

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Medical electrical equipment – X-ray tube assemblies for medical diagnosis –
Focal spot dimensions and related characteristics**

**Appareils électromédicaux – Gainés équipées pour diagnostic médical –
Dimensions des foyers et caractéristiques connexes**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

IEC Central Office
3, rue de 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Medical electrical equipment – X-ray tube assemblies for medical diagnosis –
Focal spot dimensions and related characteristics**

**Appareils électromédicaux – Gaines équipées pour diagnostic médical –
Dimensions des foyers et caractéristiques connexes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 11.040.50

ISBN 978-2-8322-9162-7

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Determinations for the evaluation of the FOCAL SPOT characteristics.....	9
4.1 Statement of the FOCAL SPOT characteristics.....	9
4.2 Longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY	9
4.3 REFERENCE AXIS of the X-RAY TUBE ASSEMBLY	9
4.4 Direction of evaluation for the FOCAL SPOT length	9
4.5 Direction of evaluation for the FOCAL SPOT width.....	10
4.6 Directions of evaluation for distorted FOCAL SPOTS.....	10
5 FOCAL SPOT camera set-up.....	10
5.1 Overview.....	10
5.2 Diaphragm of the SLIT CAMERA.....	10
5.3 Diaphragm of the PINHOLE CAMERA.....	11
5.4 Receptor.....	12
5.5 Test arrangement.....	12
5.5.1 Position of the slit or pinhole diaphragm normal to the REFERENCE AXIS.....	12
5.5.2 Position of the slit or pinhole diaphragm along the REFERENCE AXIS.....	13
5.5.3 Orientation of the slit or pinhole diaphragm.....	14
5.5.4 Position and orientation of the receptor of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR.....	14
5.6 Total uncertainty of the camera set-up	15
6 Production of RADIOGRAMS	16
6.1 Overview.....	16
6.2 Operating conditions	16
6.2.1 X-RAY TUBE ASSEMBLY.....	16
6.2.2 LOADING FACTORS	16
6.2.3 Special LOADING FACTORS.....	17
6.2.4 Special arrangements	17
6.3 Production of FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS, FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS and FOCAL SPOT LINE SPREAD FUNCTIONS	17
6.3.1 DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR requirements for FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS.....	17
6.3.2 DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR requirements for FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS	17
6.3.3 Determination of the RADIOGRAMS and of the LINE SPREAD FUNCTIONS	18
6.4 Statement of compliance of the FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM.....	18
6.5 Statement of compliance of LINE SPREAD FUNCTIONS	18
7 Determination of FOCAL SPOT dimensions and NOMINAL FOCAL SPOT VALUES	19
7.1 Overview.....	19
7.2 Measurement and determination of FOCAL SPOT dimensions	19
7.3 Specified NOMINAL FOCAL SPOT VALUES	19
7.3.1 Nominal values	19
7.3.2 Actual dimensions	20
7.4 Statement of compliance.....	21
7.5 Marking of compliance	21

8	Determination of the MODULATION TRANSFER FUNCTION	22
8.1	Overview	22
8.2	Calculation and presentation of the MODULATION TRANSFER FUNCTION	22
8.3	Statement of compliance	22
9	Alternative measurement methods for determining NOMINAL FOCAL SPOT VALUES	23
Annex A (informative)	Alignment to the REFERENCE AXIS	24
Annex B (informative)	FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM	26
B.1	Overview	26
B.2	Test EQUIPMENT	26
B.2.1	STAR PATTERN CAMERA	26
B.2.2	RADIOGRAPHIC FILM	27
B.2.3	Position of the STAR PATTERN CAMERA normal to the REFERENCE AXIS	27
B.2.4	Position of the STAR PATTERN CAMERA in REFERENCE DIRECTION	27
B.2.5	Alignment of the STAR PATTERN CAMERA	27
B.2.6	Position of the RADIOGRAPHIC FILM	28
B.2.7	Operating conditions	28
B.2.8	Production of the FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM	28
Annex C (informative)	STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT	29
C.1	Overview	29
C.2	Measurement	29
C.3	Determination of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT	30
C.3.1	Determination of the magnification	30
C.3.2	STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT for standard magnification	30
C.3.3	STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT for finite magnification	30
C.3.4	Presentation of STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT	31
Annex D (informative)	BLOOMING VALUE	32
D.1	Overview	32
D.2	Determination of the BLOOMING VALUE	32
Annex E (informative)	Historical background	33
E.1	Overview	33
E.2	First edition (1970)	33
E.3	Second edition (1982)	33
E.4	Third edition (1993)	33
E.5	Fourth edition (2005)	36
E.6	Fifth edition (2020)	37
E.6.1	Overview	37
E.6.2	Fifth edition technical details	37
Bibliography		42
Index of defined terms		43
Figure 1	– Directions of evaluation over distorted FOCAL SPOTS	10
Figure 2	– Essential dimensions of the slit diaphragm	11
Figure 3	– Essential dimensions of the pinhole diaphragm	12
Figure 4	– Position of the centre of the slit or pinhole diaphragm (marked as x in the figure) with respect to the REFERENCE AXIS	13
Figure 5	– Reference dimensions and planes	14

Figure 6 – Alignment of the receptor of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR with respect to the slit diaphragm	15
Figure 7 – LINE SPREAD FUNCTION	19
Figure 8 – Graphical symbols – FOCAL SPOTS	21
Figure A.1 – REFERENCE AXIS and directions of evaluation	24
Figure A.2 – PROJECTION of the ACTUAL FOCAL SPOT on the IMAGE RECEPTION PLANE	25
Figure B.1 – Essential dimensions of the star test pattern	26
Figure B.2 – Alignment of the STAR PATTERN CAMERA	27
Figure C.1 – Illustration of the zones of minimum modulation	29
Figure E.1 – LSFs for a typical X-RAY TUBE with small FOCAL SPOT ($< 0,3$ mm)	34
Figure E.2 – LSFs for a typical X-RAY TUBE with large FOCAL SPOT ($\geq 0,3$ mm)	35
Figure E.3 – Corresponding MTFs for the LSFs in Figure E.2	35
Figure E.4 – Percentage error of 15 % width	38
Figure E.5 – Percentage error of LINE SPREAD FUNCTION width at 15 %	39
Figure E.6 – Influence of the direction of evaluation on MTF-quality and on LINE SPREAD FUNCTION width at 15 %	40
Table 1 – Recommended enlargement for RADIOGRAMS	15
Table 2 – LOADING FACTORS	16
Table 3 – Maximum permissible values of FOCAL SPOT dimensions for NOMINAL FOCAL SPOT VALUES	20
Table C.1 – Standard magnifications for STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT	30
Table D.1 – LOADING FACTORS for the determination of the BLOOMING VALUE	32
Table E.1 – Methods for evaluation of specific aspects characterising the FOCAL SPOT	37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT –
X-RAY TUBE ASSEMBLIES FOR MEDICAL DIAGNOSIS –
FOCAL SPOT DIMENSIONS AND RELATED CHARACTERISTICS**

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 60336 has been prepared by subcommittee 62B: Diagnostic imaging equipment, of IEC technical committee 62: Electrical equipment in medical practice.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

The significant changes of this fifth edition with respect to the previous edition are detailed in Clause E.6. These changes are:

- a) introduction of digital detectors and discretization errors;
- b) fewer normative requirements;
- c) support for both SLIT CAMERA and PINHOLE CAMERA;
- d) reintroduction of distorted (skewed) FOCAL SPOT;
- e) keeping of STAR PATTERNS and BLOOMING VALUE as informative.

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

CDV	Report on voting
62B/1138/CDV	62B/1181/RVC

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

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

In this document, 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 DOCUMENT OR AS NOTED: SMALL CAPITALS.

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

MEDICAL ELECTRICAL EQUIPMENT – X-RAY TUBE ASSEMBLIES FOR MEDICAL DIAGNOSIS – FOCAL SPOT DIMENSIONS AND RELATED CHARACTERISTICS

1 Scope

This document applies to FOCAL SPOTS in medical diagnostic X-RAY TUBE ASSEMBLIES for medical use, operating at X-RAY TUBE VOLTAGES up to and including 150 kV.

This document describes the test methods employing digital detectors for determining:

- a) FOCAL SPOT dimensions in terms of NOMINAL FOCAL SPOT VALUES, ranging from 0,1 to 3,0;
- b) LINE SPREAD FUNCTIONS;
- c) one-dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTIONS;
- d) FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS,

and the means for indicating compliance.

In informative annexes, STAR PATTERN imaging and BLOOMING VALUE are described.

2 Normative references

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

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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 60613:2010, *Electrical and loading characteristics of X-ray tube assemblies for medical diagnosis*

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

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, terms and definitions given in IEC TR 60788:2004, IEC 60613:2010, IEC 60601-1:2005 and IEC 60601-1:2005/AMD1:2012, IEC 60601-1-3:2008 and IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013 and the following 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

ACTUAL FOCAL SPOT

area on the surface of the TARGET that intercepts the beam of accelerated particles

Note 1 to entry: Regarding accelerated particles, only the intended primary beam is included.

3.2

BLOOMING VALUE

ratio of two resolution limits obtained under specific LOADING conditions

Note 1 to entry: The BLOOMING VALUE is a characteristic of the EFFECTIVE FOCAL SPOT of an X-RAY TUBE.

3.3

DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR

pixel-array device applied to FOCAL SPOT analysis of X-RAY TUBE ASSEMBLIES, providing a digital output value per pixel which is linearly related to the input X-ray intensity

3.4

EFFECTIVE FOCAL SPOT

FOCAL SPOT

perpendicular PROJECTION of the ACTUAL FOCAL SPOT on the REFERENCE PLANE

3.5

FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM

RADIOGRAM obtained by means of a PINHOLE CAMERA, showing the shape and orientation of an EFFECTIVE FOCAL SPOT, and the spatial distribution of intensity of radiation across it

3.6

FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM

RADIOGRAM obtained by means of a SLIT CAMERA, showing the distribution, across an EFFECTIVE FOCAL SPOT, in the direction normal to the length of the slit, of the intensity of the radiation emitted

3.7

FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM

RADIOGRAM obtained by means of a STAR PATTERN CAMERA for the determination of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT in one or more directions across an EFFECTIVE FOCAL SPOT

3.8

NOMINAL FOCAL SPOT VALUE

dimensionless numerical value having a specific relation to the dimensions of the EFFECTIVE FOCAL SPOT of an X-RAY TUBE, measured under specific conditions

3.9

PINHOLE CAMERA

assembly of EQUIPMENT used to obtain a FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM

3.10

REFERENCE AXIS

<RADIATION SOURCE> line in the REFERENCE DIRECTION through the centre of the RADIATION SOURCE

3.11**REFERENCE DIRECTION**

<RADIATION SOURCE> specified direction to which characteristics such as TARGET ANGLE, RADIATION FIELD and specifications with respect to the imaging quality of the RADIATION SOURCE are referenced

3.12**REFERENCE PLANE**

<diagnostic X-RAY EQUIPMENT for an EFFECTIVE FOCAL SPOT> plane perpendicular to the REFERENCE DIRECTION containing the point at which the REFERENCE AXIS intersects with the ACTUAL FOCAL SPOT

Note 1 to entry: By convention, the point of intersection forms the centre of the EFFECTIVE FOCAL SPOT.

3.13**SLIT CAMERA**

assembly of EQUIPMENT used to obtain a FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM

3.14**STAR PATTERN CAMERA**

assembly of EQUIPMENT used to obtain a FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM

3.15**STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT**

characteristic of the FOCAL SPOT of an X-RAY TUBE, which represents the highest spatial frequency that can be resolved under specific measuring conditions

3.16**TARGET**

part of an X-RAY TUBE or a PARTICLE ACCELERATOR onto which is directed a beam of accelerated particles to produce IONIZING RADIATION or other particles

4 Determinations for the evaluation of the FOCAL SPOT characteristics**4.1 Statement of the FOCAL SPOT characteristics**

The FOCAL SPOT characteristics shall be stated for two normal directions of evaluation referred to as the length direction and width direction. An illustration for Clause 4 can be found in Figure A.1.

4.2 Longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY

Generally, the longitudinal axis can be identified unambiguously. If the X-RAY TUBE ASSEMBLY does not have an identifiable longitudinal axis or if it is specified otherwise by the MANUFACTURER, the longitudinal axis shall be specified together with the FOCAL SPOT characteristics.

4.3 REFERENCE AXIS of the X-RAY TUBE ASSEMBLY

If not specified otherwise, the REFERENCE AXIS is normal to the longitudinal axis and intersects both the centre of the ACTUAL FOCAL SPOT and the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY.

4.4 Direction of evaluation for the FOCAL SPOT length

The direction of evaluation for the FOCAL SPOT length is normal to the REFERENCE AXIS in the plane given by the REFERENCE AXIS and the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY.

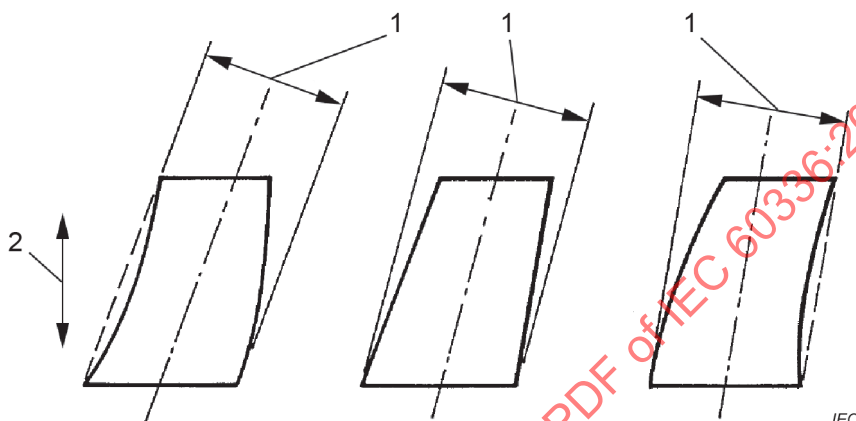
NOTE The direction of evaluation for the FOCAL SPOT length is normally parallel to the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY. See Figure A.1.

4.5 Direction of evaluation for the FOCAL SPOT width

The direction of evaluation for the FOCAL SPOT width is normal to the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY and normal to the REFERENCE AXIS.

4.6 Directions of evaluation for distorted FOCAL SPOTS

If the PROJECTION of the EFFECTIVE FOCAL SPOT in the REFERENCE DIRECTION is distorted, the direction of evaluation over the width may be chosen normal to the pronounced orientation of the regions of highest radiation intensity, which is usually the direction over the FOCAL SPOT showing the smallest width (see Figure 1).



Key

- 1 direction over the width
- 2 direction over the length

Figure 1 – Directions of evaluation over distorted FOCAL SPOTS

The direction of evaluation over the width of distorted FOCAL SPOTS shall not exceed $\pm 20^\circ$ from the standard evaluation direction as specified in 4.5. If a direction of evaluation other than the standard direction is used to determine the FOCAL SPOT width, then the value of this direction shall be stated as part of the statement of compliance with this document. The angle of such direction of evaluation is counted positive if the direction of evaluation has been rotated clockwise, as seen from the FOCAL SPOT.

5 FOCAL SPOT camera set-up

5.1 Overview

Clause 5 deals with the design requirements of the camera: the diaphragm, the receptor and the position and orientation of the diaphragm and the receptor.

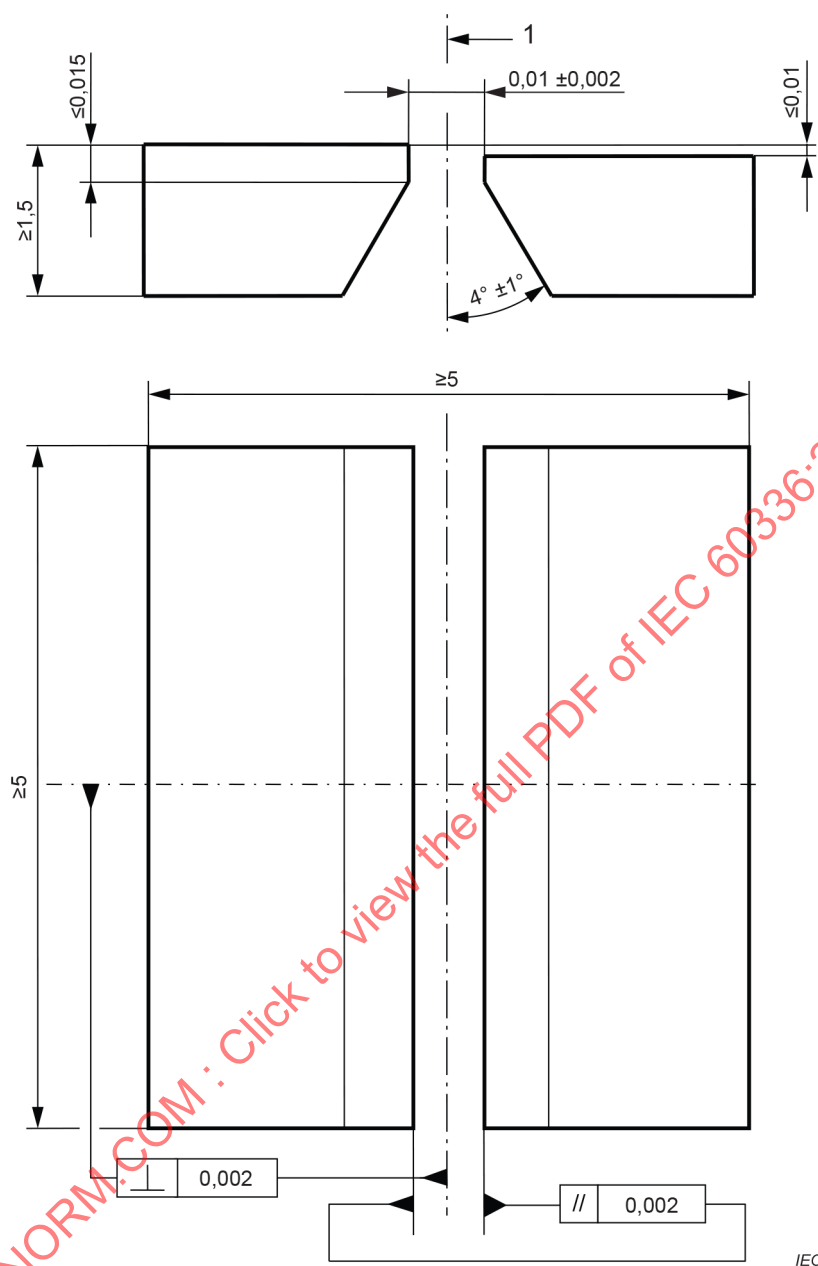
5.2 Diaphragm of the SLIT CAMERA

The diaphragm of the SLIT CAMERA shall be made from materials with high ATTENUATION properties and shall have dimensions as given in Figure 2.

Suitable materials are for example:

- tungsten;
- tantalum;
- alloy of gold and 10 % platinum;
- alloy of tungsten and 10 % rhenium;
- alloy of platinum and 10 % iridium.

Dimensions in millimetres

**Key**

1 axis of symmetry

Not drawn to scale.

Figure 2 – Essential dimensions of the slit diaphragm**5.3 Diaphragm of the PINHOLE CAMERA**

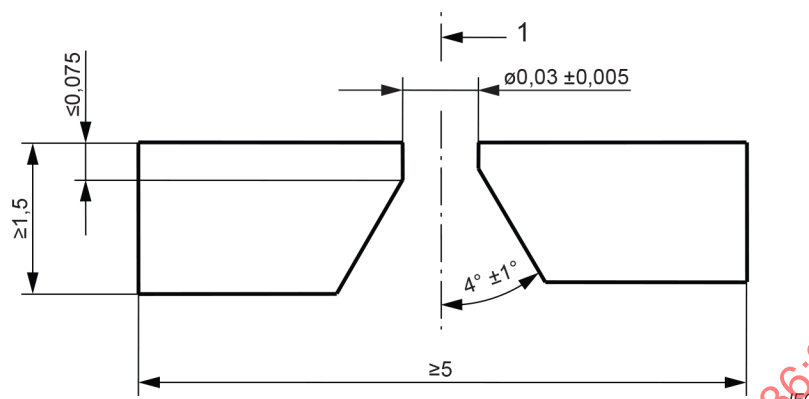
The diaphragm of the PINHOLE CAMERA shall be constructed from materials with high ATTENUATION and shall have dimensions as given in Figure 3.

Suitable materials are for example:

- tungsten;
- tantalum;
- alloy of gold and 10 % platinum;

- alloy of tungsten and 10 % rhenium;
- alloy of platinum and 10 % iridium.

Dimensions in millimetres



Key

1 axis of symmetry

Not drawn to scale.

Figure 3 – Essential dimensions of the pinhole diaphragm

5.4 Receptor

The receptor is the X-RAY sensitive part of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR. The DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR is a pixel-array device providing a digital output value per pixel which is linearly related to the input X-ray intensity. Two types are specified for use in this document (see also Figure 6):

- 1D-detector; the receptor consists of one pixel-array. This detector shall be applied to obtain the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS (see 6.3.1).

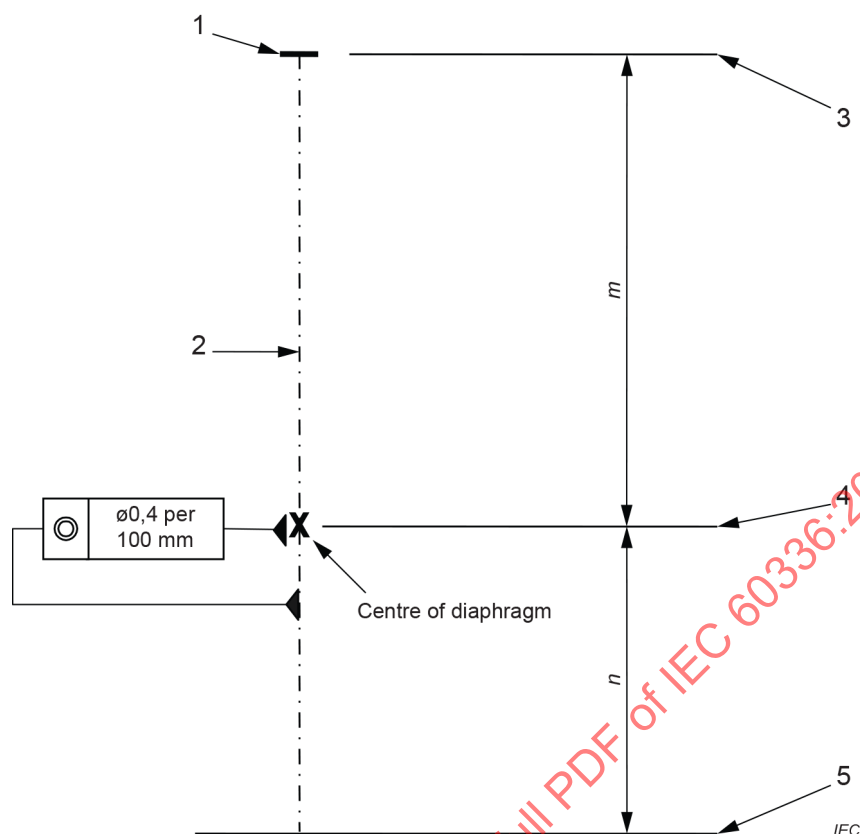
NOTE The 1D-detector is sometimes referred to as "line-detector".

- 2D-detector; the receptor consists of a two-dimensional matrix of pixels. This detector may be applied to obtain the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS (see 6.3.1), and it shall be applied to obtain the FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM (see 6.3.2).

5.5 Test arrangement

5.5.1 Position of the slit or pinhole diaphragm normal to the REFERENCE AXIS

The slit or pinhole diaphragm shall be positioned in such a way that the distance from its centre to the REFERENCE AXIS is within 0,2 mm per 100 mm of m (as indicated in Figure 4).

**Key**

- 1 EFFECTIVE FOCAL SPOT
- 2 REFERENCE AXIS
- 3 REFERENCE PLANE
- 4 incident face of the slit or pinhole diaphragm
- 5 IMAGE RECEPTION PLANE

Figure 4 – Position of the centre of the slit or pinhole diaphragm (marked as x in the figure) with respect to the REFERENCE AXIS

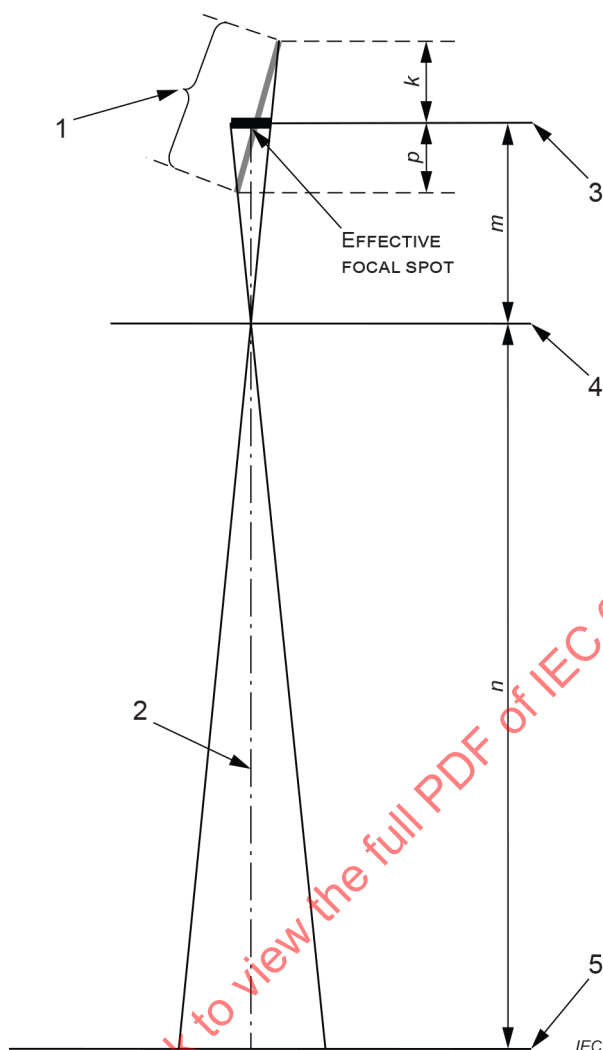
5.5.2 Position of the slit or pinhole diaphragm along the REFERENCE AXIS

The incident face of the slit or pinhole diaphragm shall be placed at a distance from the REFERENCE PLANE sufficient to ensure that the variation of the enlargement over the extension of the ACTUAL FOCAL SPOT along the REFERENCE AXIS does not exceed $\pm 5\%$.

In Figure 5, the determining parameters are indicated, namely:

- k is the distance from the REFERENCE PLANE to the edge of the ACTUAL FOCAL SPOT farthest away from the slit or pinhole diaphragm;
- p is the distance from the REFERENCE PLANE to the edge of the ACTUAL FOCAL SPOT closest to the slit or pinhole diaphragm;
- m is the distance from the REFERENCE PLANE to the incident face of the diaphragm;
- n is the distance from the incident face of the diaphragm to the IMAGE RECEPTION PLANE;
- E is the enlargement given by n/m .

NOTE Whether the requirement on the variation of the enlargement is met depends on the values of p , k and m – whereas p and k depend in turn on the ANODE ANGLE and the ACTUAL FOCAL SPOT length. As an example, for $m = 100$, maximum p and k is 5 mm.



Key

- 1 ACTUAL FOCAL SPOT
- 2 REFERENCE AXIS
- 3 REFERENCE PLANE
- 4 incident face of the slit or pinhole diaphragm
- 5 IMAGE RECEPTION PLANE

Figure 5 – Reference dimensions and planes

5.5.3 Orientation of the slit or pinhole diaphragm

The axis of symmetry (see Figure 2 and Figure 3) shall be aligned with the REFERENCE AXIS forming an angle that is smaller than 1° .

For the production of a pair of FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS, the slit diaphragm shall be orientated such that the length of the slit is normal to the direction of evaluation within $\pm 1^\circ$.

5.5.4 Position and orientation of the receptor of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR

The receptor plane of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR (Figure 4 and Figure 5) shall be placed normal to the REFERENCE AXIS within $\pm 1^\circ$.

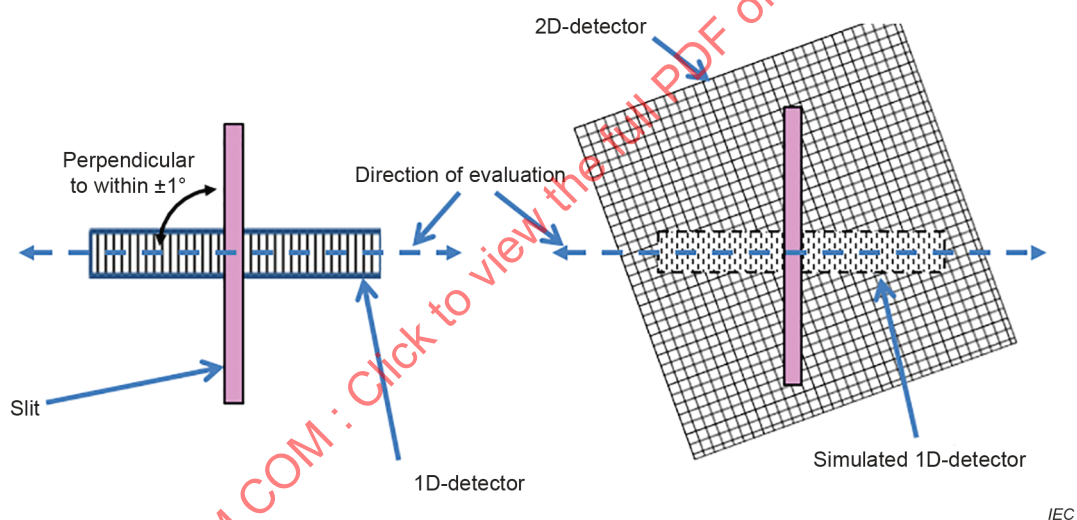
The enlargement $E = n/m$ (Figure 4 and Figure 5) shall be determined with an accuracy to within $\pm 3\%$.

NOTE 1 For the choice of the enlargement, the following can be considered: with an infinitely narrow slit or pinhole, a true image of the FOCAL SPOT would be obtained. However, the finite size of the slit or pinhole will broaden the FOCAL SPOT image. Table 1 gives recommendations for the enlargement factor E . E is then larger for smaller FOCAL SPOTS.

Table 1 – Recommended enlargement for RADIOGRAMS

NOMINAL FOCAL SPOT VALUE (f) ^a	Enlargement ($E = n / m$) ^b
$f \leq 0,4$	$E \geq 3$
$0,4 < f < 1,1$	$E \geq 2$
$1,1 \leq f$	$E \geq 1$
^a See 7.3.	
^b See Figure 4 and Figure 5.	

The direction of evaluation for the FOCAL SPOT width or length shall be oriented normal to the direction of the diaphragm slit to within $\pm 1^\circ$. In Figure 6, such alignment of the diaphragm slit and 1D-detector is indicated. Also, in Figure 6, for the 2D-detector, the output of such pixels is combined to simulate the 1D-detector configuration.



NOTE Objects not to scale – for orientation only.

Figure 6 – Alignment of the receptor of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR with respect to the slit diaphragm

NOTE 1 As presented in Figure 6, the direction of the arrays of the 2D-detector is not critical, as with a well-designed detector, following the recommendations for the number of pixels in 6.3.1 and 6.3.2 the pixels are small enough to not influence the deduced NOMINAL FOCAL SPOT VALUES significantly.

NOTE 2 If the 1D-detector is not perfectly normal to the direction of the slit diaphragm, then the length of the pixel will lead to an effective width of the pixel which is larger than the actual pixel-width. This effect can influence the accuracy of the determination. It is good practice that the effective width of the pixel normal to the direction of the slit diaphragm is not larger than twice the actual width of the pixel. The effective width of the pixels has a similar effect on the accuracy as the aperture of the optical densitometer as applied in 7.2 of IEC 60336:2005. The requirements for the aperture of the densitometer in IEC 60336:2005 are translated into this recommendation for the effective pixel-width and for the alignment and length of the pixels.

5.6 Total uncertainty of the camera set-up

The total uncertainty of the camera set-up stems from the geometrical tolerances of the camera, i.e.

- a) position of the diaphragm normal to the REFERENCE AXIS (see 5.5.1);

- b) position of the diaphragm along the REFERENCE AXIS (see 5.5.2);
- c) alignment of the axis of symmetry of the diaphragm with the REFERENCE AXIS (see 5.5.3);
- d) position (distance and perpendicularity) of the DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR (see 5.5.4).

NOTE The typical total uncertainty of the camera set-up will lead to an error in the width of the LINE SPREAD FUNCTION deduced from the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM (see 7.2) of the order of 5 %. The MANUFACTURER can choose a different set of geometrical tolerances, as long as the requirement in Clause 9 is met.

6 Production of RADIOGRAMS

6.1 Overview

Clause 6 deals with production of FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS and FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS, which shall be produced using a FOCAL SPOT camera according to Clause 5, while following the operating conditions in 6.2 and 6.3.

NOTE Adequate shielding is usually needed to minimize the effect of STRAY RADIATION on the RADIOGRAM.

FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS have an informative character only, for showing the distribution of radiant intensity over the FOCAL SPOT.

The method of indicating compliance with this document of FOCAL SPOT RADIOGRAMS is described in 6.4. The method of indicating compliance with this document of LINE SPREAD FUNCTIONS is described in 6.5.

6.2 Operating conditions

6.2.1 X-RAY TUBE ASSEMBLY

The X-RAY TUBE shall be installed in an X-RAY TUBE HOUSING of the type for which it is specified for NORMAL USE or it shall be placed under equivalent mounting and operating conditions as far as these can influence the results of the test.

All the materials belonging to the X-RAY TUBE ASSEMBLY in NORMAL USE shall be installed. No ADDITIONAL FILTRATION shall be used to decrease the X-ray output flux unless it is verified that the ADDITIONAL FILTRATION has no significant effect on the LINE SPREAD FUNCTION (see 6.3.3).

6.2.2 LOADING FACTORS

FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS or FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS for X-RAY TUBE ASSEMBLIES used in PROJECTION RADIOGRAPHY or in COMPUTED TOMOGRAPHY shall be obtained with constant LOADING FACTORS in accordance with Table 2.

Table 2 – LOADING FACTORS

	NOMINAL X-RAY TUBE VOLTAGE kV	Required X-RAY TUBE VOLTAGE	Exposure time	Required X-RAY TUBE power
RADIOGRAPHY other than COMPUTED TOMOGRAPHY	$U < 75$	NOMINAL X-RAY TUBE VOLTAGE	As a guideline see recommendations in 6.3.1 b) and c) or 6.3.2 b) and c)	50 % of the NOMINAL RADIOGRAPHIC ANODE INPUT POWER
	$75 \leq U \leq 150$	75 kV		
COMPUTED TOMOGRAPHY		120 kV		50 % of the NOMINAL CT ANODE INPUT POWER

6.2.3 Special LOADING FACTORS

If the LOADING FACTORS according to Table 2 do not fall within the RADIOGRAPHIC RATINGS for the X-RAY TUBE concerned or if they otherwise do not cover the typical special applications of specified NORMAL USE of the X-RAY TUBE, LOADING FACTORS shall be chosen to correspond to those specific conditions. In this case, the LOADING FACTORS under which the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS or FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS were obtained shall be stated in the statement of compliance together with the characteristics.

In particular cases, it may be appropriate to state the characteristics of a FOCAL SPOT under additional LOADING conditions.

6.2.4 Special arrangements

If, for the purpose of production of suitable FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS, arrangements were made for the adjustment and alignment of either the SLIT CAMERA or X-RAY TUBE ASSEMBLY, or if special electrical or LOADING conditions prevailed, details shall be stated together with the characteristics in the statement of compliance.

6.3 Production of FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS, FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS and FOCAL SPOT LINE SPREAD FUNCTIONS

6.3.1 DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR requirements for FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS

The spatial range of the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM shall be such that further extension of the spatial range does not significantly change the result for the 15 % width.

NOTE In general, the spatial range of three times the 15 % width of the LINE SPREAD FUNCTION is sufficient.

Discretization errors are inherent to digital detectors and the subsequent signal processing. These errors will lead to LINE SPREAD FUNCTION widths which are larger than in the ideal case. The following choice of parameters is recommended in order to limit the error induced by discretization to about 1 %.

- The number of pixels over the 15 % width of the LINE SPREAD FUNCTION is at least 30, and linear interpolation is applied. If linear interpolation is not applied, the number of pixels should be at least 60.
- The number of levels between the background level and the maximum signal of the LINE SPREAD FUNCTION is 200 or more.
- The signal to noise ratio is 200 or better.

See also E.6.2 a).

6.3.2 DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR requirements for FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS

The spatial range of the FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM shall be such that the outermost portions of the RADIOGRAM are well included, so that the true background-level of the RADIOGRAM can be perceived correctly.

NOTE 1 In general, in any direction, the spatial range of a minimum of three times the 15 % width of the pinhole RADIOGRAM is sufficient, as long as no significant side-lobes are present outside the principal lobe of the distribution.

NOTE 2 The following choice of parameters is applicable in order to obtain sufficiently accurate FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS:

- the FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM width at 15 % of maximum intensity is covered by at least 60 pixels;
- the number of signal levels between the background level and the maximum signal is 200 or more;
- the signal to noise ratio is at least 100.

See also E.6.2 a).

6.3.3 Determination of the RADIOGRAMS and of the LINE SPREAD FUNCTIONS

In order to deduce the true value of the radiant intensity, the intensity distribution for the RADIOGRAM concerned shall be subtracted of its base level to obtain the effective zero-level, and shall be linearized, if necessary.

NOTE Due attention is also paid to such aspects as: saturation, stability, uniformity, dead pixels, and memory effects.

In order to deduce the true appropriate extension of the RADIOGRAM concerned, the axis values in the direction(s) of evaluation are divided by the enlargement E applied.

The FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS thus corrected represent the FOCAL SPOT LINE SPREAD FUNCTIONS.

6.4 Statement of compliance of the FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM

If compliance with this document is to be stated for the presentation of a FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM, it shall be stated as follows:

FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM with enlargement of ...¹ according to IEC 60336:2020.

The following shall be stated in addition, if appropriate:	Subclause
REFERENCE AXIS	4.3
LOADING FACTORS	6.2.3
Special arrangements	6.2.4
Description of the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY	4.2

6.5 Statement of compliance of LINE SPREAD FUNCTIONS

If compliance with this document is to be stated for the presentation of a LINE SPREAD FUNCTION, it shall be stated as follows:

LINE SPREAD FUNCTION with enlargement of ...² according to IEC 60336:2020.

The following shall be stated in addition, if appropriate:	Subclause
REFERENCE AXIS	4.3
LOADING FACTORS	6.2.3
Special arrangements	6.2.4
Description of the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY	4.2
Direction of evaluation for the width of distorted FOCAL SPOTS	4.6

¹ Enlargement used and determined in accordance with 5.5.4.

² Enlargement used and determined in accordance with 5.5.4.

7 Determination of FOCAL SPOT dimensions and NOMINAL FOCAL SPOT VALUES

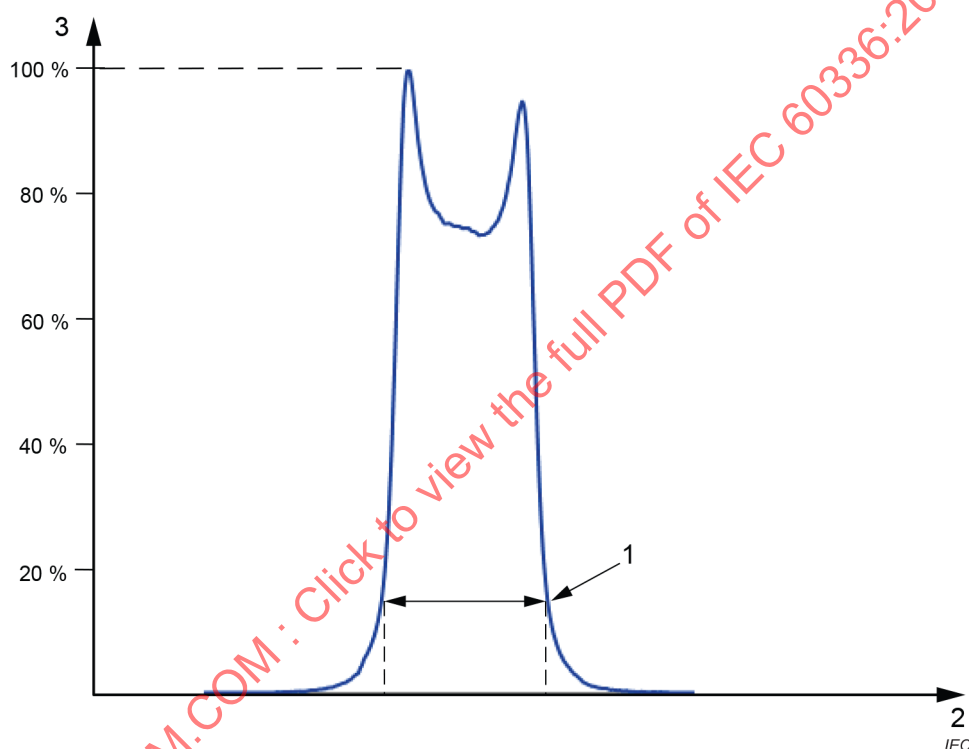
7.1 Overview

Clause 7 deals with the determination of the FOCAL SPOT dimensions on the basis of a pair of LINE SPREAD FUNCTIONS as described in 6.3.3.

Criteria for compliance with this document are included. The methods of indicating NOMINAL FOCAL SPOT VALUES in compliance with this document are indicated in 7.4 and 7.5.

7.2 Measurement and determination of FOCAL SPOT dimensions

The dimension of the FOCAL SPOT shall be determined as the size of the related LINE SPREAD FUNCTION according to 6.3.3 measured at 15 % of the peak value, as shown in Figure 7.



Key

- 1 width at 15 % max. signal intensity
- 2 spatial distribution along axis of evaluation
- 3 signal intensity

Figure 7 – LINE SPREAD FUNCTION

7.3 Specified NOMINAL FOCAL SPOT VALUES

7.3.1 Nominal values

Numerical NOMINAL FOCAL SPOT VALUES shall be assigned to the FOCAL SPOTS of each type of X-RAY TUBE ASSEMBLY as follows:

- from 0,1 to 0,25 in steps of 0,05;
- from 0,3 to 2,0 in steps of 0,1; and
- from 2,2 and upwards in steps of 0,2.

FOCAL SPOTS designed with different dimensions for length and width (typical for e.g. CT) may be assigned NOMINAL FOCAL SPOT VALUES consisting of a pair of numbers, for example $1,0 \times 1,6$, where the first number refers to the width of the EFFECTIVE FOCAL SPOT, and the second to the length of the EFFECTIVE FOCAL SPOT. This pair of values shall be stated using the same steps as given above.

7.3.2 Actual dimensions

The NOMINAL FOCAL SPOT VALUE shall correspond to the dimensions in the two directions of evaluation over the FOCAL SPOT so that the actual dimensions for the width and the length of the FOCAL SPOT determined in accordance with 7.2 are less than or equal to the maximum permissible dimensions for width and length for that NOMINAL FOCAL SPOT VALUE, given in Table 3.

For 0,1 NOMINAL FOCAL SPOT VALUE, the measured FOCAL SPOT dimensions shall not be smaller than 0,1 mm.

For FOCAL SPOTS with different NOMINAL FOCAL SPOT VALUES for length and width (typical for e.g. CT), each number shall be related to the NOMINAL FOCAL SPOT VALUE in Table 3 using only the width column.

For these determinations, no correction is required for measurement errors.

**Table 3 – Maximum permissible values of FOCAL SPOT dimensions
for NOMINAL FOCAL SPOT VALUES**

NOMINAL FOCAL SPOT VALUE f	FOCAL SPOT DIMENSIONS – MAXIMUM PERMISSIBLE VALUES	
	mm	
	Width	Length
0,1	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,2	0,30	0,30
0,25	0,38	0,38
0,3	0,45	0,65
0,4	0,60	0,85
0,5	0,75	1,10
0,6	0,90	1,30
0,7	1,10	1,50
0,8	1,20	1,60
0,9	1,30	1,80
1,0	1,40	2,00
1,1	1,50	2,20
1,2	1,70	2,40
1,3	1,80	2,60
1,4	1,90	2,80
1,5	2,00	3,00
1,6	2,10	3,10
1,7	2,20	3,20
1,8	2,30	3,30
1,9	2,40	3,50

NOMINAL FOCAL SPOT VALUE f	FOCAL SPOT DIMENSIONS – MAXIMUM PERMISSIBLE VALUES	
	mm	
	Width	Length
2,0	2,60	3,70
2,2	2,90	4,00
2,4	3,10	4,40
2,6	3,40	4,80
2,8	3,60	5,20
3,0	3,90	5,60

NOTE For NOMINAL FOCAL SPOT VALUES 0,3 to 3,0, the MAXIMUM PERMISSIBLE VALUES for the length have been adjusted with the factor 0,7 (see Clause E.4).

7.4 Statement of compliance

If compliance with this document for one or more NOMINAL FOCAL SPOT VALUES is to be stated, this shall be done:

- as plain numbers (no units to be quoted), for example:
NOMINAL FOCAL SPOT VALUE 0,6 in accordance with IEC 60336:2020
- or as a pair of plain numbers for special application X-RAY TUBE ASSEMBLIES (see 7.3.1), no units to be quoted, for example:
NOMINAL FOCAL SPOT VALUES $1,0 \times 0,6$ in accordance with IEC 60336:2020

The following shall be stated in addition, if appropriate:

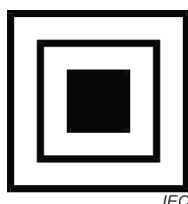
	Subclause
REFERENCE AXIS	4.3
LOADING FACTORS	6.2.3
Special arrangements	6.2.4
Description of the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY	4.2
Direction of evaluation for the width of distorted FOCAL SPOTS	4.6

7.5 Marking of compliance

If compliance with this document for one or more specified NOMINAL FOCAL SPOT VALUES is to be marked on X-RAY TUBE ASSEMBLIES, or otherwise to be stated in a shortened form, this shall be done as shown in Figure 8, using the graphical symbols of IEC 60417, for example for three FOCAL SPOTS.

Symbol IEC 60417-5325:2002-10

(small FOCAL SPOT)

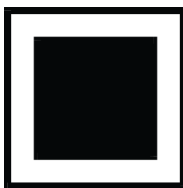


IEC

0,6 IEC 60336

Symbol IEC 60417-5326:2002-10

(intermediate FOCAL SPOT)



IEC

$1,0 \times 0,6$ IEC 60336

Symbol IEC 60417-5327:2002-10

(large FOCAL SPOT)



IEC

$1,8 \times 1,2$ IEC 60336

Figure 8 – Graphical symbols – FOCAL SPOTS

If an X-RAY TUBE ASSEMBLY produces more than one intermediate FOCAL SPOT, symbol IEC 60417-5326:2002-10 shall appear for each intermediate FOCAL SPOT.

8 Determination of the MODULATION TRANSFER FUNCTION

8.1 Overview

Clause 8 deals with the determination of the one-dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTIONS belonging to the FOCAL SPOT of an X-RAY TUBE ASSEMBLY on the basis of a pair of LINE SPREAD FUNCTIONS as described in 6.3.3.

A method of presenting MODULATION TRANSFER FUNCTIONS and the statement of compliance with this document is included (8.2 and 8.3).

8.2 Calculation and presentation of the MODULATION TRANSFER FUNCTION

The one-dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTION of a FOCAL SPOT shall be calculated by means of the magnitude of the Fourier transform of the LINE SPREAD FUNCTION according to 6.3.3. If the LSF is short, the MTF will be of low resolution. Before doing the Fourier transform, the LSF data shall in that case be extended by the standard mathematical method of "zero padding". The number of LSF data points shall in any case be at least 10 times the width of the LSF corresponding of the 15 % FOCAL SPOT size.

NOTE 1 The MODULATION TRANSFER FUNCTION thus deduced represents indeed a FOCAL SPOT characteristic, as the LINE SPREAD FUNCTION is defined in the REFERENCE PLANE.

The MODULATION TRANSFER FUNCTION shall be represented as a graph showing the magnitude of the Fourier transform as a function of spatial frequency. The graph shall use a linear scale for both axes of coordinates. The graph shall be normalized so that the magnitude of the Fourier transform is 100 % at zero spatial frequency.

The MODULATION TRANSFER FUNCTION shall as a minimum extend to the spatial frequency for which the magnitude of Fourier transformation falls to 10 %.

NOTE 2 Generally, the MODULATION TRANSFER FUNCTION below 10 % is of little importance for practical applications.

The one-dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTIONS of the width and the length of a FOCAL SPOT shall be presented together with the NOMINAL FOCAL SPOT VALUE in accordance with Clause 7.

NOTE 3 If the FOCAL SPOT MODULATION TRANSFER FUNCTION needs to be applied in any other plane, defined by "m" and "n" (Figure 4), then the frequency axis is scaled by the factor $(m+n)/n$, in order to take into account the effect of the magnification $(m+n)/m$, and of the enlargement n/m .

8.3 Statement of compliance

If compliance with this document for the presentation of a pair of MODULATION TRANSFER FUNCTIONS is to be stated, this shall be done in the following manner:

MODULATION TRANSFER FUNCTION for a NOMINAL FOCAL SPOT VALUE of 0,6 in accordance with IEC 60336:2020.

The following shall be stated in addition, if appropriate:	Subclause
REFERENCE AXIS	4.3
LOADING FACTORS	6.2.3
Special arrangements	6.2.4
Description of the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY	4.2
Direction of evaluation for the width of distorted FOCAL SPOTS	4.6

9 Alternative measurement methods for determining NOMINAL FOCAL SPOT VALUES

It is understood that those claiming compliance according to 7.4 or 7.5 may employ measurement methods other than the method specified in this document. This is permissible provided the alternative measurement method is correlated to the standard measurement method herein described.

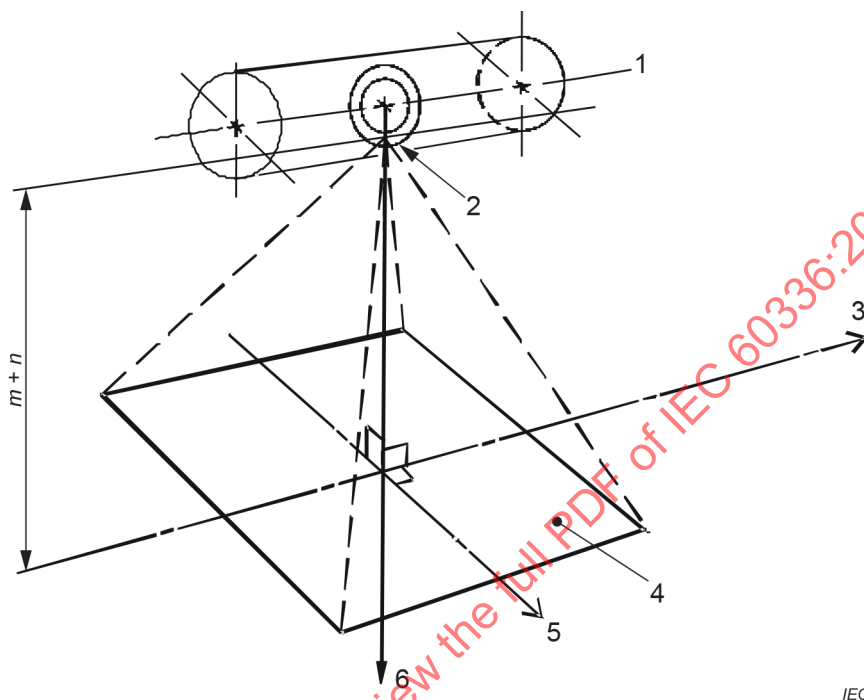
This correlation shall demonstrate that NOMINAL FOCAL SPOT VALUES obtained by the alternative measurement method will not render NOMINAL FOCAL SPOT VALUES smaller than those obtained by the standard measurement method.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

Annex A (informative)

Alignment to the REFERENCE AXIS

Figure A.1 gives an overview of the different axes and directions for a FOCAL SPOT measurement.



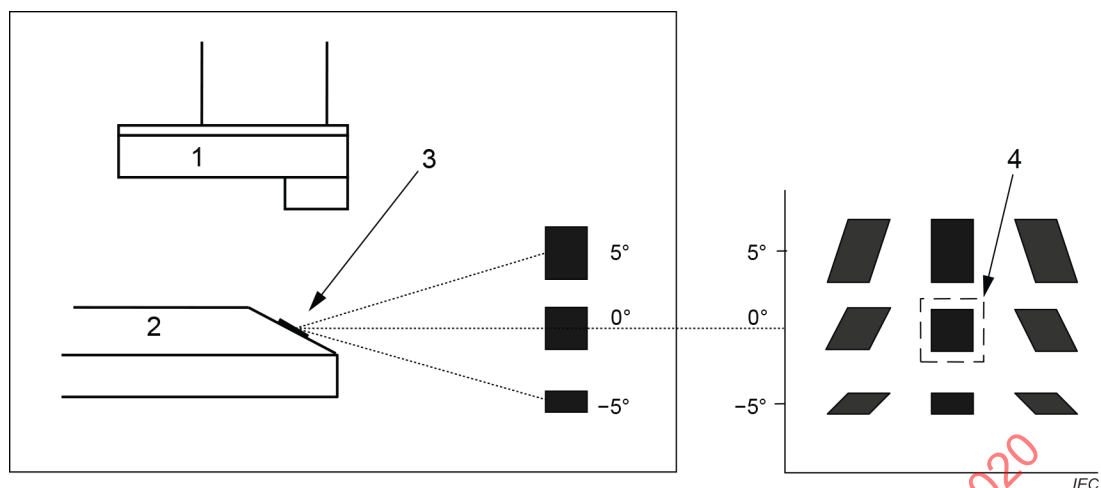
Key

- 1 longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY
- 2 FOCAL SPOT
- 3 direction of evaluation for the FOCAL SPOT length
- 4 IMAGE RECEPTION PLANE
- 5 direction of evaluation for the FOCAL SPOT width
- 6 REFERENCE AXIS

Figure A.1 – REFERENCE AXIS and directions of evaluation

The values of the characteristics of a FOCAL SPOT, obtained by measurement and determination in accordance with the present document, are susceptible to a number of errors which are difficult to avoid or to compensate for without expensive test instrumentation and test procedures. So, generally, results should be considered qualitative only, unless all requirements of this document are met.

One of the factors which relatively strongly influences the results is the geometric alignment of the imaging diaphragm to the centre of the EFFECTIVE FOCAL SPOT. The shape and dimensions of the FOCAL SPOT over the RADIATION FIELD depend strongly on the direction of the PROJECTION of the FOCAL SPOT; see graphical representation in Figure A.2. Statements in accordance with this document refer only to the PROJECTION in the REFERENCE DIRECTION (marked "EFFECTIVE FOCAL SPOT" in Figure A.2).

**Key**

- 1 CATHODE
- 2 ANODE
- 3 ACTUAL FOCAL SPOT
- 4 EFFECTIVE FOCAL SPOT for the statement according to this document

Figure A.2 – PROJECTION of the ACTUAL FOCAL SPOT on the IMAGE RECEPTION PLANE

Annex B (informative)

FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM

B.1 Overview

Annex B deals with the production of FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS as used for the determination of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT and BLOOMING VALUE of FOCAL SPOTS in accordance with Annex C and Annex D respectively.

NOTE In IEC 60336:2005, Clause 10 on FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS is a normative clause. In this document, this clause is no longer normative, but for historical reference, the content has been moved to this informative Annex B. No attempts have been made to update this method for digital techniques as introduced in this document; it is left to the user to implement any such changes.

B.2 Test EQUIPMENT

B.2.1 STAR PATTERN CAMERA

FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS are obtained by means of a STAR PATTERN CAMERA containing a test pattern, which consists of an array of alternating high and low absorbing wedges. The high absorbing wedges are made of lead or an equivalently absorbing material and have a thickness of 0,03 mm to 0,05 mm.

All wedges have a vertex angle Θ equal to or less than 0,035 rad (approximately 2°). The active area of the test pattern covers 2π rad and has a diameter of at least 45 mm. The essential dimensions of the test pattern and its basic structure are given in Figure B.1.

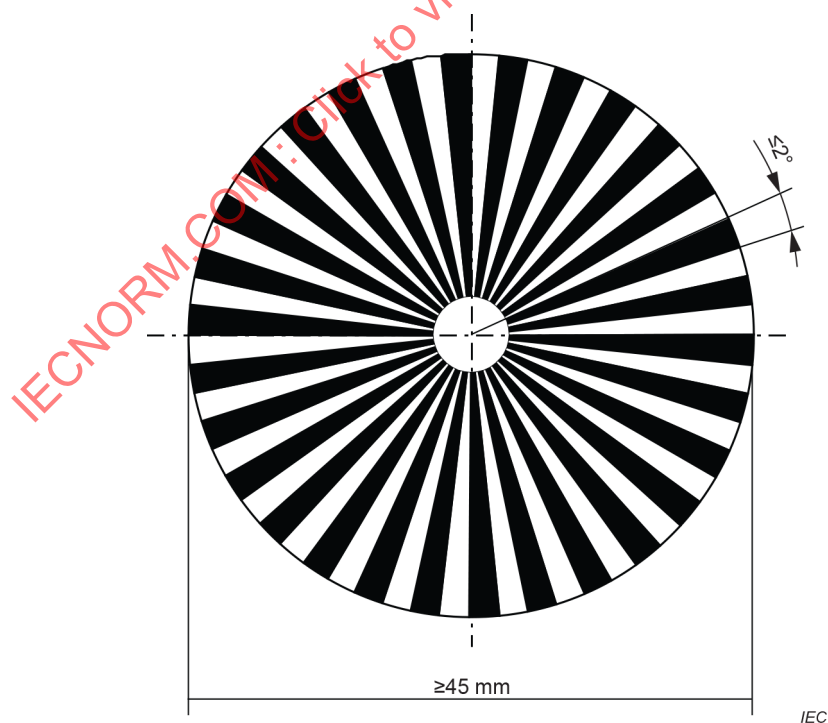


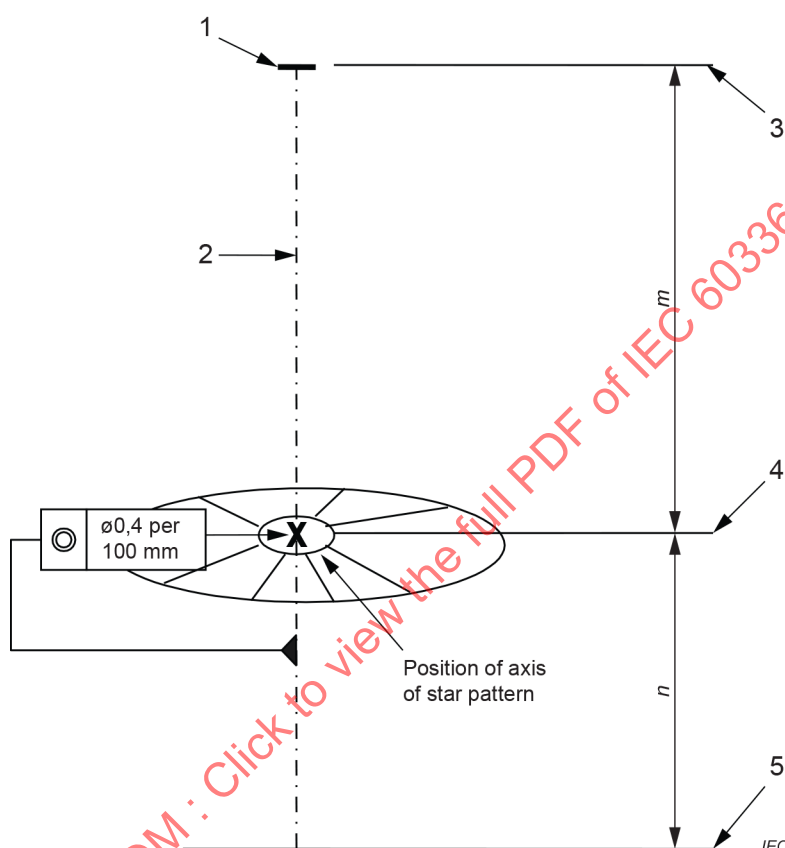
Figure B.1 – Essential dimensions of the star test pattern

B.2.2 RADIOGRAPHIC FILM

FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS are made using fine-grain RADIOGRAPHIC FILM without INTENSIFYING SCREENS.

B.2.3 Position of the STAR PATTERN CAMERA normal to the REFERENCE AXIS

The STAR PATTERN CAMERA is positioned in such a way that the distance from its centre to the REFERENCE AXIS is within 0,2 mm per 100 mm of m (as indicated in Figure B.2).



Key

- 1 EFFECTIVE FOCAL SPOT
- 2 REFERENCE AXIS
- 3 REFERENCE PLANE
- 4 incident face of the star pattern
- 5 IMAGE RECEPTION PLANE

NOTE Magnification = $(n + m)/m$

Figure B.2 – Alignment of the STAR PATTERN CAMERA

B.2.4 Position of the STAR PATTERN CAMERA in REFERENCE DIRECTION

The incident face of the test pattern is placed at a distance from the EFFECTIVE FOCAL SPOT allowing a magnification M' such that the dimensions Z_W and Z_L (see Figure C.1) measured in accordance with Clause C.2 will be more than or, where not practicable, as near as possible to one-third of the diameter of the image of the test pattern, but not less than 25 mm (see also B.2.6).

B.2.5 Alignment of the STAR PATTERN CAMERA

The incident face of the test pattern is placed normal within $\pm 2^\circ$ to the REFERENCE DIRECTION.

B.2.6 Position of the RADIOGRAPHIC FILM

The RADIOGRAPHIC FILM is placed normal to the REFERENCE DIRECTION within $\pm 2^\circ$ at a distance from the incident face of the test pattern, which results in a magnification M' as determined from the expected STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT R in accordance with the formula:

$$M' = R \times Z \times \theta$$

where

M' is the magnification to be used;

R is the expected STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT in line pairs per millimetre;

Z is the dimension in millimetres on the RADIOGRAPHIC FILM of the outermost zone of minimal modulation in the direction Z_W or Z_L , as appropriate;

θ is the vertex angle of the absorbing wedges in radians.

B.2.7 Operating conditions

The FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM is obtained under the operating conditions described in 6.2.

B.2.8 Production of the FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM

The RADIOGRAPHIC FILM of the STAR PATTERN CAMERA is exposed as described in 6.3.3 of IEC 60336:2005 (fourth edition).

Annex C (informative)

STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT

C.1 Overview

Annex C deals with the determination of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT.

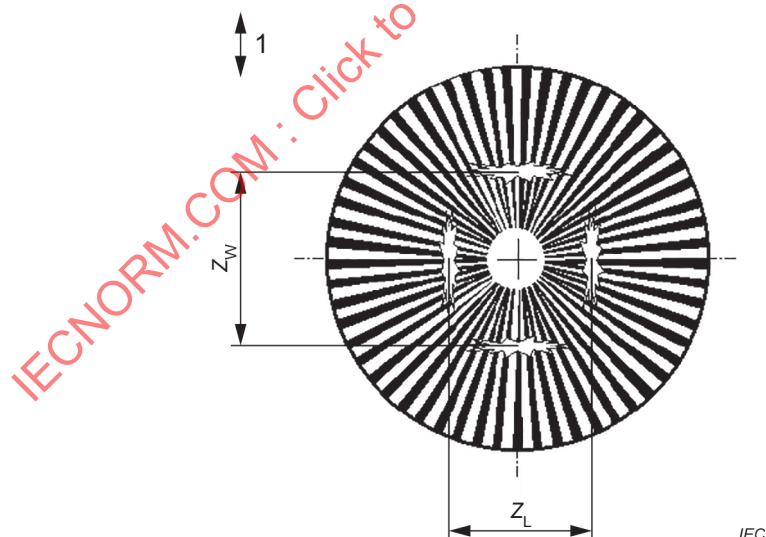
The results of this method are useful to detect changes in the characteristics of a particular FOCAL SPOT over varying conditions of the X-RAY TUBE LOAD, or after extended use of the X-RAY TUBE.

NOTE 1 The method described gives unprecise results if the MODULATION TRANSFER FUNCTION does not contain a clearly defined minimum, as for example in cases where the radiant intensity has an approximately Gaussian distribution over the FOCAL SPOT.

NOTE 2 In IEC 60336:2005, Clause 11 on STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT is a normative clause. In this document, this clause is no longer normative, but for historical reference, the content has been moved to this informative Annex C. No attempts have been made to update this method for digital techniques as introduced in this document; it is left to the user to implement any such changes.

C.2 Measurement

In FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS obtained in accordance with Annex B, the dimensions Z_W and Z_L of the outermost zones of minimal modulation are measured in the two directions of evaluation (see Clause 4 and Figure C.1).



Key

- 1 direction of the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY

Figure C.1 – Illustration of the zones of minimum modulation

C.3 Determination of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT

C.3.1 Determination of the magnification

The magnification M' used for the production of the FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS is determined with an accuracy within $\pm 3\%$.

C.3.2 STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT for standard magnification

The STAR PATTERN RESOLUTION LIMITS, R_{WS} and R_{LS} , for the standard magnification given in Table C.1 are determined from the formulae:

$$R_{WS} = \{(M' - 1) / (Z_W \times \theta)\} \times \{M_S / (M_S - 1)\}$$

$$R_{LS} = \{(M' - 1) / (Z_L \times \theta)\} \times \{M_S / (M_S - 1)\}$$

where

R_{WS} and R_{LS} are the values for the two directions of evaluation in line pairs per millimetre;

M' is the magnification in accordance with B.2.6.;

M_S is the standard magnification according to Table C.1;

Z_W is the mean diameter of the outermost zone of minimal modulation measured in the direction parallel to the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY in millimetres;

Z_L is the mean diameter of the outermost zone of minimal modulation measured in the direction normal to the longitudinal axis of the X-RAY TUBE ASSEMBLY in millimetres;

θ is the vertex angle of the absorbing wedges in radians.

Table C.1 – Standard magnifications for STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT

NOMINAL FOCAL SPOT VALUE f	Standard magnification M_S
$f < 0,6$	2
$0,6 \leq f$	1,3

C.3.3 STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT for finite magnification

For the application of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT at a particular magnification, the values R_{WS} and R_{LS} obtained in accordance with C.3.2, can be transformed in accordance with the formulae:

$$R_{WP} = R_{WS} \times \{(M_S - 1) / M_S\} \times \{M_P / (M_P - 1)\}$$

$$R_{LP} = R_{LS} \times \{(M_S - 1) / M_S\} \times \{M_P / (M_P - 1)\}$$

where

R_{WP} and R_{LP} are the values for the particular magnification;

R_{WS} and R_{LS} are the values obtained according to C.3.2;

M_S is the standard magnification;

M_P is the particular magnification.

C.3.4 Presentation of STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT

The STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT is given for the standard magnification in Table C.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

Annex D (informative)

BLOOMING VALUE

D.1 Overview

Annex D deals with the determination of the BLOOMING VALUE of a FOCAL SPOT showing the dependence of the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT upon X-RAY TUBE LOAD.

NOTE In IEC 60336:2005, Clause 12 on BLOOMING VALUE is a normative clause. In this document, this clause is no longer normative, but for historical reference, the content has been moved to this informative Annex D. No attempts have been made to update this method for digital techniques as introduced in this document; it is left to the user to implement any such changes.

D.2 Determination of the BLOOMING VALUE

The BLOOMING VALUE is determined using pairs of STAR PATTERN RESOLUTION LIMITS established in accordance with Annex C, based upon FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS obtained with constant LOADING FACTORS in accordance with Table 2 and Table D.1 under otherwise the same operating conditions.

Table D.1 – LOADING FACTORS for the determination of the BLOOMING VALUE

	NOMINAL X-RAY TUBE VOLTAGE kV	Required X-RAY TUBE VOLTAGE	Exposure time	Required X-RAY TUBE power
RADIOGRAPHY other than COMPUTED TOMOGRAPHY	$U < 75$	NOMINAL X-RAY TUBE VOLTAGE	As appropriate for the detector applied.	100 % of the NOMINAL RADIOGRAPHIC ANODE INPUT POWER
	$75 \leq U \leq 150$	75 kV		
COMPUTED TOMOGRAPHY		120 kV		100 % of the NOMINAL CT ANODE INPUT POWER

The BLOOMING VALUE, B , results from the following formula:

$$B = R_{50} / R_{100}$$

where

R_{50} is the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT under operating conditions in accordance with Table 2;

R_{100} is the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT under operating conditions in accordance with Table D.1.

Annex E (informative)

Historical background

E.1 Overview

The purpose of Annex E is to describe the history behind IEC 60336 as it is today and to clarify the reasons behind some difficult parts.

E.2 First edition (1970)

The first edition was called *Measurement of the dimensions of focal spots of diagnostic X-ray tubes using a pinhole camera*, and was based on earlier ICRU recommendations [3], [4]³ and on national standards [5]. This first edition only described the pinhole measurements for determining the dimensions of FOCAL SPOTS. A magnifying glass with a magnification of 10 was to be used for direct film reading, as well as a 0,7 multiplying factor for the length.

E.3 Second edition (1982)

It was renamed *Characteristics of focal spots in diagnostic X-ray tube assemblies for medical use*. It added the slit method, basically because the determination of the dimensions of a FOCAL SPOT based on FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS becomes difficult for NOMINAL FOCAL SPOT VALUES smaller than 0,3, as the results are affected by factors such as transmission through the shielding of the diaphragm and the need for repeated irradiation of the RADIOGRAPHIC FILM due to tube-LOADING considerations. The new method was applied over the entire range of usual NOMINAL FOCAL SPOT VALUES. The method avoided former uncertainties in determining the dimensions of FOCAL SPOTS and gave valuable results even in cases of distorted FOCAL SPOTS. Furthermore, determination of the imaging properties of the FOCAL SPOT in the form of a pair of one-dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTIONS ("MTF") was also introduced.

Thus, the pinhole method was only used for showing the distribution and orientation of the FOCAL SPOT characteristics, and the slit method was to be used for determining the NOMINAL FOCAL SPOT VALUES and the MTF.

In addition, a third method was described for use in the field (FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS). The production of FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS had been standardized because of their usefulness in making a simple assessment of the imaging properties of a system under field conditions by establishing the STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT under those conditions (assuming the FOCAL SPOT has such a characteristic).

The added nominal values (0,1; 0,15; 0,2) did not use the factor of 0,7; see Clause E.4.

E.4 Third edition (1993)

It was again renamed, to *X-ray tube assemblies for medical diagnosis – Characteristics of focal spots*. No other changes, except that the support for CT (called "special application") and the nominal value 0,25 were added. The added special application FOCAL SPOTS did not incorporate the 0,7 factor.

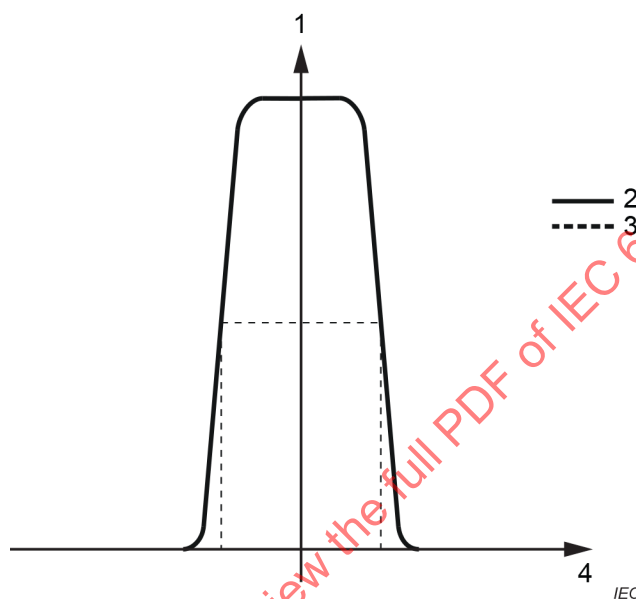
³ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Factor 0,7 and asymmetrical ranges

Two issues in the standard have caused a lot of misunderstanding and discussion:

- the multiplying factor of 0,7 for the length;
- the concept of the nominal value with non-symmetrical ranges (e.g. the NOMINAL FOCAL SPOT VALUE 0,8 allows sizes from 0,8 mm to 1,2 mm).

Both of them have been hard to understand. The only way to explain them is to show the LINE SPREAD FUNCTIONS ("LSF") for some typical FOCAL SPOTS.

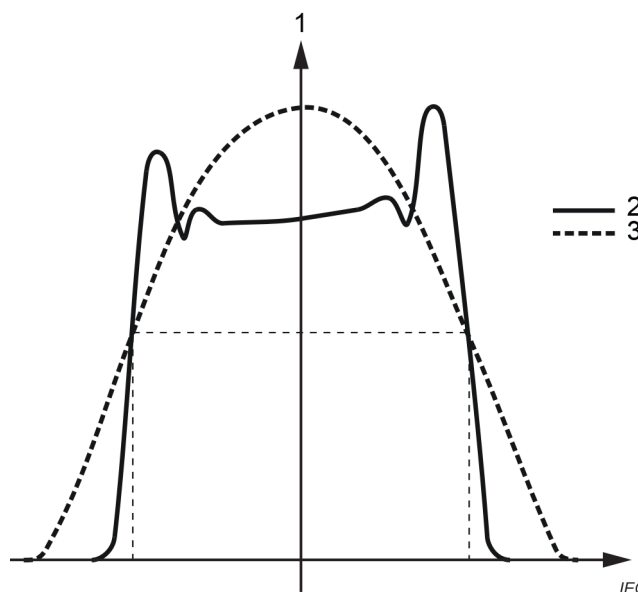


Key

- 1 X-ray intensity
- 2 width
- 3 length
- 4 dimensions

NOTE Length and width have the same shape.

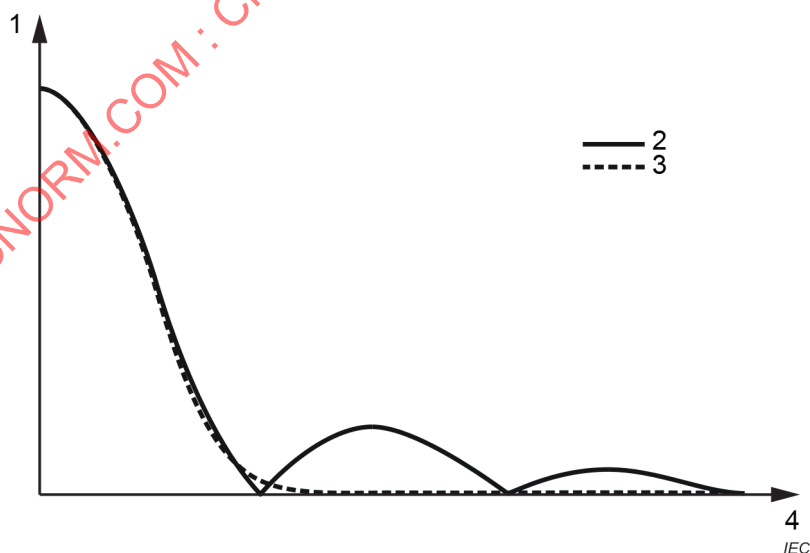
Figure E.1 – LSFs for a typical X-RAY TUBE with small FOCAL SPOT (< 0,3 mm)

**Key**

- 1 X-ray intensity
- 2 width
- 3 length

Figure E.2 – LSFs for a typical X-RAY TUBE with large FOCAL SPOT ($\geq 0,3$ mm)

As seen, the slope of the edges of the LSFs varies. The natural reading of the size is obviously at full width half maximum (FWHM), which is at 50 % of the peak level. But since the technology of the 1950s and 1960s only allowed for film reading with a magnifying glass, the reading obtained was corresponding to something like 10 % to 20 % on the LSF. Since the measured value then, as seen in Figure E.1 and Figure E.2, will be larger, this basically explains the reason for the ranges not being symmetrical.

**Key**

- 1 MTF
- 2 width
- 3 length
- 4 spatial frequency

Figure E.3 – Corresponding MTFs for the LSFs in Figure E.2

The typical LSF for the length of a large FOCAL SPOT shows even more shallow edges, as shown in Figure E.2. This can also be seen as the length reading (at 10 % to 20 %) being typically 40 % larger than the width reading for a tube where the MTFs are approximately equal. Thus, to get a nominal value corresponding to the image quality obtained, the 0,7 factor was introduced. As seen in Figure E.3, the LSFs in Figure E.2 gives almost identical MTFs up to the first minimum, i.e. in practice they give the same image quality.

NOTE In the more refined RMS method [1] (root mean square), the width of the square shaped LSF, which gives the same image characteristics as any shaped LSF, is calculated. The RMS method can be used in future editions of IEC 60336. However, if more image characteristics beside the FOCAL SPOT value is of interest, more details are needed, such as MTF, different technique factors, etc. Also, with a change to the RMS or similar method, backward compatibility will be lost, so it is impractical.

E.5 Fourth edition (2005)

The main changes in the fourth edition of IEC 60336 are:

- a) practical specifications for tolerances, mainly for camera design and camera alignment;
- b) the line spread function is now used solely as basis for focal spot size determination; the density distribution used for determination of length and width is now determined using densitometric evaluation, replacing the visual evaluation;
- c) distorted (skewed) focal spots are no longer taken into account;
- d) the range of permissible values corresponding to the nominal focal spot value is replaced with a maximum permissible value only;
- e) allowing other methods of measurement, provided equivalence to the fourth edition of IEC 60336 is verified;

Concerning a): In the third edition of IEC 60336, some tolerances, particularly in the test arrangement for the FOCAL SPOT camera, were unnecessarily narrow, for example the angle between the REFERENCE AXIS and the axis of symmetry of the diaphragm was required to be within 0,001 rad, while no tolerance was specified for others such as the position of the diaphragm with respect to the REFERENCE AXIS. This is now avoided by means of an overall tolerance.

Concerning b): In the past, most MANUFACTURERS performed a densitometric analysis of the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS when determining the FOCAL SPOT sizes. This was the same procedure, the evaluation of the LINE SPREAD FUNCTION, which had to be performed to determine the MTF. To this extent, it was reasonable to standardise this procedure and to withdraw the method relying on visual evaluation. Hence, determination of both MTF and FOCAL SPOT dimensions are now based on measurements from the LINE SPREAD FUNCTION based on the same FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM.

Concerning c): With better fabrication and development methods of X-RAY TUBES, the occurrence of distorted FOCAL SPOTS has been greatly reduced. Additionally, FOCAL SPOT dimension measurements from FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS are not as sensitive to FOCAL SPOT distortion as FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAMS. Therefore, the clause concerning this was eliminated.

Concerning e): There is a large number of measuring EQUIPMENT in the market that use for example a CCD camera instead of RADIOGRAPHIC FILM in order to determine FOCAL SPOT characteristics. These methods are increasingly used by MANUFACTURERS for routine testing and Annex B gives recommendations for those cases. Obviously, MANUFACTURERS also intend to use this measuring EQUIPMENT to determine the FOCAL SPOT. Provided the test results can be verified to be identical to the standardised method using RADIOGRAPHIC FILM, the fourth edition of IEC 60336 allows those methods. The same applies to visually evaluated measurements using a magnifying glass in the previous editions of IEC 60336.

The fourth edition of IEC 60336 does not require the statement of all characteristics as listed in Table E.1. The information to be provided with an X-RAY TUBE ASSEMBLY is the subject of IEC 60601-2-28 [6].

In the third edition of IEC 60336, the method of characterising the FOCAL SPOT by means of the RMS value was given in a note. This method has not been widely accepted. However, following the omission of the mandatory specification of the one dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTION in IEC 60601-2-28 [6] and because of the advancement of digital radiographic acquisition systems, the RMS approach could gain in importance.

Table E.1 – Methods for evaluation of specific aspects characterising the FOCAL SPOT

Information obtained by means of	According to Clause (4 th ed.)	About	According to Clause (4 th ed.)	Used for evaluating compliance with requirements on
Pair of FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAMS	6	Dimensions	8	Specified NOMINAL FOCAL SPOT VALUE
		Imaging properties	9	Specified pair of one-dimensional MODULATION TRANSFER FUNCTIONS
FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM	6	Orientation		
		Radiation intensity distribution		
		Symmetry		
FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM ^a	10	STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT	11	STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT
		BLOOMING VALUE	12	BLOOMING VALUE
		Modification of FOCAL SPOT properties over the life time		
^a The distribution of radiant intensity over a FOCAL SPOT does not always provide a point where the MODULATION TRANSFER FUNCTION will reach the spatial frequency axis. In this case, the method by means of a FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM is not applicable.				

E.6 Fifth edition (2020)

E.6.1 Overview

The main changes in the fifth edition of IEC 60336 are:

- a) introduction of digital detectors and discretization errors;
- b) fewer normative requirements;
- c) support for both SLIT CAMERA and PINHOLE CAMERA;
- d) reintroduction of distorted (skewed) FOCAL SPOT;
- e) keeping of STAR PATTERNS and BLOOMING VALUE as informative;

Technical details about items a) to e) are given in E.6.2 below.

E.6.2 Fifth edition technical details

a) Digital detectors and discretization errors

In the fourth edition, the characteristics of FOCAL SPOTS are analysed with RADIOGRAPHIC FILM as the receptor. As RADIOGRAPHIC FILM is hardly current praxis anymore, leading to many operational difficulties, and as high-quality digital detectors are readily available today, the

fifth edition applies digital detectors for the analysis of the FOCAL SPOT characteristics. The new defined term "DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR" designates such digital detectors. Both a 1-D detector (also called "line detector") and a 2-D detector may be applied. Such detectors have many inherent advantages over film including: greater X-ray sensitivity; linear response to X-ray exposure; no inaccuracies due to film scanning; no chemical process sensitivity; and no production of chemical or hazardous waste. The task of image analysis is further facilitated by digital signal- and image processing, such as noise-suppression, signal- interpolation, alignment, de-biasing, and base-line adjustment. Discretization errors are inherent to digital detectors and the subsequent signal processing. These errors will lead to LINE SPREAD FUNCTION widths which are larger than in the ideal case. In the document, notes recommend good practices for minimizing these errors. These good practices are thus not mandatory, as MANUFACTURERS should be allowed to apply different choices in view of their particular needs. The result might be, though, that the LINE SPREAD FUNCTION width is unnecessarily large. This could lead to a too large nominal FOCAL SPOT value. It is left to the MANUFACTURER's judgment to accept such larger LINE SPREAD FUNCTION widths.

In order to analyse the effect of the discretization, the 15 % width of the LINE SPREAD FUNCTION has been calculated for the typical LINE SPREAD FUNCTION for width (Figure 7), which is worst case for the effects of discretization, as a function of:

- the number of pixels over the 15 % width (NPW),
- the alignment of the pixel-grid with the LINE SPREAD FUNCTION,
- the number of levels in the maximum signal (NLS), and
- the signal-to-noise ratio (SNR).

The percentage error of the true width as a function of NPW is given in Figure E.4. Practical values are chosen for NLS and SNR: NLS = 200 (obtained with 8 bits dynamic range), and SNR = 200. The alignment of the pixel-grid has been varied in steps of 10 % of the pixel-width, so per number of pixels NPW, 10 data-points result. Linear interpolation for finding the 15 % level has been applied.

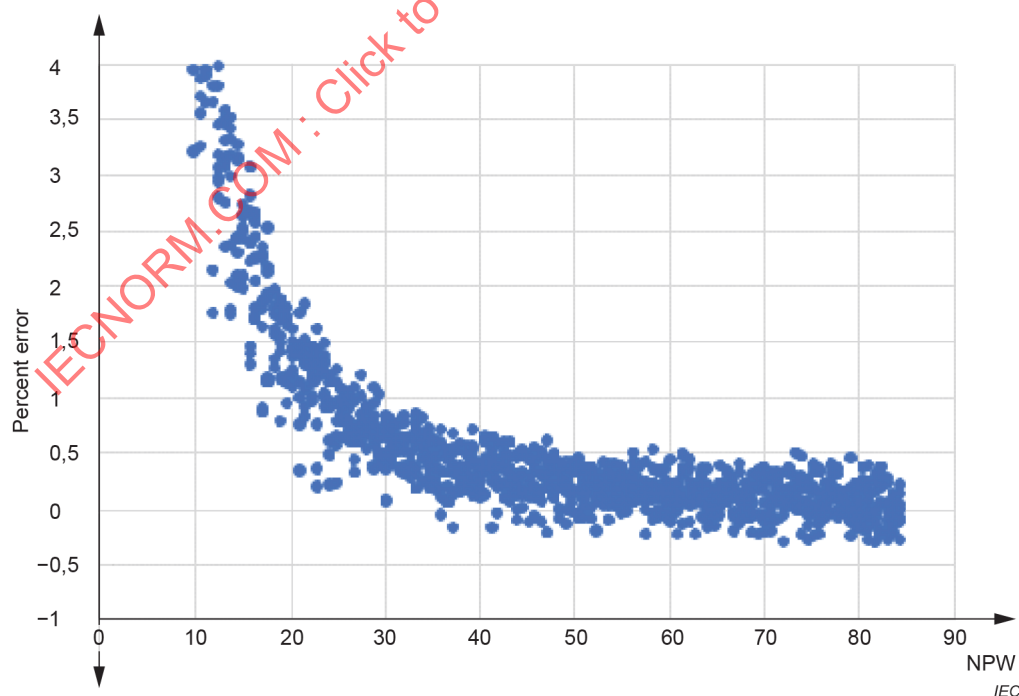


Figure E.4 – Percentage error of 15 % width

Conclusion: With practical digital detectors, and with the number of pixels (NPW) of 30 or more, the error due to discretization will be on the order of 1 %. If the number of pixels is relatively small, for example 15, the error can be up to 3 %. These findings are under the provision that

linear interpolation is applied; without linear interpolation, the percentage error is roughly twice as large.

b) Fewer normative requirements

As indicated in a) above, notes recommend good practices for minimizing errors. If the recommendations are not followed, chances are that the FOCAL SPOT size will be larger than necessary. However, the MANUFACTURER is free to adapt for his particular needs. The only normative requirements in this document are those which block the MANUFACTURER from determining a too-small FOCAL SPOT, for example the requirement in 6.3.1 on the spatial range of the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM: "The spatial range of the FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM shall be such that further extension of the spatial range does not significantly change the result for the 15 % width."

Similarly, to accommodate the manufacture, the MANUFACTURER is given freedom to choose the enlargement E . In the fourth edition, the value of E is prescribed per range of NOMINAL FOCAL SPOT VALUE. In the fifth edition, this is a recommendation only, while indicating that a larger enlargement helps reducing the detrimental effect of the finite dimension of the diaphragm. As an illustration, the percentage errors in Figure E.5 have been obtained with an enlargement of 3,3, i.e. with an enlargement within the recommended range of E for this range of NOMINAL FOCAL SPOT VALUES. If the enlargement would be chosen smaller, the percentage error would be larger.

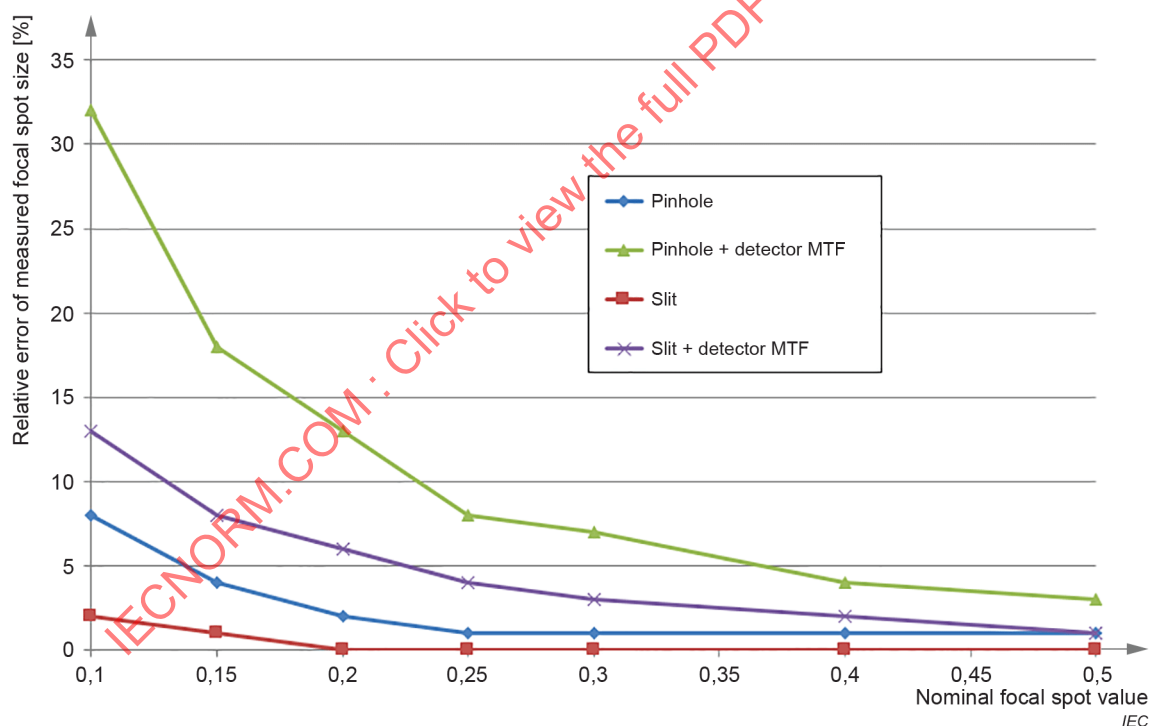


Figure E.5 – Percentage error of LINE SPREAD FUNCTION width at 15 %

d) Distorted FOCAL SPOTS

The new 4.6 re-instates the provision for "distorted FOCAL SPOTS", also called "skewed FOCAL SPOTS" as described in the third edition, 2.3.3.3, which provision had been removed in the fourth edition. The reasoning for the removal in the fourth edition as given in its Clause C.6: "With better fabrication and development methods of X-RAY TUBES, the occurrence of distorted FOCAL SPOTS has been greatly reduced" is in itself true. However, such distorted FOCAL SPOTS are very cost-effective to develop and to manufacture, so their use is still widespread. Further from experience and analysis, such distorted FOCAL SPOTS are not detrimental to image quality. The reasoning on image quality on the basis of MODULATION TRANSFER FUNCTIONS is identical to the

reasoning for the introduction of the "0,7 factor" for the determination of the NOMINAL FOCAL SPOT VALUE in the length-direction (Clause E.4, "Factor 0,7 and asymmetrical ranges"), which allows the LINE SPREAD FUNCTION in the length direction to be considerably larger than in the width-direction.

The rationale for the statement above that "such distorted FOCAL SPOTS are not detrimental to image quality" follows from Figure E.6 for a FOCAL SPOT with worst-case 20° skew. This shows that the MODULATION TRANSFER FUNCTION-quality of such distorted FOCAL SPOTS is insensitive for such other directions of evaluation as indicated in 4.6.

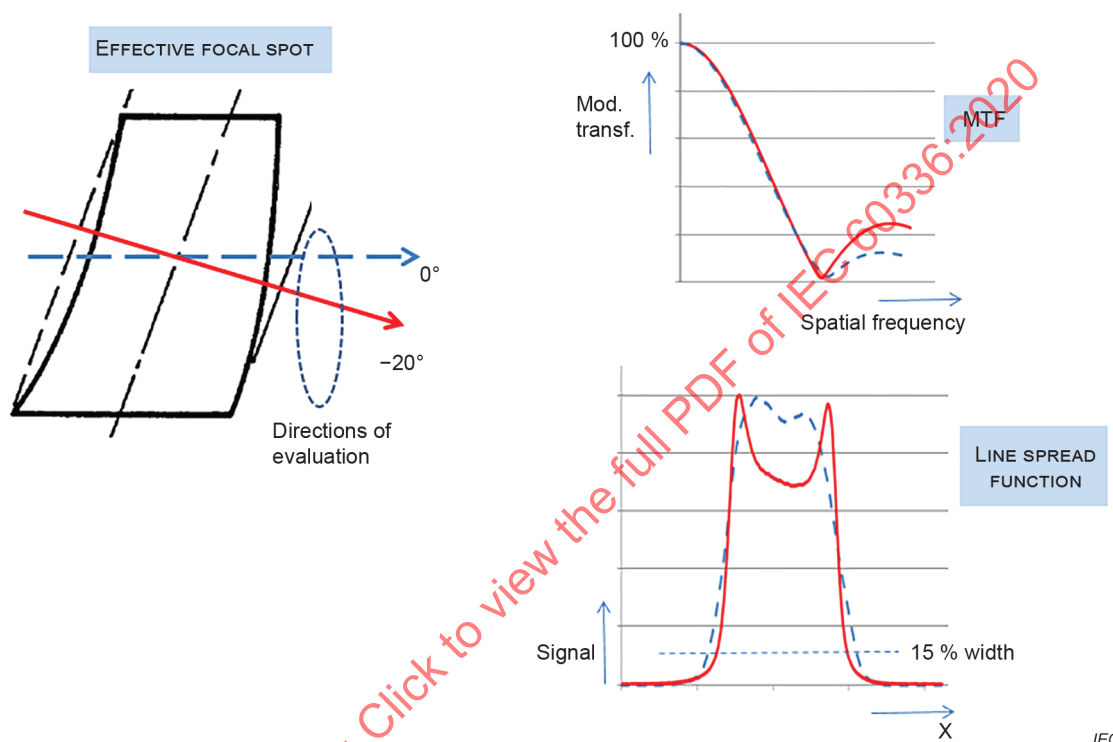


Figure E.6 – Influence of the direction of evaluation on MTF-quality and on LINE SPREAD FUNCTION width at 15 %

In Figure E.6, the LINE SPREAD FUNCTION in the standard, zero degrees direction (dotted lines) shows a larger width at 15 % than in the 20° direction. The corresponding MODULATION TRANSFER FUNCTION is however almost identical to the MODULATION TRANSFER FUNCTION of the LINE SPREAD FUNCTION in the direction for the smallest width, i.e. according to the skew – in this case under 20° (red lines). A repeat of the statement in Clause E.4 on MODULATION TRANSFER FUNCTIONS is here in order:

"Thus, to get a nominal value corresponding to the image quality obtained, the 0,7 factor was introduced. As seen in Figure E.3, the LSFs in Figure E.2 gives almost identical MTFs up to the first minimum, i.e. in practice they give the same image quality".

However, the provision for distorted FOCAL SPOTS in the third edition was open-ended in the sense that the maximum degrees of "distortion" was not quantified. Figure 4 in the third edition (reproduced in this document as Figure 1) indicates that up to 20° of "skew" was accepted. This is confirmed by the analyses above for 20° skew. To anchor such limitation, this fifth edition states explicitly:

"The direction of evaluation over the width of distorted FOCAL SPOTS shall not exceed $\pm 20^\circ$ from the normal evaluation direction".

In addition, it is stated, to safeguard traceability: "If a direction of evaluation other than the standard direction is used to determine the FOCAL SPOT width, then the value of this direction shall be stated as part of the statement of compliance with this document".

e) Star patterns and BLOOMING VALUE informative

As FOCAL SPOT STAR RADIOGRAMS and BLOOMING VALUE are of informative character, their application has been removed out of the normative text; they are now described in informative annexes. For these aspects, both RADIOGRAPHIC FILM and digital detectors can be used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

Bibliography

- [1] DOI, K. and ROSSMANN, K. Evaluation of focal spot distribution by RMS value and its effect on blood vessel imaging in angiography. *Proceedings of the Symposium on Application of Optical Instrumentation in Medicine III*, Vol. 47. Palos Verdes Estates, CA: Society of Photo-Optical Engineers, 1975: 207-213
- [2] DOI, K. et al. X-ray Tube Focal spot Sizes: Comprehensive Studies of Their Measurement and Effect of Measured Size in Angiography. *Radiation Physics*, July 1982, Volume 144, Number 2, p 383-393.
- [3] National Bureau of Standards Handbook 78, Report of the International Commission on Radiological Units and Measurements, (ICRU) 1959, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., 1961
- [4] National Bureau of Standards Handbook 89, Methods of Evaluating Radiological Equipment and Materials: Recommendations of the ICRU, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 1962
- [5] DIN 6823, Roentgenroehren, Ermittlung der Brennfleckgroesse, Beuth-Verlag, Berlin, 1968
- [6] IEC 60601-2-28:2017, *Medical electrical equipment – Part 2-28: Particular requirements for the basic safety and essential performance of X-ray tube assemblies for medical diagnosis*
- [7] EN 12543-2:2008, *Non-destructive testing – Characteristics of focal spots in industrial X-ray systems for use in non-destructive testing – Part 2: Pinhole camera radiographic method*
- [8] IEC 60336:2005, *Medical electrical equipment – X-ray tube assemblies for medical diagnosis – Characteristics of focal spots*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

Index of defined terms

ACTUAL FOCAL SPOT.....	3.1
ADDITIONAL FILTRATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.3
ANODE ANGLE	IEC TR 60788:2004, rm-22-07
ATTENUATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.7
BLOOMING VALUE	3.2
COMPUTED TOMOGRAPHY	IEC TR 60788:2004, rm-41-20
DIGITAL FOCAL SPOT DETECTOR.....	3.3
EFFECTIVE FOCAL SPOT (FOCAL SPOT)	3.4
EQUIPMENT	IEC TR 60788:2004, NG.02.11
FOCAL SPOT PINHOLE RADIOGRAM	3.5
FOCAL SPOT SLIT RADIOGRAM.....	3.6
FOCAL SPOT STAR RADIOGRAM	3.7
IMAGE RECEPTION PLANE	IEC TR 60788:2004, rm-37-15
INTENSIFYING SCREEN	IEC TR 60788:2004, rm-32-38
IONIZING RADIATION	IEC 60601-1-3:2008, 3.29
LINE SPREAD FUNCTION	IEC TR 60788:2004, rm-73-01
LOADING	IEC 60613:2010, 3.8
LOADING FACTOR	IEC 60613:2010, 3.10
MANUFACTURER.....	IEC 60601-1:2005 and IEC 60601-1:2005/AMD1:2012, 3.55
MODULATION TRANSFER FUNCTION.....	IEC TR 60788:2004, rm-73-05
NOMINAL CT ANODE INPUT POWER.....	IEC 60613:2010, 3.16
NOMINAL FOCAL SPOT VALUE	3.8
NOMINAL RADIOGRAPHIC ANODE INPUT POWER	IEC 60613:2010, 3.15
NOMINAL X-RAY TUBE VOLTAGE	IEC 60613:2010, 3.2
NORMAL USE.....	IEC 60601-1:2005 and IEC 60601-1:2005/AMD1:2012, 3.71
PARTICLE ACCELERATOR.....	IEC TR 60788:2004, rm-23-01
PINHOLE CAMERA	3.9
PROJECTION	IEC TR 60788:2004, rm-32-61
RADIATION FIELD.....	IEC 60601-1-3:2008, 3.58
RADIATION SOURCE	IEC 60601-1-3:2008, 3.61
RADIOGRAM	IEC TR 60788:2004, rm-32-02
RADIOGRAPHIC FILM	IEC TR 60788:2004, rm-32-32
RADIOGRAPHIC RATINGS	IEC 60613:2010, 3.22
RADIOGRAPHY	IEC TR 60788:2004, rm-41-06
REFERENCE AXIS.....	3.10
REFERENCE DIRECTION.....	3.11
REFERENCE PLANE	3.12
SLIT CAMERA	3.13
STAR PATTERN CAMERA	3.14
STAR PATTERN RESOLUTION LIMIT	3.15
STRAY RADIATION.....	IEC 60601-1-3:2008, 3.75
TARGET.....	3.16

X-RAY EQUIPMENT	IEC 60601-1-3:2008, 3.78
X-RAY TUBE	IEC 60601-1-3:2008, 3.83
X-RAY TUBE ASSEMBLY	IEC 60601-1-3:2008, 3.84
X-RAY TUBE HOUSING	IEC 60601-1-3:2008, 3.86
X-RAY TUBE LOAD	IEC 60613:2010, 3.9
X-RAY TUBE VOLTAGE	IEC TR 60788:2004, rm-36-02

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	49
1 Domaine d'application	51
2 Références normatives	51
3 Termes et définitions	51
4 Déterminations pour l'évaluation des caractéristiques des FOYERS.....	53
4.1 Indication des caractéristiques des FOYERS	53
4.2 Axe longitudinal de la GAINE EQUIPEE	53
4.3 AXE DE REFERENCE de la GAINE EQUIPEE	53
4.4 Direction d'évaluation de la longueur du FOYER	53
4.5 Direction d'évaluation de la largeur du FOYER.....	54
4.6 Directions d'évaluation des FOYERS déformés	54
5 Montage de la caméra du FOYER.....	54
5.1 Vue d'ensemble	54
5.2 Diaphragme de la CAMERA A FENTE	54
5.3 Diaphragme de la CAMERA A STENOPE	55
5.4 Récepteur	56
5.5 Dispositions d'essai	56
5.5.1 Position du diaphragme à fente ou à sténopé perpendiculaire à l'AXE DE REFERENCE	56
5.5.2 Position du diaphragme à fente ou à sténopé le long de l'AXE DE REFERENCE	57
5.5.3 Orientation du diaphragme à fente ou à sténopé	58
5.5.4 Position et orientation du récepteur du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER	58
5.6 Incertitude totale du montage de la caméra.....	59
6 Réalisation des RADIOGRAMMES	60
6.1 Vue d'ensemble	60
6.2 Conditions de fonctionnement	60
6.2.1 GAINE EQUIPEE	60
6.2.2 PARAMETRES DE CHARGE	60
6.2.3 PARAMETRES DE CHARGE spéciaux	61
6.2.4 Dispositions spéciales	61
6.3 Réalisation de RADIOGRAMMES A FENTE, de RADIOGRAMMES A STENOPE et de FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE	61
6.3.1 Exigences relatives au DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER pour RADIOGRAMMES A FENTE	61
6.3.2 Exigences relatives au DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER pour RADIOGRAMMES A STENOPE	62
6.3.3 Détermination des RADIOGRAMMES et des FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE	62
6.4 Déclaration de conformité du RADIOGRAMME A STENOPE.....	62
6.5 Déclaration de conformité des FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE	62
7 Détermination des dimensions du FOYER et VALEURS NOMINALES DU FOYER.....	63
7.1 Vue d'ensemble	63
7.2 Mesurage et détermination des dimensions du FOYER	63
7.3 VALEURS NOMINALES DU FOYER spécifiées	64
7.3.1 Valeurs nominales	64
7.3.2 Dimensions réelles	64

7.4	Déclaration de conformité	66
7.5	Marquage de la conformité.....	66
8	Détermination de la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION	66
8.1	Vue d'ensemble	66
8.2	Calcul et présentation de la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION	67
8.3	Déclaration de conformité	67
9	Méthodes alternatives de mesure pour déterminer les VALEURS NOMINALES DE FOYER	68
Annexe A (informative) Alignement par rapport à l'AXE DE REFERENCE		69
Annexe B (informative) RADIOGRAMME A MIRE ETOILE.....		71
B.1	Vue d'ensemble	71
B.2	Appareillage d'essai.....	71
B.2.1	CAMERA A MIRE ETOILE	71
B.2.2	FILM RADIOGRAPHIQUE	72
B.2.3	Position de la CAMERA A MIRE ETOILE perpendiculairement à l'AXE DE REFERENCE.....	72
B.2.4	Position de la CAMERA A MIRE ETOILE dans la DIRECTION DE REFERENCE.....	72
B.2.5	Alignement de la CAMERA A MIRE ETOILE.....	73
B.2.6	Position du FILM PHOTOGRAPHIQUE.....	73
B.2.7	Conditions de fonctionnement.....	73
B.2.8	Réalisation du RADIOGRAMME A MIRE ETOILE	73
Annexe C (informative) LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE		74
C.1	Vue d'ensemble	74
C.2	Mesurage.....	74
C.3	Détermination de la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE	75
C.3.1	Détermination du grossissement.....	75
C.3.2	LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE pour un grossissement normalisé.....	75
C.3.3	LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE pour un grossissement fini	76
C.3.4	Présentation de la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE	76
Annexe D (informative) VALEUR DE DISPERSION		77
D.1	Vue d'ensemble	77
D.2	Détermination de la VALEUR DE DISPERSION	77
Annexe E (informative) Contexte historique		78
E.1	Vue d'ensemble	78
E.2	Première édition (1970)	78
E.3	Deuxième édition (1982)	78
E.4	Troisième édition (1993)	79
E.5	Quatrième édition (2005)	81
E.6	Cinquième édition (2020)	83
E.6.1	Aperçu.....	83
E.6.2	Informations techniques concernant la cinquième édition.....	83
Bibliographie.....		88
Index des termes définis		89
Figure 1 – Directions d'évaluation des FOYERS déformés.....		54
Figure 2 – Dimensions essentielles du diaphragme à fente		55
Figure 3 – Dimensions essentielles du diaphragme à sténopé		56

Figure 4 – Position du centre du diaphragme à fente ou à sténopé (marqué x sur la figure) par rapport à l'AXE DE REFERENCE	57
Figure 5 – Dimensions et plans de référence	58
Figure 6 – Alignement du récepteur du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER avec le diaphragme à fente	59
Figure 7 – FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE.....	64
Figure 8 – Symboles graphiques – FOYERS	66
Figure A.1 – AXE DE REFERENCE et directions d'évaluation	69
Figure A.2 – PROJECTION du FOYER ELECTRONIQUE sur le PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE	70
Figure B.1 – Dimensions essentielles de la mire étoile.....	71
Figure B.2 – Alignement DE LA CAMERA A MIRE ETOILE.....	72
Figure C.1 – Illustration des zones de modulation minimale	74
Figure E.1 – LSF (FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE) pour un TUBE RADIOGENE type avec un petit FOYER (< 0,3 mm).....	79
Figure E.2 –LSF pour un TUBE RADIOGENE type avec un grand FOYER ($\geq 0,3$ mm)	80
Figure E.3 – FTM correspondantes aux LSF de la Figure E.2	81
Figure E.4 – Erreur de pourcentage sur la largeur de 15 %	84
Figure E.5 – Erreur de pourcentage de la largeur de FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE à 15 %	85
Figure E.6 – Influence de la direction d'évaluation sur la qualité de FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION et sur la largeur de FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE à 15 %	86
Tableau 1 – Grossissement recommandé pour RADIOGRAMMES.....	59
Tableau 2 – PARAMETRES DE CHARGE	61
Tableau 3 – Valeurs maximales admissibles des dimensions du FOYER pour les VALEURS NOMINALES DU FOYER.....	65
Tableau C.1 – Grossissements normalisés pour la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE	75
Tableau D.1 – PARAMETRES DE CHARGE pour la détermination de la VALEUR DE DISPERSION.....	77
Tableau E.1 – Méthodes d'évaluation des caractéristiques spécifiques des FOYERS	83

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPAREILS ELECTROMEDICAUX –
GAINES ÉQUIPÉES POUR DIAGNOSTIC MÉDICAL –
DIMENSIONS DES FOYERS ET CARACTÉRISTIQUES CONNEXES**

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. À 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 60336 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 cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

Les modifications majeures présentées dans cette cinquième édition par rapport à l'édition précédente sont énumérées dans l'Article E.6. Ces modifications sont:

- a) introduction des détecteurs numériques et des erreurs de discrétisation;
- b) exigences normatives moins nombreuses;
- c) informations d'accompagnement relatives aux CAMERAS A FENTE et aux CAMERAS A STENOPE;
- d) réintroduction de FOYER déformé (non linéaire);
- e) conservation des MIRES ETOILES et de la VALEUR DE DISPERSION comme documents informatifs.

Le texte de ce document est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
62B/1138/CDV	62B/1181/RVC

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

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

Dans le présent document, les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- exigences et définitions: caractères romains;
- indications de nature informative figurant hors des tableaux, comme les notes, les exemples et les références: petits caractères. Le texte normatif dans les tableaux est également en petits caractères;
- TERMES DEFINIS A L'ARTICLE 3 DU PRESENT DOCUMENT OU COMME NOTES: PETITES MAJUSCULES.

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

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

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.

APPAREILS ELECTROMEDICAUX – GAINES ÉQUIPÉES POUR DIAGNOSTIC MÉDICAL – DIMENSIONS DES FOYERS ET CARACTÉRISTIQUES CONNEXES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux FOYERS des GAINES EQUIPEES à usage médical, pour diagnostic médical, fonctionnant à des POTENTIELS D'ACCELERATION DE TUBES RADIOGENES inférieurs ou égaux à 150 kV.

Le présent document décrit les méthodes d'essai ayant recours à des détecteurs numériques dans la détermination des:

- a) dimensions des FOYERS en matière de VALEURS NOMINALES DE FOYER, variant de 0,1 à 3,0;
- b) FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE;
- c) FONCTIONS DE TRANSFERT DE MODULATION suivant une dimension;
- d) RADIOGRAMMES A STENOPE,

et des moyens d'indiquer la conformité.

Les annexes informatives décrivent la MIRE ETOILE et la VALEUR DE DISPERSION.

2 Références normatives

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

IEC 60417, *Symboles graphiques utilisables sur le matériel* (disponible sous <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

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 60613:2010, *Caractéristiques électriques et de charge des gaines équipées pour diagnostic médical*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'IEC TR 60788:2004, l'IEC 60613:2010, l'IEC 60601-1:2005, l'IEC 60601-1:2005/AMD1:2012, l'IEC 60601-1-3:2008 et l'IEC 60601-1-3:2008/AMD1:2013 et les 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

FOYER ELECTRONIQUE

zone située à la surface de la CIBLE qui intercepte le faisceau de particules accélérées

Note 1 à l'article: Concernant les particules accélérées, seul le faisceau primaire prévu est compris.

3.2

VALEUR DE DISPERSION

rapport de deux limites de résolution obtenues selon des conditions spécifiques d'APPLICATION D'UNE CHARGE

Note 1 à l'article: La VALEUR DE DISPERSION est une caractéristique du FOYER OPTIQUE du TUBE RADIOGENE.

3.3

DETECTEUR DE FOYER NUMERIQUE

APPAREIL à série de pixels appliqués à l'analyse de FOYER des GAINES EQUIPEES, fournissant une valeur de sortie numérique par pixel en relation linéaire avec l'intensité d'entrée du rayonnement

3.4

FOYER OPTIQUE

FOYER

PROJECTION perpendiculaire du FOYER ELECTRONIQUE sur le PLAN DE REFERENCE

3.5

RADIOGRAMME A STENOPE

RADIOGRAMME obtenu au moyen d'une CAMERA A STENOPE et présentant la forme et l'orientation d'un FOYER OPTIQUE et la répartition spatiale de l'intensité de rayonnement qui le traverse

3.6

RADIOGRAMME A FENTE

RADIOGRAMME obtenu au moyen d'une CAMERA A FENTE et présentant la répartition, au travers d'un FOYER OPTIQUE, dans la direction perpendiculaire à la longueur de la fente, de l'intensité de rayonnement émise

3.7

RADIOGRAMME A MIRE ETOILE

RADIOGRAMME obtenu au moyen d'une CAMERA A MIRE ETOILE afin de déterminer la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE dans une ou plusieurs directions à travers un FOYER OPTIQUE

3.8

VALEUR NOMINALE DU FOYER

valeur numérique sans dimension ayant une relation spécifique avec les dimensions du FOYER OPTIQUE d'un TUBE RADIOGENE, mesurée dans des conditions spécifiques

3.9

CAMERA A STENOPE

assemblage d'APPAREILS utilisé afin d'obtenir un RADIOGRAMME A STENOPE

3.10

AXE DE REFERENCE

< SOURCE DE RAYONNEMENT > ligne passant par la DIRECTION DE REFERENCE et traversant le centre de la SOURCE DE RAYONNEMENT

3.11

DIRECTION DE REFERENCE

< SOURCE DE RAYONNEMENT > direction spécifiée à partir de laquelle des caractéristiques telles que la PENTE DE L'ANODE, le CHAMP DE RAYONNEMENT et les spécifications relatives à la qualité de l'image de la SOURCE DE RAYONNEMENT sont référencées

3.12

PLAN DE REFERENCE

< APPAREILS A RAYONNEMENT X de diagnostic pour FOYER OPTIQUE > plan perpendiculaire à la DIRECTION DE REFERENCE contenant le point d'intersection de l'AXE DE REFERENCE et du FOYER ELECTRONIQUE

Note 1 à l'article: Par convention, le point d'intersection constitue le centre du FOYER OPTIQUE.

3.13

CAMERA A FENTE

assemblage d'APPAREILS utilisé afin d'obtenir un RADIOGRAMME A FENTE

3.14

CAMERA A MIRE ETOILE

assemblage d'APPAREILS utilisé afin d'obtenir un RADIOGRAMME A MIRE ETOILE

3.15

LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE

caractéristique du FOYER d'un TUBE RADIOGENE, qui représente la fréquence spatiale la plus élevée qui peut être résolue dans des conditions de mesure spécifiques

3.16

CIBLE

partie d'un TUBE RADIOGENE ou d'un ACCELERATEUR DE PARTICULES vers laquelle un faisceau de particules accélérées est dirigé dans le but de produire un RAYONNEMENT IONISANT ou d'autres particules

4 Déterminations pour l'évaluation des caractéristiques des FOYERS

4.1 Indication des caractéristiques des FOYERS

Les caractéristiques des FOYERS doivent être indiquées pour deux directions perpendiculaires auxquelles il est fait référence pour l'évaluation de la longueur et pour l'évaluation de la largeur. Une illustration de l'Article 4 peut être consultée à la Figure A.1.

4.2 Axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE

En général, l'axe longitudinal peut être identifié sans ambiguïté. Si la GAINÉ EQUIPEE n'a pas d'axe longitudinal identifiable ou s'il est spécifié autrement par le FABRICANT, l'axe longitudinal doit être spécifié ainsi que les caractéristiques des FOYERS.

4.3 AXE DE REFERENCE de la GAINÉ EQUIPEE

Sauf spécification contraire, l'AXE DE REFERENCE est perpendiculaire à l'axe longitudinal, passe par le centre du FOYER ELECTRONIQUE et coupe l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE.

4.4 Direction d'évaluation de la longueur du FOYER

La direction d'évaluation de la longueur du FOYER est perpendiculaire à L'AXE DE REFERENCE dans le plan donné par L'AXE DE REFERENCE et l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE.

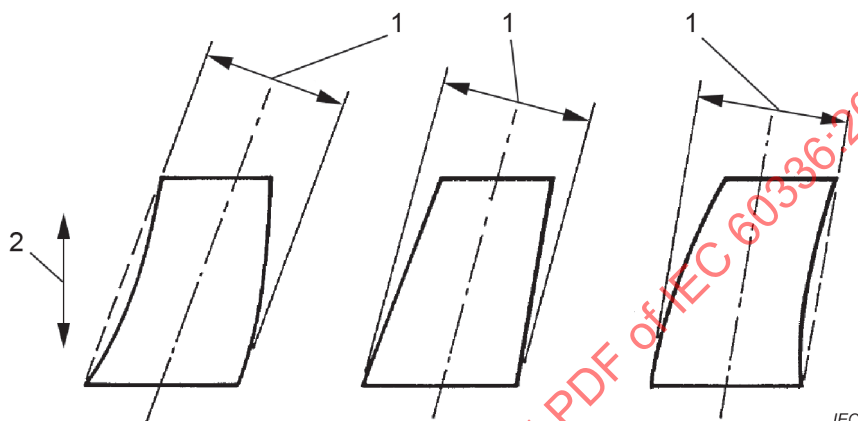
NOTE La direction d'évaluation de la longueur du FOYER est normalement parallèle à l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE. Voir Figure A.1.

4.5 Direction d'évaluation de la largeur du FOYER

La direction d'évaluation de l'épaisseur du FOYER est perpendiculaire à l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE et perpendiculaire à l'AXE DE REFERENCE.

4.6 Directions d'évaluation des FOYERS déformés

Si la PROJECTION DU FOYER OPTIQUE dans la DIRECTION DE REFERENCE est déformée, la direction d'évaluation sur la largeur peut être choisie comme étant normale par rapport à l'orientation prononcée des régions à l'intensité de rayonnement la plus élevée, qui est en général la direction sur le FOYER présentant la largeur la plus étroite (voir Figure 1).



Légende

- 1 direction sur la largeur
- 2 direction sur la longueur

Figure 1 – Directions d'évaluation des FOYERS déformés

La direction d'évaluation de la largeur des FOYERS déformés ne doit pas dépasser $\pm 20^\circ$ à partir de la direction d'évaluation standard telle que spécifiée en 4.5. Si une direction d'évaluation autre que la direction standard est utilisée afin de déterminer la largeur du FOYER, alors la valeur de cette direction doit être indiquée comme faisant partie de la déclaration de conformité au présent document. L'angle d'une telle direction d'évaluation est compté comme étant positif si la direction d'évaluation a pivoté dans le sens des aiguilles d'une montre, comme étant visualisée à partir du FOYER.

5 Montage de la caméra du FOYER

5.1 Vue d'ensemble

L'Article 5 traite des exigences de conception de la caméra: le diaphragme et le récepteur ainsi que leur position et leur orientation.

5.2 Diaphragme de la CAMERA A FENTE

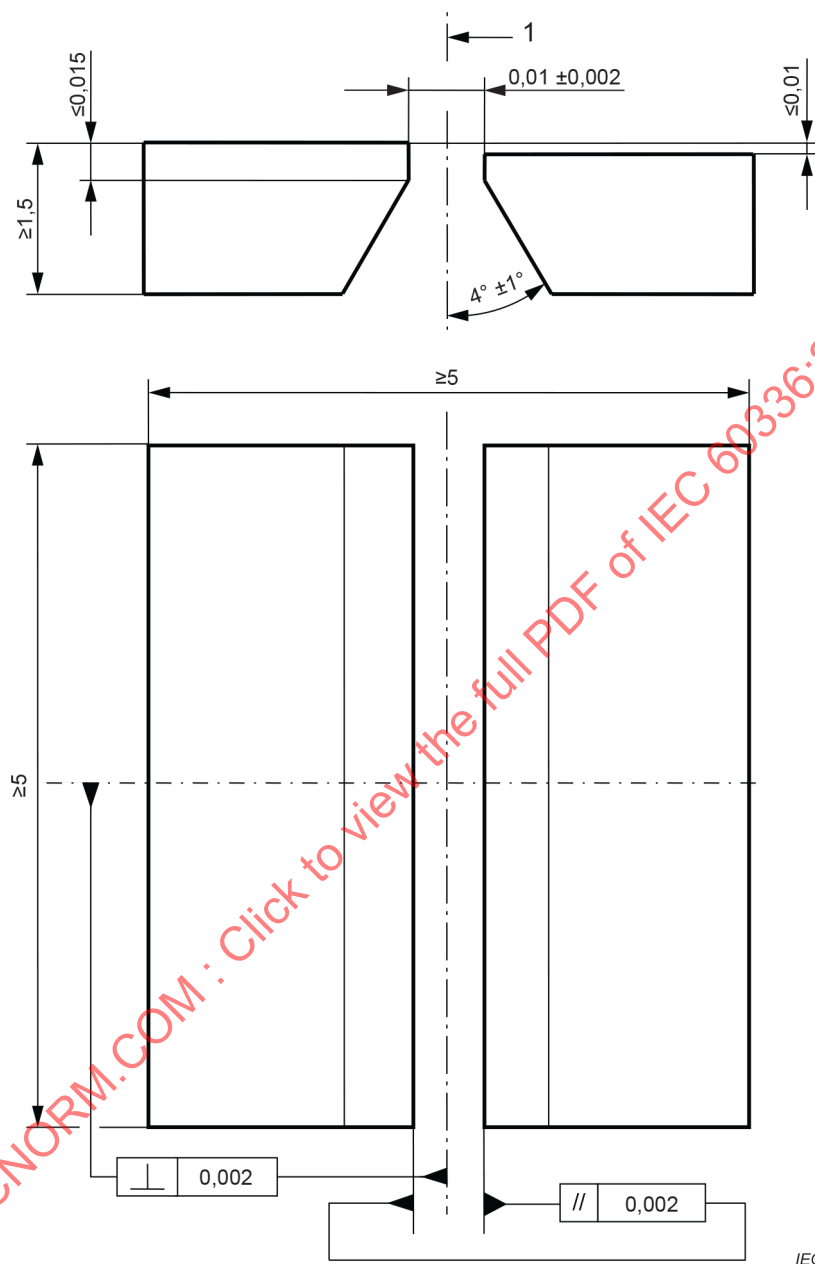
Le diaphragme de la CAMERA A FENTE doit être réalisé à partir de matériaux aux propriétés d'ATTENUATION élevées et doit avoir les dimensions données à la Figure 2.

Les matériaux appropriés sont, par exemple, les suivants:

- tungstène;
- tantale;
- alliage d'or et de 10 % de platine;

- alliage de tungstène et de 10 % de rhénium;
- alliage de platine et de 10 % d'iridium.

Dimensions en millimètres

**Légende**

1 axe de symétrie

Non représenté à l'échelle.

Figure 2 – Dimensions essentielles du diaphragme à fente**5.3 Diaphragme de la CAMERA A STENOPE**

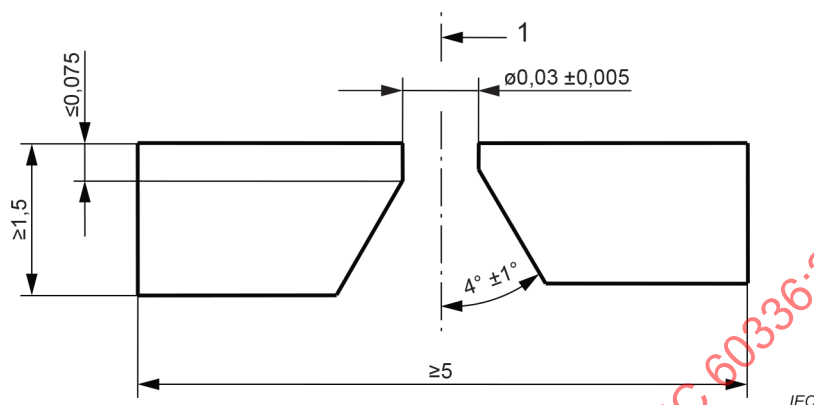
Le diaphragme de la CAMERA A STENOPE doit être réalisé à partir de matériaux avec une ATTENUATION élevée et doit avoir les dimensions données à la Figure 3.

Les matériaux appropriés sont, par exemple, les suivants:

- tungstène;

- tantale;
- alliage d'or et de 10 % de platine;
- alliage de tungstène et de 10 % de rhénium;
- alliage de platine et de 10 % d'iridium.

Dimensions en millimètres



Légende

1 axe de symétrie

Non représenté à l'échelle.

Figure 3 – Dimensions essentielles du diaphragme à sténopé

5.4 Récepteur

Le récepteur est la partie du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER sensible au RAYONNEMENT. Le DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER est un APPAREIL à série de pixels fournissant une valeur de sortie numérique par pixel en relation linéaire avec l'intensité d'entrée du rayonnement. Deux types de détecteurs sont spécifiés pour une utilisation dans le présent document (voir également Figure 6):

- détecteur 1D; le récepteur consiste en une série de pixels. Ce détecteur doit être appliqué pour obtenir les RADIOGRAMMES A FENTE (voir 6.3.1).

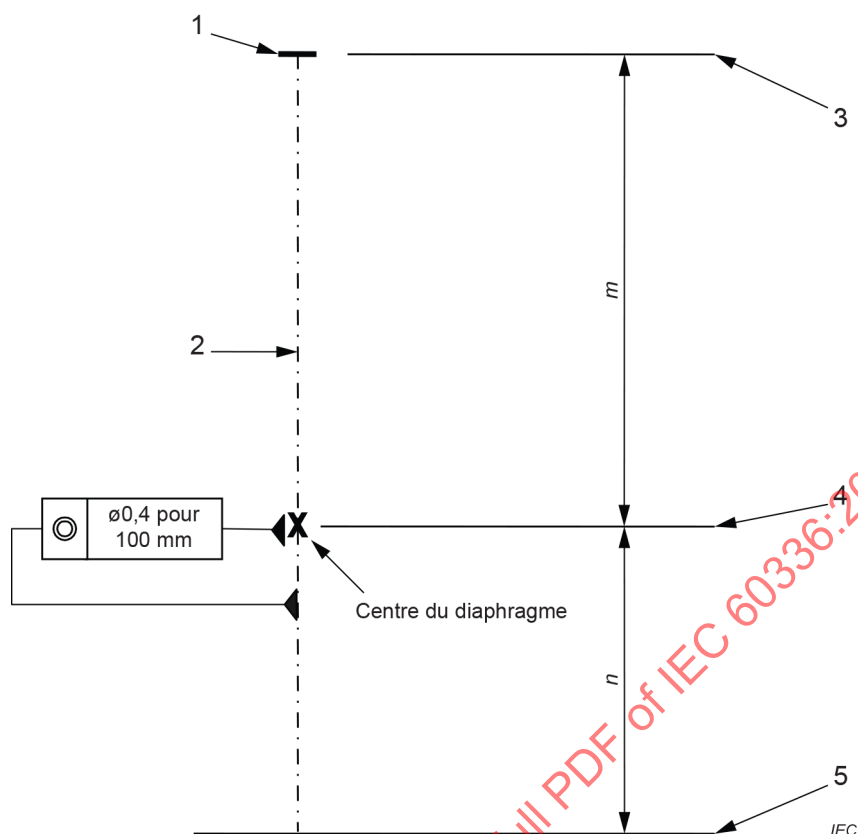
NOTE Le détecteur 1D est parfois désigné comme "détecteur de ligne".

- détecteur 2D; le récepteur consiste en une série de pixels bidimensionnelle. Ce détecteur peut être appliqué pour obtenir des RADIOGRAMMES A FENTE (voir 6.3.1) et doit être appliqué pour obtenir un RADIOGRAMME A STENOPE (voir 6.3.2).

5.5 Dispositions d'essai

5.5.1 Position du diaphragme à fente ou à sténopé perpendiculaire à l'AXE DE REFERENCE

Le diaphragme à fente ou à sténopé doit être positionné de telle manière que la distance de son centre à L'AXE DE REFERENCE soit dans la limite de 0,2 mm pour 100 mm de m (comme représenté à la Figure 4).



Légende

- 1 FOYER OPTIQUE
- 2 AXE DE REFERENCE
- 3 PLAN DE REFERENCE
- 4 face d'incidence du diaphragme à fente ou à sténopé
- 5 PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE

Figure 4 – Position du centre du diaphragme à fente ou à sténopé (marqué x sur la figure) par rapport à l'AXE DE REFERENCE

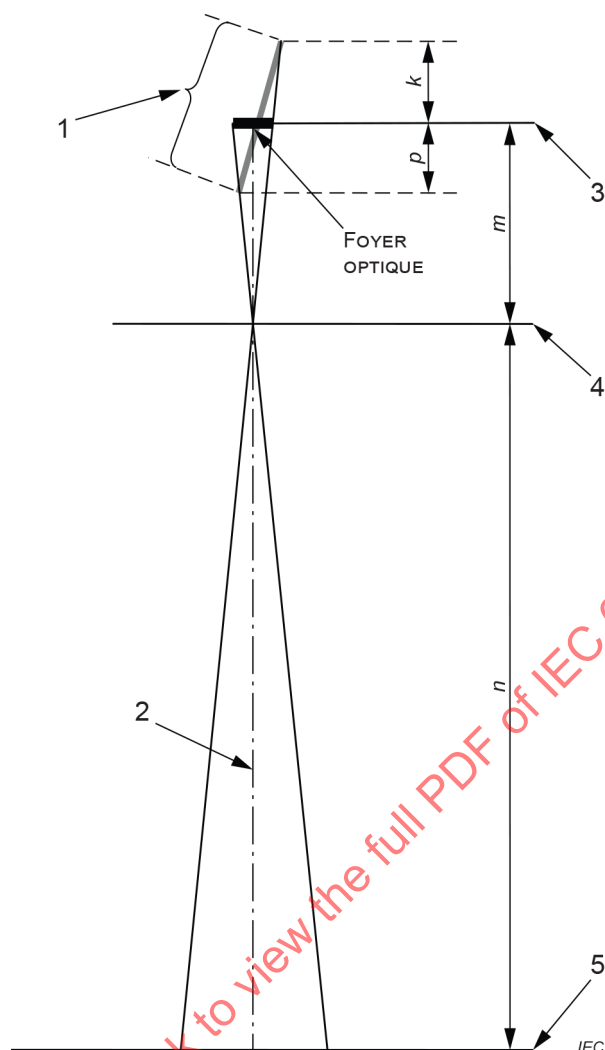
5.5.2 Position du diaphragme à fente ou à sténopé le long de l'AXE DE REFERENCE

La face d'incidence du diaphragme à fente ou à sténopé doit être placée à une distance du PLAN DE REFERENCE suffisante pour assurer que la variation du grossissement d'une extrémité à l'autre du FOYER ELECTRONIQUE ne dépasse pas $\pm 5 \%$ le long de L'AXE DE REFERENCE.

Les paramètres déterminants sont indiqués à la Figure 5, à savoir:

- k est la distance du PLAN DE REFERENCE au bord du FOYER ELECTRONIQUE le plus éloigné du diaphragme à fente ou à sténopé;
- p est la distance du PLAN DE REFERENCE au bord du FOYER ELECTRONIQUE le plus proche du diaphragme à fente ou à sténopé;
- m est la distance du PLAN DE REFERENCE à la face d'incidence du diaphragme;
- n est la distance de la face d'incidence du diaphragme au PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE;
- E est le grossissement donné par n/m .

NOTE De la valeur de p , k et m dépend la satisfaction à l'exigence sur la variation du grossissement – alors que p et k dépendent, à leurs tours, de l'ANGLE DE L'ANODE et de la longueur du FOYER ELECTRONIQUE. À titre d'exemple, pour $m = 100$, les valeurs maximales de p et k sont 5 mm.



Légende

- 1 FOYER ELECTRONIQUE
- 2 AXE DE REFERENCE
- 3 PLAN DE REFERENCE
- 4 face d'incidence du diaphragme à fente ou à sténopé
- 5 PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE

Figure 5 – Dimensions et plans de référence

5.5.3 Orientation du diaphragme à fente ou à sténopé

L'axe de symétrie (voir Figure 2 et Figure 3) doit être aligné avec L'AXE DE REFERENCE et former un angle inférieur à 1° .

Pour la réalisation d'une paire de RADIOGRAMMES A FENTE, le diaphragme à fente doit être orienté de façon que la longueur de la fente soit perpendiculaire à la direction d'évaluation à $\pm 1^\circ$ près.

5.5.4 Position et orientation du récepteur du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER

Le plan du récepteur du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER (Figure 4 et Figure 5) doit être placé perpendiculairement à L'AXE DE REFERENCE à $\pm 1^\circ$ près.

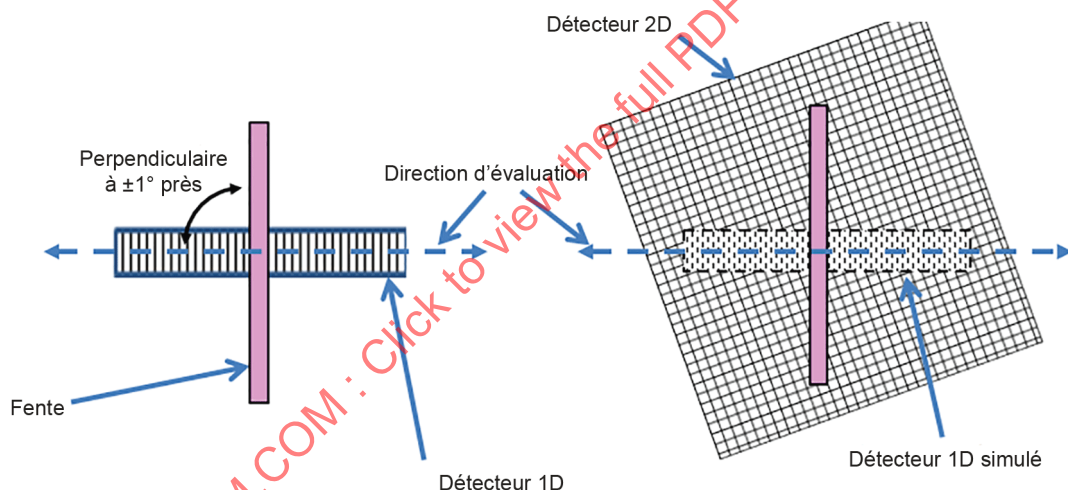
Le grossissement $E = n/m$ (Figure 4 et Figure 5) doit être déterminé avec une exactitude de $\pm 3\%$.

NOTE 1 Pour choisir le grossissement, les éléments suivants peuvent être pris en compte: avec une fente ou un sténopé infiniment étroit, une image vraie du FOYER est obtenue. Néanmoins, la taille finie de la fente ou du sténopé élargit l'image du FOYER. Le Tableau 1 donne des recommandations concernant le facteur de grossissement E . E est alors plus important pour les FOYERS plus petits.

Tableau 1 – Grossissement recommandé pour RADIOGRAMMES

VALEUR NOMINALE DU FOYER (f) ^a	Grossissement ($E = n / m$) ^b
$f \leq 0,4$	$E \geq 3$
$0,4 < f < 1,1$	$E > 2$
$1,1 \leq f$	$E \geq 1$
^a Voir 7.3.	
^b Voir Figure 4 et Figure 5.	

La direction d'évaluation de la largeur ou de la longueur du FOYER doit être orientée perpendiculairement à la direction de la fente du diaphragme à $\pm 1^\circ$ près. La Figure 6 indique un tel alignement de la fente du diaphragme et du détecteur 1D. De même, pour le détecteur 2D, la Figure 6 combine la sortie d'autant de pixels afin de simuler la configuration d'un détecteur 1D.



IEC

NOTE Objets non représentés à l'échelle – uniquement pour orientation.

Figure 6 – Alignement du récepteur du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER avec le diaphragme à fente

NOTE 1 Comme représenté à la Figure 6, la direction des matrices du détecteur 2D n'est pas déterminante, comme elle le serait avec un détecteur bien conçu et conformément aux recommandations concernant le nombre de pixels en 6.3.1 et 6.3.2; les pixels sont suffisamment petits pour ne pas influencer les VALEURS NOMINALES DU FOYER de manière significative.

NOTE 2 Dans le cas où le détecteur 1D n'est pas parfaitement perpendiculaire à la direction du diaphragme à fente, la longueur du pixel donne une largeur effective du pixel supérieure à la largeur réelle du pixel. Ceci peut influencer l'exactitude de la détermination. Il est conseillé que la largeur effective du pixel perpendiculaire à la direction du diaphragme à fente ne soit pas supérieure à deux fois la largeur du pixel. La largeur effective des pixels a un effet similaire sur l'exactitude à l'ouverture du densitomètre optique tel qu'appliqué dans le 7.2 de l'IEC 60336:2005. Les exigences relatives à l'ouverture du densitomètre contenues dans l'IEC 60336:2005 se traduisent par cette recommandation quant à la largeur effective des pixels ainsi que leur alignement et leur longueur.

5.6 Incertitude totale du montage de la caméra

L'incertitude totale du montage de la caméra résulte des tolérances géométriques de la caméra, c'est-à-dire

- a) la position du diaphragme perpendiculairement à l'AXE DE REFERENCE (voir 5.5.1);
- b) la position du diaphragme le long de l'AXE DE REFERENCE (voir 5.5.2);
- c) l'alignement de l'axe de symétrie du diaphragme sur l'AXE DE REFERENCE (voir 5.5.3);
- d) la position (distance et perpendicularité) du DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER (voir 5.5.4).

NOTE L'incertitude totale du montage de la caméra typique entraîne une erreur de l'ordre de 5 % dans la largeur de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE déduite du RADIOGRAMME A FENTE (voir 7.2). Le FABRICANT peut choisir un ensemble de tolérances géométriques différent, tant que l'exigence de l'Article 9 est satisfaite.

6 Réalisation des RADIOGRAMMES

6.1 Vue d'ensemble

L'Article 6 traite de la réalisation des RADIOGRAMMES A FENTE et des RADIOGRAMMES A STENOPE, qui doivent être effectués au moyen d'une CAMERA DE FOYER conformément à l'Article 5 et selon les conditions de fonctionnement de 6.2 et 6.3.

NOTE L'utilisation d'un châssis approprié est généralement nécessaire afin de réduire le plus possible l'effet du RAYONNEMENT PARASITE sur le RADIOGRAMME.

Les RADIOGRAMMES A STENOPE n'ont qu'un caractère informatif visant à présenter la répartition de l'intensité énergétique sur l'ensemble du FOYER.

La méthode utilisée pour indiquer la conformité au présent document des RADIOGRAMMES DE FOYER est décrite en 6.4. La méthode utilisée pour indiquer la conformité au présent document des FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE est décrite en 6.5.

6.2 Conditions de fonctionnement

6.2.1 GAINE EQUIPEE

Le TUBE RADIOGENE doit être positionné dans une GAINE du type pour lequel il est spécifié en UTILISATION NORMALE ou doit être placé dans des conditions de montage et de fonctionnement équivalentes, pour autant que celles-ci puissent avoir une influence sur les résultats de l'essai.

Tous les matériaux appartenant à la GAINE EQUIPEE en UTILISATION NORMALE doivent être installés. Aucune FILTRATION ADDITIONNELLE ne doit être utilisée pour diminuer le flux de sortie du rayonnement X, à moins qu'il ne soit vérifié que la FILTRATION ADDITIONNELLE n'a pas d'effet significatif sur la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE (voir 6.3.3).

6.2.2 PARAMETRES DE CHARGE

Les RADIOGRAMMES A FENTE ou les RADIOGRAMMES A STENOPE pour les GAINES EQUIPEES utilisés dans la RADIOGRAPHIE de PROJECTION ou dans la TOMODENSITOMETRIE doivent être obtenus avec des PARAMETRES DE CHARGE constants, conformément au Tableau 2.

Tableau 2 – PARAMETRES DE CHARGE

	HAUTE TENSION NOMINALE kV	POTENTIEL D'ACCELERATION D'UN TUBE RADIOGENE exigé	Durée d'exposition	Puissance du TUBE RADIOGENE exigée
RADIOGRAPHIE autre que la TOMODENSITOMETRIE	$U < 75$	HAUTE TENSION NOMINALE	Comme lignes directrices, voir les recommandations en 6.3.1 b) et c) ou 6.3.2 b) et c)	50 % de la PUISSANCE ABSORBEE ANODIQUE RADIOGRAPHIQUE NOMINALE
	$75 \leq U \leq 150$	75 kV		
TOMODENSITOMETRIE		120 kV		50 % de la PUISSANCE ABSORBEE ANODIQUE NOMINALE TOMODENSITOMETRIQUE

6.2.3 PARAMETRES DE CHARGE spéciaux

Si les PARAMETRES DE CHARGE indiqués dans le Tableau 2 ne se trouvent pas dans les limites des ABAQUES RADIOGRAPHIQUES pour le TUBE RADIOGENE concerné ou si autrement ils ne couvrent pas les applications spéciales typiques d'UTILISATION NORMALE spécifiée du TUBE RADIOGENE, des PARAMETRES DE CHARGE doivent être choisis pour répondre à ces conditions spécifiques. Dans ce cas, les PARAMETRES DE CHARGE, d'après lesquels les RADIOGRAMMES A FENTE ou les RADIOGRAMMES A STENOPE ont été obtenus, doivent être indiqués dans la déclaration de conformité avec les caractéristiques.

Dans des cas particuliers, il peut être approprié d'établir les caractéristiques d'un FOYER dans des conditions supplémentaires d'APPLICATION D'UNE CHARGE.

6.2.4 Dispositions spéciales

Si, pour réaliser des RADIOGRAMMES A FENTE convenables, des dispositions sont prises pour l'ajustement et l'alignement de la CAMERA A FENTE ou de la GAINÉ EQUIPEE, ou si des conditions électriques ou d'APPLICATION D'UNE CHARGE spéciales prévalent, les détails les concernant, ainsi que leurs caractéristiques, doivent être donnés dans la déclaration de conformité.

6.3 Réalisation de RADIOGRAMMES A FENTE, de RADIOGRAMMES A STENOPE et de FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE

6.3.1 Exigences relatives au DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER pour RADIOGRAMMES A FENTE

La plage spatiale du RADIOGRAMME A FENTE doit être telle qu'une extension supplémentaire de cette plage ne modifie pas le résultat de façon significative pour la largeur de 15 %.

NOTE Une plage spatiale égale à trois fois la largeur de 15 % de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE est généralement suffisante.

Les erreurs de discrétisation sont inhérentes aux détecteurs numériques et au traitement du signal subséquent. Ces erreurs entraînent des largeurs de FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE plus grandes que dans le cas idéal. Le choix de paramètres suivant est recommandé afin de limiter l'erreur provoquée par la discrétion à environ 1 %.

- Le nombre de pixels dépassant la largeur de 15 % de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE est au moins de 30 et l'interpolation linéaire est appliquée. Si l'interpolation linéaire n'est pas appliquée, il convient que le nombre de pixels soit d'au moins 60;
- Le nombre de niveaux entre le niveau de fond et le signal maximal de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE est de 200 ou plus;
- Le rapport signal sur bruit est de 200 ou mieux.

Voir également E.6.2 a).

6.3.2 Exigences relatives au DETECTEUR NUMERIQUE DE FOYER pour RADIOGRAMMES A STENOPE

La plage spatiale du RADIOGRAMME A STENOPE doit être telle que les portions les plus extrêmes du RADIOGRAMME soient bien incluses, afin que le niveau de bruit de fond du RADIOGRAMME puisse être perçu correctement.

NOTE 1 Généralement, quelle que soit la direction, la plage spatiale égale au minimum à trois fois la largeur de 15 % du RADIOGRAMME A STENOPE est suffisante, tant qu'aucun lobe latéral n'est présent à l'extérieur du lobe principal de répartition.

NOTE 2 Le choix de paramètres suivant est applicable afin d'obtenir des RADIOGRAMMES A STENOPE suffisamment précis:

- a) la largeur du RADIOGRAMME A STENOPE à 15 % d'intensité maximale est couverte par au moins 60 pixels;
- b) le nombre de niveaux de signal entre le niveau de fond et le signal maximal est de 200 ou plus;
- c) le rapport signal sur bruit est d'au moins 100.

Voir également E.6.2 a).

6.3.3 Détermination des RADIOGRAMMES et des FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE

Afin de déduire la valeur vraie de l'intensité énergétique, la répartition de l'intensité énergétique du RADIOGRAMME concerné doit être soustraite de son niveau de base afin d'obtenir le niveau zéro effectif et doit être linéarisée, le cas échéant.

NOTE Des aspects tels que la saturation, la stabilité, l'uniformité, les pixels morts et les effets mémoire sont également pris en compte.

Afin de déduire l'extension vraie adéquate du RADIOGRAMME concerné, les valeurs d'axe dans la ou les directions d'évaluation sont divisées par le grossissement E appliqué.

Les RADIOGRAMMES A FENTE ainsi corrigés représentent les FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE.

6.4 Déclaration de conformité du RADIOGRAMME A STENOPE

Si la conformité au présent document doit être déclarée pour la présentation d'un RADIOGRAMME A STENOPE, la déclaration doit être présentée comme suit:

RADIOGRAMME A STENOPE avec grossissement de ...¹ selon l'IEC 60336:2020.

Les indications suivantes doivent également être déclarées, le cas échéant: Paragraphe

AXE DE REFERENCE	4.3
PARAMETRES DE CHARGE	6.2.3
Dispositions spéciales	6.2.4
Description de l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE	4.2

6.5 Déclaration de conformité des FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE

Si la conformité au présent document doit être déclarée pour la présentation d'une FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE, la déclaration doit être présentée comme suit:

¹ Grossissement utilisé et déterminé conformément à 5.5.4.

FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE avec grossissement de² conformément à l'IEC 60336:2020.

Les indications suivantes doivent également être déclarées, le cas échéant: Paragraphe

AXE DE REFERENCE	4.3
PARAMETRES DE CHARGE	6.2.3
Dispositions spéciales	6.2.4
Description de l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE	4.2
Direction d'évaluation de la largeur des FOYERS déformés	4.6

7 Détermination des dimensions du FOYER et VALEURS NOMINALES DU FOYER

7.1 Vue d'ensemble

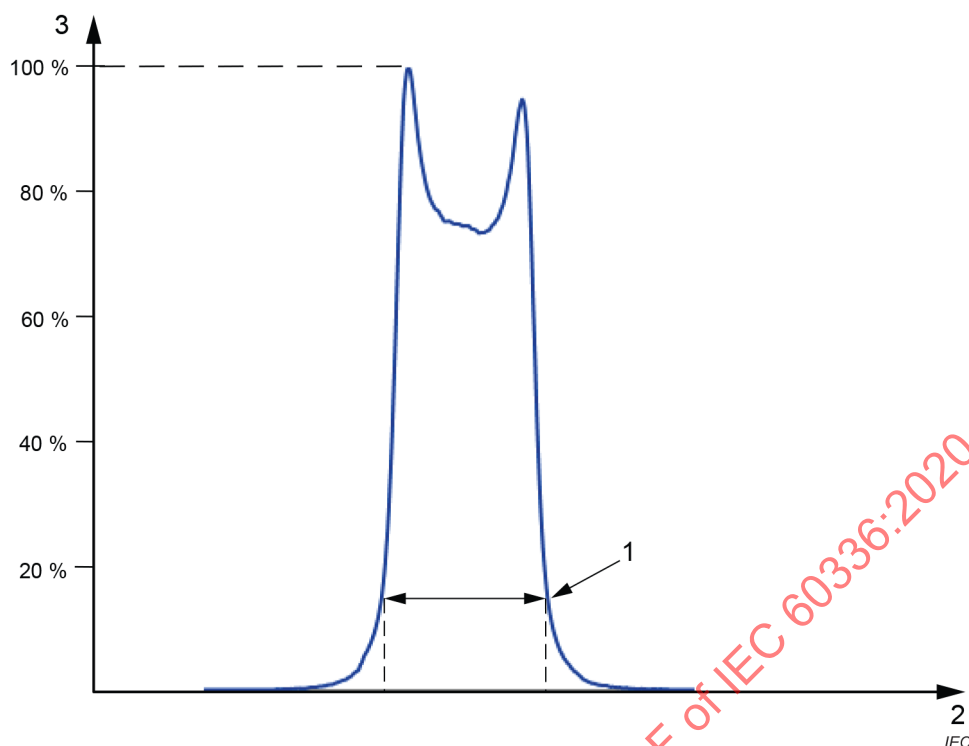
L'Article 7 traite de la détermination des dimensions du FOYER fondée sur une paire de FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE, comme décrit en 6.3.3.

Les critères de conformité au présent document sont inclus. Les méthodes indiquant les VALEURS NOMINALES DU FOYER conformément au présent document sont indiquées en 7.4 et 7.5.

7.2 Mesurage et détermination des dimensions du FOYER

La dimension du FOYER doit être déterminée comme la dimension de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE correspondante, conformément à 6.3.3, mesurée à 15 % de la valeur de crête, comme représenté à la Figure 7.

² Grossissement utilisé et déterminé conformément à 5.5.4.



Légende

- 1 largeur à 15 % de l'intensité maximale du signal
- 2 répartition spatiale le long de l'axe d'évaluation
- 3 intensité du signal

Figure 7 – FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE

7.3 VALEURS NOMINALES DU FOYER spécifiées

7.3.1 Valeurs nominales

Aux FOYERS de chaque type de GAINÉ EQUIPÉE doivent être assignées des VALEURS NOMINALES numériques du FOYER, comme suit:

- de 0,1 à 0,25 par intervalles de 0,05;
- de 0,3 à 2,0 par intervalles de 0,1; et
- de 2,2 et plus par intervalles de 0,2.

Des FOYERS conçus avec des longueurs et des largeurs différentes (caractéristiques de la TOMODENSITOMETRIE, par exemple) peuvent avoir des VALEURS NOMINALES DU FOYER consistant en une paire de nombres, par exemple 1,0 × 1,6, le premier nombre se référant à la largeur du FOYER OPTIQUE et le second à la longueur du FOYER OPTIQUE. Cette paire de valeurs doit être établie avec les mêmes intervalles que ceux donnés ci-dessus.

7.3.2 Dimensions réelles

La VALEUR NOMINALE DU FOYER doit correspondre aux dimensions dans les deux directions d'évaluation du FOYER des rapports tels que les dimensions réelles de la largeur et de la longueur du FOYER, déterminées selon 7.2, soient inférieures ou égales aux dimensions maximales admissibles pour les largeur et longueur de cette VALEUR NOMINALE DU FOYER données dans le Tableau 3.

Pour une VALEUR NOMINALE DU FOYER de 0,1, les dimensions mesurées ne doivent pas être inférieures à 0,1 mm.

Pour les FOYERS dont les VALEURS NOMINALES de longueur et de largeur sont différentes (caractéristiques de la TOMODENSITOMETRIE, par exemple), chaque nombre doit être lié à la VALEUR NOMINALE DU FOYER du Tableau 3, uniquement concernant la colonne indiquant la largeur.

Pour ces déterminations, aucune correction n'est exigée pour les erreurs de mesure.

**Tableau 3 – Valeurs maximales admissibles des dimensions
du FOYER pour les VALEURS NOMINALES DU FOYER**

VALEUR NOMINALE DU FOYER <i>f</i>	Dimensions du FOYER – VALEURS MAXIMALES ADMISSIBLES mm	
	Largeur	Longueur
0,1	0,15	0,15
0,15	0,23	0,23
0,2	0,30	0,30
0,25	0,38	0,38
0,3	0,45	0,65
0,4	0,60	0,85
0,5	0,75	1,10
0,6	0,90	1,30
0,7	1,10	1,50
0,8	1,20	1,60
0,9	1,30	1,80
1,0	1,40	2,00
1,1	1,50	2,20
1,2	1,70	2,40
1,3	1,80	2,60
1,4	1,90	2,80
1,5	2,00	3,00
1,6	2,10	3,10
1,7	2,20	3,20
1,8	2,30	3,30
1,9	2,40	3,50
2,0	2,60	3,70
2,2	2,90	4,00
2,4	3,10	4,40
2,6	3,40	4,80
2,8	3,60	5,20
3,0	3,90	5,60
NOTE Pour les VALEURS NOMINALES DU FOYER de 0,3 à 3,0, les VALEURS MAXIMALES ADMISSIBLES pour la longueur ont été ajustées avec le facteur 0,7 (voir Article E.4).		

7.4 Déclaration de conformité

Si la conformité au présent document d'une ou de plusieurs VALEURS NOMINALES DU FOYER doit être déclarée, la déclaration doit être établie en indiquant:

- des nombres simples (sans unité), par exemple:
VALEUR NOMINALE DU FOYER 0,6 selon l'IEC 60336:2020
- ou une paire de nombres simples pour les GAINES EQUIPEES pour applications spéciales (voir 7.3.1), sans unité, par exemple:
VALEURS NOMINALES DU FOYER 1,0 x 0,6 selon l'IEC 60336:2020

Les indications suivantes doivent également être déclarées, le cas échéant: Paragraphe

AXE DE REFERENCE	4.3
PARAMETRES DE CHARGE	6.2.3
Dispositions spéciales	6.2.4
Description de l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPEE	4.2
Direction d'évaluation de la largeur des FOYERS déformés	4.6

7.5 Marquage de la conformité

Si la conformité au présent document d'une ou de plusieurs VALEURS NOMINALES DU FOYER spécifiées doit être marquée sur les GAINES EQUIPEES, ou indiquée sous une forme concise, ce marquage ou cette indication doivent être réalisés comme indiqué à la Figure 8, en utilisant les symboles graphiques de l'IEC 60417, pour trois FOYERS par exemple.

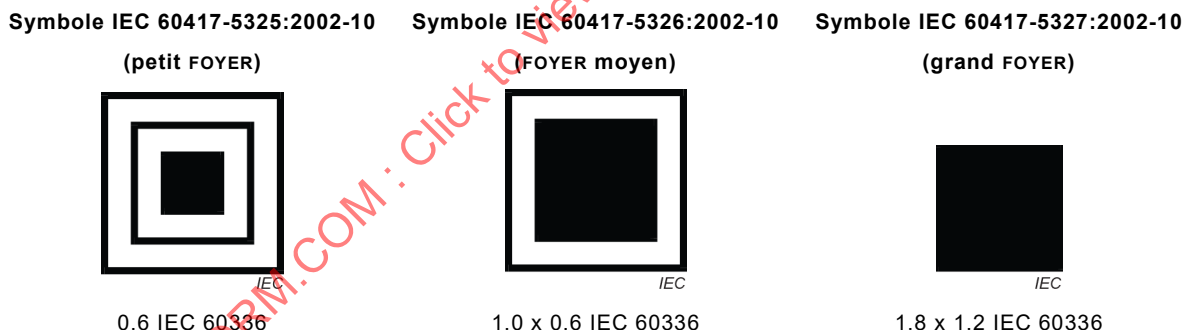


Figure 8 – Symboles graphiques – FOYERS

Si une GAINÉ EQUIPEE produit plus d'un FOYER intermédiaire, le symbole IEC 60417-5326:2002-10 doit figurer pour chaque FOYER intermédiaire.

8 Détermination de la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION

8.1 Vue d'ensemble

L'Article 8 traite de la détermination des FONCTIONS DE TRANSFERT DE MODULATION suivant une dimension du FOYER d'une GAINÉ EQUIPEE fondée sur une paire de FONCTIONS DE DISTRIBUTION LINEAIRE, comme décrit en 6.3.3.

Une méthode indiquant les FONCTIONS DE TRANSFERT DE MODULATION et la déclaration de conformité conformément au présent document est incluse (8.2 et 8.3).

8.2 Calcul et présentation de la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION

La FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION suivant une dimension du FOYER doit être calculée au moyen de l'amplitude de la transformée de Fourier de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE, conformément à 6.3.3. Si la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE est courte, la résolution de la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION est basse. Avant de procéder à la transformée de Fourier, les données de FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE doivent dans ce cas être étendues au moyen de la méthode mathématique standard du "remplissage par des zéros". Le nombre de points de données de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE doit en tout cas être d'au moins dix fois la largeur de la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE correspondante de 15 % de la taille du FOYER.

NOTE 1 La FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION ainsi déduite représente une caractéristique du FOYER, étant donné que la FONCTION DE DISTRIBUTION LINEAIRE est définie dans le PLAN DE REFERENCE.

La FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION doit être représentée sous forme d'un graphique présentant l'amplitude de la transformée de Fourier en fonction de la fréquence spatiale. Le graphique doit utiliser une échelle linéaire pour les deux axes de coordonnées. Le graphique doit être normalisé de telle sorte que l'amplitude de la transformée de Fourier soit de 100 % à la fréquence spatiale zéro.

La FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION doit s'étendre au minimum jusqu'aux fréquences spatiales pour lesquelles l'amplitude de la transformée de Fourier chute à 10 %.

NOTE 2 Dans les applications pratiques, la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION ne présente généralement pas d'intérêt en dessous de 10 %.

Les FONCTIONS DE TRANSFERT DE MODULATION suivant une dimension de la géométrie de la largeur et la longueur d'un FOYER doivent être présentées avec la VALEUR NOMINALE DU FOYER, conformément à l'Article 7.

NOTE 3 Si la FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION nécessite d'être appliquée pour tout autre plan, défini par " m " et " n " (Figure 4), alors l'axe de fréquence est mis à l'échelle par le facteur $(m+n)/n$, afin de prendre en compte l'effet de grossissement $(m+n)/m$ et du grossissement n/m .

8.3 Déclaration de conformité

Si la conformité au présent document pour la présentation d'une paire de FONCTIONS DE TRANSFERT DE MODULATION doit être déclarée, la déclaration doit être établie de la façon suivante:

FONCTION DE TRANSFERT DE MODULATION pour une VALEUR NOMINALE DU FOYER de 0,6, conformément à l'IEC 60336:2020.

Les indications suivantes doivent également être déclarées, le cas échéant: Paragraphe

AXE DE REFERENCE	4.3
PARAMETRES DE CHARGE	6.2.3
Dispositions spéciales	6.2.4
Description de l'axe longitudinal de la GAINÉ EQUIPÉE	4.2
Direction d'évaluation de la largeur des FOYERS déformés	4.6

9 Méthodes alternatives de mesure pour déterminer les VALEURS NOMINALES DE FOYER

Il est entendu que les personnes revendiquant la conformité selon 7.4 ou 7.5 peuvent employer des méthodes de mesure autres que la méthode spécifiée dans le présent document. Ceci est permis sous réserve que la méthode alternative de mesure soit corrélée à la méthode de mesure normalisée décrite dans le présent document.

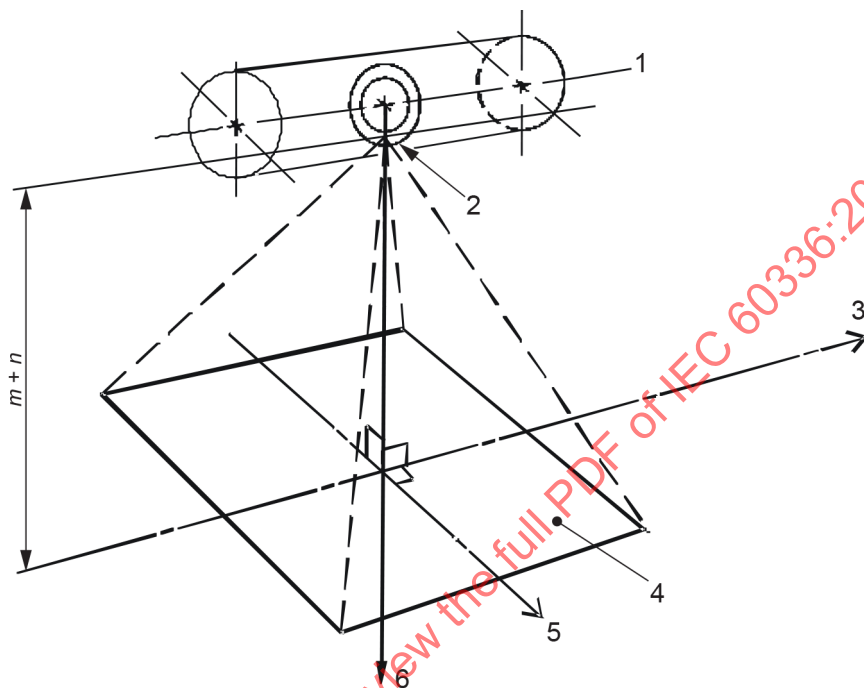
Cette corrélation doit démontrer que les VALEURS NOMINALES DU FOYER obtenues avec la méthode alternative de mesure ne sont pas inférieures à celles obtenues avec la méthode de mesure normalisée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60336:2020

Annex A (informative)

Alignement par rapport à l'AXE DE REFERENCE

La Figure A.1 présente une vue d'ensemble des différents axes et directions pour mesurer le FOYER.



IEC

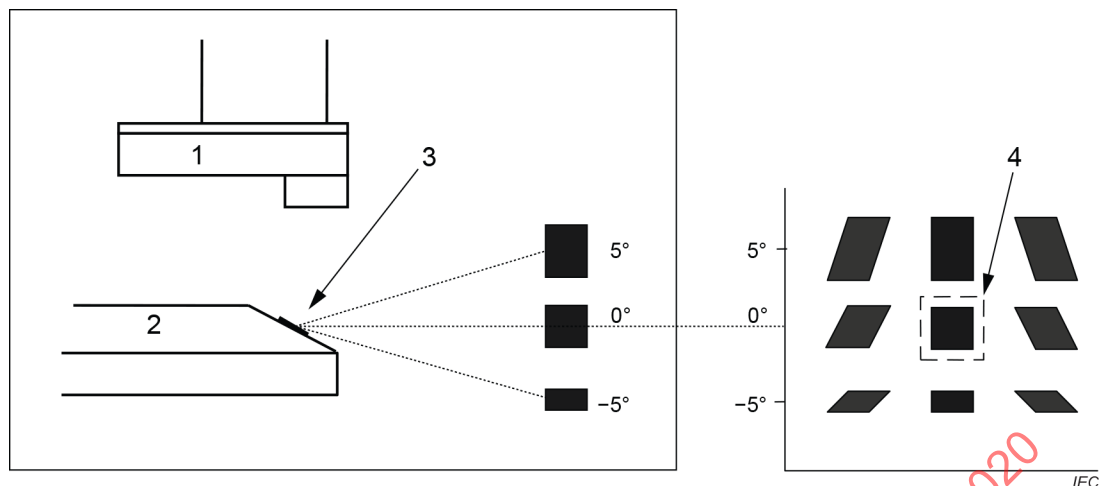
Légende

- 1 axe longitudinal de la GAINE EQUIPEE
- 2 FOYER
- 3 direction d'évaluation de la longueur du FOYER
- 4 PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE
- 5 direction d'évaluation de la largeur du FOYER
- 6 AXE DE REFERENCE

Figure A.1 – AXE DE REFERENCE et directions d'évaluation

Les valeurs des caractéristiques d'un FOYER obtenues par mesurage et détermination selon le présent document dépendent d'un certain nombre d'erreurs dont les effets sont difficiles à éviter ou à compenser sans un appareillage et des méthodes d'essai très coûteux. C'est pourquoi il convient en général de ne considérer les résultats obtenus que qualitativement, sauf si toutes les exigences présentées dans le présent document sont satisfaites.

L'un des facteurs ayant une influence relativement importante sur les résultats est l'alignement géométrique du diaphragme avec le centre du FOYER OPTIQUE. La forme et les dimensions du FOYER dans l'ensemble du CHAMP DE RAYONNEMENT dépendent, en grande partie, de la direction de la PROJECTION du FOYER; voir représentation graphique à la Figure A.2. Les déclarations conformes au présent document font uniquement référence à la PROJECTION suivant la DIRECTION DE REFERENCE ("FOYER" marqué à la Figure A.2).



Légende

- 1 CATHODE
- 2 ANODE
- 3 FOYER ELECTRONIQUE
- 4 FOYER OPTIQUE pour la déclaration conformément au présent document

Figure A.2 – PROJECTION du FOYER ELECTRONIQUE sur le PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE

Annex B (informative)

RADIOGRAMME A MIRE ETOILE

B.1 Vue d'ensemble

L'Annexe B traite de la réalisation de RADIOGRAMMES A MIRE ETOILE destinés à la détermination de la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE et de la VALEUR DE DISPERSION des FOYERS selon les Annex C et Annex D, respectivement.

NOTE Dans l'IEC 60336:2005, l'Article 10 concernant les RADIOGRAMMES A MIRE ETOILE est un article normatif. Dans le présent document, cet article n'est plus normatif mais pour des références historiques, le contenu a été déplacé dans la présente Annexe B informative. Aucune actualisation de cette méthode n'a été effectuée concernant les techniques numériques, telle que mise en place dans le présent document. Il appartient à l'utilisateur de mettre en œuvre tout changement de ce type.

B.2 Appareillage d'essai

B.2.1 CAMERA A MIRE ETOILE

Les RADIOGRAMMES A MIRE ETOILE sont obtenus au moyen d'une CAMERA A MIRE ETOILE comprenant une mire constituée d'une série de secteurs à haute et à basse absorption alternés. Les secteurs à haute absorption sont en plomb ou en un matériau absorbant équivalent et présentent une épaisseur comprise entre 0,03 mm et 0,05 mm.

Tous les secteurs ont un angle au sommet Θ inférieur ou égal à 0,035 radian (environ 2°). La surface efficace de la mire doit couvrir 2π et afficher un diamètre d'au moins 45 mm. Les dimensions essentielles de la mire et sa structure de base sont présentées à la Figure B.1.

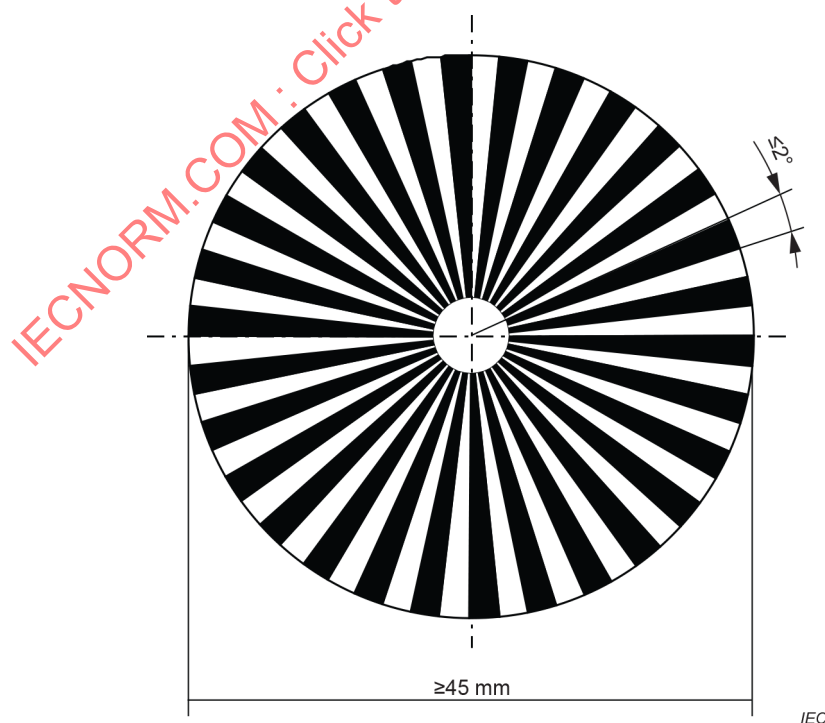


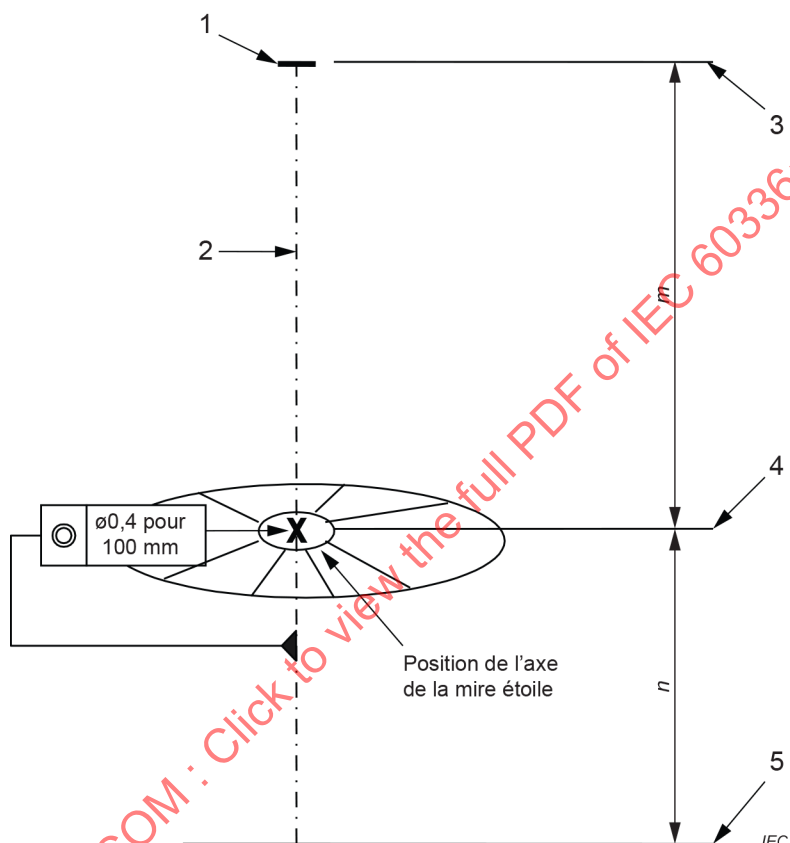
Figure B.1 – Dimensions essentielles de la mire étoile

B.2.2 FILM RADIOGRAPHIQUE

Les RADIOGRAMMES A MIRE ETOILE sont réalisés en utilisant un FILM RADIOGRAPHIQUE à grain fin à utiliser sans ECRANS RENFORÇATEURS.

B.2.3 Position de la CAMERA A MIRE ETOILE perpendiculairement à L'AXE DE REFERENCE

La CAMERA A MIRE ETOILE est positionnée de telle manière que la distance de son centre à L'AXE DE REFERENCE soit dans les limites de 0,2 mm pour 100 mm de m (comme représenté à la Figure B.2).



Légende

- 1 FOYER OPTIQUE
- 2 AXE DE REFERENCE
- 3 PLAN DE REFERENCE
- 4 face d'incidence de la mire étoile
- 5 PLAN DE RECEPTION DE L'IMAGE

NOTE Grossissement = $(n + m)/m$

Figure B.2 – Alignement DE LA CAMERA A MIRE ETOILE

B.2.4 Position de la CAMERA A MIRE ETOILE dans la DIRECTION DE REFERENCE

La face d'incidence de la mire d'essai est placée à une distance du FOYER OPTIQUE permettant d'obtenir un grossissement M' tel que les dimensions Z_W et Z_L (voir Figure C.1), mesurées conformément à l'Article C.2, soient supérieures ou, en cas d'impossibilité, le plus près possible du tiers du diamètre de l'image de la mire d'essai, sans être inférieures à 25 mm (voir également B.2.6).

B.2.5 Alignement de la CAMERA A MIRE ETOILE

La face d'incidence de la mire d'essai est placée perpendiculairement à $\pm 2^\circ$ près par rapport à la DIRECTION DE REFERENCE.

B.2.6 Position du FILM RADIOGRAPHIQUE

Le FILM RADIOGRAPHIQUE est placé perpendiculairement à la DIRECTION DE REFERENCE à $\pm 2^\circ$ près, à une distance de la face d'incidence de la mire d'essai, qui donne un grossissement M' déterminé à partir de la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE R attendue, suivant la formule:

$$M' = R \times Z \times \theta$$

où

M' est le grossissement à utiliser;

R est la LIMITE DE RESOLUTION D'UNE MIRE ETOILE attendue en paires de lignes par millimètre;

Z est la dimension en millimètres sur le FILM RADIOGRAPHIQUE de la zone la plus extrême de modulation minimale dans la direction Z_W ou Z_L , selon le cas;

θ est l'angle au sommet en radians des secteurs en matière absorbante.

B.2.7 Conditions de fonctionnement

Le RADIOGRAMME A MIRE ETOILE est réalisé selon les conditions de fonctionnement décrites en 6.2.

B.2.8 Réalisation du RADIOGRAMME A MIRE ETOILE

Le FILM RADIOGRAPHIQUE de la CAMERA A MIRE ETOILE est exposé comme décrit en 6.3.3 de l'IEC 60336:2005 (quatrième édition).