides.

4.5.3 Mass ATTENUATION and mass energy-absorption coefficients

Mass ATTENUATION and mass energy-absorption coefficients shall be taken from NISTIR 5632: Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients.

4.5.4 Verification of the mass- ATTENUATION COEFFICIENTS of the test material

The test material's mass ATTENUATION COEFFICIENTS used in 4.5.1 shall be verified by comparison of measured values of F_N according to 4.2 with calculated values $F_{N,C}$ according to the procedure described in the following. A set of standard RADIATION QUALITIES of Tables 1 and 2 shall be used which covers approximately the energy range of the photons emitted by the radionuclide. Measurements for the standard gamma RADIATION QUALITIES listed in Table 2 shall be done with a NARROW BEAM CONDITION similar to that shown in Figure 1. The distribution of the photon fluence with respect to the photon energies of the standard RADIATION QUALITIES shall be known for this purpose. The value of F_N of the photon fluence spectra shall be evaluated according to the following formula:

$$F_{N,C} = \frac{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}} \phi(E_i) E_i}{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}} \phi(E_i) E_i e^{-\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho} \right)_m d \rho}}$$

where

E_i is the energy attributed to the channel i containing all photons with energies between $E_i - \frac{\Delta}{2}$ and $E_i + \frac{\Delta}{2}$

$\phi(E_i)$ is the number of photons contained in channel i

and the other symbols have the same meaning as in the equation of 4.5.1.

The condition $|1 - F_N / F_{N,C}| \leq 0,2$ shall be fulfilled for the chosen set of qualities.

Table 1 – Standard RADIATION QUALITIES for X-RAY BEAMS

Tube voltage (nominal) kV	TOTAL FILTRATION (nominal)		1st HVL (nominal)		AIR KERMA RATE 1 m, 10 mA (approximately) mGy/s
	mm Al	mm Cu	mm Al	mm Cu	
30	2,5		0,99		0,1
40	2,5		1,44		0,2
50	2,5		1,81		0,3
60	2,5		2,14		0,4
70	2,5		2,44		0,5
80	2,5		2,77		0,6
90	2,5		3,10		0,8
100	2,5		3,44		0,9
110	2,5		3,79		1,0
120	2,5		4,13		1,2
130	2,5		4,48		1,4
140	2,5		4,82		1,6
150	2,5		5,17		2
200		1,2	14,6	1,63	1
250		1,8	16,8	2,53	1,5
300		2,5	18,6	3,37	2
400		3,5	20,8	4,51	3

The X-RAY TUBE VOLTAGE shall not differ from the nominal values by more than 2 % or 2 kV, whatever is less. The aluminium filter shall be of 99,9 % purity or higher and density $2,70 \text{ g cm}^{-3}$. The copper filter shall be of 99,9 % purity or higher and density $8,90 \text{ g cm}^{-3}$. The thickness of the aluminium and copper filters shall not differ from the nominal values by more than 0,1 mm. The first Al and Cu HALF-VALUE LAYERS and the approximate AIR KERMA RATES are given for information only.

Table 2 – Standard gamma RADIATION QUALITIES according to ISO 4037-1

Gamma sources	Code ISO 4037	RADIATION ENERGY keV	Half life days	AIR KERMA RATE constant of the pure source $\mu\text{Gy h}^{-1} \text{ m}^2 \text{ MBq}^{-1}$
Cs-137	S-Cs	661,6	11 050	0,079
Co-60	S-Co	1 173,3; 1 332,5	1 925,5	0,31

5 Determination of ATTENUATION properties

5.1 ATTENUATION RATIO

5.1.1 Determination

The ATTENUATION RATIOS F_N , F_B , F_{IB} and $F_{N,R}$ shall be determined according to 4.2, 4.3, 4.4 and 4.5, respectively.

5.1.2 Indication

The ATTENUATION RATIOS F_N , F_B , F_{IB} and $F_{N,R}$ shall be indicated by its numerical value together with the method of determination (NARROW BEAM, BROAD BEAM, inverse BROAD BEAM, or calculated) and the RADIATION QUALITY in terms of the beam code, the X-RAY TUBE VOLTAGE and HALF-VALUE LAYER or the code of the radionuclide (see Clause 6).

5.2 BUILD-UP FACTOR

5.2.1 Determination

The BUILD-UP FACTOR B shall be determined according to the equations

$$B = \frac{F_N}{F_B} \text{ or } B = \frac{F_N}{F_{IB}}$$

depending on the method used for the BROAD BEAM measurement, where F_N , F_B and F_{IB} refer to the numbers obtained by measurements according to 4.2, 4.3 and 4.4, respectively. F_N and F_B or F_N and F_{IB} , respectively, shall be done in the beam of the same x-ray facility.

5.2.2 Indication

The BUILD-UP FACTOR shall be indicated by its numerical value together with the RADIATION QUALITY in terms of the beam code, the X-RAY TUBE VOLTAGE and HALF-VALUE LAYER (see Clause 6).

5.3 ATTENUATION EQUIVALENT

5.3.1 Determination

The ATTENUATION EQUIVALENTS δ_N , δ_B , δ_{IB} and $\delta_{N,R}$ shall be determined by measurements of F_N , F_B and F_{IB} according to 4.2, 4.3 and 4.4, or calculations of $F_{N,R}$ according to 4.5, respectively, for the material under test and by comparison with the thickness of a layer of the reference material resulting within given tolerances in the same values of F_N , F_B , F_{IB} and

$F_{N,R}$, respectively. The measurements for the material and the reference material shall be done in the same beam of the same x-ray facility.

5.3.2 Indication

The ATTENUATION EQUIVALENT shall be indicated in thickness of the reference material in mm together with the method used for the determination (NARROW BEAM, BROAD BEAM, inverse BROAD BEAM or calculated), the chemical symbol or other identification of the reference material and the RADIATION QUALITY in terms of the beam code, the X-RAY TUBE VOLTAGE and HALF-VALUE LAYER or the code of the radionuclide (see Clause 6).

5.4 LEAD EQUIVALENT

5.4.1 Determination

The LEAD EQUIVALENT shall be determined as ATTENUATION EQUIVALENT, but with (a) layer(s) of lead as reference material.

NOTE LEAD EQUIVALENT values of a test material can be obtained by interpolation from measured ATTENUATION RATIOS of lead sheets of different thicknesses covering the range of interest.

5.4.2 Indication

The LEAD EQUIVALENT shall be indicated in thickness of lead in mm together with the chemical symbol for lead and the method used for the determination (NARROW BEAM, BROAD BEAM, inverse BROAD BEAM, calculated) and the RADIATION QUALITY in terms of the X-RAY TUBE VOLTAGE and HALF-VALUE LAYER or the code of the radionuclide (see Clause 6).

5.5 LEAD EQUIVALENT class for a SPECIFIED range of RADIATION QUALITIES

5.5.1 Materials

Some materials used for PROTECTIVE CLOTHING and protective patient shields in medical x-ray diagnostic as described in IEC 61331-3 need the definition of the LEAD EQUIVALENT value for a SPECIFIED range of RADIATION QUALITIES. The conditions for the assignment of such a value are described in the following subclauses.

5.5.2 Standard thicknesses

The LEAD EQUIVALENT value shall be assigned to a material for one of the following classes of lead thickness: 0,25 mm, 0,35 mm, 0,5 mm and 1 mm.

5.5.3 Conditions for assignment to a LEAD EQUIVALENT class

The LEAD EQUIVALENT class shall be assigned to a material if at least one of the following two conditions is fulfilled for a SPECIFIED range of RADIATION QUALITIES selected from the full range 30 kV – 150 kV, see Table 1:

- 1) The ATTENUATION RATIO F_{IB} of a material for a special RADIATION QUALITY is greater than 250.
- 2) The LEAD EQUIVALENT δ_{IB} , by definition determined with the inverse BROAD BEAM method according to 4.4, is equal or greater than a standard thickness of lead SPECIFIED in 5.5.2. A relative standard uncertainty of 7 % in the determination of the LEAD EQUIVALENT shall be taken into account in the decision of conformity, thus, if t_{PB} is the standard lead thickness and δ_{IB} is the LEAD EQUIVALENT of the test material, the condition can be written as:

$$\delta_{IB} \geq 0,93 t_{PB}$$

5.5.4 Indication

The LEAD EQUIVALENT range shall be indicated in the standard thickness of lead in mm together with the chemical symbol for lead followed by the specification of the X-RAY TUBE VOLTAGE range in kV (see Clause 6).

5.6 Homogeneity

5.6.1 Determination

The homogeneity of a protective material shall be determined from measured values of F_N obtained over the area of the test object under the conditions of 4.2 and the corresponding values of ATTENUATION EQUIVALENT $\delta_{N,i}$.

These values $\delta_{N,i}$ shall be determined

- for 5 to 10 representative places, or
- continuously in representative directions over the area of the test object

The deviation from homogeneity V of the protective material shall be determined as the greatest deviation of a single value of ATTENUATION EQUIVALENT $\delta_{N,i}$ from the mean value of ATTENUATION EQUIVALENT $\bar{\delta}_N$:

$$\bar{\delta}_N = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{N,i}$$

$$V = \left| \bar{\delta}_N - \delta_{N,i} \right|_{\max}$$

5.6.2 Indication

The inhomogeneity shall be indicated together with the ATTENUATION EQUIVALENT as tolerance in the same units, e.g.:

3 mm $\pm$ 0,2 mm Pb, NARROW BEAM, 100 kV, HVL = 3,44 mm Al (see Clause 6).

6 Statement of compliance

If for SPECIFIED ATTENUATION properties compliance with this part of IEC 61331 shall be stated, this shall be indicated as follows, e.g.:

- attenuation ratio 2×10^2 : narrow beam 200 kV HVL = 1,64 mm Cu IEC 61331-1:2014;
- attenuation ratio 20: narrow beam Cs-137 IEC 61331-1:2014;
- attenuation ratio 15: calculated Ir-192 IEC 61331-1: 2014;
- build-up factor 1,4: 150 kV HVL = 5,17 mm Al IEC 61331-1:2014;
- attenuation equivalent 2 mm Fe: narrow beam 100 kV HVL = 3,44 mm Al IEC 61331-1:2014;
- attenuation equivalent 2 mm $\pm$ 0,1 mm Fe: narrow beam 100 kV HVL = 3,44 mm Al IEC 61331-1:2014;
- lead equivalent 1 mm Pb: narrow beam 300 kV HVL = 3,37 mm Cu IEC 61331-1:2014;
- lead equivalent 1 mm Pb: broad beam 300 kV HVL = 3,37 mm Cu IEC 61331-1:2014;
- lead equivalent 0,25 mm Pb: inverse broad beam 60 – 120 kV IEC 61331-1:2014.

Annex A

(informative)

Tables of ATTENUATION RATIOS, BUILD-UP FACTORS and first HALF-VALUE LAYERS

Tables A.1 to A.5 contain calculated values of ATTENUATION RATIOS, BUILD-UP FACTORS and first HALF-VALUE LAYERS of the RADIATION QUALITIES of Table 1 when filtered with additional layers of the reference material lead. Calculations are based on primary photon fluence spectra measured at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany. The values serve as guidance for testing laboratories to confirm their results. Actual values measured at testing laboratories may differ from these values by several percent due to differences in the photon fluence spectra and RADIATION DETECTORS used in measurements.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61331-1:2014

**Table A.1 – ATTENUATION RATIOS F_N of lead thicknesses from 0,125 mm to 2 mm
calculated for RADIATION QUALITIES of Table 1 according to the formula given in 4.5.4**

mm Pb	30 kV	40 kV	50 kV	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100 kV	110 kV	120 kV	130 kV	140 kV	150 kV
0	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
0,125	8,65E+02	7,84E+01	2,70E+01	1,49E+01	1,01E+01	7,41E+00	5,88E+00	5,06E+00	4,53E+00	4,14E+00	3,83E+00	3,57E+00	3,36E+00
0,25	1,64E+05	1,50E+03	1,98E+02	6,63E+01	3,31E+01	1,97E+01	1,37E+01	1,11E+01	9,67E+00	8,67E+00	7,87E+00	7,19E+00	6,61E+00
0,35		1,24E+04	7,78E+02	1,79E+02	7,12E+01	3,68E+01	2,33E+01	1,84E+01	1,59E+01	1,42E+01	1,28E+01	1,16E+01	1,05E+01
0,5			5,08E+03	6,74E+02	1,95E+02	8,29E+01	4,64E+01	3,54E+01	3,04E+01	2,71E+01	2,44E+01	2,20E+01	1,96E+01
1				3,14E+04	3,34E+03	7,89E+02	3,04E+02	2,10E+02	1,78E+02	1,61E+02	1,47E+02	1,32E+02	1,14E+02
1,5					4,09E+04	5,53E+03	1,48E+03	9,42E+02	7,82E+02	7,10E+02	6,58E+02	5,97E+02	5,15E+02
2						3,35E+04	6,24E+03	3,72E+03	3,03E+03	2,75E+03	2,57E+03	2,37E+03	2,04E+03

Table A.2 – BUILD-UP FACTOR B measured for RADIATION QUALITIES of Table 1 according to the formula given in 5.2.1 for lead thicknesses 0,25 mm, 0,35 mm and 0,50 mm

mm Pb	50 kV	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100kV	110 kV	120 kV	130 kV	140 kV	150 kV
0,25	1,29	1,26	1,23	1,20	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,28	1,28
0,35	1,37	1,31	1,27	1,24	1,22	1,24	1,27	1,30	1,32	1,33	1,33
0,50	1,47	1,35	1,32	1,28	1,26	1,29	1,33	1,38	1,41	1,43	1,44

NOTE Values were obtained from the measured ratio $B = \frac{F_N}{F_{IB}}$ (see 5.2.1).

Table A.3 – ATTENUATION RATIOS F_N of lead thicknesses from 0,125 mm to 7 mm calculated for RADIATION QUALITIES of Tables 1 and 2 according to the formula given in 4.5.4

mm Pb	200 kV	250 kV	300 kV	400 kV	662 keV	1 325 keV
0	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
0,125	1,62E+00	1,44E+00	1,32E+00	1,20E+00	1,02E+00	1,01E+00
0,25	2,49E+00	1,97E+00	1,68E+00	1,41E+00	1,03E+00	1,02E+00
0,35	3,41E+00	2,48E+00	1,99E+00	1,58E+00	1,04E+00	1,02E+00
0,5	5,27E+00	3,38E+00	2,51E+00	1,85E+00	1,06E+00	1,03E+00
1	1,81E+01	7,95E+00	4,78E+00	2,84E+00	1,13E+00	1,07E+00
1,5	5,11E+01	1,61E+01	8,12E+00	4,06E+00	1,21E+00	1,10E+00
2	1,30E+02	3,02E+01	1,30E+01	5,57E+00	1,28E+00	1,14E+00
2,5	3,11E+02	5,37E+01	2,00E+01	7,46E+00	1,37E+00	1,18E+00
3	7,06E+02	9,26E+01	3,01E+01	9,79E+00	1,46E+00	1,22E+00
3,5	1,55E+03	1,56E+02	4,44E+01	1,27E+01	1,55E+00	1,26E+00
4	3,31E+03	2,57E+02	6,44E+01	1,63E+01	1,65E+00	1,31E+00
4,5	6,94E+03	4,17E+02	9,23E+01	2,06E+01	1,75E+00	1,35E+00
5	1,43E+04	6,71E+02	1,31E+02	2,60E+01	1,87E+00	1,40E+00
5,5	2,91E+04	1,07E+03	1,85E+02	3,26E+01	1,99E+00	1,44E+00
6	5,84E+04	1,68E+03	2,58E+02	4,06E+01	2,12E+00	1,49E+00
6,5	1,16E+05	2,63E+03	3,58E+02	5,03E+01	2,25E+00	1,54E+00
7	2,30E+05	4,09E+03	4,95E+02	6,22E+01	2,40E+00	1,59E+00

**Table A.4 – First HALF-VALUE LAYERS in mm Al of RADIATION QUALITIES
of Table 1 as a function of additional lead filters of different thicknesses
in the range from 0,125 mm to 2 mm**

mm Pb	30 kV	40 kV	50 kV	60 kV	70 kV	80 kV	90 kV	100 kV	110 kV	120 kV	130 kV	140 kV	150 kV
0	1,0	1,4	1,8	2,1	2,4	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2
0,125	1,8	3,0	4,2	5,3	6,3	7,2	7,9	8,4	8,9	9,2	9,6	10,0	10,3
0,25	2,0	3,5	5,1	6,4	7,6	8,6	9,4	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,5
0,35	2,0	3,7	5,4	6,9	8,2	9,3	10,1	10,5	10,7	11,0	11,3	11,6	12,0
0,5	2,1	3,9	5,8	7,4	8,8	9,9	10,7	11,1	11,3	11,5	11,7	12,1	12,5
1	2,4	4,2	6,3	8,1	9,7	10,9	11,8	12,1	12,2	12,3	12,5	12,8	13,3
1,5	2,5	4,4	6,5	8,4	10,1	11,3	12,4	12,6	12,7	12,7	12,8	13,1	13,6
2	2,6	4,5	6,6	8,6	10,3	11,6	12,7	12,9	12,9	13,0	13,0	13,2	13,8

**Table A.5 – First HALF-VALUE LAYERS in mm Cu of RADIATION QUALITIES
of Table 1 as a function of additional lead filters of different thicknesses
in the range from 0,125 mm to 4 mm**

mm Pb	200 kV	250 kV	300 kV	400 kV
0	1,6	2,5	3,4	4,5
0,125	1,8	2,8	3,7	4,9
0,25	2,0	3,1	4,0	5,1
0,35	2,2	3,3	4,2	5,3
0,5	2,4	3,6	4,5	5,5
1	3,0	4,2	5,0	6,0
1,5	3,4	4,6	5,3	6,3
2	3,7	4,9	5,5	6,5
2,5	3,9	5,0	5,7	6,6
3	4,1	5,1	5,8	6,7
3,5	4,2	5,2	5,9	6,8
4	4,3	5,3	5,9	6,9

Bibliography

IEC 61331-3, *Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 3: Protective clothing and protective devices for gonads*

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61331-1:2014

Index of defined terms used in this International Standard

NOTE In the present document terms defined either in IEC 60601-1:2005 and IEC 60601-1:2005/AMD1:2012, IEC 60601-1-3:2008 and IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013, in IEC/TR 60788:2004 or in this International Standard have been used. These defined terms can be looked up at the IEC website <http://std.iec.ch/glossary>.

AIR KERMA	IEC 60601-1-3:2008, 3.4
AIR KERMA RATE	IEC 60601-1-3:2008, 3.5
ATTENUATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.7
ATTENUATION COEFFICIENT	IEC/TR 60788:2004, rm-13-39
ATTENUATION EQUIVALENT	IEC/TR 60788:2004, rm-13-37
ATTENUATION RATIO	3.1
BROAD BEAM	IEC/TR 60788:2004, rm-37-24
BROAD BEAM CONDITION	IEC/TR 60788:2004, rm-37-25
BUILD-UP FACTOR	IEC/TR 60788:2004, rm-13-19
DIAPHRAGM	IEC 60601-1-3:2008, 3.17
HALF-VALUE LAYER	IEC 60601-1-3:2008, 3.27
IONIZING RADIATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.29
LEAD EQUIVALENT	IEC/TR 60788:2004, rm-13-38
NARROW BEAM	IEC/TR 60788:2004, rm-37-22
NARROW BEAM CONDITION	IEC/TR 60788:2004, rm-37-23
PROTECTIVE CLOTHING	IEC 60601-1-3:2008, 3.50
PROTECTIVE DEVICE	IEC 60601-1-3:2008, 3.50
RADIATION BEAM	IEC 60601-1-3:2008, 3.55
RADIATION DETECTOR	IEC 60601-1-3:2008, 3.57
RADIATION ENERGY	IEC/TR 60788:2004, rm-13-29
RADIATION QUALITY	IEC 60601-1-3:2008, 3.60
RADIATION QUANTITY	IEC/TR 60788:2004, rm-13-01
SENSITIVE VOLUME	IEC/TR 60788:2004, rm-51-07
SPECIFIED	IEC/TR 60788:2004, rm-74-02
TOTAL FILTRATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.77
X-RADIATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.53
X-RAY TUBE VOLTAGE	IEC 60601-1-3:2008, 3.88

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	31
4 Méthodes de détermination de l'INDICE D'ATTENUATION	31
4.1 Généralités	31
4.2 CONDITION DE FAISCEAU ETROIT	31
4.2.1 Description générale	31
4.2.2 Mesures du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR	32
4.2.3 QUALITES DE RAYONNEMENT et DETECTEUR DE RAYONNEMENT	32
4.2.4 Condition de signal sur bruit	33
4.2.5 Évaluation de l'INDICE D'ATTENUATION	34
4.3 CONDITION DE FAISCEAU LARGE	34
4.3.1 Description générale	34
4.3.2 Mesures du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR	34
4.3.3 QUALITES DE RAYONNEMENT et DETECTEUR DE RAYONNEMENT	34
4.3.4 Condition de signal sur bruit	36
4.3.5 Évaluation de l'INDICE D'ATTENUATION	36
4.4 CONDITION DE FAISCEAU LARGE inversé	36
4.4.1 Description générale	36
4.4.2 Mesures du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR	36
4.4.3 QUALITES DE RAYONNEMENT et DETECTEUR DE RAYONNEMENT	37
4.4.4 Condition de signal sur bruit	38
4.4.5 Évaluation de l'INDICE D'ATTENUATION	38
4.5 Calcul de l'INDICE D'ATTENUATION pour les radionucléides à émission de photons	38
4.5.1 Équation	38
4.5.2 Données de désintégration	38
4.5.3 Coefficients D'ATTENUATION massique et d'absorption de l'énergie massique	39
4.5.4 Vérification des COEFFICIENTS D'ATTENUATION massique du matériau d'essai	39
5 Détermination des propriétés D'ATTENUATION	41
5.1 INDICE D'ATTENUATION	41
5.1.1 Détermination	41
5.1.2 Indication	41
5.2 FACTEUR D'ACCUMULATION	41
5.2.1 Détermination	41
5.2.2 Indication	41
5.3 EQUIVALENT D'ATTENUATION	41
5.3.1 Détermination	41
5.3.2 Indication	41
5.4 EQUIVALENT PLOMB	42
5.4.1 Détermination	42
5.4.2 Indication	42

5.5	Classe D'EQUIVALENT PLOMB pour une plage SPECIFIEE de QUALITES DE RAYONNEMENT	42
5.5.1	Matériaux	42
5.5.2	Épaisseurs normalisées.....	42
5.5.3	Conditions d'attribution d'une classe D'EQUIVALENT PLOMB.....	42
5.5.4	Indication.....	42
5.6	Homogénéité.....	43
5.6.1	Détermination	43
5.6.2	Indication.....	43
6	Déclaration de conformité.....	43
Annexe A (informative) Tableaux des INDICES D'ATTENUATION, des FACTEURS D'ACCUMULATION et des premières COUCHES DE DEMI-ATTENUATION		44
Bibliographie.....		49
Index des termes définis utilisés dans la présente Norme internationale		50
Figure 1 –CONDITION DE FAISCEAU ETROIT.....		33
Figure 2 – CONDITION DE FAISCEAU LARGE		35
Figure 3 –CONDITION DE FAISCEAU LARGE inversé.....		37
Tableau 1 – QUALITES DE RAYONNEMENT normalisées pour les FAISCEAUX A RAYON-X		40
Tableau 2 – QUALITES DE RAYONNEMENT gamma normalisées selon l'ISO 4037-1		40
Tableau A.1 – INDICES D'ATTENUATION F_N des épaisseurs de plomb comprises entre 0,125 mm et 2 mm calculés pour les QUALITES DE RAYONNEMENT du Tableau 1 conformément à la formule indiquée en 4.5.4.....		45
Tableau A.2 – FACTEUR D'ACCUMULATION B mesuré pour les QUALITES DE RAYONNEMENT du Tableau 1 conformément à la formule indiquée en 5.2.1 pour les épaisseurs de plomb comprises entre 0,25 mm, 0,35 mm et 0,50 mm.....		46
Tableau A.3 – INDICES D'ATTENUATION F_N des épaisseurs de plomb comprises entre 0,125 mm et 7 mm calculés pour les QUALITES DE RAYONNEMENT des Tableaux 1 et 2 conformément à la formule indiquée en 4.5.4.....		46
Tableau A.4 – Premières COUCHES DE DEMI-ATTENUATION en mm d'aluminium des QUALITES DE RAYONNEMENT du Tableau 1 en fonction des filtres en plomb supplémentaires d'épaisseurs différentes dans la plage comprise entre 0,125 mm et 2 mm		47
Tableau A.5 – Premières COUCHES DE DEMI-ATTENUATION en mm de cuivre des QUALITES DE RAYONNEMENT du Tableau 1 en fonction des filtres en plomb supplémentaires d'épaisseurs différentes dans la plage comprise entre 0,125 mm et 4 mm		48

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE CONTRE LES RAYONNEMENTS X POUR DIAGNOSTIC MÉDICAL –

Partie 1: Détermination des propriétés d'atténuation des matériaux

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61331-1 a été établie par le sous-comité 62B: Appareils d'imagerie de diagnostic, du comité d'études 62 de l'IEC: Équipements électriques dans la pratique médicale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition de l'IEC 61331-1, parue en 1994. Elle constitue une révision technique. Cette deuxième édition a été adaptée pour s'appliquer à la technologie actuelle. La présente deuxième édition est en particulier applicable aux matériaux qui contiennent du plomb et à ceux qui n'en contiennent pas. Les principales modifications et extensions sont les suivantes:

- extension du domaine d'application pour couvrir les radionucléides à émission de photons;
- méthodes améliorées de détermination de l'INDICE D'ATTENUATION;
- addition d'une CONDITION dite de FAISCEAU LARGE inversé;

- addition d'une méthode de calcul de l'INDICE D'ATTENUATION des radionucléides à émission de photons;
- définition de nouvelles QUALITES DE RAYONNEMENT X et gamma normalisées utilisées pour les essais;
- addition d'une classe dite d'EQUIVALENT PLOMB;
- tableaux d'INDICES D'ATTENUATION, de FACTEURS D'ACCUMULATION et de premières COUCHES DE DEMI-ATTENUATION pour les QUALITES DE RAYONNEMENT normalisées filtrés avec différentes épaisseurs de plomb.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 62B/936/FDIS et 62B/942/RVD. Le rapport de vote 62B/942/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Dans la présente norme, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences et définitions: caractères romains;
- indications de nature informative apparaissant hors des tableaux, comme les notes, les exemples et les références: petits caractères. Le texte normatif à l'intérieur des tableaux est également en petits caractères;
- TERMES DEFINIS A L'ARTICLE 3 DE LA PRESENTE NORME OU COMME NOTES: PETITES MAJUSCULES.

Les formes verbales utilisées dans la présente norme sont conformes à l'usage donné à l'Annexe H des Directives ISO/IEC, Partie 2. Pour les besoins de la présente norme:

- "devoir" mis au présent de l'indicatif signifie que la satisfaction à une exigence ou à un essai est obligatoire pour la conformité à la présente norme;
- "il convient/il est recommandé" signifie que la satisfaction à une exigence ou à un essai est recommandée mais n'est pas obligatoire pour la conformité à la présente norme;
- "pouvoir" mis au présent de l'indicatif est utilisé pour décrire un moyen admissible pour satisfaire à une exigence ou à un essai.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61331-1, publiée sous le titre général *Dispositifs de protection radiologique contre les rayonnements X pour diagnostic médical*, figure sur le site web de la CEI.

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

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

DISPOSITIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE CONTRE LES RAYONNEMENTS X POUR DIAGNOSTIC MÉDICAL –

Partie 1: Détermination des propriétés d'atténuation des matériaux

1 Domaine d'application

La présente partie de la Norme internationale IEC 61331 s'applique aux matériaux en plaques utilisés pour la fabrication des DISPOSITIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE contre les RAYONNEMENTS X dont les QUALITES DE RAYONNEMENT sont celles générées avec des HAUTES TENSIONS RADIOGENES allant jusqu'à 400 kV et les rayonnements gamma émis par des radionucléides ayant une énergie photonique égale au plus à 1,3 MeV.

La présente Partie 1 n'est pas prévue pour être appliquée aux DISPOSITIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE lorsqu'il doit être procédé à la vérification de leurs propriétés d'ATTENUATION avant et après les périodes d'utilisation.

La présente Partie 1 spécifie les méthodes de détermination et d'indication des propriétés d'ATTENUATION des matériaux.

Les propriétés d'ATTENUATION sont indiquées dans les termes suivants:

- INDICE D'ATTENUATION;
- FACTEUR D'ACCUMULATION;
- EQUIVALENT D'ATTENUATION;

avec, selon le cas, une indication d'homogénéité et de masse surfacique.

Les manières d'énoncer les valeurs des propriétés d'ATTENUATION en conformité avec la présente partie de la Norme internationale sont incluses.

Les méthodes suivantes sont exclues du domaine d'application de la présente Norme internationale:

- les méthodes relatives aux vérifications périodiques des DISPOSITIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, en particulier des VETEMENTS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE;
- les méthodes de détermination de l'ATTENUATION procurée par les couches dans le FAISCEAU DE RAYONNEMENT; et
- les méthodes de détermination de l'ATTENUATION à des fins de protection contre les RAYONNEMENTS IONISANTS procurée par les murs et autres parties structurelles d'une installation.

2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60601-1:2005, *Appareils électromédicaux – Partie 1: Exigences générales pour la sécurité de base et les performances essentielles*
IEC 60601-1:2005/AMD1:2012

IEC 60601-1-3:2008, *Appareils électromédicaux – Partie 1-3: Exigences générales pour la sécurité de base et les performances essentielles – Norme collatérale: Radioprotection dans les appareils à rayonnement X de diagnostic*
IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013

IEC/TR 60788:2004, *Medical electrical equipment – Glossary of defined terms* (disponible en anglais seulement)

Monographie BIPM-5:2013, *Table of Radionuclides*¹

NISTIR 5632:2004, *Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients (version 1.4)* [en ligne, cité 2014-01-30] Disponible à <http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/>²

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions figurant dans l'IEC/TR 60788:2004, l'IEC 60601-1:2005 et l'IEC 60601-1:2005/AMD 1:2012 et l'IEC 60601-1-3:2008 et l'IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013 ainsi que la définition suivante s'appliquent.

3.1

INDICE D'ATTENUATION

rapport entre la valeur d'une GRANDEUR LIEE AU RAYONNEMENT SPECIFIEE au centre d'un FAISCEAU DE RAYONNEMENT SPECIFIE de QUALITE DE RAYONNEMENT SPECIFIEE, l'absorbeur considéré étant situé à l'extérieur du faisceau, et la valeur définie dans la même position et dans les mêmes conditions, l'absorbeur étant placé à l'intérieur du faisceau

4 Méthodes de détermination de l'INDICE D'ATTENUATION

4.1 Généralités

Quatre conditions différentes sont décrites dans la présente norme pour déterminer les INDICES D'ATTENUATION, F:

F_N INDICE D'ATTENUATION mesuré en CONDITION DE FAISCEAU ÉTROIT (4.2)

F_B INDICE D'ATTENUATION mesuré en CONDITION DE FAISCEAU LARGE (4.3)

F_{IB} INDICE D'ATTENUATION mesuré en CONDITION DE FAISCEAU LARGE inversé (4.4)

$F_{N,R}$ INDICE D'ATTENUATION calculé pour un radionucléide à émission de photons, R (4.5)

4.2 CONDITION DE FAISCEAU ÉTROIT

4.2.1 Description générale

L'INDICE d'ATTENUATION F_N pour un matériau d'essai (ou un objet soumis à l'essai) donné doit être mesuré selon le dispositif pour la CONDITION DE FAISCEAU ÉTROIT tel qu'il est représenté à la Figure 1. Ce dispositif est conçu pour mesurer l'ATTENUATION du FAISCEAU A RAYON X résultant uniquement de photons primaires. La probabilité que des photons secondaires tels que des photons à fluorescence ou des photons diffusés par l'effet Compton provenant de l'objet soumis à l'essai atteignent le DETECTEUR DE RAYONNEMENT est minimisée. L'ouverture dans le DIAPHRAGME doit être juste assez large pour produire le plus petit faisceau couvrant le détecteur de rayonnement. Un DIAPHRAGME supplémentaire (numéro 5 dans la Figure 1) doit

¹ Bureau International de Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, F-92310 Sèvres, ISBN 92-822-2204-7 (ensemble).

² National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S.Department of Commerce.

être utilisé pour protéger le DETECTEUR DE RAYONNEMENT du RAYONNEMENT DIFFUSE, produit dans l'objet soumis à l'essai. La distance a , séparant l'objet soumis à l'essai du point de référence du DETECTEUR DE RAYONNEMENT sur l'axe du faisceau, doit être au moins égale à dix fois le diamètre d du détecteur ou dix fois le diamètre t du FAISCEAU DE RAYONNEMENT à la surface éloignée de l'objet soumis à l'essai, en prenant celle des deux valeurs qui est la plus importante, c'est-à-dire $a \geq 10 \max(d, t)$. La distance minimale entre le mur ou le sol et le détecteur (position 6 dans la Figure 1) dans la direction du faisceau doit être de 700 mm.

4.2.2 Mesures du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR

Le DÉBIT DE KERMA DANS L'AIR doit être mesuré dans trois conditions différentes avec le même DETECTEUR DE RAYONNEMENT au même emplacement où:

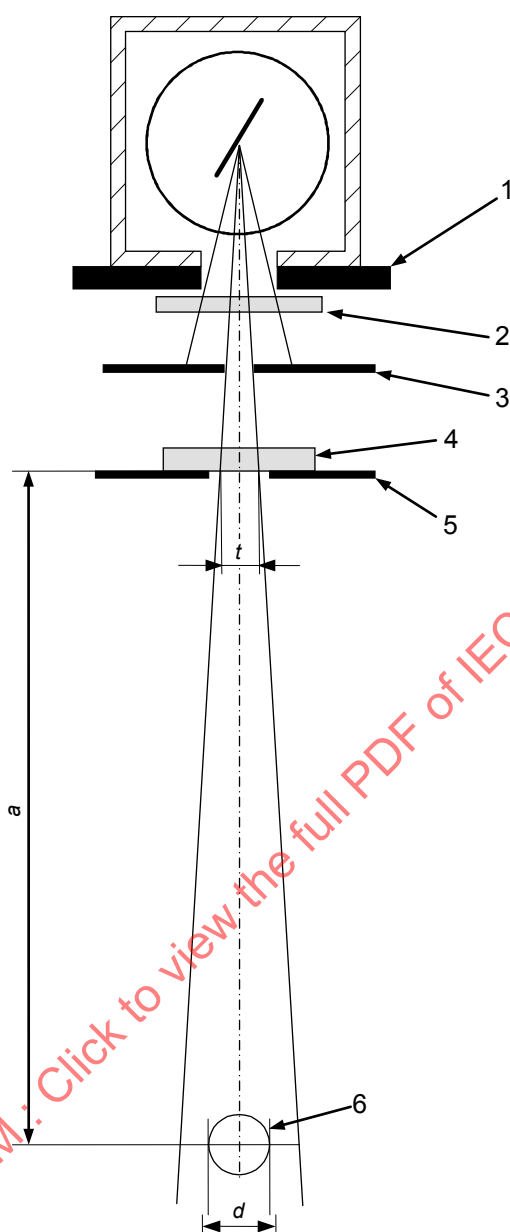
- $\dot{K}_0$ désigne le DÉBIT DE KERMA DANS L'AIR, l'objet soumis à l'essai étant placé à l'extérieur du FAISCEAU DE RAYONNEMENT;
- $\dot{K}_1$ DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, l'objet soumis à l'essai étant placé à l'intérieur du FAISCEAU DE RAYONNEMENT;
- $\dot{K}_B$ DEBIT DE KERMA DANS L'AIR en remplaçant l'objet soumis à l'essai placé dans le faisceau par une plaque de matériau de la même forme avec un INDICE D'ATTENUATION supérieur à 10^5 .

Le même débit de dose constant du faisceau primaire doit être utilisé pour les trois mesures. Si le débit de dose moyen du faisceau primaire varie de plus de 0,2 % au cours des mesures, on doit utiliser un moniteur pour normaliser les trois mesures selon le même débit de dose du faisceau primaire.

4.2.3 QUALITES DE RAYONNEMENT et DETECTEUR DE RAYONNEMENT

Les QUALITES DE RAYONNEMENT utilisées pour les mesures doivent être choisies dans le Tableau 1. Le DETECTEUR DE RAYONNEMENT doit être étalonné en termes de KERMA DANS L'AIR. Le quotient $\dot{K}_0$ divisé par $\dot{K}_1$ doit être connu avec une incertitude normalisée relative inférieure ou égale à 2 %.

NOTE La réponse du KERMA DANS L'AIR du DETECTEUR DE RAYONNEMENT peut être mesurée en utilisant, par exemple, les qualités du FAISCEAU ETROIT et la réponse peut être représentée en fonction des COUCHES DE DEMI-ATTENUATION (CDA) d'aluminium ou de cuivre. Les Tableaux A.4 et A.5 de la présente norme peuvent être utilisés pour vérifier les CDA approximatives d'aluminium ou de cuivre des faisceaux atténués et non atténués. La REPONSE du KERMA DANS L'AIR dans le faisceau réel peut alors être évaluée à partir du schéma.



IEC 1444/14

- 1 DIAPHRAGME
- 2 Filtration du faisceau
- 3 DIAPHRAGME de limitation du faisceau
- 4 Objet soumis à l'essai
- 5 DIAPHRAGME
- 6 Détecteur de rayonnement

Condition: $a \geq 10 \max(d, t)$

Figure 1 –CONDITION DE FAISCEAU ETROIT

4.2.4 Condition de signal sur bruit

La condition suivante doit être remplie:

$$\dot{K}_1 \geq 10 \dot{K}_B$$

4.2.5 Évaluation de l'INDICE D'ATTENUATION

L'INDICE D'ATTENUATION F_N doit être évalué comme suit:

$$F_N = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

4.3 CONDITION DE FAISCEAU LARGE

4.3.1 Description générale

L'INDICE D'ATTENUATION F_B pour un matériau d'essai (ou un objet soumis à l'essai) donné doit être mesuré selon le dispositif pour la CONDITION DE FAISCEAU LARGE tel que représenté à la Figure 2. Ce dispositif est destiné à mesurer l'ATTENUATION du faisceau à rayon X si des photons secondaires émis par l'échantillon de matériau sont inclus dans la détection du faisceau atténué. La probabilité que des photons secondaires tels que des photons à fluorescence ou des photons diffusés par l'effet Compton provenant de l'objet soumis à l'essai atteignent le DETECTEUR DE RAYONNEMENT est optimisée. La distance a , comprise entre le foyer et le plan de sortie du rayonnement de l'objet soumis à l'essai, doit être au moins égale au triple du diamètre d , de l'ouverture de limitation du faisceau, c'est-à-dire $a \geq 3d$. Le diamètre d'ouverture d doit être au moins 10 fois supérieur à la distance b , du point de référence du DETECTEUR DE RAYONNEMENT par rapport à la surface de l'objet soumis à l'essai, c'est-à-dire $d \geq 10b$. b doit avoir la plus petite valeur possible afin de minimiser l'ATTENUATION des photons secondaires par la quantité d'air entre le point de référence du DETECTEUR DE RAYONNEMENT et le point d'émission des photons secondaires à partir de l'objet soumis à l'essai. La distance entre le mur extérieur de la chambre et la surface de l'objet soumis à l'essai ne doit pas dépasser 10 mm. La distance minimale entre le mur ou le sol et le détecteur (position 6 dans la Figure 2) dans la direction du faisceau doit être de 700 mm.

4.3.2 Mesures du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR

Le DEBIT DE KERMA DANS L'AIR doit être mesuré dans trois conditions différentes avec le même DETECTEUR DE RAYONNEMENT au même emplacement où:

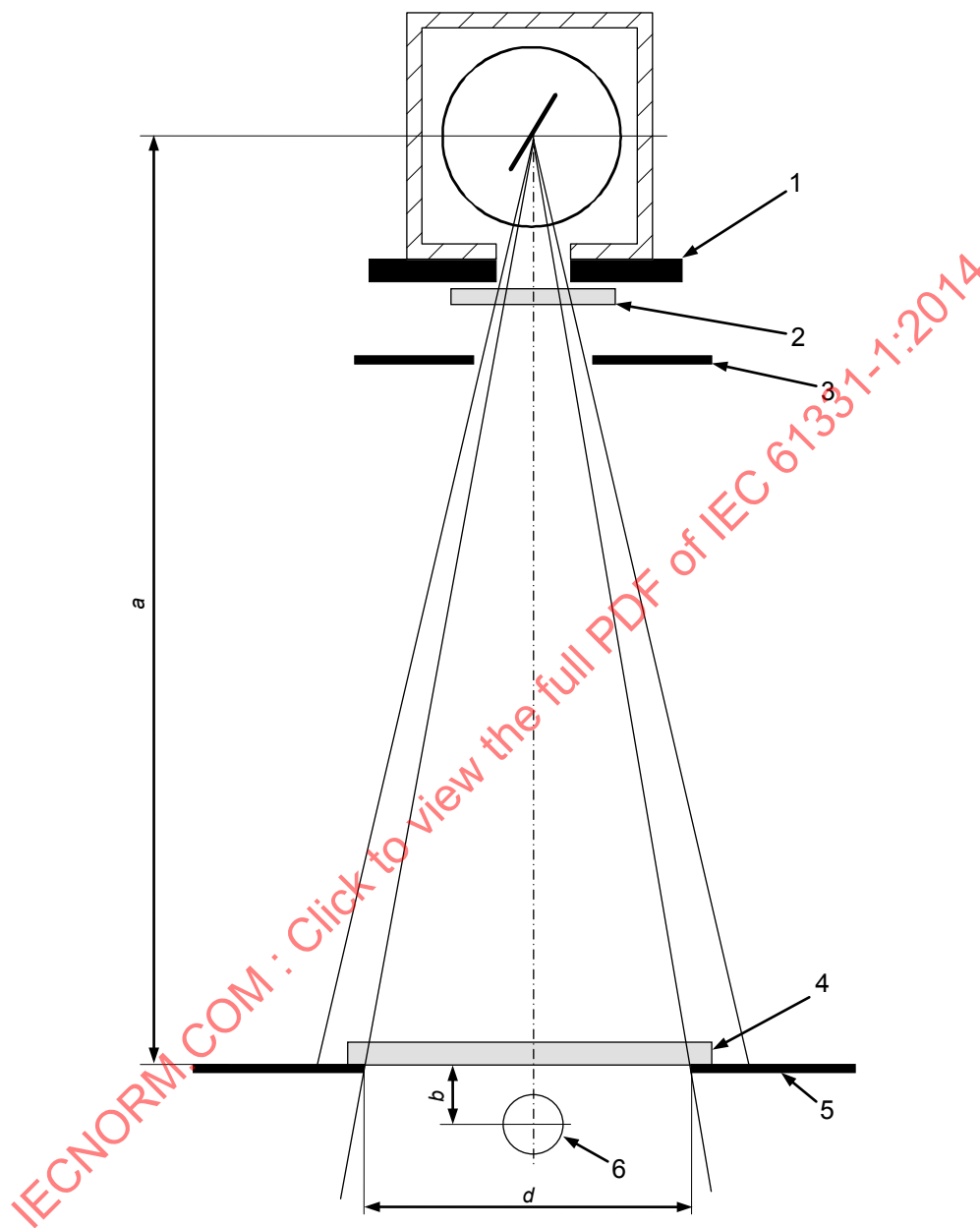
- $\dot{K}_0$ désigne le DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, l'objet soumis à l'essai étant placé à l'extérieur du FAISCEAU DE RAYONNEMENT;
- $\dot{K}_1$ DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, l'objet soumis à l'essai étant placé à l'intérieur du FAISCEAU DE RAYONNEMENT;
- $\dot{K}_B$ DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, en remplaçant l'objet soumis à l'essai placé dans le faisceau par une plaque de matériau de la même forme avec un INDICE D'ATTENUATION supérieur à 10^5 .

Le même débit de dose constant du faisceau primaire doit être utilisé pour les trois mesures. Si le débit de dose moyen du faisceau primaire varie de plus de 0,2 % au cours des mesures, on doit utiliser un moniteur pour normaliser les trois mesures selon le même débit de dose du faisceau primaire. Le débit de dose du faisceau primaire en un point quelconque du plan de l'ouverture de limitation du faisceau ne doit pas varier de plus de 2 %.

4.3.3 QUALITES DE RAYONNEMENT et DETECTEUR DE RAYONNEMENT

Les QUALITES DE RAYONNEMENT indiquées dans le Tableau 1 doivent être utilisées pour les mesures. Le DETECTEUR DE RAYONNEMENT doit être étalonné en termes de KERMA DANS L'AIR. Le quotient $\dot{K}_0$ divisé par $\dot{K}_1$ doit être connu avec une incertitude normalisée relative inférieure ou égale à 2 %. La dépendance de la réponse du DETECTEUR DE RAYONNEMENT vis-à-vis de la direction d'incidence doit être négligeable dans un demi-plan. Il est recommandé d'utiliser une chambre d'ionisation sphérique.

NOTE La réponse du KERMA DANS L'AIR du DETECTEUR DE RAYONNEMENT peut être mesurée en utilisant, par exemple, les qualités du FAISCEAU ETROIT et la REPONSE peut être représentée en fonction des couches de demi-atténuation (CDA) d'aluminium ou de cuivre. Les Tableaux A.4 et A.5 de la présente norme peuvent être utilisés pour vérifier les CDA approximatives d'aluminium ou de cuivre des faisceaux atténués et non atténués. La REPONSE du KERMA DANS L'AIR dans le faisceau réel peut alors être évaluée à partir du schéma.



IEC 1445/14

- 1 DIAPHRAGME
- 2 Filtration du faisceau
- 3 DIAPHRAGME
- 4 Objet soumis à l'essai
- 5 DIAPHRAGME de limitation du faisceau
- 6 Détecteur de rayonnement

Conditions: $a \geq 3d$, $d \geq 10b$

Figure 2 – CONDITION DE FAISCEAU LARGE

4.3.4 Condition de signal sur bruit

La condition suivante doit être remplie:

$$\dot{K}_1 \geq 10 \dot{K}_B$$

4.3.5 Évaluation de l'INDICE D'ATTENUATION

L'INDICE D'ATTENUATION F_B doit être évalué comme suit:

$$F_B = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

4.4 CONDITION DE FAISCEAU LARGE inversé

4.4.1 Description générale

La géométrie du FAISCEAU LARGE inversé représentée à la Figure 3 constitue une méthode alternative de mesure de l'INDICE D'ATTENUATION F_B . Afin de la distinguer de la méthode classique, on la désigne par F_{IB} . Contrairement à la méthode classique décrite en 4.2 dans laquelle un FAISCEAU LARGE frappe une large zone de l'objet soumis à l'essai et où l'on utilise un petit DETECTEUR DE RAYONNEMENT placé à proximité immédiate derrière l'objet soumis à l'essai, la méthode inversée se caractérise par un FAISCEAU ETROIT frappant une petite zone de l'objet soumis à l'essai et une large zone plate du DETECTEUR DE RAYONNEMENT placé à proximité immédiate derrière l'objet soumis à l'essai. Une chambre d'ionisation plate doit être utilisée à cet effet. Cette méthode présente certains avantages car elle est facile d'utilisation, présente de faibles incertitudes de mesure, et nécessite seulement des champs et des plaques de matériau de petites dimensions. Elle doit être utilisée afin de déterminer les propriétés d'ATTENUATION des matériaux utilisés pour les VETEMENTS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE et les DISPOSITIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE des gonades dans le cadre du diagnostic médical par rayonnement X décrits dans l'IEC 61331-3. La méthode décrite ici ne doit pas être utilisée pour des QUALITES DE RAYONNEMENT dont les HAUTES TENSIONS RADIOGENES sont supérieures à 150 kV. La distance a , séparant le foyer du plan d'entrée du DIAPHRAGME de mesure ne doit pas être inférieure à 5 fois le diamètre de l'ouverture du DIAPHRAGME, d , c'est-à-dire $a \geq 5 d$. L'objet soumis à l'essai peut être fixé au plan de sortie du DIAPHRAGME de mesure. La distance b , entre le plan de sortie du rayonnement de l'objet soumis à l'essai et la chambre d'ionisation plate doit être aussi réduite que possible. La condition suivante doit être remplie: $D - d \geq 10 b$. La distance b ne doit pas dépasser 5 mm. La distance minimale entre le mur ou le sol et le détecteur (position 6 dans la Figure 3) dans la direction du faisceau doit être de 700 mm.

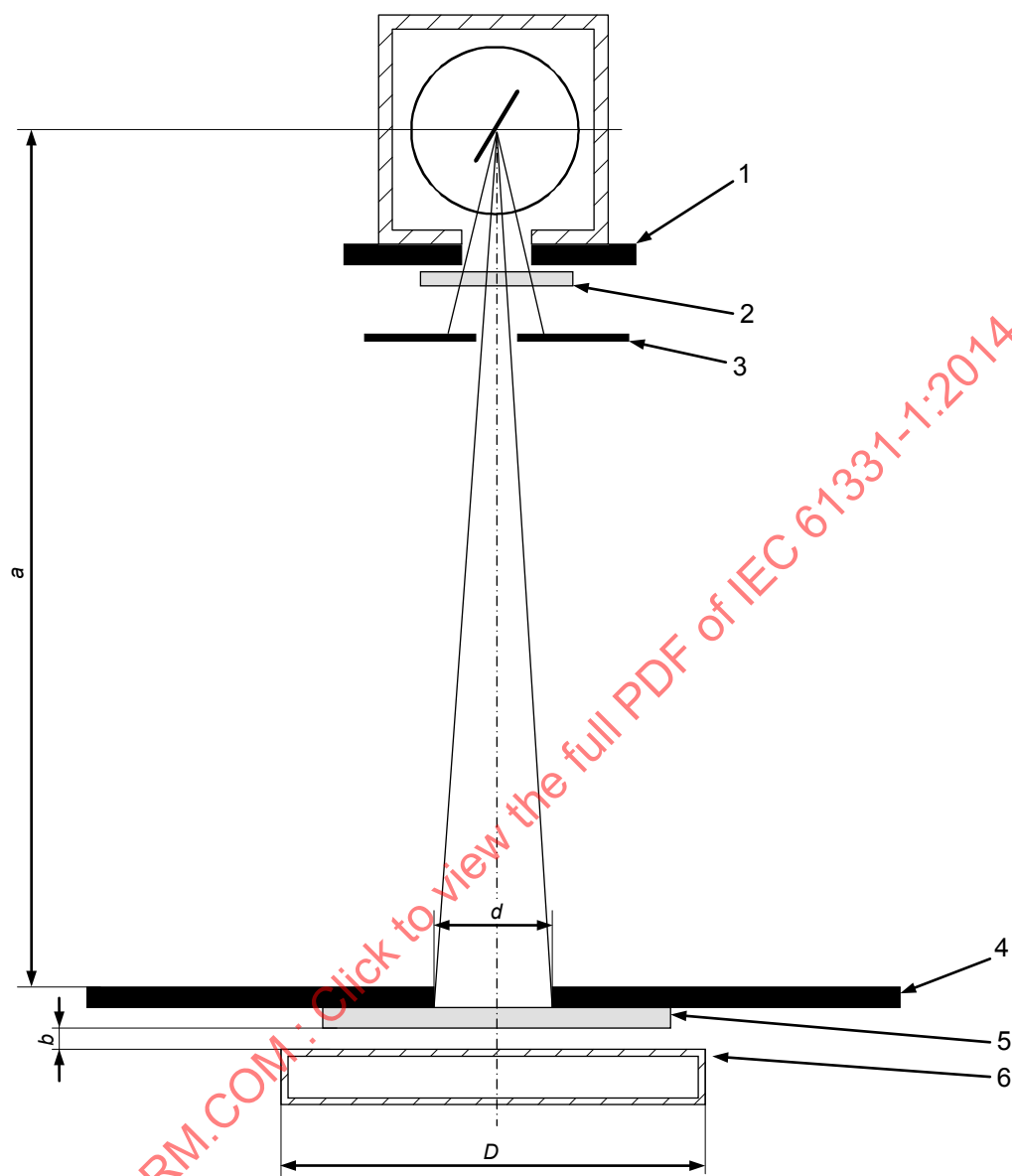
4.4.2 Mesures du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR

Le DEBIT DE KERMA DANS L'AIR doit être mesuré dans trois conditions différentes avec le même DETECTEUR DE RAYONNEMENT au même emplacement où:

- $\dot{K}_0$ désigne le DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, l'objet soumis à l'essai étant placé à l'extérieur du FAISCEAU DE RAYONNEMENT;
- $\dot{K}_1$ DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, l'objet soumis à l'essai étant placé à l'intérieur du FAISCEAU DE RAYONNEMENT;
- $\dot{K}_B$ DEBIT DE KERMA DANS L'AIR, en remplaçant l'objet soumis à l'essai placé dans le faisceau par une plaque de matériau de la même forme avec un INDICE D'ATTENUATION supérieur à 10^5 .

Le même débit de dose constant du faisceau primaire doit être utilisé pour les trois mesures. Si le débit de dose moyen du faisceau primaire varie de plus de 0,2 % environ au cours des

mesures, on doit utiliser un moniteur pour normaliser les trois mesures selon le même débit de dose du faisceau primaire.



IEC 1446/14

- 1 DIAPHRAGME
- 2 Filtration du faisceau
- 3 DIAPHRAGME
- 4 DIAPHRAGME de mesure
- 5 Objet soumis à l'essai
- 6 Chambre de mesure plate

Conditions: $a \geq 5d$, $D - d \geq 10b$, $b \leq 5 \text{ mm}$

Figure 3 –CONDITION DE FAISCEAU LARGE inversé

4.4.3 QUALITES DE RAYONNEMENT et DETECTEUR DE RAYONNEMENT

Les QUALITES DE RAYONNEMENT indiquées dans le Tableau 1 doivent être utilisées pour les mesures. La chambre d'ionisation plate doit être étalonnée en termes de KERMA DANS L'AIR dans les mêmes conditions d'irradiation que celles utilisées dans les mesures. Le quotient $\dot{K}_0$

divisé par $\dot{K}_1$ doit être connu avec une incertitude normalisée relative inférieure ou égale à 2 %.

NOTE La REPONSE DU KERMA DANS L'AIR DU DETECTEUR DE RAYONNEMENT peut être mesurée en utilisant, par exemple, les qualités du FAISCEAU ÉTROIT et la réponse peut être représentée en fonction des COUCHES DE DEMI-ATTENUATION (CDA) d'aluminium. Le Tableau A.4 de la présente norme peut être utilisé pour vérifier les CDA approximatives d'aluminium des faisceaux atténués et non-atténués. La réponse du KERMA DANS L'AIR dans le faisceau réel peut alors être évaluée à partir du schéma.

4.4.4 Condition de signal sur bruit

La condition suivante doit être remplie:

$$\dot{K}_1 \geq 10 \dot{K}_B$$

4.4.5 Évaluation de l'INDICE D'ATTENUATION

L'INDICE D'ATTENUATION F_{IB} doit être évalué comme suit:

$$F_{IB} = \frac{\dot{K}_0 - \dot{K}_B}{\dot{K}_1 - \dot{K}_B}$$

4.5 Calcul de l'INDICE D'ATTENUATION pour les radionucléides à émission de photons

4.5.1 Équation

L'INDICE D'ATTENUATION $F_{N,R}$ pour un matériau d'essai donné pour protéger contre les radionucléides à émission de photons R doit être calculé selon la formule suivante:

$$F_{N,R} = \frac{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}} p(E_i) E_i}{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}} p(E_i) E_i e^{-\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho} \right)_m d \rho}}, \quad E_i \geq 20 \text{ keV}$$

où

E_i est l'énergie du i -ème photon émis par désintégration

$p(E_i)$ est la probabilité d'émission de photons par désintégration pour les photons ayant une énergie E_i

$\left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}}$ est le coefficient d'absorption d'énergie massique de l'air pour les photons ayant une énergie E_i

$\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho} \right)_m$ est le COEFFICIENT D'ATTÉNUATION massique du matériau d'essai pour les photons ayant une énergie E_i

d est l'épaisseur du matériau d'essai

ρ est la densité du matériau d'essai

4.5.2 Données de désintégration

Les énergies de photon E_i et les probabilités d'émission de photons $p(E_i)$ doivent être extraites de la Monographie BIPM-5: Table of Radionuclides.

4.5.3 Coefficients D'ATTENUATION massique et d'absorption de l'énergie massique

Les coefficients D'ATTENUATION massique et d'absorption de l'énergie massique doivent être extraits du NISTIR 5632: Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients" [2].

4.5.4 Vérification des COEFFICIENTS D'ATTENUATION massique du matériau d'essai

Les COEFFICIENTS D'ATTENUATION massique du matériau d'essai utilisés en 4.5.1 doivent être vérifiés en comparant les valeurs mesurées de F_N conformément à 4.2 avec les valeurs calculées $F_{N,C}$ suivant la procédure décrite ci-après. On doit utiliser un ensemble de QUALITES DE RAYONNEMENT normalisées figurant dans les Tableaux 1 et 2, couvrant approximativement la gamme d'énergie des photons émis par le radionucléide. Les mesures des QUALITES DE RAYONNEMENT gamma normalisées répertoriées dans le Tableau 2 doivent être réalisées avec une CONDITION DE FAISCEAU ETROIT similaire à celle présentée à la Figure 1. La distribution de la fluence photonique par rapport aux énergies photoniques des QUALITES DE RAYONNEMENT normalisées doit être connue à cette fin. La valeur F_N des spectres de fluence photonique doit être évaluée conformément à la formule suivante:

$$F_{N,C} = \frac{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}} \phi(E_i) E_i}{\sum_i \left(\frac{\mu_{en}(E_i)}{\rho} \right)_{\text{air}} \phi(E_i) E_i e^{-\left(\frac{\mu(E_i)}{\rho} \right)_m d\rho}}$$

où

E_i est l'énergie attribuée au canal i contenant tous les photons ayant des énergies comprises entre $E_i - \frac{\Delta}{2}$ et $E_i + \frac{\Delta}{2}$

$\phi(E_i)$ est le nombre de photons contenus dans le canal i

et les autres symboles ont la même signification que dans l'équation de 4.5.1.

La condition $|1 - F_N / F_{N,C}| \leq 0,2$ doit être remplie pour l'ensemble de qualités choisi.

Tableau 1 – QUALITES DE RAYONNEMENT normalisées pour les FAISCEAUX A RAYON-X

Haute tension radiogène (nominale) kV	FILTRATION TOTALE (nominale)		1ère CDA (nominale)		DÉBIT DE KERMA DANS L'AIR 1 m, 10 mA (approximativement) mGy/s
	mm Al	mm Cu	mm Al	mm Cu	
30	2,5		0,99		0,1
40	2,5		1,44		0,2
50	2,5		1,81		0,3
60	2,5		2,14		0,4
70	2,5		2,44		0,5
80	2,5		2,77		0,6
90	2,5		3,10		0,8
100	2,5		3,44		0,9
110	2,5		3,79		1,0
120	2,5		4,13		1,2
130	2,5		4,48		1,4
140	2,5		4,82		1,6
150	2,5		5,17		2
200		1,2	14,6	1,63	1
250		1,8	16,8	2,53	1,5
300		2,5	18,6	3,37	2
400		3,5	20,8	4,51	3

La valeur de la HAUTE TENSION RADIOGENE ne doit pas s'écarter des valeurs nominales de plus de 2 % ou 2 kV, en fonction de la valeur la plus faible. Le filtre d'aluminium doit avoir une pureté d'au moins 99,9% et une densité de $2,70 \text{ g cm}^{-3}$. Le filtre de cuivre doit avoir une pureté d'au moins 99,9% et une densité de $8,90 \text{ g cm}^{-3}$. L'épaisseur des filtres d'aluminium et de cuivre ne doit pas s'écarter des valeurs nominales de plus de 0,1 mm. Les premières COUCHES DE DEMI-ATTENUATION en aluminium et en cuivre ainsi que les DEBITS DE KERMA DANS L'AIR approximatifs sont indiqués uniquement à titre d'information.

Tableau 2 – QUALITES DE RAYONNEMENT gamma normalisées selon l'ISO 4037-1

Sources gamma	Code ISO 4037	ÉNERGIE DE RAYONNEMENT keV	Demi-vie jours	Constante du DEBIT DE KERMA DANS L'AIR de la source pure $\mu\text{Gy h}^{-1} \text{ m}^2 \text{ MBq}^{-1}$
Cs-137	S-Cs	661,6	11 050	0,079
Co-60	S-Co	1 173,3; 1 332,5	1 925,5	0,31

5 Détermination des propriétés D'ATTENUATION

5.1 INDICE D'ATTENUATION

5.1.1 Détermination

Les INDICES D'ATTENUATION F_N , F_B , F_{IB} et $F_{N,R}$ doivent être déterminés respectivement selon 4.2, 4.3, 4.4 et 4.5.

5.1.2 Indication

Les INDICES D'ATTENUATION F_N , F_B , F_{IB} et $F_{N,R}$ doivent être indiqués par leur valeur numérique et par la méthode de détermination (FAISCEAU ETROIT, FAISCEAU LARGE, FAISCEAU LARGE inversé ou par calcul), la QUALITE DE RAYONNEMENT en termes de code de faisceau, de HAUTE TENSION RADIOGENE et de COUCHE DE DEMI-ATTENUATION ou de code du radionucléide (voir Article 6).

5.2 FACTEUR D'ACCUMULATION

5.2.1 Détermination

Le FACTEUR D'ACCUMULATION B doit être déterminé par les équations

$$B = \frac{F_N}{F_B} \text{ ou } B = \frac{F_N}{F_{IB}}$$

en fonction de la méthode utilisée pour la mesure de FAISCEAU LARGE, où F_N , F_B et F_{IB} font référence aux nombres obtenus par les mesures réalisées conformément à 4.2, 4.3 et au 4.4, respectivement. F_N et F_B ou F_N et F_{IB} , respectivement, doivent être mesurés dans le faisceau de la même installation à rayons X.

5.2.2 Indication

Le FACTEUR D'ACCUMULATION doit être indiqué par sa valeur numérique et par la QUALITE DE RAYONNEMENT en termes de code de faisceau, de HAUTE TENSION RADIOGENE et de COUCHE DE DEMI-ATTENUATION (voir Article 6).

5.3 EQUIVALENT D'ATTENUATION

5.3.1 Détermination

Les EQUIVALENTS D'ATTENUATION δ_N , δ_B , δ_{IB} et $\delta_{N,R}$ doivent être déterminés par les mesures de F_N , F_B et F_{IB} conformément à 4.2, 4.3 et 4.4, ou par les calculs de $F_{N,R}$ conformément à 4.5, respectivement, pour le matériau soumis à l'essai et par comparaison avec l'épaisseur d'une couche du matériau de référence produisant, dans les limites des tolérances données, les mêmes valeurs de F_N , F_B , F_{IB} et $F_{N,R}$, respectivement. Les mesures relatives au matériau et au matériau de référence doivent être réalisées dans le même faisceau de la même l'installation à rayons X.

5.3.2 Indication

L'EQUIVALENT D'ATTENUATION doit être indiqué en épaisseur du matériau de référence en mm et avec la méthode utilisée pour la détermination (FAISCEAU ETROIT, FAISCEAU LARGE, FAISCEAU LARGE inversé ou par calcul), le symbole chimique ou une autre identification du matériau de référence et la QUALITE DE RAYONNEMENT en termes de code de faisceau, de HAUTE TENSION RADIOGENE et de COUCHE DE DEMI-ATTENUATION ou de code du radionucléide (voir Article 6).