NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61828

Première édition
First edition
2001-05

Ultrasons – Transducteurs focalisants – Définitions et méthodes de mesurage pour les champs transmis

Ultrasonics – Focusing transducers – Definitions and measurement methods for the transmitted fields

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61828:2006

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI (www.iec.ch)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.
- **IEC Just Published**

  Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.
- **Service clients**

  Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

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

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site (www.iec.ch)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.
- **IEC Just Published**

  This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.
- **Customer Service Centre**

  If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

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

.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
61828

Première édition
First edition
2001-05

Ultrasons – Transducteurs focalisants – Définitions et méthodes de mesurage pour les champs transmis

Ultrasonics – Focusing transducers – Definitions and measurement methods for the transmitted fields

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XA

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 10
1 Domaine d'application 12
2 Références normatives 12
3 Généralités 14
3.1 Transducteurs focalisants 14
3.2 Exigences pour le système et les mesures 18
3.3 Descriptions générales du champ focalisé 20
4 Définitions de focalisation 24
4.1 Informations générales 24
4.2 Définitions 24
5 Liste des symboles 50
6 Procédures de mesure 52
6.1 Généralités 52
6.2 Déterminer l'axe du faisceau 52
6.3 Déterminer si le transducteur est focalisant 56
6.4 Mesurage d'autres paramètres de focalisation d'un transducteur focalisant 58

Annexe A (informative) Informations générales concernant la transmission / Caractéristiques des transducteurs focalisants 80
Annexe B (informative) Méthodes de détermination de l'axe du faisceau pour des faisceaux réguliers 90
Annexe C (informative) Méthodes de détermination de l'axe du faisceau pour des faisceaux non réguliers 98

Bibliographie 102

Figure 1 – Options de transducteur – En haut: transducteur avec un rayon de courbure *R* et une longueur focale égale à *R* – Au milieu: transducteur à lentille plano-concave – En bas: transducteur à lentille plano-convexe 62
Figure 2 – Définitions pour mesurages de focalisation lorsque la géométrie du transducteur est inconnue 64
Figure 3 – Paramètres de champ pour des transducteurs non focalisants et focalisants 66
Figure 4 – Graphe de contour du faisceau – Contours à –6 dB, –12 dB et –20 dB pour un transducteur de 5 MHz avec un rayon de 25 mm et un rayon de courbure de 50 mm centré à la position 0,0 (au centre de l'axe inférieur du graphe) 68
Figure 5 – Paramètres de description d'un transducteur focalisant de géométrie connue 70
Figure 6 – Paramètres de différence de trajectoire pour la description d'un transducteur focalisant de géométrie connue 72
Figure 7 – Foyer de largeur de faisceau dans un plan longitudinal principal 74
Figure 8 – Types de focalisations géométriques 76
Figure 9 – Foyer pression dans un plan longitudinal principal 78

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 11
1 Scope 13
2 Normative references 13
3 General 15
3.1 Focusing transducers 15
3.2 System and measurement requirements 19
3.3 General focused field descriptions 21
4 Focusing definitions 25
4.1 Background information 25
4.2 Definitions 25
5 List of symbols 51
6 Measurement procedures 53
6.1 General 53
6.2 Finding the beam axis 53
6.3 Determining if transducer is focusing 57
6.4 Measuring other focal parameters of a focusing transducer 59

Annex A (informative) Background for the transmission/ Characteristics of focusing transducers 81
Annex B (informative) Methods for determining the beam axis for well-behaved beams 91
Annex C (informative) Methods for determining the beam axis for beams that are not well-behaved 99

Bibliography 103

Figure 1 – Transducer options – Top: Transducer with a radius of curvature *R* and a focal length equal to *R* – Middle: Transducer with a plano-concave lens – Bottom: Transducer with a plano-convex lens 63
Figure 2 – Definitions for focusing measurements when the transducer geometry is unknown 65
Figure 3 – Field parameters for non-focusing and focusing transducers 67
Figure 4 – Beam contour plot – Contours at –6, –12, and –20 dB for a 5 MHz transducer with a diameter of 25 mm and a radius of curvature of 50 mm centred at location 0,0 (bottom centre of graph) 69
Figure 5 – Parameters for describing a focusing transducer of a known geometry 71
Figure 6 – Path difference parameters for describing a focusing transducer of a known geometry 73
Figure 7 – Beamwidth focus in a principal longitudinal plane 75
Figure 8 –Types of geometric focusing 77
Figure 9 – Pressure focus in a principal longitudinal plane 79

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure B.1 – Balayage selon l'axe X à 9 cm de profondeur pour la première zone focale à centre de faisceau 92

Figure B.2 – Balayage selon l'axe X à 4,4 cm de profondeur pour la seconde zone focale 94

Figure C.1 – Faisceau asymétrique montrant la méthode du point médian de largeur de faisceau 100

Tableau B.1 – Écarts types pour les balayages *x* et *y* en employant trois méthodes de détermination du centre du faisceau 92

Tableau B.2 – Niveaux –dB de largeur de faisceau pour la détermination des points médians 96

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Figure B.1 – X-axis scan at 9 cm depth for the first focal zone with beam centre 93
Figure B.2 – X-axis scan at 4,4 cm depth for the second focal zone 95
Figure C.1 – Asymmetric beam showing beamwidth midpoint method 101

Table B.1 – Standard deviations for *x* and *y* scans using three methods of determining the centre of the beam 93
Table B.2 – –dB beamwidth levels for determining midpoints 97

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ULTRASONS – TRANSDUCTEURS FOCALISANTS – DÉFINITIONS ET MÉTHODES DE MESURAGE POUR LES CHAMPS TRANSMIS

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61828 a été établie par le comité d'études 87 de la CEI: Ultrasons.

Cette version bilingue (2006-07) remplace la version monolingue anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 87/196/FDIS et 87/204/RVD. Le rapport de vote 87/204/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ULTRASONICS – FOCUSING TRANSDUCERS – DEFINITIONS AND MEASUREMENT METHODS FOR THE TRANSMITTED FIELDS

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 61828 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics.

This bilingual version (2006-07) replaces the English version.

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

FDIS	Report on voting
87/196/FDIS	87/204/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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

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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

Les transducteurs focalisants sont essentiels dans les applications médicales pour l'obtention d'images à haute résolution, de données Doppler et de débit, ainsi que pour concentrer l'énergie ultrasonore sur des endroits déterminés pour la thérapie. La terminologie actuelle concernant les transducteurs focalisants est inadaptée pour la description précise des caractéristiques des champs focalisés de la diversité de transducteurs, de réseaux de transducteurs et de dispositifs de focalisation utilisés couramment.

La présente Norme internationale fournit des définitions spécifiques appropriées pour la description du champ focalisé d'un point de vue théorique pour des transducteurs possédant des caractéristiques connues déterminées par leur conception. D'autres définitions spécifiques incluses dans la présente norme, basées sur des méthodes de mesurage, permettent de déterminer les éventuelles propriétés de focalisation d'un transducteur dont les caractéristiques de champs sont inconnues. La méthode de mesurage et les définitions procurent des critères pour déterminer si le transducteur focalise effectivement, ainsi qu'un moyen de description des propriétés de focalisation du champ. Des méthodes d'alignement de l'axe du faisceau sont données pour les transducteurs focalisants.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

Focusing transducers are essential in medical applications for obtaining high-resolution images, Doppler and flow data and for concentrating ultrasonic energy at desired sites for therapy. Present terminology for focusing transducers is inadequate for communicating precisely the characteristics of the focused fields of the wide variety of transducers and transducer array types and focusing means in common usage.

This International Standard provides specific definitions appropriate for describing the focused field from a theoretical viewpoint for transducers with known characteristics intended by design. Other specific definitions included in this standard, based on measurement methods, provide a means of determining focusing properties, if any, of a transducer of unknown field characteristics. The measurement method and definitions provide criteria for determining if the transducer is focusing, as well as a means of describing the focusing properties of the field. Beam axis alignment methods are given for focusing transducers.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ULTRASONS – TRANSDUCTEURS FOCALISANTS – DÉFINITIONS ET MÉTHODES DE MESURAGE POUR LES CHAMPS TRANSMIS

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie:

- des définitions des caractéristiques du champ transmis de transducteurs focalisants pour des applications ultrasonores médicales;
- la relation entre ces définitions et les descriptions théoriques, la conception et le mesurage des champs transmis par des transducteurs focalisants;
- des méthodes de mesurage pour l'obtention de caractéristiques définies de transducteurs focalisants;
- des méthodes d'alignement de l'axe du faisceau adaptées aux transducteurs focalisants.

La présente Norme internationale se réfère à des transducteurs ultrasonores focalisants fonctionnant dans la plage de fréquences appropriée pour des applications ultrasonores médicales (soit de 0,5 MHz à 40 MHz) aussi bien thérapeutiques que diagnostiques. La présente norme montre comment les caractéristiques du champ transmis par les transducteurs peuvent être décrites du point de vue de la conception et mesurées par une personne n'ayant aucune connaissance préalable des détails de construction d'un appareil spécifique. Le champ ultrasonore émis pour une excitation spécifiée est mesuré par un hydrophone soit dans un milieu d'essai standard (par exemple de l'eau), soit dans un autre milieu donné. La Norme s'applique uniquement à des milieux où le comportement du champ est essentiellement similaire à celui constaté dans un fluide (c'est-à-dire où l'influence des ondes de cisaillement et de l'anisotropie élastique est faible), cela comprenant les tissus mous et les gels imitant un tissu. Tous les aspects du champ affectant leur description théorique ou qui sont importants pour la conception sont aussi inclus. Ces définitions peuvent être utiles dans des communications scientifiques, pour la conception d'appareils et pour la description du rendement et de la sécurité de systèmes utilisant ces dispositifs.

La présente norme a repris, lorsque c'était possible, quelques définitions d'autres normes connexes[1] et fournit une terminologie nouvelle et plus spécifique, aussi bien pour la définition des caractéristiques de focalisation que pour procurer une base pour le mesurage de ces caractéristiques.

2 Références normatives

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

CEI 60050(801):1994, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 801: Acoustique et électroacoustique*

CEI 61102:1991, *Mesurage et caractérisation des champs ultrasonores à l'aide d'hydrophones dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 15 MHz*

[1] Plus spécifiquemet les normes CEI 61102 et CEI 61157 (voir l'Article 2).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ULTRASONICS – FOCUSING TRANSDUCERS – DEFINITIONS AND MEASUREMENT METHODS FOR THE TRANSMITTED FIELDS

1 Scope

This International Standard

- provides definitions for the transmitted field characteristics of focusing transducers for applications in medical ultrasound;
- relates these definitions to theoretical descriptions, design, and measurement of the transmitted fields of focusing transducers;
- gives measurement methods for obtaining defined characteristics of focusing transducers;
- specifies beam axis alignment methods appropriate for focusing transducers.

This International Standard relates to focusing ultrasonic transducers operating in the frequency range appropriate to medical ultrasound (0,5 MHz to 40 MHz) for both therapeutic and diagnostic applications. It shows how the characteristics of the transmitted field of transducers may be described from the point of view of design, as well as measured by someone with no prior knowledge of the construction details of a particular device. The radiated ultrasound field for a specified excitation is measured by a hydrophone in either a standard test medium (for example, water) or in a given medium. The standard applies only to media where the field behaviour is essentially like that in a fluid (i.e. where the influence of shear waves and elastic anisotropy is small), including soft tissues and tissue-mimicking gels. Any aspects of the field that affect their theoretical description or are important in design are also included. These definitions would have use in scientific communications, system design and description of the performance and safety of systems using these devices.

This standard incorporates definitions from other related standards[1] where possible, and supplies new, more specific terminology, both for defining focusing characteristics and for providing a basis for measurement of these characteristics.

2 Normative references

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

IEC 60050(801):1994, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics*

IEC 61102:1991, *Measurement and characterization of ultrasonic fields using hydrophones in the frequency range 0,5 MHz to 15 MHz*

[1] Specifically, IEC 61102 and IEC 61157 (see clause 2).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI 61157:1992, *Critères pour la déclaration des émissions acoustiques des appareils de diagnostic médical à ultrasons*

CEI 61689:1996, *Ultrasons – Systèmes de physiothérapie – Prescriptions de performance et méthodes de mesure dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 5 MHz*

3 Généralités

Les informations contenues dans cet article constituent une introduction aux définitions de l'Article 4 et aux méthodes de mesurage de l'Article 6.

3.1 Transducteurs focalisants

Le terme «**transducteur focalisant**»[2] est employé communément pour les appareils dont le faisceau est plus étroit en certains endroits du champ que pour un appareil «non focalisant». Un «**transducteur non focalisant**» peut présenter une **focalisation naturelle**, de sorte qu'il est nécessaire de préciser qu'un **transducteur focalisant** possède une concentration d'amplitude de pression plus importante (pour une puissance d'émission donnée) qu'un **transducteur non focalisant** au point de **focalisation naturelle**. Par exemple, un **transducteur non focalisant** constitué d'un simple disque de matériau piézoélectrique polarisé uniformément possède un faisceau dont l'intensité au point de **focalisation naturelle** peut atteindre quatre fois l'intensité moyenne à la source et dont la **largeur de faisceau** –6 dB peut valoir approximativement la moitié de celle à la source. Une définition d'un **transducteur focalisant** est donnée en 4.2.33, faisant une distinction quantitative entre des **transducteurs focalisants** et **non focalisants**.

3.1.1 Méthodes de focalisation

Le moyen le plus simple de focalisation intentionnelle d'un **transducteur ultrasonore**, dérivé de principes optiques analogues, consiste à conférer au **transducteur ultrasonore** une forme concave ou à lui ajouter une lentille physique comme illustré à la Figure 1. Dans la partie supérieure de la figure, un transducteur courbe présentant un rayon R est représenté, focalisant au centre de courbure, où R est positif par convention. Selon l'approximation géométrique-optique, la longueur focale F est égale à R et est donc également positive. Au milieu de la Figure 1, un transducteur est représenté avec une lentille plano-concave constituée d'un matériau présentant une vitesse longitudinale c_L, courbé selon une direction avec un rayon R_{LENS} et émettant dans un milieu dans lequel la vitesse est c_W. En acoustique, c_W est typiquement inférieur à c_L, c'est-à-dire que l'index de réfraction n (égal à c_W/c_L) est inférieur à 1. Quand cette condition est remplie, le rayon est considéré négatif et la longueur focale, fournie par l'approximation géométrique-acoustique comme étant R_{LENS} divisé par (n – 1), est positive. Au bas de la figure, la situation typique pour une lentille optique convexe est représentée à titre de comparaison: n est supérieur à 1 et le rayon est considéré positif, de telle sorte que la longueur focale est positive.

3.1.2 Transducteurs focalisants connus et inconnus

Pour les **transducteurs ultrasonores** utilisés actuellement dans les applications médicales ultrasonores, il est difficile de déterminer à partir de l'observation physique si un **transducteur ultrasonore** est focalisant, car beaucoup d'autres méthodes de focalisation peuvent être utilisées seules ou en combinaison, telles que la conformation ou la disposition géométrique, l'utilisation de réflecteurs, les réseaux à phasage et retard électroniques, les lentilles de Fresnel, l'atténuation, etc. Du fait de la focalisation naturelle inhérente et de la complexité potentielle de moyens de focalisation additionnels utilisés, toute définition d'usage général d'un transducteur focalisant doit être exprimée en termes de champ plutôt qu'en fonction de sa construction. La définition d'une source focalisante en fonction de son champ de pression est relativement facile à appliquer en pratique, car la pression peut être mesurée directement au moyen d'un hydrophone.

[2] Les mots en caractères gras dans le texte sont définis à l'Article 4.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 61157:1992, *Requirements for the declaration of the acoustic output of medical diagnostic ultrasonic equipment*

IEC 61689:1996, *Ultrasonics – Physiotherapy systems – Performance requirements and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5 MHz*

3 General

The information contained in this clause is an introduction to the definitions given in clause 4 and the measurement methods given in clause 6.

3.1 Focusing transducers

The term "**focusing transducer**"[2] is commonly used for a device which has a smaller beamwidth in some regions of the field than a device which is "non-focusing". A "**non-focusing transducer**" can still have a **natural focus**, so it is necessary to distinguish a **focusing transducer** as having a greater concentration of pressure amplitude (for a given power output) than a **non-focusing transducer** at its **natural focus**. For example, a **non-focusing transducer** made of a simple disc of uniformly poled piezoelectric material has a beam whose intensity at its **natural focus** can be as much as four times the average intensity at the source, and whose –6 dB **beamwidth** can be approximately half of that at the source. A definition of a **focusing transducer** is given in 4.2.33 to make a quantitative distinction between **focusing** and **non-focusing transducers.**

3.1.1 Focusing methods

The simplest means of intentionally focusing an **ultrasonic transducer**, borrowed from analogous optical principles, is that of shaping the **ultrasonic transducer** into a concave form or adding to it a physical lens as illustrated in figure 1. In the top part of this figure, a transducer curved with a radius R is shown focusing to the centre of curvature, where R is positive by convention. By the geometrical-optics approximation, the focal length F is equal to R and hence is also positive. In the middle of figure 1 is shown a transducer with a plano-concave lens made of a material with longitudinal velocity, c_L, which is curved on one side with a radius, R_{LENS}, and radiates into a medium in which the velocity is c_W. In acoustics, c_W is typically less than c_L, i.e., the index of refraction n (equal to c_W/c_L) is less than 1. When this is true, the radius is considered to be negative and the focal length, given by the geometric-acoustics approximation as R_{LENS} divided by (n – 1), is positive. At the bottom of the figure, for comparison, the typical situation for a convex lens in optics is shown: n is greater than 1 and the radius is considered to be positive, so the focal length is positive.

3.1.2 Known and unknown focusing transducers

For **ultrasonic transducers** currently used in medical ultrasound applications, it is difficult to determine from physical observation if an **ultrasonic transducer** is focusing, because additionally many other focusing methods such as geometric shaping and arrangement, reflectors, arrays with electronic phasing and delay, Fresnel lenses, shading, etc. may be used singly or in combination. Because of inherent natural focusing and the potential complexity of additional focusing means used, any generally useful definition of a focusing transducer must be in terms of its field rather than its construction. If a focusing source were to be defined in terms of its pressure field, then this would be relatively easy to apply in practice, since the pressure can be measured directly with a hydrophone.

[2] Terms in bold print are defined in clause 4.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Une distinction est aussi réalisée entre des **transducteurs ultrasonores** dont la construction est connue et des transducteurs pour lesquels très peu d'information est disponible. Pour la première catégorie de **transducteurs ultrasonores**, certaines définitions théoriques telles que la **longueur focale géométrique** sont utiles pour décrire et modéliser les caractéristiques de focalisation. Les **transducteurs ultrasonores** de la seconde catégorie fonctionnent comme des «boîtes noires» inconnues, dont seul le champ est accessible.

Dans ce dernier cas et de manière générale, les paramètres de focalisation sont déterminés à partir de mesures et les procédures de mesurage de l'Article 6 sont appropriées. Des méthodes de mesurage sont fournies à l'Article 6 pour déterminer si un système transducteur émettant dans un milieu de propagation connu et sous des conditions d'excitation spécifiées est «focalisant». Du fait du manque d'information concernant la construction du transducteur ultrasonore et de l'accès limité au champ du **transducteur ultrasonore**, les définitions de focalisation représentées à la Figure 2 sont requises. Ces définitions sont données à l'Article 4 et leur emploi est décrit en 3.1.5.

3.1.3 Focalisation et largeur de faisceau

Auparavant, les mesures à l'hydrophone des caractéristiques de faisceau étaient basées sur des zones de pression axiale de crête. Par exemple, des définitions de **profondeur de champ** étaient basées sur la chute d'intensité soit du côté proche, soit du côté éloigné d'un pic axial sur l'**axe du faisceau**. Pour les faisceaux à symétrie axiale, ce pic axial peut être associé à la **longueur focale géométrique**. Pour les réseaux rectangulaires typiques, la focalisation électronique dans un plan azimutal et la focalisation mécanique par lentille dans un plan vertical peuvent provoquer des pics de pression axiale en différents endroits le long de l'**axe du faisceau**. Ces pics individuels peuvent être traités séparément par des mesures de **largeur de faisceau** effectuées dans les plans orthogonaux correspondants: de nouvelles définitions sont par conséquent basées sur des **largeurs de faisceau** dans un **plan longitudinal** spécifié (Voir la Figure 7). Les définitions de focalisation doivent aussi distinguer la focalisation naturelle de la focalisation intentionnelle.

3.1.4 Nouvelles définitions de paramètres de focalisation

Ce document introduit de nouveaux paramètres de focalisation et procure des contextes plus spécifiques pour la terminologie existante. Par exemple, les termes «**champ proche**» et «**champ lointain**» sont souvent appliqués de façon inappropriée à des **transducteurs focalisants**, bien qu'ils aient été traditionnellement définis uniquement pour des **transducteurs non focalisants**. Les définitions de **zone de Fresnel proche**, **zone de Fresnel lointaine** et de **zone focale de Fraunhofer** s'appliquent à des **transducteurs focalisants**. Ces définitions sont dérivées de l'Annexe A et expliquées plus en détail en 3.3. Elles sont illustrées à la Figure 3b et sont appliquées à une ouverture circulaire fortement focalisante à la Figure 4. D'autres concepts tels que la focalisation dans un plan particulier sont aussi nécessaires pour réduire l'ambiguïté d'usage.

Les définitions qui suivent, relatives à un **transducteur focalisant**, sont employées dans le cadre du présent document.

Dans le cas de **transducteurs ultrasonores** de construction connue (Voir la Figure 5 pour la géométrie et les termes relatifs au transducteur), un **transducteur focalisant** est un appareil électro-acoustique produisant, pour toute distance inférieure à la moitié de la **distance de transition** de l'**ouverture du transducteur**, une **largeur de faisceau** –6 dB dans un **plan longitudinal** de moins de la moitié de la **largeur d'ouverture du transducteur** dans ce plan. Pour les mesures ainsi que pour les cas (Voir Figure 2) où la géométrie du **transducteur ultrasonore** n'est pas connue ou lorsqu'il n'y a pas d'accès direct au **transducteur ultrasonore** (parce que l'appareil est utilisé dans un agencement distant), une définition de focalisation basée sur des données est plus adéquate. Dans ce second cas, un **transducteur focalisant** est un appareil électro-acoustique qui produit, pour toute distance inférieure à la moitié de la **distance de transition** de l'**ouverture de la source**, une **largeur de**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A distinction is also made between **ultrasonic transducers** whose construction is known and transducers about which very little information is available. For the first category of **ultrasonic transducers,** certain theoretical definitions, such as **geometric focal length**, are useful for describing and modelling focusing characteristics. **Ultrasonic transducers** falling in the second category function as an unknown "black box" and only the field may be accessible.

In the latter case, and in general, focusing parameters are determined from measurements, and the measurement procedures of clause 6 are appropriate. In clause 6, measurement methods are given for determining if a transducer system radiating into known propagation media under specified excitation conditions is "focusing". Because of the lack of knowledge of ultrasonic transducer construction and limited access to the **ultrasonic transducer** field, the focusing definitions shown in figure 2 are required. These definitions are given in clause 4 and their use is explained in 3.1.5.

3.1.3 Focusing and beamwidth

Previously, hydrophone measurements of beam characteristics were based on regions of axial peak pressure. For example, definitions for a **depth-of-field** were based on the fall-off in intensity on either the near side or the far side of an axial peak on the **beam axis**. For axially symmetric beams, this axial peak can be related to the **geometric focal length**. For typical rectangular arrays, azimuthal plane electronic focusing and elevational plane mechanical lens focusing can cause peaks of axial pressure at different locations along a **beam axis**. These individual peaks can be dealt with separately by **beamwidth** measurements made in the corresponding orthogonal planes: therefore, new definitions are based on **beamwidths** in a specified **longitudinal plane** (refer to figure 7). Focusing definitions must also distinguish between natural and intentional focusing.

3.1.4 New focusing parameter definitions

This document introduces new focusing parameters and provides more specific contexts for existing terminology. For example, the terms "**near field**" and "**far field**" are often misapplied to **focusing transducers**, though they have traditionally been defined for **non-focusing transducers** only. The definitions **near Fresnel zone**, **far Fresnel zone** and **focal Fraunhofer zone**, apply to **focusing transducers**. These definitions, explained in more detail in 3.3 and derived from annex A, are illustrated in figure 3b and are applied to a strongly focusing circular aperture in figure 4. Other concepts such as focusing in a particular plane are also necessary to reduce ambiguity in usage.

For the purposes of this document, the following definitions for a **focusing transducer** will be used.

For **ultrasonic transducers** of known construction (refer to figure 5 for transducer geometry and terms), a **focusing transducer** is an electro-acoustic device that produces, at any distance less than one-half of the **transition distance** from the **transducer aperture,** a –6 dB **beamwidth** in a **longitudinal plane** that is less than half the **transducer aperture width** in that plane. For measurement purposes and cases (see figure 2) where the geometry of the **ultrasonic transducer** is not known or where there is no direct access to the **ultrasonic transducer** (because of the device being used in some stand-off arrangement), a definition of focusing based on data is more appropriate. For this second case, a **focusing transducer** is an electro-acoustic device that produces, at any distance less than half of the **transition**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

faisceau –6 dB dans un **plan longitudinal** inférieure à la moitié de la **largeur d'ouverture de source** –20 dB (mesurée dans un plan aussi proche que possible du **transducteur ultrasonore**) dans ce plan. Pour les réseaux à géométrie rectangulaire, un **plan longitudinal** spécifié est soit *xz*, soit *yz*, l'axe *z* étant disposé selon l'**axe du faisceau**. Les **transducteurs non focalisants** sont ceux qui ne remplissent pas les conditions spécifiées ci-dessus.

3.1.5 Applications de définitions de focalisation

Deux définitions de focalisation sont données en 3.1.4, qui s'appliquent dans deux cas.

a) Pour les transducteurs dont la construction est connue, une définition idéale est fournie à des fins de description, de modélisation ou de conception.

b) Une seconde définition s'applique aux mesurages de caractéristiques de focalisation pour des transducteurs réels dont la construction est soit inconnue, soit imparfaite.

L'utilisation de la première définition ne dispense pas de réaliser une mesure effective. Le fait qu'un transducteur soit focalisant ou non doit être déterminé en pratique au moyen de la seconde définition pour des transducteurs de construction inconnue, en suivant les procédures de mesurage de l'Article 6. La connaissance du transducteur (selon la première définition) peut être utile pour les mesures guides. Si des mesures répondent aux critères de la seconde définition, le transducteur est focalisant, indépendamment du fait que la focalisation soit intentionnelle ou accidentelle.

3.1.6 Relation entre les définitions actuelles et les transducteurs pour physiothérapie (têtes de traitement)

La définition de focalisation utilisée dans le présent document n'a pas de rapport avec les définitions de faisceaux «divergents, collimés et convergents» tels que décrits dans la norme CEI 61689. La définition du type de faisceau est basée sur des considérations d'énergie et de surface, qui sont les plus importantes dans le cas de transducteurs pour physiothérapie. La définition de focalisation employée dans le présent document est basée sur un paramètre différent: la largeur de faisceau –6 dB. Cette définition est utile pour identifier l'existence et la position des concentrations de champ les plus élevées. Lorsque le document actuel est appliqué à des transducteurs de physiothérapie, la notion de focalisation peut être considérée comme correspondant à des transducteurs à «point chaud» présentant des taux de non uniformité de faisceau élevés.

3.2 Exigences pour le système et les mesures

Il a été montré en 3.1 que le dispositif émetteur doit être considéré dans son ensemble, car il n'est pas possible de définir un **transducteur focalisant** en fonction des propriétés de ses éléments constitutifs**.** Dans le cas de systèmes cliniques ultrasonore, chacune des définitions de focalisation mesurées ne s'applique qu'au champ d'une **ligne de balayage** sélectionnée, générée par des conditions d'excitation électrique données et pour un milieu donné.

3.2.1 Formes d'onde de pression transmise

Du fait que de la grande variété de formes d'onde transmises pour le champ d'un **transducteur ultrasonore**, la mesure de ces formes d'onde doit être suffisamment robuste pour s'adapter à des impulsions à bande étroite ou large, à des **signaux à ondes continues** ou à même des formes d'onde déformées par une propagation non linéaire. Pour cette raison, l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** (Voir 3.33 de la CEI 61102) constitue la mesure de champ utilisée partout dans le présent document. Pour certains types de formes d'onde et pour des conditions de propagation linéaire, l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** peut être associée à une terminologie de pression plus familière. Par exemple, pour des **signaux à ondes continues** linéaires, l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** divisée par la période d'un cycle est égal au carré de la valeur efficace de la pression acoustique. Dans d'autres cas, lorsque des rapports de ces intégrales sont impliqués, ces rapports peuvent être considérés comme des rapports du carré de pressions équivalentes. Les rapports des racines carrées de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** sont alors similaires aux rapports des pressions équivalentes.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

distance from the **source aperture,** a –6 dB **beamwidth** in a **longitudinal plane** that is less than one-half the –20 dB **source aperture width** (measured in a plane as close as possible to the **ultrasonic transducer**) in that plane. For arrays with a rectangular geometry, a specified **longitudinal plane** is either an *xz* or *yz* plane with *z* along the **beam axis**. **Non-focusing transducers** are those not meeting the conditions specified above.

3.1.5 Applications of focusing definitions

Two definitions of focusing are given in 3.1.4, which apply in two cases.

a) For transducers for which the construction is known, an ideal definition is given for describing, modeling or design purposes.

b) A second definition applies to measurements of the focusing characteristics of real transducers which either have an unknown construction or imperfect realization.

Use of the first definition is not a substitute for actual measurement. Whether or not a transducer is focusing in practice must be determined by the second definition for transducers of unknown construction and by the measurement procedures of clause 6. Knowledge about the transducer (first definition) may be helpful in guiding measurements. If measurements meet the criteria of the second definition, the transducer is focusing, irrespective of whether focusing was intentional or accidental.

3.1.6 Relation of present definitions to physiotherapy transducers (treatment heads)

The definition of focusing in the present document is not related to the definitions of "divergent, collimated and convergent" beams as described in IEC 61689. The definition of beam type is based on energy and area considerations that are more important for physiotherapy transducers. The definition of focusing in the present document is based on a different parameter: –6 dB beamwidth. This definition is useful in identifying the existence and location of the highest field concentrations. When the current document is applied to physiotherapy transducers, focusing can be understood to correspond to high-beam non-uniformity ratio "hot-spot" transducers.

3.2 System and measurement requirements

In 3.1 it was shown that the radiating device has to be considered as a whole, because it is not possible to define a **focusing transducer** in terms of the properties of its component elements**.** For clinical ultrasound systems, each of the measured focusing definitions only applies for the field of a selected **scan line** generated by given electrical excitation conditions and for a given medium.

3.2.1 Transmitted pressure waveforms

Because a wide variety of transmitted pressure waveforms are possible in an **ultrasonic transducer** field, a measure of these waveforms must be robust enough to accommodate broad-band or narrowband pulses, **continuous-wave signals** or even waveforms distorted by non-linear propagation. For this reason, the **pulse-pressure-squared-integral** (see 3.33 of IEC 61102) will be the field measurement used throughout this document. For certain types of waveforms under the conditions of linear propagation, the **pulse-pressure-squared-integral** can be related to more familiar pressure terminology. For example, for linear, **continuous-wave signals**, the **pulse-pressure-squared-integral** divided by the period of one cycle is the root-mean-square acoustic pressure squared. In other cases, when ratios of these integrals are involved, these ratios can be thought of as ratios of equivalent squared pressures. In such cases, ratios of the square roots of the **pulse-pressure-squared-integral** are analogous to ratios of equivalent pressures.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.2.2 Champs d'émission

Le champ émis par un **transducteur ultrasonore** dépend de la bande passante du **transducteur ultrasonore**, ainsi que du type d'excitation employé. Des modèles employés couramment pour la simulation de faisceau, tels que ceux décrits en Annexe A, sont appropriés uniquement pour des excitations à ondes continues. Pour la simulation de l'excitation pulsée d'un **transducteur ultrasonore**, il faut considérer la forme d'onde d'entraînement et la réponse d'impulsion de l'élément **transducteur ultrasonore**, ainsi que les conditions aux limites. Avec l'augmentation de la bande passante d'une **forme d'onde acoustique** de pression émise par un élément, le champ résultant devient plus lisse que celui correspondant au champ d'un **signal d'onde continue**.

En plus du champ dépendant de la forme d'onde de la fonction d'entraînement électrique et du milieu de propagation, le champ d'émission dépend aussi de l'amplitude du signal électrique d'entrée. Cette caractéristique est liée à la propagation non linéaire, qui se présente fréquemment pour le type de champ considéré. Le **paramètre de propagation non linéaire** (3.25 de la CEI 61102) a été défini précédemment et, de manière générale, l'hypothèse de linéarité peut être faite, à condition que ce paramètre soit inférieur à environ 0,2.

3.3 Descriptions générales du champ focalisé

De nouveaux termes pour décrire le champ focalisé transmis par un **transducteur ultrasonore** de construction connue sont introduits en 4.2. Voir la Figure 1, qui montre les relations géométriques fondamentales pour les définitions. Des informations générales concernant ces définitions figurent à l'Annexe A.

Des définitions de focalisation mesurée (également en 4.2) peuvent être utilisées pour caractériser par des mesures le champ acoustique focalisé d'une source acoustique inconnue. Dans ce cas, un plan de mesurage – le **plan de l'ouverture de la source** – est choisi aussi proche que possible de la source. Une ouverture acoustique équivalente, soit **l'ouverture de la source** dans ce plan, est utilisée pour déterminer les caractéristiques de focalisation effectives du champ. Tout comme pour les définitions de focalisation d'un **transducteur ultrasonore** de conception connue, le **transducteur ultrasonore** est considéré comme un système transducteur ultrasonore possédant un ensemble spécifié de conditions de fonctionnement, de milieu de propagation et de **distance de décalage**. Des conditions de linéarité acoustique sont souhaitables mais non nécessaires pour ces mesures et le **paramètre de propagation non linéaire** doit être spécifié. La Figure 2 montre la relation entre plusieurs de ces définitions de mesure.

3.3.1 Descriptions générales de champ pour des transducteurs de construction connue

Il est possible de déterminer des caractéristiques générales de champs focalisés à partir des champs de transducteurs focalisants de construction connue. La focalisation des ultrasons n'est pas décrite correctement par l'optique géométrique, à cause de la diffraction du faisceau résultant de tailles de transducteur de l'ordre de la longueur d'onde. La focalisation naturelle du faisceau est combinée à la focalisation d'une lentille ou d'un autre dispositif de focalisation. L'effet combiné résultant est que la **largeur de faisceau –6 dB** la plus faible ne se produit pas en général à la **longueur focale géométrique** du dispositif de focalisation, mais approximativement à la distance suivante:

$$z_{\min} = \frac{z_T \; F}{z_T + F} \qquad (1)$$

où

z_T est la distance de transition, soit la longueur focale naturelle;

F est la **longueur focale géométrique** (telle qu'expliquée à l'Annexe A, Equation (A.11c).)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.2.2 Radiated fields

The radiated field of an **ultrasonic transducer** is dependent on the bandwidth of the **ultrasonic transducer** as well as the type of excitation used. Frequently used models for beam simulation such as that described in annex A are appropriate only for continuous-wave excitation. For simulating the pulsed excitation of an **ultrasonic transducer**, the driving waveform and the impulse response of the **ultrasonic transducer** element as well as the boundary conditions need to be considered. As the bandwidth of a pressure **acoustic pulse waveform** launched by an element increases, the resulting field becomes smoother compared to a field from a **continuous-wave signal**.

In addition to the field depending on the waveform of the electrical driving function and the propagation medium, it will also depend on the amplitude of the electrical input. This feature is due to non-linear propagation, which is frequently present in the type of field being considered. A parameter called the **non-linear propagation parameter** (3.25 of IEC 61102) has been previously defined and, in general, the assumption of linearity can be made provided that this parameter is less than approximately 0,2.

3.3 General focused field descriptions

New terms for describing the transmitted focused field of an **ultrasonic transducer** of known construction are introduced in 4.2. Refer to figure 1, which shows the primary geometrical relationships for the definitions. Background information for these definitions can be found in annex A.

Measured focusing definitions, also in 4.2, can be used to characterize the focusing acoustic field of an unknown acoustic source through measurements. In this case a measurement plane, the **source aperture plane**, is chosen as close as possible to the source. An equivalent acoustic aperture, the **source aperture** on this plane, is used for determining the effective focusing characteristics of the field. As with the focusing definitions for an ultrasonic **transducer** of known design, the **ultrasonic transducer** is considered as an ultrasonic transducer system with a specified set of operating conditions and medium of propagation and **offset distance**. Conditions of acoustic linearity are desirable but not necessary for these measurements, and the **non-linear propagation parameter** must be specified. Figure 2 shows the relationship among several of these measurement definitions.

3.3.1 General field descriptions for transducers of known construction

From the fields of focusing transducers of known construction, it is possible to determine general characteristics of focused fields. Ultrasound focusing is not well described by geometric optics because of beam diffraction resulting from transducer sizes on the order of wavelengths. Natural focusing of the beam is combined with the focusing of a lens or other focusing device. The resulting combined effect is that the narrowest **–6 dB beamwidth** does not in general occur at the **geometric focal length** of the focusing device, but approximately at a distance

$$z_{\min} = \frac{z_T \; F}{z_T + F} \qquad (1)$$

where

z_T is the transition distance, the natural focal length;

F is the **geometric focal length** (as explained in annex A, equation (A.11c)).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Cette équation montre que la distance jusqu'à la position de **largeur de faisceau** minimale ne peut pas dépasser la **distance de transition**, même lorsque la **longueur focale géométrique** est supérieure à la **distance de transition**.

Il existe une relation approximative entre les caractéristiques de champs focalisés et non focalisés. Dans un **plan longitudinal**, la forme des profils de faisceau à une distance axiale z dans un champ focalisé est similaire à celle correspondant à un champ non focalisé à une profondeur équivalente z_e (Voir l'Annexe A pour les approximations utilisées lors de la dérivation de l'Equation (A.8)):

$$z_e = \frac{z}{\left|1 - \frac{z}{F}\right|} \qquad \text{(valable pour } z \neq F \text{ et } F \text{ positif)} \tag{2}$$

Cette équation indique que pour une bonne approximation, le champ d'un **transducteur focalisant** reprend (dans un **plan longitudinal**) toutes les formes de profil de faisceau des **champs proche** et **lointain** d'un **transducteur non focalisant** de la même taille, pour les distances comprises entre le **transducteur ultrasonore** et le **foyer géométrique**. Au **foyer géométrique**, la distance équivalente devient infinie et l'Equation (2) n'est plus applicable: la forme du profil de faisceau est la même que celle obtenue dans le **champ lointain** d'un **transducteur non focalisant** de la même taille. L'évolution du champ d'un **transducteur focalisant** est accélérée par l'adaptation de l'Equation (2) comparée au champ d'un **transducteur non focalisant** et la largeur transversale du faisceau devient inférieure à celle d'un **transducteur non focalisant** en se rapprochant du foyer géométrique.

De manière similaire à la détermination de la **distance de transition**, la distance séparant les **champs proche** et **lointain** d'un **transducteur non focalisant**, les distances de transition peuvent être déterminées pour des descriptions similaires d'un champ focalisé. Le champ focalisé peut être divisé en trois régions, soit la **zone de Fresnel proche,** la **zone focale de Fraunhofer** et la **zone de Fresnel lointaine**, tel qu'indiqué dans la Figure 3b. Les distances correspondantes séparant ces zones sont d'une part la **distance de transition proche**, z_{NTD},

$$\frac{1}{z_{NTD}} = \frac{1}{z_T} + \frac{1}{F} \tag{3}$$

et d'autre part la **distance de transition lointaine**, z_{FTD},

$$\frac{1}{z_{FTD}} = -\frac{1}{z_T} + \frac{1}{F} \tag{4}$$

L'Annexe A comporte plus d'information concernant ces distances (Equation (A.11)).

3.3.2 Le plan de balayage et le guidage de faisceaux

Les faisceaux, en plus de pouvoir être focalisés, peuvent également être dirigés dans une direction voulue. Cette direction correspond à une **ligne de balayage**, soit l'**axe du faisceau** pour un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** particulier. Le **plan** (ou la surface) **de balayage** est un plan ou une surface contenant toutes les **lignes de balayage** ultrasonores. Le **plan de balayage** est également connu sous le nom de **plan azimutal**. Dans la plupart des cas, le plan d'élévation est orthogonal au plan azimutal et contient la **ligne de balayage** centrale – la direction de faisceau correspondant à un faisceau non défléchi ou non guidé.

La disposition des **lignes de balayage** dépend du format d'image, de la géométrie du **transducteur ultrasonore** et de la méthode d'excitation du transducteur. Plusieurs exemples de balayage sont décrits ci-dessous: sectoriel (angulaire), linéaire (translationnel) et par réseaux bidimensionnels.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

This equation shows that the distance to the location of the minimum **beamwidth** cannot exceed the **transition distance** even when the **geometric focal length** is greater than the **transition distance**.

An approximate relation exists between the characteristics of focused fields and non-focused fields. In a **longitudinal plane**, beam profiles at an axial distance z in a focused field are similar in shape to a beam profile in a non-focused field occurring at an equivalent depth, z_e (see annex A for the approximations used in the derivation of equation (A.8)),

$$z_e = \frac{z}{\left|1 - \frac{z}{F}\right|} \qquad \text{(valid for } z \neq F\text{, and } F \text{ positive)} \tag{2}$$

This equation indicates that to a good approximation, the field of a **focusing transducer** (within a **longitudinal plane**) takes on all of the **near-field** and **far-field** beam profile shapes of a **non-focusing transducer** of the same size in the distance between the **ultrasonic transducer** and the **geometric focus**. At the **geometric focus**, the equivalent distance becomes infinite and equation (2) no longer holds: the shape of the beam profile is the same as that obtained in the **far field** of an identically sized **non-focusing transducer**. The evolution of the field of a **focusing transducer** is accelerated by the scaling of equation (2) compared to the field of a **non-focusing transducer**, and the transverse width of the beam becomes narrower than that of a **non-focusing transducer** at distances close to the geometric focus.

In a manner consistent with the determination of the **transition distance**, the distance separating the **near field** and **far field** of a **non-focusing transducer**, transition distances can be found for similar descriptions of a focused field. The focused field can be divided into three regions, the **near Fresnel zone,** the **focal Franhofer zone** and the **far Fresnel zone,** as shown in figure 3b. The corresponding distances separating these zones are the **near transition distance**, z_{NTD},

$$\frac{1}{z_{NTD}} = \frac{1}{z_T} + \frac{1}{F} \tag{3}$$

and the **far transition distance**, z_{FTD},

$$\frac{1}{z_{FTD}} = -\frac{1}{z_T} + \frac{1}{F} \tag{4}$$

More information about these distances can be found in annex A (equation (A.11)).

3.3.2 The scan plane and the steering of beams

In addition to being focused, beams can also be made to change direction. This direction corresponds to a **scan line**, the **beam axis** for a particular **ultrasonic transducer element group**. The **scan plane** (or surface) is the plane or surface containing all the ultrasonic **scan lines**. The **scan plane** is also known as the **azimuth plane**. For most cases, the elevation plane is orthogonal to the azimuth plane and contains the central **scan line** – the beam direction corresponding to an undeflected or unsteered beam.

The pattern of **scan lines** depends on the image format, the geometry of the **ultrasonic transducer** and the method of transducer excitation. Several examples of scanning are described below: sector (angular), linear (translation), and two-dimensional arrays.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Un balayage sectoriel (angulaire) est effectué soit en balayant mécaniquement le faisceau d'un transducteur unique selon un arc, soit en modifiant l'excitation électronique d'éléments transducteurs actifs d'un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** afin de produire des déflections angulaires du faisceau. La disposition résultante des **lignes de balayage** présente une apparence d'éventail et produit un format d'image sectoriel.

Un **faisceau non guidé** est employé pour émettre dans une direction de propagation frontale, sans déflection angulaire. La direction de ce faisceau correspond à la ligne de balayage centrale d'un balayage de secteur. Dans le cas courant d'un **transducteur ultrasonore** symétrique, le **faisceau non guidé** peut être choisi proche de l'axe ou du plan de symétrie du **transducteur ultrasonore**.

Un balayage linéaire consiste en une translation d'éléments transducteurs actifs d'un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** le long de la surface du réseau (ou en déplaçant mécaniquement un transducteur unique).

Lorsque le réseau est plat et linéaire, un motif de **lignes de balayage** parallèles constitue un format d'image rectangulaire. Lorsqu'une géométrie de réseau linéaire courbe est employée, la translation du **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** produit des **lignes de balayage** présentant une séparation angulaire et constitue un format d'image sectoriel. Dans ce cas, la déflection angulaire est causée par la géométrie du transducteur et non par un guidage électronique.

Dans le cas le plus général, une combinaison simultanée de méthodes de guidage et de focalisation du faisceau peut être employée. Dans les situations décrites ci-dessus, une lentille mécanique à longueur focale fixe est utilisée pour focaliser dans le **plan d'élévation**. Pour un réseau bidimensionnel, la relation entre le **plan de balayage** et la forme ou à la géométrie du réseau n'est pas simple. Les focalisations azimutale et en élévation coïncident. Les segments diagonaux du réseau – ou tous les éléments de celui-ci – peuvent être employés pour guider et focaliser le faisceau simultanément à un angle arbitraire par rapport à l'ouverture du transducteur. Dans la méthode la plus courante de formation d'une image tridimensionnelle, le réseau balaye une série de plans pour remplir un volume à imager. Dans ce cas, la position de chaque **plan de balayage** varie avec le temps et par définition, il existe un **plan d'élévation** orthogonal correspondant. Tout comme il existe une ligne de balayage centrale dans un **plan de balayage**, un plan de balayage central peut souvent être identifié près de l'axe ou du plan de symétrie d'un **transducteur ultrasonore**.

4 Définitions de focalisation

4.1 Informations générales

La liste de définitions ci-dessous peut être divisée en trois catégories générales. La première a trait aux définitions directement applicables à la description et à la modélisation de champs focalisés. La seconde catégorie de définitions est relative aux mesurages de champs focalisés. Certains termes de la seconde catégorie recouvrent des termes du premier. Une troisième catégorie additionnelle a été incluse, comprenant des termes communément employés pour la focalisation. Des définitions de termes utilisés antérieurement ont été modifiées ou rendues plus spécifiques afin d'éliminer des ambiguïtés d'emploi. Les définitions relatives à la focalisation de 4.2 ne sont pas groupées mais sont présentées en ordre alphabétique.

4.2 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Sector (angular) scanning is accomplished by either mechanically sweeping a single transducer in an arc or by changing the electronic excitation of active transducer elements, an **ultrasonic transducer element group,** to produce angular deflections of the beam. The resulting pattern of **scan lines** has a fan-like appearance and results in a sector image format.

An **unsteered beam** is one selected to be in the forward propagation direction without angular deflection. The direction of this beam corresponds to the central scan line of a sector scan. For the usual case in which the **ultrasonic transducer** is symmetric, the **unsteered beam** may be chosen to be near the symmetry axis or a symmetry plane of the **ultrasonic transducer**.

Linear scanning is the translation of active transducer elements, an **ultrasonic transducer element group,** along the array surface (or by mechanically translating a single transducer).

When the array is flat and linear, a pattern of parallel **scan lines** forms a rectangular image format. When a curved linear array geometry is used, the translation of the **ultrasonic transducer element groups** results in **scan lines** which have an angular separation and result in a sector type image format. In this case, angular deflection is caused by the transducer geometry and not electronic steering.

In the most general case, a combination of methods for steering and focusing the beam simultaneously may be used. In the situations described above, a mechanical lens with a fixed focal length is applied to focus in the **elevation plane**. For a two-dimensional array, the **scan plane** is not simply related to the shape or geometry of the array. Azimuth and elevation focusing are coincident. Diagonal segments of the array or all elements of the array can be employed to steer and focus the beam simultaneously at an arbitrary angle to the transducer aperture. In the most common method used to form a three-dimensional image, the array sweeps through a series of planes to fill a volume to be imaged. In this case, the position of each **scan plane** is time-dependent, and by definition there is a corresponding orthogonal **elevation plane**. Just as there is a central scan line in a **scan plane,** a central scan plane can often be identified near the symmetry axis or a symmetry plane of the **ultrasonic transducer**.

4 Focusing definitions

4.1 Background information

Definitions listed below fall into three general categories. The first are those definitions directly applicable to describing and modelling focused fields. The second group of definitions relates to measurements of focused fields. Some of the terms in the second group overlap with those of the first. Third, additional commonly used terms about focusing have been included. Previously used definitions have been modified or made more specific to remove ambiguity in usage. Definitions related to focusing in 4.2 are not grouped but follow an alphabetical order.

4.2 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.1
forme d'onde d'impulsion acoustique
forme d'onde temporelle de la pression acoustique instantanée en un point spécifié d'un champ acoustique et visualisée sur une période suffisamment longue pour inclure toute l'information acoustique significative d'une impulsion unique, d'une salve sonore unique ou encore d'un cycle d'une onde continue

[CEI 61102, définition 3.2]

NOTE Dans certains cas tels qu'une impulsion à modulation d'amplitude, le train d'impulsions dans son ensemble peut se comporter comme un groupe d'impulsions pratiquement contiguës, avec des espacements beaucoup plus étroits que la période totale de répétition d'impulsion.

4.2.2
réseau annulaire
tout **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** comportant des éléments émetteurs coplanaires ou disposés sur une surface courbe et consistant en des éléments concentriques dont le déphasage est commandé électriquement afin de contrôler les caractéristiques d'un faisceau acoustique

4.2.3
différence de trajectoire d'ouverture
différence des longueurs de trajectoire d'un **foyer géométrique** spécifié à la périphérie de l'**ouverture du transducteur** et à l'intersection de l'**axe du faisceau** avec le **plan d'ouverture du transducteur** pour un **plan longitudinal** spécifié et pour un **faisceau non guidé**

(Voir la Figure 6 et l'Annexe A pour plus de détails.)

Symbole: Δ
Unité: mètre, m

4.2.4
apodisation
pondération d'amplitude ou atténuation de l'**ouverture du transducteur**

4.2.5
fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique
moyenne arithmétique des fréquences f_1 et f_2 auxquelles l'amplitude du spectre de pression acoustique est de 3 dB sous le pic d'amplitude

[CEI 61102, définition 3.4.2, modifiée]

Symbole: f_{awf}
Unité: hertz, Hz

4.2.6
différence axiale de trajectoire de point de champ
différence des longueurs de trajectoire d'un point de champ spécifié sur l'**axe du faisceau** à la périphérie de l'**ouverture du transducteur** et à l'intersection de l'**axe du faisceau** avec le **plan d'ouverture du transducteur**. Cette différence est spécifiée dans le même **plan longitudinal** que la **différence de trajectoire d'ouverture**

(Voir la Figure 6.)

Symbole: Δ'
Unité: mètre, m

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.1
acoustic pulse waveform
temporal waveform of the instantaneous acoustic pressure at a specified position in an acoustic field and displayed over a period sufficiently long to include all significant acoustic information in a single pulse, a single tone-burst, or one cycle of a continuous wave

[IEC 61102, definition 3.2]

NOTE In some cases such as an amplitude-modulated pulse, the overall pulse train may appear as a group of nearly contiguous pulses with spacings much smaller than the overall pulse repetition time.

4.2.2
annular array
any **ultrasonic transducer element group** having radiating elements in the same plane or curved surface and consisting of concentric elements which are electrically phased to control the characteristics of an acoustic beam

4.2.3
aperture path difference
difference in path lengths from a specified **geometric focus** to the periphery of the **transducer aperture** and to the intersection of the **beam axis** with the **transducer aperture plane** for a specified **longitudinal plane** and for an **unsteered beam**

(See figure 6 and annex A for details.)

Symbol: Δ
Unit: metre, m

4.2.4
apodization
amplitude weighting or shading of the **transducer aperture**

4.2.5
arithmetic-mean working frequency
arithmetic mean of the frequencies f_1 and f_2 at which the amplitude of the acoustic pressure spectrum is 3 dB below the peak amplitude,

[IEC 61102, definition 3.4.2, modified]

Symbol: f_{awf}
Unit: hertz, Hz

4.2.6
axial field-point path difference
difference in path lengths from a specified field point on the **beam axis** to the periphery of the **transducer aperture** and to the intersection of the **beam axis** with the **transducer aperture plane**. It is specified in the same **longitudinal plane** as the **aperture path difference**

(See figure 6.)

Symbol: Δ'
Unit: metre, m

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.7
axe azimutal
axe formé par l'intersection du **plan azimutal** avec le **plan d'ouverture de la source** (mesurage) ou avec le **plan d'ouverture du transducteur** (conception)

(Voir la Figure 7.)

4.2.8
plan azimutal
pour un **transducteur ultrasonore** de balayage: **plan de balayage**. Pour un **transducteur ultrasonore** sans balayage: **plan longitudinal principal**

NOTE Habituellement, le **plan longitudinal principal** est choisi de façon à coïncider avec le **plan azimutal**.

4.2.9
surface du faisceau
surface dans un plan spécifié perpendiculaire à l'**axe du faisceau** constituée par tous les points où l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** est supérieure à une fraction spécifique de la valeur maximale de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** dans ce plan. Si la position du plan n'est pas spécifiée, il s'agit du plan passant par le point de pression acoustique crête spatiale crête temporelle pour l'ensemble du champ acoustique considéré

[CEI 61102, définition 3.6]

NOTE La surface du faisceau peut être composée de plusieurs sections.

Symbole: A_b
Unité: mètre carré, m^2

4.2.10
plan focal de la surface du faisceau
plan perpendiculaire à l'**axe du faisceau** et contenant le **foyer de surface du faisceau**

4.2.11
foyer de surface du faisceau
point de l'**axe du faisceau** où la **surface du faisceau** –6 dB est minimale

4.2.12
axe du faisceau
ligne droite passant par les centroïdes de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** (ou **points centraux du faisceau**) selon deux plans. La position du premier plan correspond au **plan de focalisation de la pression** (plan contenant la valeur maximale de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression**) ou, alternativement, un plan contenant un lobe principal unique compris dans la **zone focale de Fraunhofer**. Le second plan est positionné le plus loin possible du premier et lui est parallèle, avec le même couple de lignes de balayage orthogonales (axes *x* et *y*) utilisé pour le premier plan

NOTE Cette définition est appropriée pour des transducteurs focalisants, tandis que l'axe d'alignement du faisceau de 3.5 de la CEI 61102 est plus approprié pour des transducteurs non focalisants. Voir 6.2 et la Figure 2.

4.2.13
point central du faisceau
position déterminée par l'intersection de deux lignes passant par les **points médians de largeur de faisceau** des deux plans orthogonaux *xz* et *yz*

4.2.14
largeur de faisceau
distance transverse la plus importante entre deux points d'un axe spécifié perpendiculaire à l'**axe du faisceau** où l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** sur l'**axe du faisceau** tombe d'une valeur spécifiée sous sa valeur maximale

(Voir les Figures 4 et 7.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.7
azimuth axis
axis formed by the junction of the **azimuth plane** and the **source aperture plane** (measurement) or **transducer aperture plane** (design)

(Refer to figure 7.)

4.2.8
azimuth plane
for a scanning **ultrasonic transducer**: the **scan plane,** for a non-scanning **ultrasonic transducer**: the **principal longitudinal plane**

NOTE Usually the **principal longitudinal plane** is chosen to coincide with the **azimuth plane**.

4.2.9
beam area
area in a specified plane perpendicular to the **beam axis** consisting of all points at which the **pulse-pressure-squared integral** is greater than a specified fraction of the maximum value of the **pulse-pressure-squared integral** in that plane. If the position of the plane is not specified, it is the plane passing through the point corresponding to the spatial-peak temporal-peak acoustic pressure in the whole acoustic field

[IEC 61102, definition 3.6]

NOTE The beam area may be composed of several sections.

Symbol: A_b
Unit: metre squared, m^2

4.2.10
beam area focal plane
plane perpendicular to the **beam axis** and containing the **beam area focus**

4.2.11
beam area focus
point on the **beam axis** at which the –6 dB **beam area** is a minimum

4.2.12
beam axis
straight line that passes through the **pulse-pressure-squared-integral** centroids (or **beam centrepoints**) of two planes. The location of the first plane is the location of the **pressure focal plane** (plane containing the maximum **pulse-pressure-squared-integral**) or, alternatively, is one containing a single main lobe which is in the **focal Fraunhofer zone**. The location of the second plane is as far as is practicable from the first plane and parallel to the first with the same two orthogonal scan lines (*x* and *y* axes) used for the first plane

NOTE This definition is appropriate for focusing transducers, whereas the beam-alignment axis in 3.5 of IEC 61102 is more appropriate for non-focusing transducers. See 6.2 and figure 2.

4.2.13
beam centrepoint
position determined by the intersection of two lines passing through the **beamwidth midpoints** of two orthogonal planes, *xz* and *yz*

4.2.14
beamwidth
greatest transverse distance between two points on a specified axis perpendicular to the **beam axis** where the **pulse-pressure-squared-integral** falls below its maximum on the **beam axis** by a specified amount

(Refer to figures 4 and 7.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Les **largeurs de faisceau** employées couramment sont spécifiées à –6 dB, –10 dB et –20 dB sous le maximum. Le calcul de l'échelle décibel consiste à multiplier par 10 le logarithme du rapport des intégrales. (Voir la Figure 7.)

Symbole : w_6, w_{10}, w_{20}
Unité: mètre, m

4.2.15
ligne focale de largeur de faisceau
ligne perpendiculaire à l'**axe du faisceau** et passant par le **foyer de largeur de faisceau** dans un **plan longitudinal** spécifié

(Voir la Figure 7.)

4.2.16
foyer de largeur de faisceau
point de l'**axe du faisceau** dans un **plan longitudinal** spécifié où la **largeur du faisceau** –6 dB mesurée perpendiculairement à l'axe est minimale. Lorsqu'une focalisation bidimensionnelle a été utilisée pour différents **plans longitudinaux**, les **largeurs du faisceau** peuvent en général être différentes

(Voir la Figure 7.)

4.2.17
point médian de largeur de faisceau
moyenne linéaire de la position des centres de largeur de faisceau dans un plan. La moyenne est considérée pour un nombre de niveaux de largeurs de faisceau – fournis dans le Tableau B.2 – aussi grand que permis par la puissance du signal

(Voir B.2 à l'Annexe B.)

4.2.18
signal à large bande
signal à pourcentage de bande passante fractionnelle –3 dB de plus de 25 %, où le pourcentage de bande passante fractionnelle –3 dB = (bande passante * 100) / **fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique**

NOTE Pour «bande passante», voir 3.5 de la CEI 61157.

4.2.19
signal d'onde continue
signal monochromatique (à fréquence unique) et sans modulation d'amplitude

4.2.20
réseau courbe
réseau ou **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** consistant en des **éléments transducteurs ultrasonores** en ligne qui sont montés sur une surface courbe et peuvent être contrôlés électriquement afin d'altérer les caractéristiques et/ou la direction d'un faisceau acoustique

4.2.21
profondeur de champ
profondeur de focalisation
profondeur focale
profondeur de zone focale
dans un **plan longitudinal** spécifié, distance entre deux points le long de l'**axe du faisceau** qui sont définis par les positions de part et d'autre du **foyer de largeur de faisceau** où les **largeurs de faisceau** –6 dB augmentent d'un facteur 2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Commonly used **beamwidths** are specified at –6 dB, –10 dB and –20 dB levels below the maximum. The decibel calculation implies taking 10 times the logarithm of the ratios of the integrals. Refer to figure 7.

Symbol: w_6, w_{10}, w_{20}
Unit: metre, m

4.2.15
beamwidth focal line
in a specified **longitudinal plane**, the line perpendicular to the **beam axis** which passes through the **beamwidth focus**

(Refer to figure 7.)

4.2.16
beamwidth focus
in a specified **longitudinal plane**, the point on the **beam axis** for which the –6 dB **beamwidth** measured perpendicular to the axis is a minimum. When two-dimensional focusing has been used for different **longitudinal planes**, the **beamwidths** can, in general, be different

(Refer to figure 7.)

4.2.17
beamwidth midpoint
linear average of the location of the centres of beamwidths in a plane. The average is taken over as many beamwidth levels given in table B.2 as signal level permits

(See B.2, annex B.)

4.2.18
broadband signal
signal with per cent –3 dB fractional bandwidth greater than 25 % where per cent –3 dB fractional bandwidth = (bandwidth *100)/ **arithmetic-mean working frequency**

NOTE For “bandwidth”, see 3.5 of IEC 61157.

4.2.19
continuous-wave signal
signal that is monochromatic (single frequency) and is not amplitude-modulated

4.2.20
curvilinear array
array or **ultrasonic transducer element group** consisting of in-line **ultrasonic transducer** elements which are mounted on a curved surface and can be electrically controlled to alter the characteristics and/or direction of an acoustic beam

4.2.21
depth-of-field
depth-of-focus
focal depth
focal zone depth
in a specified **longitudinal plane**, the distance between two points along the **beam axis** which are defined by the locations on either side of the **beamwidth focus** where the –6 dB **beamwidths** increase by a factor of two

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE Pour la conception, si aucun point ne répondant à cette définition n'existe entre le **foyer de largeur de faisceau** et le **plan d'ouverture du transducteur**, la position du point de **profondeur de champ** le plus proche du transducteur ultrasonore est considérée comme étant le **plan d'ouverture du transducteur**. Pour le mesurage, si aucun point ne répondant à cette définition n'existe entre le **foyer de largeur de faisceau** et le **plan d'ouverture de la source**, la position du point de **profondeur de champ** le plus proche du **transducteur ultrasonore** est considérée comme étant le **plan d'ouverture de la source**. (Voir la Figure 7.)

Symbole: Δ_{DOF}
Unité: mètre, m

4.2.22
surface de focalisation effective
surface de phase constante dont la périphérie coïncide avec l'**ouverture du transducteur**

NOTE Dans le cas de réseaux, la surface de phase constante est la surface formée par les excitations temporelles appliquées à chacun des éléments d'un réseau afin de focaliser et de diriger une **ligne de balayage**.

4.2.23
longueur de trajectoire effective
distance équivalente à la longueur totale de trajectoire acoustique (entre un point spécifié du champ et un point spécifié de la **surface de focalisation effective** du transducteur.) Dans le cas d'un transducteur comportant une lentille, la portion de la trajectoire traversant la lentille est multipliée par le rapport c_W/c_L où c_L est la vitesse du son dans la lentille et c_W la vitesse du son dans l'eau (ou dans le milieu de mesure)

NOTE Dans la plupart des cas, cette définition s'applique à des transducteurs de construction connue; autrement, la longueur de trajectoire effective peut être mesurée par le délai de réponse (entre les deux points spécifiés plus haut) divisé par la vitesse du son dans l'eau (ou dans le milieu de mesure). Voir aussi les définitions de **foyer géométrique** et de **surface de focalisation effective**.

Symbole: d_{eff}
Unité: mètre, m

4.2.24
longueur d'onde effective
vitesse du son longitudinale dans le milieu de propagation divisée par la **fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique**

Symbole: λ
Unité: mètre, m

4.2.25
axe d'élévation
droite comprise dans le **plan d'ouverture de la source** (mesurage) ou dans le **plan d'ouverture du transducteur** (conception) et perpendiculaire à l'**axe azimutal**

(Voir la Figure 7.)

4.2.26
plan d'élévation
plan longitudinal contenant l'**axe d'élévation** et perpendiculaire à l'**axe azimutal**

4.2.27
ouverture externe du transducteur
portion de la surface du **transducteur ultrasonore** ou de l'ensemble du **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** émettant des radiations ultrasonores dans le milieu de propagation. Cette surface est supposée être accessible pour les mesures à l'aide d'un hydrophone dans le milieu de propagation choisi – généralement de l'eau

(Voir la Figure 2.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE In a design, if no such point exists between the **beamwidth focus** and the **transducer aperture plane**, the location of the **depth-of-field** point closest to the ultrasonic transducer is taken to be the **transducer aperture plane**. In a measurement, if no such point exists between the **beamwidth focus** and the **source aperture plane**, the location of the **depth-of-field** point closest to the **ultrasonic transducer** is taken to be the **source aperture plane** (refer to figure 7).

Symbol: Δ_{DOF}
Unit: metre, m

4.2.22
effective focusing surface
surface of constant phase whose periphery is coincident with the **transducer aperture**

NOTE In the case of arrays, the surface of constant phase is the surface formed by the time excitations applied to each element of an array to produce focusing and steering of a **scan line**.

4.2.23
effective path length
distance that is the equivalent total acoustical path length (between a specified field point and a specified point on the **effective focusing surface** of a transducer). In the case of a transducer with a lens, the part of the path through the lens is multiplied by the ratio c_W/c_L where c_L is lens speed of sound and c_W is water (or measurement medium) speed of sound

NOTE In most cases, this definition applies to transducers of known construction; otherwise, it can be measured as time delay between the two points specified above divided by the water (or measurement medium) speed of sound. See also **geometric focus** and **effective focusing surface.**

Symbol: d_{eff}
Unit: metre, m

4.2.24
effective wavelength
longitudinal speed of sound in the propagation medium divided by the **arithmetic-mean working frequency**

Symbol: λ
Unit: metre, m

4.2.25
elevation axis
line in the **source aperture plane** (measurement) or **transducer aperture plane** (design) that is perpendicular to the **azimuth axis**

(Refer to figure 7.)

4.2.26
elevation plane
longitudinal plane containing the **elevation axis** and orthogonal to the **azimuth axis**

4.2.27
external transducer aperture
part of the surface of the **ultrasonic transducer** or **ultrasonic transducer element group** assembly that emits ultrasonic radiation into the propagation medium. This surface is assumed to be accessible for measurements using a hydrophone in a chosen propagation medium (usually water)

(Refer to figure 2.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.28
nombre f
rapport de la **longueur focale géométrique** par la **largeur d'ouverture du transducteur** dans un **plan longitudinal** spécifié

Symbole: F_n
Unité: sans dimension

4.2.29
champ lointain
champ acoustique (sonore) à des distances du **transducteur ultrasonore** pour lesquelles les valeurs de pression acoustique instantanée et de vitesse de particule sont substantiellement en phase

(Voir 801-23-30 de la CEI 60050(801) et 3.16 de la CEI 61102.)

4.2.30
zone de Fresnel lointaine
région au-delà de la **zone focale de Fraunhofer** pour un **transducteur focalisant** dans un **plan longitudinal** spécifié

NOTE Il n'y a pas de **zone de Fresnel lointaine** si la **longueur focale géométrique** est supérieure à la **longueur de Rayleigh**. Voir les Figures 3b et 6.

4.2.31
distance de transition lointaine
distance la plus élevée à partir du **transducteur ultrasonore** pour laquelle le module de la différence entre la **différence de trajectoire d'ouverture** et la **différence de trajectoire de point de champ axial** vaut la moitié de la **longueur d'onde effective**

NOTE La distance de transition lointaine est également fournie par l'Equation (4.) Voir l'Annexe A et la Figure 3b.

Symbole: z_{FTD}
Unité: mètre, m

4.2.32
zone focale de Fraunhofer
zone disposée le long de l'**axe du faisceau** limitée par la **distance de transition proche** et la **distance de transition lointaine**. De façon équivalente, zone du champ ultrasonore autour du **foyer géométrique** dans un **plan longitudinal** spécifié où la valeur de la différence de trajectoire de point de champ axial diffère de moins d'une demi-**longueur d'onde** de la **différence de trajectoire d'ouverture**, pour des **transducteurs focalisants**

NOTE Voir l'Annexe A pour plus de détails et pour l'extension spatiale de cette zone. Voir les Figures 3b et 6.

4.2.33
transducteur focalisant
appareil électroacoustique produisant, à toute distance inférieure à la moitié de la **distance de transition** de l'**ouverture de la source**, une **largeur de faisceau** –6 dB dans un **plan longitudinal** inférieure à la moitié de la **largeur d'ouverture de la source** –20 dB (mesurée dans un plan aussi proche que possible du **transducteur ultrasonore**) dans ce même plan (définition de mesurage)

NOTE En ce qui concerne la conception, un **transducteur focalisant** est un appareil électroacoustique produisant, à toute distance inférieure à la moitié de la **distance de transition** de l'**ouverture du transducteur**, une **largeur de faisceau** –6 dB dans un **plan longitudinal** inférieure à la moitié de la **largeur d'ouverture du transducteur** dans ce même plan (définition de conception.) Voir la Figure 7.

4.2.34
zone de Fraunhofer
pour un **transducteur non focalisant**, région éloignée de l'**ouverture du transducteur** d'une longueur au moins égale à la **longueur de Rayleigh** dans un **plan longitudinal** spécifié

(Voir la Figure 3a.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.28
f number
ratio of the **geometric focal length** to the **transducer aperture width** in a specified **longitudinal plane**

Symbol: F_n
Unit: dimensionless

4.2.29
far field
acoustic (sound) field at distances from the **ultrasonic transducer** where the values of the instantaneous acoustic pressure and particle velocity are substantially in phase

(See 801-23-30 of IEC 60050(801) and 3.16 of IEC 61102.)

4.2.30
far Fresnel zone
region beyond the **focal Fraunhofer zone** for a **focusing transducer** in a specified **longitudinal plane**

NOTE There will be no **far Fresnel zone** if the **geometric focal length** is greater than the **Rayleigh length**. See figures 3b and 6.

4.2.31
far transition distance
greatest distance from the **ultrasonic transducer** at which the modulus of the difference between the **aperture path difference** and the **axial field point path difference** is half an **effective wavelength**

NOTE Also given by equation (4). See annex A and figure 3b.

Symbol: z_{FTD}
Unit: metre, m

4.2.32
focal Fraunhofer zone
region along the **beam axis** that is bounded by the **near transition distance** and the **far transition distance**. Equivalently, the region of an ultrasound field about a **geometric focus** in a specified **longitudinal plane** where the axial field point path difference is within half a **wavelength** of the **aperture path difference**, for **focusing transducers**

NOTE See annex A for more details and the spatial extent of this zone. Refer to figures 3b and 6.

4.2.33
focusing transducer
electro-acoustic device that produces, at any distance less than half of the **transition distance** from the **source aperture,** a –6 dB **beamwidth** in a **longitudinal plane** that is less than one-half the –20 dB **source aperture width** (measured in a plane as close as possible to the **ultrasonic transducer**) in that plane (measurement definition)

NOTE For design, a **focusing transducer** is an electro-acoustic device that produces, at any distance less than one-half of the **transition distance** from the **transducer aperture,** a –6 dB **beamwidth** in a **longitudinal plane** that is less than half the **transducer aperture width** in that plane (design definition). Refer to figure 7.

4.2.34
Fraunhofer zone
for a **non-focusing transducer**, the region beyond a **Rayleigh length** from the **transducer aperture** in a specified **longitudinal plane**

(Refer to figure 3a.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.35
zone de Fresnel (champ proche)
pour un **transducteur non focalisant**, région éloignée de l'**ouverture du transducteur** d'une longueur n'excédant pas la **longueur de Rayleigh** dans un **plan longitudinal** spécifié

(Voir la Figure 3a.)

4.2.36
limite géométrique du faisceau
surface contenant toutes les droites passant par le **foyer géométrique** et par un point périphérique de l'**ouverture du transducteur**

(Voir la Figure 5.)

NOTE Cette définition s'applique aux **transducteurs ultrasonores** de construction connue.

4.2.37
gain focal géométrique
dans les cas où les **foyers géométriques** de tous les **plans longitudinaux** coïncident, racine carrée du rapport de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** au **foyer géométrique** par la moyenne sur l'**ouverture du transducteur** de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression**. Pour les **transducteurs** sans apodisation répondant à ce critère, le gain focal géométrique est théoriquement égal au rapport de la surface d'**ouverture du transducteur** par le produit de la **longueur focale géométrique** et de la **longueur d'onde effective**. Pour une source symétrique circulaire à apodisation, le **gain focal géométrique** est $G_{focal} = \pi\ z_T/F_{geo}$ avec une **distance de transition** définie pour l'**apodisation**. Pour les cas de **transducteurs ultrasonores** sans apodisation dont les foyers dans différents **plans longitudinaux** ne coïncident pas, un **gain focal géométrique** peut être défini pour un **plan longitudinal** spécifié comme étant le rapport de la **largeur d'ouverture du transducteur** dans ce même plan par la racine carrée du produit de la **longueur d'onde effective** et de la **longueur focale géométrique** dans ce plan. En cas d'apodisation pour un **plan longitudinal** spécifié et un transducteur rectangulaire avec une **largeur d'ouverture de transducteur** L_{TA} , le gain focal géométrique est $G_{focal} = \sqrt{\pi\ z_T/F_{geo}}$,

où z_T est la **distance de transition** définie pour des transducteurs à **apodisation**. Le gain focal géométrique total est le produit des **gains focaux géométriques** dans chaque plan si les **longueurs focales géométriques** coïncident. Cette définition s'applique aux transducteurs de construction connue

Symbole: G_{focal}
Unité: sans dimension

4.2.38
longueur focale géométrique
distance entre le **foyer géométrique** et la **surface de focalisation effective du transducteur ultrasonore**.
(Voir les définitions de **longueur de trajectoire effective** et de **surface de focalisation effective**, ainsi que la Figure 5.)

NOTE Cette définition s'applique aux transducteurs de construction connue.

Symbole: F_{geo}
Unité: mètre, m

4.2.39
focale géométrique
point pour lequel toutes les **longueurs de trajectoire effectives** dans un plan longitudinal spécifié sont égales. Également, point pour lequel toutes les ondes provenant du transducteur présentent le même retard selon l'approximation de l'acoustique géométrique, en négligeant la diffraction

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.35
Fresnel zone (near-field)
for a **non-focusing transducer,** the region within a **Rayleigh length** from the **transducer aperture** in a specified **longitudinal plane**

(Refer to figure 3a.)

4.2.36
geometric beam boundary
surface containing straight lines passing through the **geometric focus** and all points around the periphery of the **transducer aperture**

(Refer to figure 5.)

NOTE Applies to **ultrasonic transducers** of known construction.

4.2.37
geometric focal gain
for the case in which **geometric foci** of all **longitudinal planes** coincide, the square root of the ratio of the **pulse-pressure-squared-integral** at the **geometric focus** divided by the average **pulse-pressure-squared-integral** over the **transducer aperture**. For unapodized **transducers** meeting this criterion, the **geometrical focal gain** is theoretically equal to the ratio of the **transducer aperture** area to the product of the **geometric focal length** and the **effective wavelength**. For an apodized circularly symmetric source, the **geometric focal gain** is $G_{\text{focal}} = \pi\, z_{\text{T}}/F_{\text{geo}}$ with the **transition distance** defined for **apodization**. For unapodized **ultrasonic transducer** cases in which the focuses in different **longitudinal planes** are not coincident, a **geometric focal gain** can be defined for a specified **longitudinal plane** as the ratio of the **transducer aperture width** in that plane to the square root of the product of the **effective wavelength** and the **geometric focal length** in that plane. For the apodized case for a specified **longitudinal plane** and a rectangular transducer with a **transducer aperture width** L_{TA}, the geometric focal gain is $G_{\text{focal}} = \sqrt{\pi\, z_{\text{T}}/F_{\text{geo}}}$,

where z_{T} is the **transition distance** defined for transducers with **apodization**. The overall geometric focal gain is the product of the **geometric focal gains** in each plane if the **geometric focal lengths** are coincident. Applies to transducers of known construction

Symbol: G_{focal}
Unit: dimensionless

4.2.38
geometric focal length
distance from the **geometric focus** to the **ultrasonic transducer effective focusing surface** (See **effective path length**; and **effective focusing surface** and figure 5.)

NOTE Applies to transducers of known construction.

Symbol: F_{geo}
Unit: metre, m

4.2.39
geometric focus
point for which all of the **effective path lengths** in a specified longitudinal plane are equal. Also, point for which all waves from the transducer have the same delay as viewed in the approximation of geometrical acoustics, neglecting diffraction

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.40
ligne de foyer géométrique
ligne pour laquelle toutes les **longueurs de trajectoire effectives** sont essentiellement égales dans tous les plans perpendiculaires à cette ligne

(Voir la Figure 8.)

4.2.41
foyer sphérique géométrique
foyer ponctuel
foyer géométrique pour la surface d'émission sphérique ou la **surface effective de focalisation** sphérique d'un **transducteur ultrasonore** – ou d'un réflecteur ultrasonore

(Voir la Figure 8.)

4.2.42
réseau linéaire
groupe d'éléments transducteurs ultrasonores comportant des éléments dont les surfaces d'émission sont disposées dans un même plan ou selon une même surface cylindrique et qui peuvent être configurés électriquement pour contrôler les caractéristiques, la position et/ou le guidage d'un faisceau acoustique

4.2.43
plan longitudinal
plan défini par l'**axe du faisceau** et par un axe orthogonal spécifié

(Voir la Figure 7.)

4.2.44
longueur focale naturelle
distance entre le **foyer naturel** et la **surface de focalisation effective** du **transducteur ultrasonore**

Symbole: F_{natural}
Unité: mètre, m

4.2.45
focale naturelle
position sur l'**axe du faisceau** dans un **plan longitudinal** spécifié où le champ d'un **transducteur ultrasonore non focalisant** possède une **largeur de faisceau** –6 dB minimale

NOTE Dans des conditions idéales, cette position correspond à la **distance de transition** pour des champs symétriques circulaires ou s'approche de la **distance de transition** pour d'autres géométries.

4.2.46
champ proche
terme employé pour désigner un champ non focalisé équivalent à la **zone de Fresnel**

NOTE Cette définition diffère de celle du 3.23 de la CEI 61102.

4.2.47
zone de Fresnel proche
région située entre le **transducteur ultrasonore** et la **distance de transition proche** pour un **transducteur focalisant** ultrasonore dans un **plan longitudinal** spécifié

(Voir la Figure 3b et l'Equation (3).)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.40
geometric line focus
line for which all of the **effective path lengths** are essentially equal in all planes perpendicular to that line

(Refer to figure 8.)

4.2.41
geometric spherical focus
point focus
geometric focus for a spherical **ultrasonic transducer** (or reflector) radiating or **effective focusing surface**

(Refer to figure 8.)

4.2.42
linear array
ultrasonic transducer element group with elements whose radiating surfaces lie on the same plane or cylindrical surface and can be electrically configured to control the characteristics, position, and/or the steering of an acoustic beam

4.2.43
longitudinal plane
plane defined by the **beam axis** and a specified orthogonal axis

(Refer to figure 7.)

4.2.44
natural focal length
distance from the **natural focus** to the **ultrasonic transducer effective focusing surface**

Symbol: F_{natural}
Unit: metre, m

4.2.45
natural focus
the location along the **beam axis** in a specified **longitudinal plane** where the field of a **non-focusing ultrasonic transducer** has minimum –6 dB **beamwidth**

NOTE Under ideal conditions, this location corresponds to the **transition distance** for circularly symmetric fields and close to the **transition distance** for other geometries.

4.2.46
near field
term used for unfocused field equivalent to **Fresnel zone**

NOTE This definition differs from 3.23 of IEC 61102.

4.2.47
near Fresnel zone
the region between the **ultrasonic transducer** and the **near transition distance** for an ultrasonic **focusing transducer** in a specified **longitudinal plane**

(Refer to figure 3b and equation (3).)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.48
distance de transition proche
distance la plus courte à partir du **transducteur ultrasonore** pour laquelle le module de la différence entre la **différence de trajectoire d'ouverture** et la **différence de trajectoire de point de champ axial** vaut la moitié de la **longueur d'onde effective**

(Voir la Figure 3b. Valeur également obtenue par l'Equation (3). Voir l'Annexe A pour plus de détails.)

Symbole: z_{NTD}
Unité: mètre, m

4.2.49
transducteur non focalisant
transducteur ultrasonore dont le champ ne répond pas aux critères de **transducteur focalisant**

(Voir la Figure 3a.)

4.2.50
paramètre de propagation non linéaire
indice permettant de prédire la distorsion non linéaire de l'émission ultrasonore d'un **transducteur ultrasonore** spécifique

(Voir 3.25 de la CEI 61102 pour une définition complète.)

Symbole: σ_m
Unité: sans dimension

4.2.51
longueur focale normalisée
pour la conception, **longueur focale géométrique** divisée par la **distance de transition** dans un **plan longitudinal** donné

Symbole: F_{norm}
Unité: sans dimension

4.2.52
distance de décalage
distance entre le **plan d'ouverture de la source** de l'appareil et l'**ouverture externe du transducteur**, mesurée le long de l'**axe du faisceau**

(Voir les Figures 7 et 9.)

Symbole: d_{offset}
Unité: mètre, m

4.2.53
réseau phasé
groupe d'éléments transducteurs ultrasonores consistant en des éléments **transducteurs ultrasonores** qui peuvent être configurés électriquement pour contrôler les caractéristiques et la direction d'un faisceau acoustique

4.2.54
zone focale de pression
zone du faisceau –6 dB pour une portée égale à la longueur focale de pression

NOTE Cette surface peut être composée de plusieurs sections.

Symbole: A_{b6}
Unité: mètre carré, m^2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.48
near transition distance
distance closest to the **ultrasonic transducer** at which the modulus of the difference between the **aperture path difference** and the **axial field point path difference** is half an **effective wavelength**

(Refer to figure 3b. Also given by equation (3). See annex A for details.)

Symbol: z_{NTD}
Unit: metre, m

4.2.49
non-focusing transducer
ultrasonic transducer whose field does not meet the criteria for a **focusing transducer**

(Refer to figure 3a.)

4.2.50
non-linear propagation parameter
index which permits the prediction of non-linear distortion of ultrasound for a specific **ultrasonic transducer**

(See 3.25 of IEC 61102 for full definition.)

Symbol: σ_m
Unit: dimensionless

4.2.51
normalized focal length
for a given **longitudinal plane**, for design, the **geometric focal length** divided by the **transition distance**

Symbol: F_{norm}
Unit: dimensionless

4.2.52
offset distance
distance between the **source aperture plane** of the device and the **external transducer aperture**, measured along the **beam axis**

(Refer to figures 7 and 9.)

Symbol: d_{offset}
Unit: metre, m

4.2.53
phased array
ultrasonic **transducer element group** consisting of **ultrasonic transducer** elements that can be electrically configured to control the characteristics and direction of an acoustic beam

4.2.54
pressure focal area
–6 dB **beam area** at the range equal to the pressure focal length

NOTE This area may be composed of several sections.

Symbol: A_{b6}
Unit: metre squared, m^2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.55
gain focal de pression
racine carrée de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** au **foyer de pression**, divisée par la racine carrée du **carré moyen de la pression intégré sur l'ouverture de la source**

Symbole: G_{pfocal}
Unité: sans dimension

4.2.56
longueur focale de pression
distance entre le **plan de l'ouverture du transducteur** (définition de conception) ou le **plan d'ouverture de la source** (définition de mesurage) et la position du **foyer de pression** où la valeur de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** est maximale sur l'entièreté du champ

Symbole: F_{pres}
Unité: mètre, m

4.2.57
plan focal de pression
plan perpendiculaire à l'**axe du faisceau** et contenant le **foyer de pression**

(Voir la Figure 9.)

4.2.58
foyer de pression
position du maximum de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** sur l'entièreté du **champ**

(Voir la Figure 9.)

4.2.59
plan longitudinal principal
plan contenant l'**axe du faisceau** et la **largeur de faisceau** –6 dB minimale

NOTE Pour les **transducteurs ultrasonores** rectangulaires, il s'agit du plan parallèle à leur côté le plus long. (Voir la Figure 7.)

4.2.60
intégrale sur l'impulsion du carré de la pression
intégrale temporelle du carré de la pression acoustique instantanée en un point particulier d'un champ acoustique, intégrée sur la **forme d'onde de l'impulsion acoustique**

[CEI 61102, définition 3.33]

NOTE Pour un **signal d'onde continue**, l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** est égale au carré de la valeur efficace de la pression multiplié par la période d'un cycle, T, ou $p_{\mathrm{i}} = T\,(p_{\mathrm{rms}})^2$

Symbole: p_{i}
Unité: pascal carré fois seconde, $\mathrm{Pa}^2\mathrm{s}$

4.2.61
longueur de Rayleigh
pour un **plan longitudinal** donné, pour la conception, surface équivalente de la largeur d'**ouverture du transducteur ultrasonore** divisée par la **longueur d'onde effective**, λ

NOTE La **longueur de Rayleigh** est égale à la **distance de transition** multipliée par π.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.55
pressure focal gain
square root of the **pulse-pressure-squared-integral** at the **pressure focus**, divided by the square root of **source aperture average pressure-squared-integral**

Symbol: G_{pfocal}
Unit: dimensionless

4.2.56
pressure focal length
the distance from either the **transducer aperture plane** (design definition) or the **source aperture plane** (measurement definition) to the **pressure focus** position where the **pulse-pressure-squared-integral** has its maximum value throughout the field

Symbol: F_{pres}
Unit: metre, m

4.2.57
pressure focal plane
plane perpendicular to the **beam axis** that contains the **pressure focus**

(Refer to figure 9.)

4.2.58
pressure focus
position of maximum **pulse-pressure-squared-integral** throughout the **field**

(Refer to figure 9.)

4.2.59
principal longitudinal plane
the **plane** containing the **beam axis** and the minimum –6 dB **beamwidth**

NOTE For rectangular **ultrasonic transducers**, it is the plane parallel to their longest side. (Refer to figure 7.)

4.2.60
pulse-pressure-squared integral
time integral of the square of the instantaneous acoustic pressure at a particular point in an acoustic field integrated over the **acoustic pulse waveform**

[IEC 61102, definition 3.33]

NOTE For a **continuous-wave signal**, the **pulse-pressure-squared-integral** is equal to the squared root-mean-square pressure times the period of a cycle, T, or $p_{\mathrm{i}} = T\,(p_{\mathrm{rms}})^2$

Symbol: p_{i}
Unit: pascal squared second, $\mathrm{Pa}^2\mathrm{s}$

4.2.61
Rayleigh length
for a given **longitudinal plane**, for design, equivalent area of the **ultrasonic transducer aperture** width divided by the **effective wavelength**, λ

NOTE **Rayleigh length** is equal to the **transition distance** multiplied by π.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.62
ligne de balayage
pour les ensembles à balayage automatique, **axe du faisceau** pour un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** particulier ou pour une excitation particulière d'un **transducteur ultrasonore** ou d'un **groupe d'éléments transducteurs**

NOTE Il s'agit de la même définition qu'au 3.56 de la CEI 61102, mis à part que l'**axe du faisceau** remplace l'**axe d'alignement du faisceau**.

4.2.63
plan de balayage
surface
pour les ensembles à balayage automatique, plan (ou surface) contenant toutes les **lignes de balayage** ultrasonore [CEI 61102, définition 3.38]

4.2.64
type de signal
classification de la **forme d'onde d'impulsion acoustique** selon un type de **signal d'onde continue**, de **signal à salves d'impulsions** ou de **signal à large bande de fréquence**

4.2.65
ouverture de la source
ouverture équivalente pour un **transducteur ultrasonore** de caractéristiques inconnues, mesurée par le contour –20 dB de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** dans le plan de mesurage (**plan d'ouverture de la source**) le plus proche possible de l'**ouverture externe du transducteur**

(Voir la Figure 7.)

Symbole: A_{SAeff}
Unité: mètre carré, m^2

4.2.66
carré moyen de la pression intégré sur l'ouverture de la source
moyenne de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** sur la surface du faisceau –20 dB dans le **plan d'ouverture de la source**

Symbole: p_{i20mean}
Unité: pascal carré fois seconde, Pa^2s

4.2.67
plan d'ouverture de la source
plan de mesurage le plus proche possible de l'**ouverture externe du transducteur** et perpendiculaire à l'**axe du faisceau**

(Voir la Figure 2.)

4.2.68
largeur d'ouverture de la source
dans un **plan longitudinal** spécifié, **largeur de faisceau** –20 dB la plus importante le long de la **ligne** d'intersection entre le **plan longitudinal** désigné et le **plan d'ouverture de la source**

(Voir la Figure 2.)

Symbole: L_{SA}
Unité: mètre, m

4.2.69
faisceau guidé
champ ultrasonore dont l'**axe du faisceau** est intentionnellement non coïncidant avec un axe perpendiculaire au **plan d'ouverture du transducteur**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.62
scan line
for automatic scanning systems, the **beam axis** for a particular **ultrasonic transducer element group**, or for a particular excitation of an **ultrasonic transducer** or **transducer element group**

NOTE This is the same as definition 3.56 of IEC 61102 except that **beam axis** replaces **beam alignment axis**.

4.2.63
scan plane
surface
for automatic scanning systems, a plane (or surface) containing all the ultrasonic **scan lines** [IEC 61102, definition 3.38]

4.2.64
signal type
classification of the **acoustic pulse waveform** into **continuous-wave signal**, **tone-burst signal** or **broadband signal** types

4.2.65
source aperture
equivalent **aperture** for an **ultrasonic transducer** of unknown characteristics, measured as the –20 dB **pulse-pressure-squared-integral** contour in the closest possible measurement plane **(source aperture plane)** to the **external transducer aperture**

(Refer to figure 7.)

Symbol: A_{SAeff}
Unit: metre squared, m^2

4.2.66
source aperture average pressure-squared-integral
pulse-pressure-squared-integral averaged over the –20 dB beam area in the **source aperture plane**

Symbol: p_{i20mean}
Unit: pascal squared second, Pa^2s

4.2.67
source aperture plane
closest possible measurement **plane** to the **external transducer aperture**, that is perpendicular to the **beam axis**

(Refer to figure 2.)

4.2.68
source aperture width
in a specified **longitudinal plane**, the greatest –20 dB **beamwidth** along the **line** of intersection between the designated **longitudinal plane** and the **source aperture plane**

(Refer to figure 2.)

Symbol: L_{SA}
Unit: metre, m

4.2.69
steered beam
ultrasound field whose **beam axis** is intentionally not coincident with an axis perpendicular to the **transducer aperture plane**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.70
signal à salves d'impulsions
pulsation à pourcentage de bande passante fractionnelle –3 dB de moins de 25 %, où le pourcentage de bande passante fractionnelle –3 dB = (bande passante x 100) / **fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique**

NOTE Pour «bande passante», voir la CEI 61157, définition 3.5.

4.2.71
surface d'ouverture du transducteur
surface effective ou projetée de la portion ultrasonore émettrice active d'un **transducteur ultrasonore** dans le **plan d'ouverture du transducteur**

Symbole: A_{SA}
Unité: mètre carré, m^2

4.2.72
plan d'ouverture du transducteur
plan orthogonal à l'**axe du faisceau** du **faisceau non guidé** et physiquement adjacent au **transducteur ultrasonore**

(Voir la Figure 9b.)

NOTE Si le **transducteur ultrasonore** est plat, le plan est coplanaire avec la surface émettrice du **transducteur ultrasonore**; si le transducteur est concave ou incurvé, le plan touche la périphérie de la surface émettrice; si le transducteur est convexe, le plan est tangent au centre de la surface émettrice au point de contact.

4.2.73
distance au plan d'ouverture du transducteur
distance entre le **foyer géométrique** et le **plan d'ouverture du transducteur** (Voir la Figure 5.)

Symbole: D_{AF}
Unité: mètre, m

4.2.74
largeur d'ouverture du transducteur
largeur complète de l'**ouverture du transducteur** selon un axe spécifié orthogonal à l'**axe du faisceau** du **faisceau non guidé**

(Voir la Figure 5.)

Symbole: L_{TA}
Unité: mètre, m

4.2.75
distance de transition
pour un **plan longitudinal** donné, pour la conception, surface équivalente à la largeur d'**ouverture du transducteur ultrasonore** divisée π fois par la **longueur d'onde effective**, λ; pour les mesures, surface équivalente à la largeur d'**ouverture de la source** divisée π fois par la **longueur d'onde effective**.

Pour un **transducteur ultrasonore** sans apodisation à symétrie circulaire par rapport à l'**axe du faisceau**, la surface équivalente est πa^2, où a est le rayon; la **distance de transition** est donc $z_T = a^2 / \lambda$. Pour un **transducteur ultrasonore** rectangulaire par rapport à l'**axe du faisceau**, la surface équivalente est L_{TA}^2, où L_{TA} est la **largeur d'ouverture du transducteur** dans le **plan longitudinal**. Par conséquent, la **distance de transition** est $z_T = L_{TA}^2/(\pi \lambda)$. Pour les mesures dans un plan longitudinal, la **largeur d'ouverture de la source** dans ce même plan est utilisée, soit $z_T = L_{SA}^2/(\pi \lambda)$

(Voir la Figure 3a.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

4.2.70
tone-burst signal
pulse with –3 dB fractional bandwidth less than 25 % where per cent –3 dB fractional bandwidth = (bandwidth × 100)/ **arithmetic-mean working frequency**

NOTE For "bandwidth" see IEC 61157, definition 3.5.

4.2.71
transducer aperture area
effective or projected area of the active ultrasound radiating portion of an **ultrasonic transducer** in the **transducer aperture plane**

Symbol: A_{SA}
Unit: metre squared, m^2

4.2.72
transducer aperture plane
plane that is orthogonal to the **beam axis** of the **unsteered beam** and is adjacent physically to the **ultrasonic transducer**

(Refer to figure 9b.)

NOTE If the **ultrasonic transducer** is flat, the plane is coplanar with the radiating surface of the **ultrasonic transducer**; if it is concave or curved, the plane touches the periphery of the radiating surface; if it is convex, the plane is tangent to the centre of the radiating surface at the point of contact.

4.2.73
transducer aperture plane distance
distance between the **geometric focus** and the **transducer aperture plane**

(Refer to figure 5.)

Symbol: D_{AF}
Unit: metre, m

4.2.74
transducer aperture width
full width of the **transducer aperture** along a specified axis orthogonal to the **beam axis** of the **unsteered beam**

(Refer to figure 5.)

Symbol: L_{TA}
Unit: metre, m

4.2.75
transition distance
for a given **longitudinal plane**, for design, the equivalent area of the **ultrasonic transducer aperture** width divided by π times the **effective wavelength**, λ; for measurements, the equivalent area of the **source aperture** width divided by π times the **effective wavelength**.

For an unapodized **ultrasonic transducer** with circular symmetry about the **beam axis,** the equivalent area is πa^2, where a is the radius; therefore the **transition distance** is $z_T = a^2/\lambda$. For a rectangular **ultrasonic transducer** about the **beam axis,** the equivalent area is L_{TA}^2, where L_{TA} is the **transducer aperture width** in the **longitudinal plane**. Therefore, the **transition distance** is $z_T = L_{TA}^2/(\pi\lambda)$. For measurements in a longitudinal plane, the **source aperture width** in that plane is used, or $z_T = L_{SA}^2/(\pi\lambda)$

(Refer to figure 3a.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 Pour les transducteurs à apodisation et à symétrie régulière ou à fonction de pondération *W* (normalisée pour une valeur maximale de 1 pour la distribution de vitesse de particule), les **distances de transition** sont comme suit.

Pour un transducteur à symétrie circulaire ayant un rayon actif *a*,

$$z_T = \left(\frac{2}{\lambda}\right) \int_0^a W(r)\, r\, \mathrm{d}r\,.$$

Pour un transducteur rectangulaire ayant une ouverture physique de longueur *L* dans un plan longitudinal donné,

$$z_T = \left(\frac{4}{\pi\lambda}\right) \left| \int_0^{L/2} W(x)\, \mathrm{d}x \right|^2 .$$

NOTE 2 Pour des formes symétriques autres que les cas les plus courants de symétrie circulaire et de géométrie rectangulaire, la même définition de **distance de transition** peut être employée. Par exemple, pour des ouvertures à symétrie *n* (*n* > 2) telles que des hexagones ou octogones, la **distance de transition** dans un plan de symétrie perpendiculaire à un côté est égale à la surface de l'ouverture divisée par ($\pi\lambda$). Pour des réseaux annulaires à plusieurs anneaux, la surface équivalente est la surface totale (de tous les anneaux) de l'ouverture active. Dans les cas où un phasage unique est employé, tels que pour un réseau annulaire à changements de phase alternés (0° ou 180°) et à focalisation dirigée ou dans les cas où l'ouverture est de forme et de phasage inhabituels, un calcul de diffraction tridimensionnel est employé pour déterminer la largeur de faisceau minimale correspondant à la **distance transition** appropriée.

Symbole: z_T
Unité: mètre, m

4.2.76
plan transversal
tout plan perpendiculaire à l'**axe du faisceau**

4.2.77
réseau bidimensionnel
réseau constitué d'un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores** qui peut être configuré pour contrôler les caractéristiques et la direction d'un faisceau acoustique dans au moins 2 plans de balayage (généralement orthogonaux)

4.2.78
transducteur ultrasonore
dispositif capable de convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique dans la gamme de fréquence ultrasonore, ou réciproquement de convertir de l'énergie mécanique en énergie électrique

[CEI 61102, définition 3.58]

4.2.79
groupe d'éléments transducteurs ultrasonores
groupe d'éléments d'un **transducteur ultrasonore** qui sont activés ensemble de manière à produire une seule pulsation acoustique

[CEI 61102, définition 3.60]

4.2.80
faisceau non dirigé
faisceau ultrasonore choisi de façon à émettre dans une direction de propagation frontale sans déflection angulaire

NOTE Cette direction correspond à la **ligne de balayage** centrale d'un balayage de secteur. Dans le cas où le **transducteur ultrasonore** est symétrique, le **faisceau non guidé** peut être choisi proche de l'axe ou du plan de symétrie du **transducteur ultrasonore**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 For apodized transducers with a symmetric even apodization or weighting function W (normalized to a maximum value of one for the particle velocity distribution), the **transition distances** are the following

For circularly symmetric transducers with an active radius a,

$$z_T = \left(\frac{2}{\lambda}\right) \int_0^a W(r)\, r\, \mathrm{d}r\,.$$

For a rectangular transducer with a physical aperture length L in a given longitudinal plane,

$$z_T = \left(\frac{4}{\pi\lambda}\right) \left| \int_0^{L/2} W(x)\, \mathrm{d}x \right|^2 .$$

NOTE 2 For symmetric shapes other than the most common cases of circular symmetry and rectangular geometry, the same definition of **transition distance** can be used. For example, for apertures with n-fold symmetry ($n > 2$) such as hexagons and octagons, the **transition distance** in a symmetry plane perpendicular to a side is equal to the area of the aperture divided by ($\pi\lambda$). For annular arrays with several rings, the equivalent area is the total (all rings) area of the active aperture. For cases in which unique phasing is used such as annular arrays with alternate phase shifts (0° or 180°) in addition to intended focusing or for cases of apertures with unusual shapes and phasing, three-dimensional diffraction computation is employed to determine the minimum beamwidth corresponding to the appropriate **transition distance**.

Symbol: z_T
Unit: metre, m

4.2.76
transverse plane
any plane that is perpendicular to the **beam axis**

4.2.77
two-dimensional array
ultrasonic transducer element group array that can be configured to control the characteristics and direction of an acoustic beam in at least two (usually orthogonal) scan planes

4.2.78
ultrasonic transducer
device capable of converting electrical energy to mechanical energy within the ultrasonic frequency range and/or reciprocally of converting mechanical energy to electrical energy

[IEC 61102, definition 3.58]

4.2.79
ultrasonic transducer element group
group of elements of an **ultrasonic transducer** which are excited together in order to produce a single acoustic pulse

[IEC 61102, definition 3.60]

4.2.80
unsteered beam
ultrasound beam selected to be in the forward propagation direction without angular deflection

NOTE This direction is along the central **scan line** of a sector scan. When the **ultrasonic transducer** is symmetric, the **unsteered beam** may be chosen to be near the symmetry axis or a symmetry plane of the **ultrasonic transducer.**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5 Liste des symboles

a	rayon actif d'un **transducteur ultrasonore** circulaire
A_b	**surface du faisceau**
A_{b6}	**zone focale de pression**
A_{SA}	**surface d'ouverture du transducteur**
A_{SAeff}	**ouverture de la source**
c	vitesse du son
cw	vitesse du son dans l'eau
c_L	vitesse du son dans la lentille
D_{AF}	**distance au plan d'ouverture du transducteur**
d	(=2 a) diamètre actif d'un **transducteur ultrasonore** circulaire
d_{eff}	**longueur de trajectoire effective**
d_{offset}	**distance de décalage**
F_n	**nombre f**
f_{awf}	**fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique**
F_{geo}	**longueur focale géométrique**
$F_{natural}$	**longueur focale naturelle**
F_{norm}	**longueur focale normalisée**
F_{pres}	**longueur focale de pression**
G_{focal}	**gain de focale géométrique**
G_{pfocal}	**gain focal de pression**
k	(= $2\pi/\lambda$) nombre d'onde circulaire
L_{SA}	**largeur d'ouverture de la source**
L_{TA}	**largeur d'ouverture du transducteur**
n	indice de réfraction
p_i	**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression**
p_{rms}	pression acoustique efficace
$p_{i20mean}$	**carré moyen de la pression intégré sur l'ouverture de la source**
R	rayon de courbure d'un **transducteur ultrasonore**
R_{LENS}	rayon de courbure de la surface d'une lentille
R_L	**longueur de Rayleigh**
T	période d'un cycle
W	fonction de pondération
w_6, w_{10}, w_{20}	**largeur de faisceau** à –6 dB, –10 dB et –20 dB
x_c	position du centroïde à partir d'un balayage de faisceau selon l'axe x
x_{pk}	position du pic d'un faisceau le long de l'axe x
y_c	position du centroïde à partir d'un balayage de faisceau selon l'axe y
z_{FTD}	**distance de transition lointaine**
z_{NTD}	**distance de transition proche**
z_T	**distance de transition**
Δ	**différence de trajectoire d'ouverture**
Δ_{DOF}	**profondeur de champ** (aussi désignée comme profondeur de focalisation, profondeur focale ou profondeur de zone focale)
Δ'	**différence axiale de trajectoire de point de champ**
λ	**longueur d'onde effective**
σ_m	**paramètre de propagation non linéaire**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5 List of symbols

a	active radius of a circular **ultrasonic transducer**
A_b	**beam area**
A_{b6}	**pressure focal area**
A_{SA}	**transducer aperture area**
A_{SAeff}	**source aperture**
c	speed of sound
c_w	speed of sound in water
c_L	speed of sound in lens
D_{AF}	**transducer aperture plane distance**
d	(=2 a) active diameter of a circular **ultrasonic transducer**
d_{eff}	**effective path length**
d_{offset}	**offset distance**
F_n	**f number**
f_{awf}	**arithmetic-mean working frequency**
F_{geo}	**geometric focal length**
$F_{natural}$	**natural focal length**
F_{norm}	**normalized focal length**
F_{pres}	**pressure focal length**
G_{focal}	**geometric focal gain**
G_{pfocal}	**pressure focal gain**
k	(= $2\pi/\lambda$) circular wave number
L_{SA}	**source aperture width**
L_{TA}	**transducer aperture width**
n	index of refraction
p_i	**pulse-pressure-squared-integral**
p_{rms}	r.m.s. acoustic pressure
$p_{i20mean}$	**source aperture average pressure-squared-integral**
R	radius of curvature of an **ultrasonic transducer**
R_{LENS}	radius of curvature of the surface of a lens
R_L	**Rayleigh length**
T	period of a cycle
W	weighting function
w_6, w_{10}, w_{20}	**beamwidth** at –6, –10 and –20 dB
x_c	centroid position from a beam scan in the x direction
x_{pk}	position of the peak of a beam along the x axis
y_c	centroid position from a beam scan in the y direction
z_{FTD}	**far transition distance**
z_{NTD}	**near transition distance**
z_T	**transition distance**
Δ	**aperture path difference**
Δ_{DOF}	**depth-of-field** (also known as depth-of-focus, or focal depth or focal zone depth)
Δ'	**axial field point path difference**
λ	**effective wavelength**
σ_m	**non-linear propagation parameter**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6 Procédures de mesure

6.1 Généralités

L'Article 6 décrit plusieurs procédures de mesurage des paramètres de focalisation. Ces procédures supposent un champ de faisceau raisonnablement symétrique et régulier, possédant un pic central unique à une certaine profondeur. Voir les exemples des Figures B.1 et B.2. Si le faisceau est suffisamment asymétrique, tel que dans l'exemple montré à la Figure C.1, l'approche de la grille de balayage décrite à l'Annexe C peut être employée. Le présent article fournit des informations générales concernant le mesurage et les installations de mesurage. Le paragraphe 6.2 décrit la procédure à suivre pour obtenir l'**axe du faisceau** et le **foyer de pression**, ces étapes devant précéder d'autres mesurages de paramètres de focalisation. Au paragraphe 6.3, la détermination du fait qu'un transducteur est un **transducteur focalisant** dans un **plan longitudinal** spécifique est basée sur la recherche du **foyer de largeur de faisceau**. Les procédures de mesurage d'autres paramètres de focalisation tels que la **profondeur de champ**, le **gain de pression focale** et le **foyer de surface du faisceau** sont fournis en 6.4.

6.1.1 Montage

Des considérations initiales générales concernant le système et les mesurages ont été présentées en 3.2. L'équipement et le montage nécessaires pour les mesurages sont décrits dans la CEI 61102 et comportent un réservoir avec des montures de positionnement et un hydrophone, ainsi qu'un dispositif permettant d'enregistrer des formes d'onde tel qu'un oscilloscope à échantillonnage numérique. Si les mesurages concernent un **transducteur** ultrasonore à forme(s) d'onde d'excitation connue(s), il convient d'enregistrer celle(s)-ci en même temps que le **type de signal**. Dans le cas d'un réseau ou d'un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores**, il est souhaitable d'obtenir une forme d'onde d'excitation typique pour le centre du réseau ainsi que sa relation avec d'autres formes d'onde en termes d'amplitude et de déphasage. Alternativement et dans les cas où les formes d'onde d'excitation ne sont pas accessibles, il convient d'enregistrer tous les paramètres du système d'entraînement affectant les sorties du **transducteur ultrasonore** de manière à pouvoir répéter les mesures. Dans le cas d'un système à balayage, il convient d'identifier et d'enregistrer la position ou la **ligne de balayage**. Il convient de noter la température intérieure du réservoir et le milieu de référence qu'il contient (si ce milieu n'est pas de l'eau comme spécifié dans la CEI 61102.)

Le transducteur ultrasonore est configuré dans le système de coordonnées de positionnement de telle façon que l'axe de symétrie de ses éléments actifs (un **groupe d'éléments transducteurs ultrasonores**) est parallèle à l'axe *y* du système de positionnement de l'hydrophone. Le système de référence utilisé dans le présent document est l'axe du faisceau selon l'axe *z*, le **plan de balayage** correspondant au plan *xz* et le **plan vertical** au plan *yz*. Il est commode d'ajuster la position du transducteur de façon à ce que l'axe du faisceau soit parallèle à un axe du système de positionnement. L'axe de symétrie pour les **transducteurs ultrasonores** à éléments actifs cylindriques doit être ici l'axe du cylindre. Dans le cas de **transducteurs ultrasonores** à éléments actifs sphériques, l'axe de symétrie doit être l'axe passant par le centre géométrique de la sphère et divisant approximativement en parts égales la surface externe utile du **transducteur ultrasonore**.

6.2 Déterminer l'axe du faisceau

a) Voir la Figure 9b. Établir un plan de mesurage (**plan d'ouverture de la source**) aussi proche que possible de l'**ouverture externe du transducteur**. La distance minimale pour le mesurage est influencée par la capacité de distinguer l'impulsion principale d'émission des impulsions réfléchies indésirables. Pour certains **transducteurs ultrasonores**, il est dans certains cas possible de décomposer la pression d'émission en une composante axiale principale et en une ou plusieurs impulsions d' «ondes de bord» satellites. Les ondes de bord peuvent être distinguées de l'onde axiale principale car le délai de réception des ondes de bord est plus important et varie en fonction de la distance axiale; les ondes de bord s'additionnent finalement à l'onde principale sur l'**axe du faisceau**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

6 Measurement procedures

6.1 General

Clause 6 describes several measurement procedures for the measurement of focusing parameters. These measurement procedures assume a reasonably symmetric well-behaved beam field which has a single central peak at some depth. See figures B.1 and B.2 for examples. If the beam is sufficiently asymmetric, such as the example shown in figure C.1, the raster scan approach described in annex C can be used. General measurement information and set-up for the measurements are described in this clause. Subclause 6.2 gives the procedure for finding the **beam axis** and the **pressure focus**, steps that must precede other measurements of focusing parameters. In 6.3, the determination of whether a transducer is a **focusing transducer** in a specific **longitudinal plane** is based on finding the **beamwidth focus**. Procedures for measuring other focusing parameters such as **depth-of-field, pressure focal gain,** and **beam area focus** are given in 6.4.

6.1.1 Set-up

Initial general system and measurement considerations have been discussed in 3.2. The equipment and set-up required for the measurements are described in IEC 61102 and include a tank with positioning fixtures and a hydrophone, and a means for recording waveforms such as a digital sampling scope. If the measurements are for an ultrasonic **transducer** with a known excitation waveform(s), it (they) should be recorded along with the **signal type**. In the case of an array or **ultrasonic transducer element group**, a typical excitation waveform for the centre of the array along with its relationship to other waveforms in terms of amplitude and delay is desirable. Alternatively, and in those cases where the excitation waveforms are not accessible, all settings of the driving system affecting the **ultrasonic transducer** outputs should be recorded sufficiently to repeat the measurements. Note that in the case of a scanning system, the **scan line** or position should be identified and recorded. The interior tank temperature and reference medium in the tank (if other than water which is specified in IEC 61102) should be noted.

The ultrasonic transducer is set up in the coordinate positioning system such that the axis of symmetry of its active elements (**ultrasonic transducer element group**) is parallel to *y* axis of the hydrophone positioning system. The reference system used in this document is that the beam axis is along the *z* axis, the **scan plane** is the *xz* plane and the **elevation plane** is the *yz* plane. It is convenient to adjust the transducer position so that the beam axis is parallel to an axis of the positioning system. Here the axis of symmetry for **ultrasonic transducers** with cylindrical active elements shall be the axis of the cylinder. For **ultrasonic transducers** with spherical active elements, the axis of symmetry shall be the axis that passes through the geometrical centre of the sphere and approximately bisects the usable external surface of the **ultrasonic transducer**.

6.2 Finding the beam axis

a) Refer to figure 9b. Establish a measurement plane (**source aperture plane**) that is as close as possible to the **external transducer aperture**. The minimum distance for measurement is influenced by the ability to resolve the main radiated pulse from spurious reflected pulses. For some **ultrasonic transducers**, it may be possible to resolve the output pressure into a main axial component and one or more satellite "edge wave" pulses. Edge waves can be distinguished from the main axial wave because of their later arrival times, which change at a different rate with axial distance; eventually they merge with the main wave on the **beam axis**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) Localiser la position du **foyer de pression**, à la valeur maximale de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** dans le champ.

La recherche du **foyer de pression** et de l'**axe du faisceau** peut être facilitée par les commandes de focalisation, si celles-ci sont disponibles, et par une estimation des caractéristiques de focalisation du transducteur. Dans les cas où les propriétés d'ouverture et de focalisation peuvent être modifiées, il convient de faire coïncider la longueur focale variable électroniquement avec la longueur focale d'élévation, si celle-ci est connue. Sur la longueur focale d'élévation n'est pas connue, la longueur focale électronique peut être modifiée afin d'obtenir la valeur maximale de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression**. Cette méthode ne fonctionne pas si l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** continue à augmenter lorsqu'on rapproche le transducteur.

La connaissance d'une valeur prévue pour les propriétés de focalisation du transducteur dans chaque plan longitudinal peut aider à la sélection des distances de recherche. Les Equations (3) et (4) pour la **distance de transition proche** et pour la **distance de transition lointaine** peuvent être utilisées pour déterminer des distances correspondant à l'étendue de la **zone focale de Fraunhofer** prévue. Une alternative adéquate au **plan focal de pression** est d'utiliser un plan transversal proche dans lequel le faisceau converge en un seul lobe central à pic unique. Ce plan doit être situé dans la **zone focale de Fraunhofer** mais ne peut pas inclure la valeur maximale dans le champ de l'intensité intégrée sur l'impulsion.

c) Déterminer le centroïde de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** dans un plan passant par le **foyer de pression** (ou par un plan alternatif décrit au point b) de 6.2 approximativement parallèle à la face frontale du transducteur. Deux balayages sont effectués, d'abord selon l'axe y à la position du pic de l'axe x et ensuite selon l'axe x à la position du centroïde y, soit y_c. La position du centroïde (x_c,y_c) peut être obtenue à partir de balayages linéaires orthogonaux dans le plan transversal sélectionné à partir des expressions suivantes:

$$y_c = \frac{\sum_j y_j p_i(x_{pk}, y_j)}{\sum_j p_i(x_{pk}, y_j)} \tag{6a}$$

où x_{pk} est la position du pic du faisceau le long de l'axe x et

$$x_c = \frac{\sum_k x_k p_i(x_k, y_c)}{\sum_k p_i(x_k, y_c)} \tag{6b}$$

où y_c est la position du centroïde du balayage y ci-dessus et où $p_i\,(x_k, y_j)$ correspond à la valeur échantillonnée de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** à la position (x_k, y_j). Les balayages doivent comporter un minimum de 50 points et doivent s'étendre à des valeurs aussi basses que possibles en pratique en termes de niveau de signal exploitable de part et d'autre de la valeur maximale p_i sur l'axe de balayage. Un mesurage du centroïde est nécessaire car, en général, des pics de pression multiples peuvent se produire, comme expliqué à l'Annexe B.

NOTE 1 Formellement, la détermination de la position du centroïde implique un balayage bidimensionnel complet, tel qu'abordé à l'Annexe C. Les Equations (6a) et (6b) représentant deux lignes de balayage ne sont donc que des approximations. En outre, les Equations (6a), (6b), (C.1a) et (C.1b) sont basées sur l'hypothèse d'un réseau cartésien uniforme. Des formulations généralisées pour les Equations (6a) et (6b) valables pour des distances quelconques entre les positions de mesurage peuvent être dérivées.

NOTE 2 La définition d'**axe d'alignement du faisceau** de la CEI 61102, qui dépend de la détermination de la position de la **pression acoustique crête spatiale crête temporelle**, peut ne pas être utilisable dans ces circonstances, du fait d'un pic désaxé, et cette définition est plus appropriée pour des **transducteurs ultrasonores non focalisants**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) Locate the position of the **pressure focus**, the maximum **pulse-pressure-squared-integral** in the field.

The search for the **pressure focus** and the **beam axis** can be aided by focusing controls, if available, and knowledge of expected focusing characteristics of the transducer. In those cases where the aperture and focusing properties can be changed, the electronically variable focal length should be brought into coincidence with the elevation focal length, if known. If the elevation focal length is not known, the electronic focal length can be varied to obtain the largest **pulse-pressure-squared-integral**. This method will not work if the **pulse-pressure-squared-integral** continues to increase as the transducer is approached.

Knowledge of the expected focusing properties of the transducer in each longitudinal plane can aid the selection of search distances. Equations (3) and (4) for the **near transition distance** and the **far transition distance** can be used to determine distances marking the extent of the expected **focal Fraunhofer zone**. A suitable alternative to the **pressure focal plane** is a nearby transverse plane at which the beam converges to a single centre lobe with a single peak. This plane will be located within the **focal Fraunhofer zone** but may not include the maximum pulse intensity integral of the field.

c) Find the **pulse-pressure-squared-integral** centroid in a plane passing through the **pressure focus** (or through an alternative plane described in 6.2b) approximately parallel to the face of the transducer. Two scans are performed, first along the y axis at the position of the x axis peak and second, along the x axis at the position of the y centroid, y_c. The centroid position (x_c,y_c) can be obtained from orthogonal line scans in the selected transverse plane from the following relationships:

$$y_c = \frac{\sum_j y_j p_i(x_{pk}, y_j)}{\sum_j p_i(x_{pk}, y_j)} \tag{6a}$$

where x_{pk} is the position of the peak of the beam along the x axis and

$$x_c = \frac{\sum_k x_k p_i(x_k, y_c)}{\sum_k p_i(x_k, y_c)} \tag{6b}$$

where y_c is the centroid position from the y scan above, and where $p_i(x_k, y_j)$ denotes the sampled value of the **pulse-pressure-squared integral** at location (x_k, y_j). Scans shall have a minimum of 50 points and shall extend to values as low as practicable in terms of usable signal level on either side of the maximum value of p_i on the scan axis. A centroid measurement is required because, in general, multiple pressure peaks can occur as explained in annex B.

NOTE 1 Strictly, finding the centroid involves a full, two-dimensional scan as dealt with in annex C. Hence, equations (6a) and (6b) representing two line scans are only an approximation. Further, equations (6a), (6b), (C.1a) and (C.1b) are based on the assumption of a uniform Cartesian grid. Generalized formulations for equations (6a) and (6b) valid for arbitrary distances between the measurement locations can be derived.

NOTE 2 The definition of **beam alignment axis** from IEC 61102, which depends on finding **spatial-peak-temporal-peak acoustic pressure,** may fail under these circumstances due to an off-axis peak, and is more appropriate for **non-focusing ultrasonic transducers**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Une seconde approche acceptable, soit la méthode du **point médian de la largeur de faisceau** décrite à l'Annexe B, a démontré fournir des résultats pratiquement équivalents à ceux de la méthode du centroïde pour les cas examinés. La méthode du centroïde est préférée en raison de sa simplicité de traitement informatique.

d) Un second plan, parallèle au premier et aussi éloigné que possible de celui-ci, est choisi à une distance quelconque avant ou au-delà de la profondeur du premier plan. L'augmentation de la distance entre les plans de mesurage réduit l'incidence d'erreurs angulaires lors de la détermination de la position de l'axe du faisceau. Dans le cas de transducteurs à focalisation électronique, la longueur focale électronique peut être fixée dans le second plan ou proche de celui-ci de façon à augmenter le rapport signal/bruit. La détermination de la position du centroïde du faisceau est effectuée en suivant les mêmes étapes qu'au point c) de 6.2.

NOTE Dans le cas d'une longueur focale à élévation fixe dans un plan longitudinal d'élévation, l'élargissement plus rapide du faisceau au-delà de la longueur focale peut constituer le facteur limitant pour la puissance du signal.

e) L'**axe du faisceau** est la ligne droite passant par le transducteur et les centroïdes des deux plans décrits aux points c) et d) de 6.2.

f) Déterminer la position du **plan focal de pression**, perpendiculaire à l'**axe du faisceau** et contenant le **foyer de pression**. Si un plan alternatif (tel que décrit au point b) de 6.2 est utilisé au lieu du **plan focal de pression** pour déterminer la position de l'**axe du faisceau**, déterminer la valeur maximale de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** le long de l'axe du faisceau. (La position du maximum de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** peut être déterminée en effectuant un balayage linéaire le long de l'axe du faisceau.) Déterminer le délai de réponse entre l'impulsion du début de la ligne (transmission) pour déterminer la position du maximum de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** (ou du **plan focal de pression**) le long de l'axe du faisceau.

g) Déterminer la position du **plan d'ouverture de la source** perpendiculaire à l'**axe du faisceau** à la position de la distance minimale acceptable déterminée au point a) de 6.2. Déterminer et enregistrer la **distance de décalage**, soit la distance entre l'**ouverture externe du transducteur** et le **plan d'ouverture de la source** le long de l'**axe du faisceau**. Mesurer et enregistrer la distance (**distance de décalage**) entre ce plan et l'**ouverture externe du transducteur** le long de l'**axe du faisceau**. Déterminer le délai de réponse relativement au début de la ligne (impulsion de transmission).

h) Calculer le rapport du délai de réponse relatif au **plan d'ouverture de la source** (point g) de 6.2) par le délai de réponse relatif au **foyer de pression** (point f) de 6.2)). Si ce rapport est supérieur à 0,2, cela indique qu'une portion significative de la distance du **foyer de pression** est inaccessible et que la détermination de la taille de l'**ouverture de la source** peut ne pas constituer une bonne estimation de la taille réelle de l'**ouverture du transducteur**; par conséquent, les résultats des mesures décrites en 6.3 et 6.4 seront moins précis.

6.3 Déterminer si le transducteur est focalisant

a) À la position du **foyer de pression**, déterminer la **fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique**. Voir la Figure 7b.

b) La **longueur d'onde effective** est dérivée de la vitesse du son **longitudinale** appropriée pour les conditions de mesure, divisée par la **fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique**.

c) Pour la détermination du fait qu'un **transducteur ultrasonore** est focalisant ou non dans un plan longitudinal, la symétrie du transducteur doit être déterminée.

   1) Pour déterminer la focalisation dans un plan longitudinal, sélectionner le plan, soit habituellement un plan *xz* ou *yz* tel que spécifié en 6.1.1. Voir la Figure 7b. Les symétries de type rectangulaire, carré ou circulaire sont généralement connues en observant la forme du transducteur. Pour les cas où la forme du transducteur est complètement inconnue, les mesurages suivants dans le **plan d'ouverture de la source** contribuent à déterminer les axes de symétrie.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A second acceptable approach, the **beamwidth midpoint** method described in annex B, has been found to provide nearly equivalent results to the centroid method for the cases examined. The centroid method is preferred because of its straightforward computational simplicity.

d) A second plane, parallel to the first and as far as practicable from the first, is selected at any distance before or after the depth of the first plane. Increasing the distance between the measurement planes reduces angular errors in locating the beam axis. In the case of electronically focusing transducers, the electronic focal length can be placed in or near the second plane to increase the signal-to-noise. The location of the beam centroid is found using the same steps as in 6.2c).

NOTE In the case of a fixed elevation focal length in an elevation longitudinal plane, the more rapid broadening of the beam past the focal length may be the limiting factor for signal strength.

e) The **beam axis** is the straight line from the transducer to the centroids of the two planes described in 6.2c) and 6.2d).

f) Locate the **pressure focal plane,** perpendicular to the **beam axis**, that includes the **pressure focus**. If an alternative plane (as described in 6.2b) was used instead of a **pressure focal plane** to find the beam axis, locate the maximum **pulsed-pressure-squared-integral** along the beam axis. (The location of the maximum **pulsed-pressure-squared-integral** can be found by taking a line scan along the beam axis.) Determine the time delay between the start of line (transmit) pulse to location of the maximum **pulsed-pressure-squared-integral** (or **pressure focal plane)** along the beam axis.

g) Locate the **source aperture plane** perpendicular to the **beam axis** at the location of the minimal acceptable distance determined in 6.2a). Find and record the **offset distance** which is the distance between the **external transducer aperture** and the **source aperture plane** along the **beam axis**. Measure and record the distance (**offset distance**) of this plane from the **external transducer aperture** along the **beam axis**. Determine the time delay relative to the start of line (transmit pulse).

h) Calculate the ratio of the relative time delay at the **source aperture plane** (6.2g)) over the relative time delay at the **pressure focus** (6.2f)). If this ratio is greater than 0,2, this means that a significant portion of the **pressure focus** distance is inaccessible and the determination of the **source aperture** size may not approximate the true **transducer aperture** size; therefore, the results of the measurements outlined in 6.3 and 6.4 will be less accurate.

6.3 Determining if transducer is focusing

a) At the position of **pressure focus**, determine the **arithmetic-mean working frequency**. Refer to figure 7b.

b) The **effective wavelength** is derived from the **longitudinal** speed of sound appropriate to the measurement conditions divided by the **arithmetic-mean working frequency**.

c) In order to determine if the **ultrasonic transducer** is focusing in a longitudinal plane, transducer symmetry must be determined.

   1) To determine focusing in a longitudinal plane, select the plane, usually an *xz* or *yz* plane as specified in 6.1.1. Refer to figure 7b. Usually the symmetry such as rectangular, square or circular, is known from the shape of the transducer. For cases where the transducer shape is completely unknown, the following measurements in the **source aperture plane** will aid in determining axes of symmetry.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

2) Dans tous les cas, mesurer les **largeurs d'ouverture de la source** *x* et *y* le long des axes *x* et *y*. Si les largeurs de la source ne diffèrent pas de plus de 5 %, mesurer aussi les largeurs diagonales de l'ouverture à ±45° de l'axe *x*. Si les largeurs diagonales ne diffèrent pas non plus de plus de 5 %, considérer que la symétrie est circulaire pour les fins de la présente méthode. Si les largeurs diagonales diffèrent de plus de 5 % par rapport aux largeurs selon *x* ou *y*, la symétrie est carrée ou rectangulaire. S'il existe un doute quant à la symétrie du transducteur, un contour –20 dB complet peut être mesuré dans le **plan d'ouverture de la source** grâce à un balayage quadrillé.

   i) Si le contour –20 dB dans le **plan d'ouverture de la source** possède une symétrie circulaire, alors tout **plan longitudinal** peut être utilisé initialement pour déterminer la **largeur de faisceau –6 dB** minimale. La symétrie de largeur de faisceau doit être vérifiée à la position de l'**ouverture de la source** sur l'**axe du faisceau**.

   ii) Si le contour –20 dB du **plan d'ouverture de la source** est approximativement rectangulaire ou elliptique, le plan longitudinal principal contenant la **largeur de faisceau –6 dB** minimale est souvent parallèle à la plus grande dimension (correspondant au plus long côté dans le cas d'un rectangle.) Si les contours –20 dB du **plan d'ouverture de la source** ne sont pas approximativement circulaires, rectangulaires ou elliptiques, ce plan longitudinal principal et le plan longitudinal qui lui est perpendiculaire sont souvent de premier intérêt. Dans ce cas, des mesurages de largeur de faisceau peuvent être effectués dans ces plans orthogonaux afin de trouver un **foyer de largeur de faisceau** dans chaque plan. La surface du faisceau peut être estimée comme étant π fois le produit des **largeurs de faisceau –6 dB** dans chaque plan divisé par quatre.

3) En fonction des conditions de symétrie ci-dessus, les largeurs d'**ouverture de la source** et la **longueur d'onde effective** sont utilisées pour calculer la **distance de transition** dans chaque **plan longitudinal**.

d) Trouver les **foyers de largeur de faisceau** (**largeur de faisceau –6 dB** minimale à leur position). Si des arguments sont formulés pour la symétrie (un plan principal pour le cas circulaire ou deux plans principaux orthogonaux pour le cas rectangulaire), les résultats de **largeur de faisceau** minimale doivent être vérifiés par des mesures de **largeur de faisceau** dans des plans légèrement pivotés autour de l'axe *z* (au-dessus et en dessous du plan *xz* et au-dessus et en dessous du plan *yz*).

e) Dans chaque plan de symétrie, si la **largeur de faisceau –6 dB** minimale est inférieure à une fois et demie la **largeur d'ouverture de la source** –20 dB et que le **foyer de largeur de faisceau** est inférieur à la moitié de la **distance de transition** à partir de l'**ouverture de la source**, alors le **transducteur ultrasonore** focalise dans ce plan.

f) Si les conditions du point e) de 6.3 ne sont pas remplies ou si aucune **largeur de foyer –6 dB** n'est trouvée, le **transducteur ultrasonore** n'est pas focalisant dans ce plan.

6.4 Mesurage d'autres paramètres de focalisation d'un transducteur focalisant

a) La **profondeur de champ** peut être déterminée en trouvant les deux profondeurs les plus proches dans le plan où la **largeur de faisceau** est deux fois plus grande que la **largeur de faisceau** minimale. Si la **largeur de faisceau** ne double pas en s'approchant du **transducteur ultrasonore**, utiliser la position du **plan d'ouverture de la source** comme premier point de **profondeur de champ**. Voir la définition de **profondeur de champ**.

b) Déterminer le foyer de surface du faisceau, soit la position de la **surface du faisceau –6 dB** minimale. Le plan transversal perpendiculaire à l'**axe du faisceau** en ce point est le **plan focal de surface du faisceau**. Si des arguments basés sur la symétrie sont employés (tel que décrit plus haut), la position de surface du faisceau minimale doit être vérifiée en mesurant les surfaces dans des plans proches, adjacents et parallèles, à environ 5 % de la distance axiale entre le **plan d'ouverture de la source** et le **foyer de surface du faisceau**, si cela est réalisable. Pour déterminer le **foyer de surface du faisceau**, il est utile de commencer les mesures hydrophoniques au **foyer de pression** et de déplacer l'hydrophone le long de l'**axe du faisceau** vers le **transducteur ultrasonore**, jusqu'à ce que la **surface du faisceau –6 dB** minimale soit observée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

2) For all cases measure the *x* and *y* **source aperture widths** along the *x* and *y* axes. If the source widths are equal within 5 %, then also measure the diagonal widths of the aperture at ±45° to the *x* axis. If the diagonal widths are also within 5 %, then the symmetry is circular for present purposes. If the diagonal widths differ by more than 5 % compared to the *x* or *y* widths, the symmetry is square or rectangular. If there is doubt about the symmetry of the transducer, a complete –20 dB contour can be measured in the **source aperture plane** by raster scanning.

   i) If the –20 dB contour in the **source aperture plane** is circularly symmetric, then any **longitudinal plane** can be used initially to find the minimum **–6 dB beamwidth**. Beamwidth symmetry must be verified at the **source aperture** location on the **beam axis**.

   ii) If the –20 dB contour in the **source aperture plane** is roughly rectangular or elliptical in shape, the principal longitudinal plane containing the minimum **–6 dB beamwidth** is often parallel to the major dimension (corresponding to the longest side in the rectangular case). If the –20 dB **source aperture plane** contours are not roughly circular, rectangular or elliptical in shape, often this principal longitudinal plane and the longitudinal plane orthogonal to it are of primary interest. In this case, beamwidth measurements can be made in these orthogonal planes to find a **beamwidth focus** in each plane. Beam area can be estimated as π times the product of the **–6 dB beamwidths** in each plane divided by four.

3) From the symmetry conditions above, the **source aperture** widths and **effective wavelength** are used to calculate the **transition distance** in each **longitudinal plane**.

d) Find the **beamwidth foci** (minimum **–6 dB beamwidth** and their location). If arguments for symmetry are made (one principal plane for the circular case or two orthogonal principal planes in rectangular case), the minimum **beamwidth** results must be verified by **beamwidth** measurements in planes rotated slightly around the *z* axis (above and below the *xz* plane and above and below the *yz* plane).

e) In each symmetric plane, if the minimum **–6 dB beamwidth** is less than one-half of the –20 dB **source aperture width** and the **beamwidth focus** is less than half the **transition distance** from the **source aperture**, then the **ultrasonic transducer** is focusing in that plane.

f) If the conditions in 6.3e) are not met or if no minimum **–6 dB beamwidth** is found, the **ultrasonic transducer** is non-focusing in that plane.

6.4 Measuring other focal parameters of a focusing transducer

a) The **depth-of-field** can be determined by finding the two nearest depths in the plane where the **beamwidth** is twice as large as the minimum **beamwidth**. If the **beamwidth** does not double towards the **ultrasonic transducer**, use the location of the **source aperture plane** as the first **depth-of-field** point. See definition of **depth-of-field**.

b) Find the beam area focus, the location of the minimum **–6 dB beam area**. The transverse plane at this point that is perpendicular to the **beam axis** is the **beam area focal plane**. If arguments based on symmetry (as outlined above) are used, the minimum beam area location shall be checked by measuring areas in close, adjacent, parallel planes, about 5 % of the axial distance between the **source aperture plane** and the **beam area focus**, if practical. To find the **beam area focus**, it is helpful to begin hydrophone measurements at the **pressure focus** and move the hydrophone along the **beam axis** towards the **ultrasonic transducer** until the minimum **–6 dB beam area** is found.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

c) Les étapes suivantes peuvent être utilisées pour déterminer le gain focal de pression.

1) Déplacer l'hydrophone le long de l'**axe du faisceau** vers le **plan d'ouverture de la source**.

2) Mesurer le carré moyen de la pression intégré sur l'ouverture de la source sur la surface du foyer –20 dB, ainsi que le contour –20 dB du plan d'ouverture de la source.

3) Déterminer le **gain focal de pression** initial à partir de la racine carrée du rapport de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** au **foyer de pression** par la moyenne du **carré de la pression intégré sur l'ouverture de la source**.

4) Une correction d'atténuation sur la bande passante de mesure doit être appliquée à la valeur de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** au **foyer de pression** avant de déterminer la valeur finale du **gain focal de pression**. Lorsque le milieu de mesure est de l'eau, cette correction peut être négligeable à de basses fréquences, pour des distances de mesure courtes ou encore dans des conditions où la perte totale sur la trajectoire de mesure à la **fréquence de fonctionnement moyenne arithmétique** est inférieure ou égale à 1 dB.

5) Le degré de non linéarité lors de la mesure peut être vérifié en substituant le rapport de 0,69 fois la surface du contour de l'**ouverture de la source** –20 dB par la **surface du faisceau –6 dB** à la position du pic de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** par Fg dans la formule du **paramètre de propagation non linéaire** au 3.25 de la CEI 61102. Si la valeur de ce paramètre est inférieure à 0,2, cette mesure est considérée comme étant dans la zone linéaire.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

c) The following steps can be used to find the pressure focal gain.

1) Move the hydrophone along the **beam axis** to the **source aperture plane**.

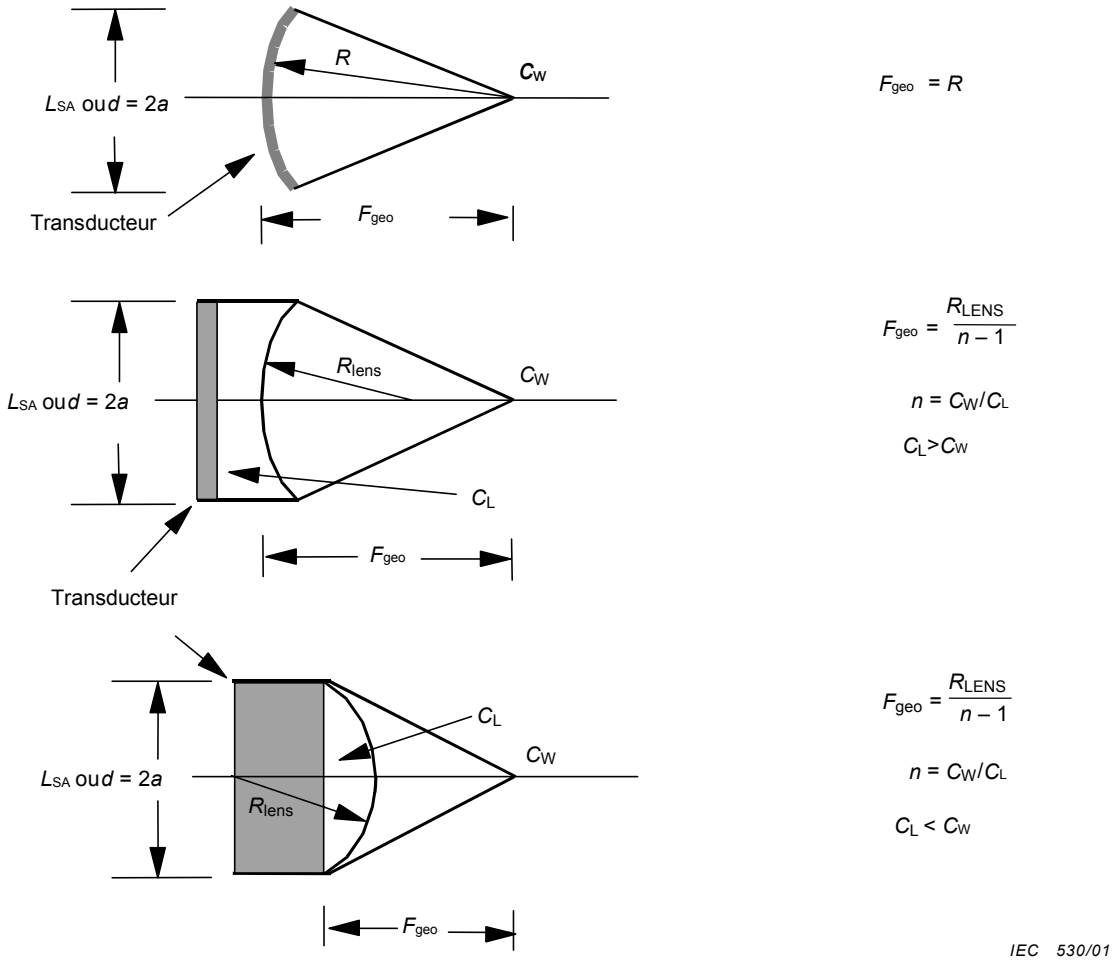
2) Measure the source aperture average pressure-squared-integral over the –20 dB beam area, and the –20 dB contour in the source aperture plane.

3) Determine the initial **pressure focal gain** from the square root of the ratio of the **pulse-pressure-squared-integral** at the **pressure focus** to the **source aperture** average **pressure-squared-integral**.

4) An attenuation correction over the measurement bandwidth must be made to the **pulse-pressure-squared-integral** value at the **pressure focus** before determining the final value of the **pressure focal gain**. For water as the measurement medium, this correction may be negligible at low frequencies or short measurement distances or conditions when the total loss in the measurement path at the **arithmetic-mean working frequency** is less than, or equal to, 1 dB.

5) The degree of non-linearity in the measurement can be checked by substituting the ratio of 0,69 times the **source aperture** –20 dB contour area to the **–6 dB beam area** at the peak **pulse-pressure-squared integral** location for F_g in the **non-linearity propagation parameter** formula in 3.25 of IEC 61102. If this parameter results in a value less than 0,2, the measurement is considered to be in the linear range.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

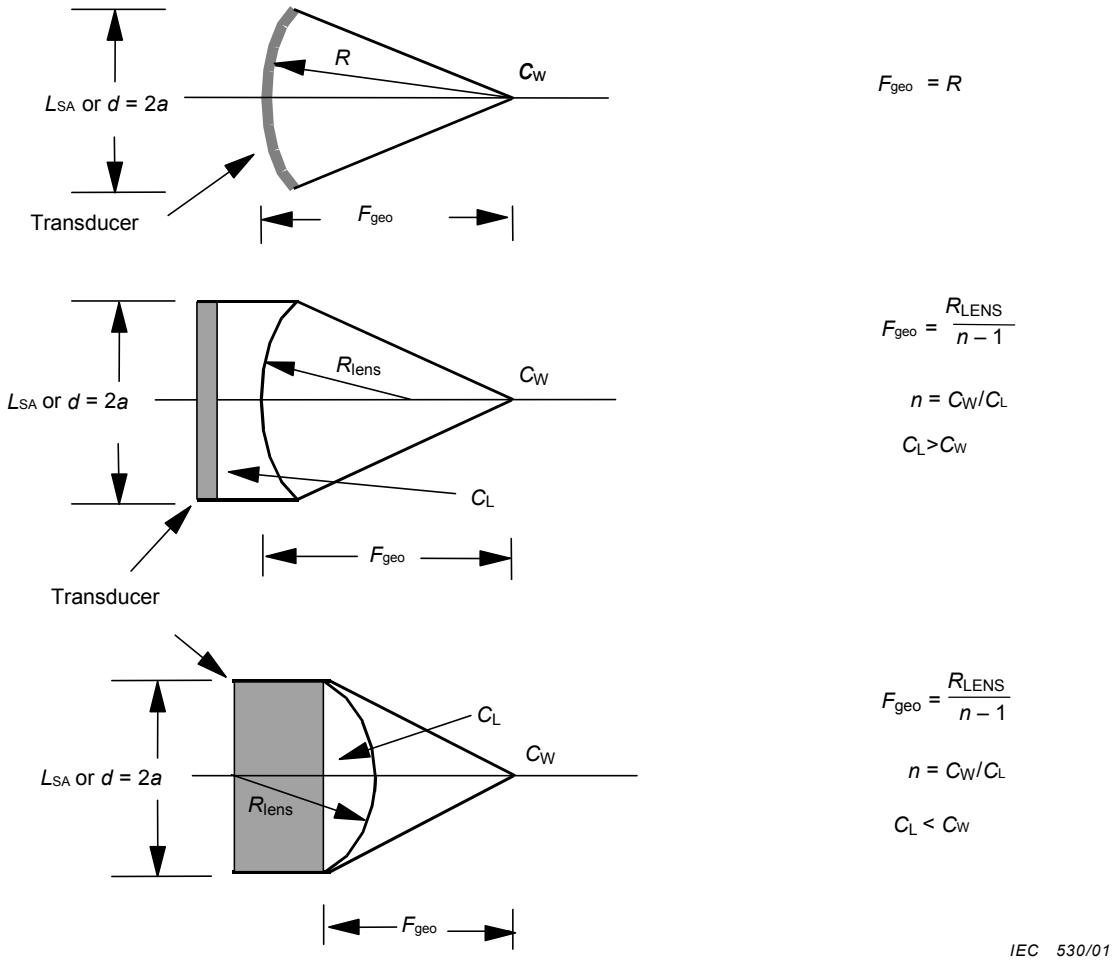


Légende

R	rayon de courbure
F_{geo}	**longueur focale géométrique**
c	vitesse du son
n	indice de réfraction
c_L	vitesse du son dans la lentille
c_w	vitesse du son dans l'eau

Figure 1 – Options de transducteur –
En haut: transducteur avec un rayon de courbure *R* et une longueur focale égale à *R* –
Au milieu: transducteur à lentille plano-concave –
En bas: transducteur à lentille plano-convexe

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Key

R	radius of curvature
F_{geo}	**geometric focal length**
c	speed of sound
n	index of refraction
c_L	speed of sound in lens
c_w	speed of sound in water

Figure 1 – Transducer options –
Top: Transducer with a radius of curvature *R* and a focal length equal to *R* –
Middle: Transducer with a plano-concave lens –
Bottom: Transducer with a plano-convex lens

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

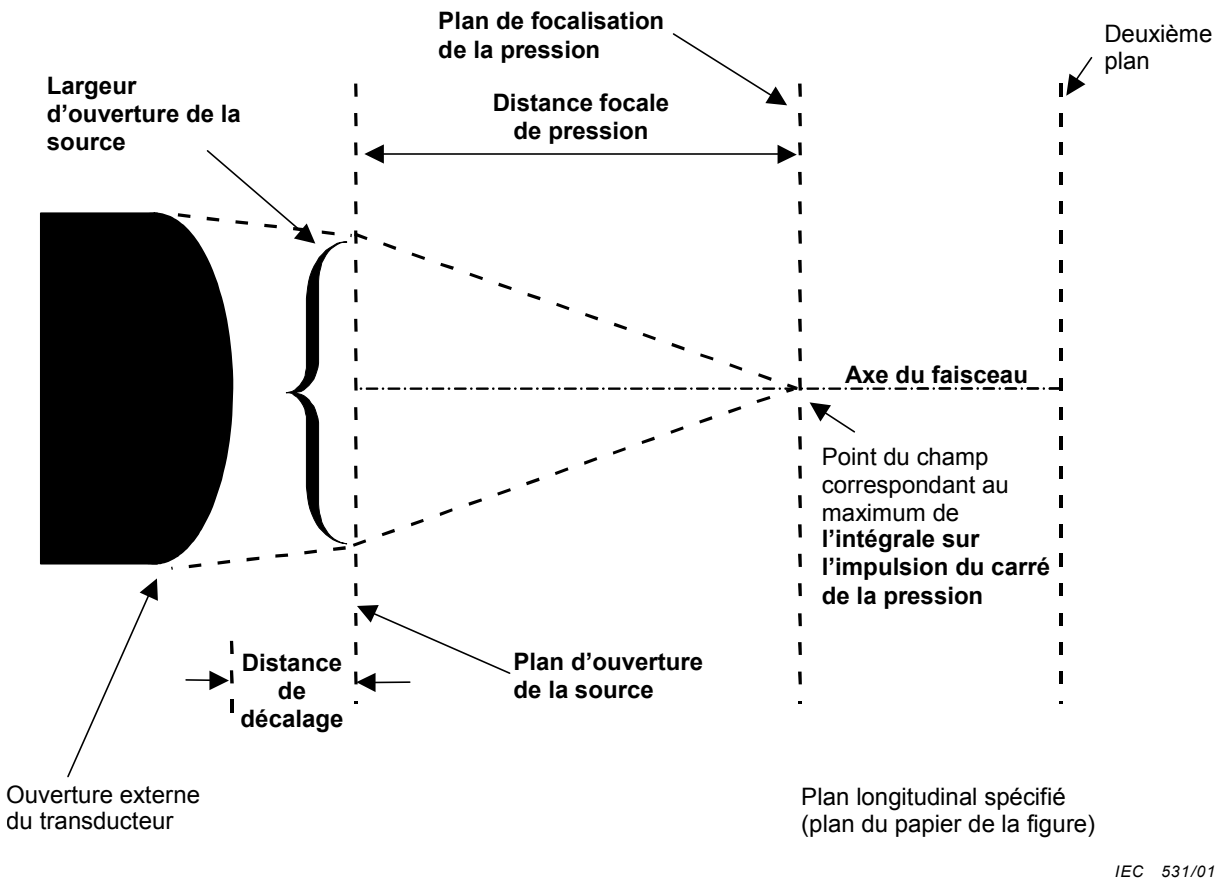


Figure 2 – Définitions pour mesurages de focalisation lorsque la géométrie du transducteur est inconnue

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

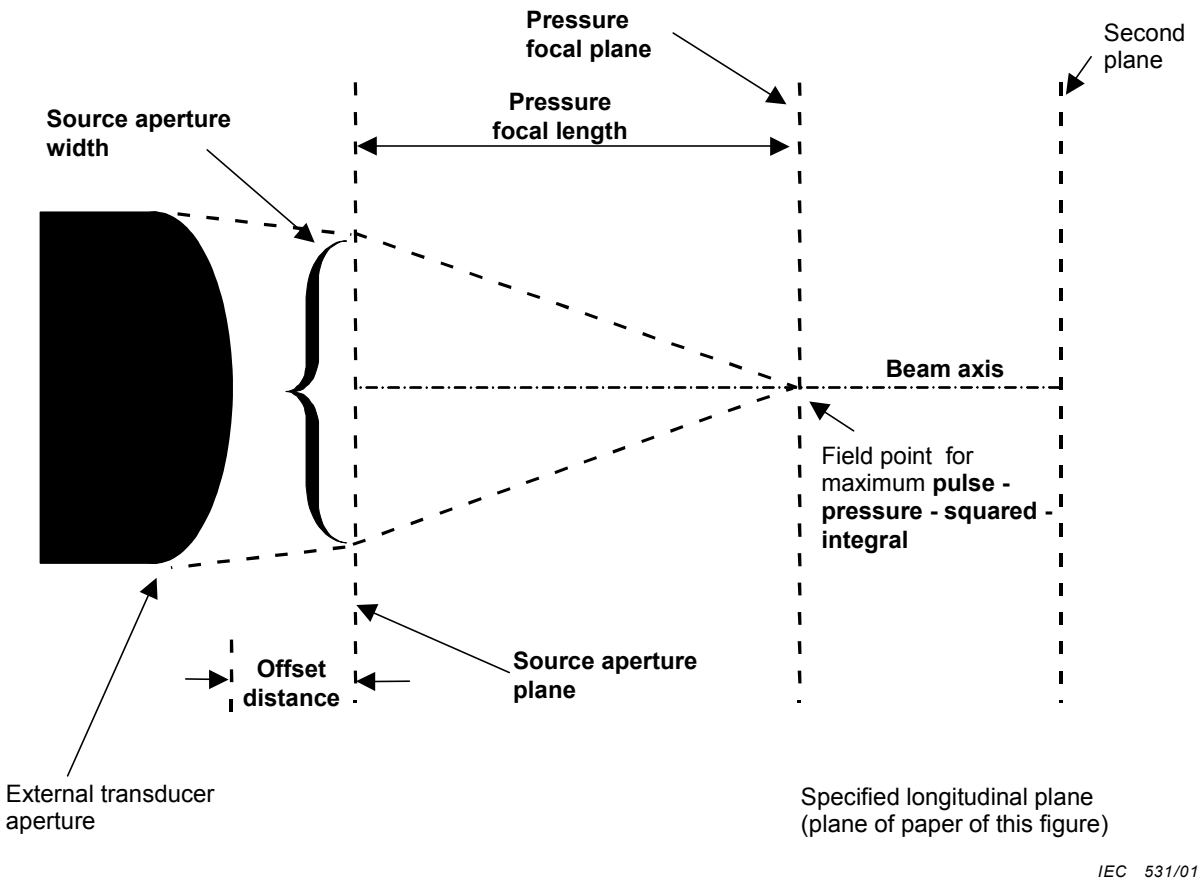


Figure 2 – Definitions for focusing measurements when the transducer geometry is unknown

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

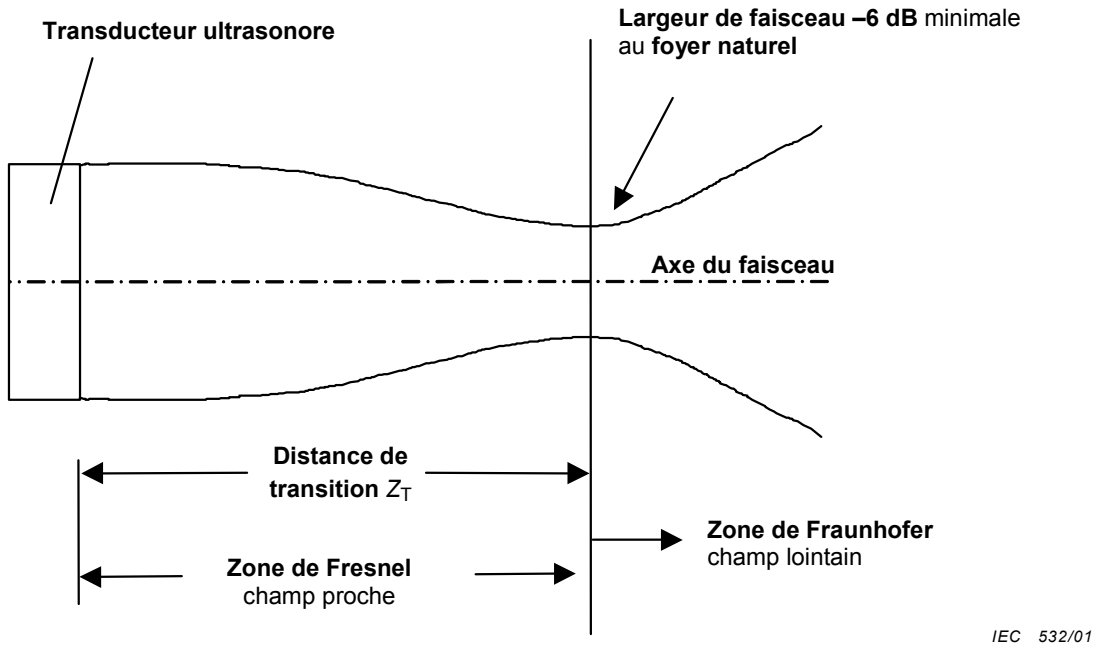


Figure 3a – Paramètres de champ pour un transducteur non focalisant

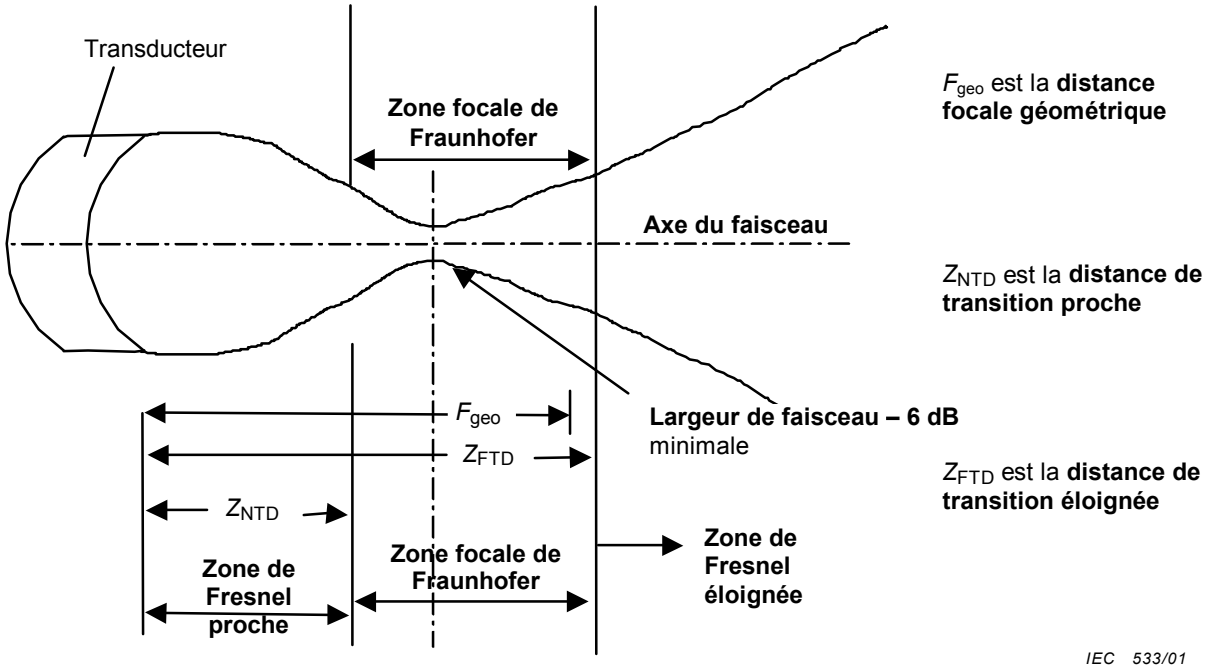


Figure 3b – Paramètres de champ pour un transducteur focalisant

Figure 3 – Paramètres de champ pour des transducteurs non focalisants et focalisants

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

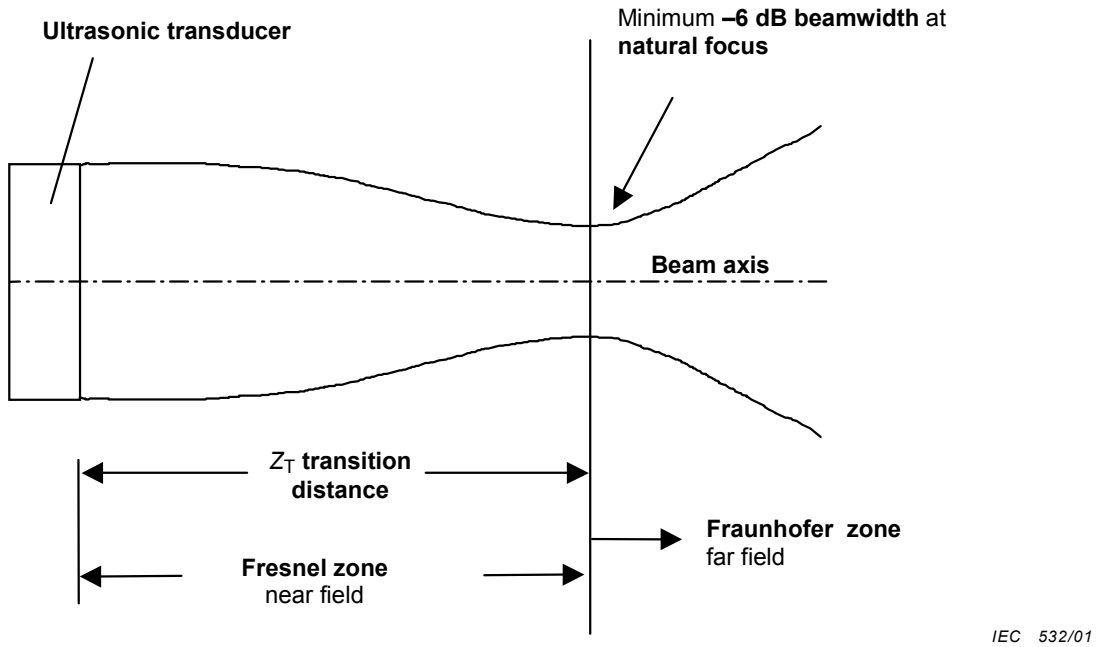


Figure 3a – Field parameters for a non-focusing transducer

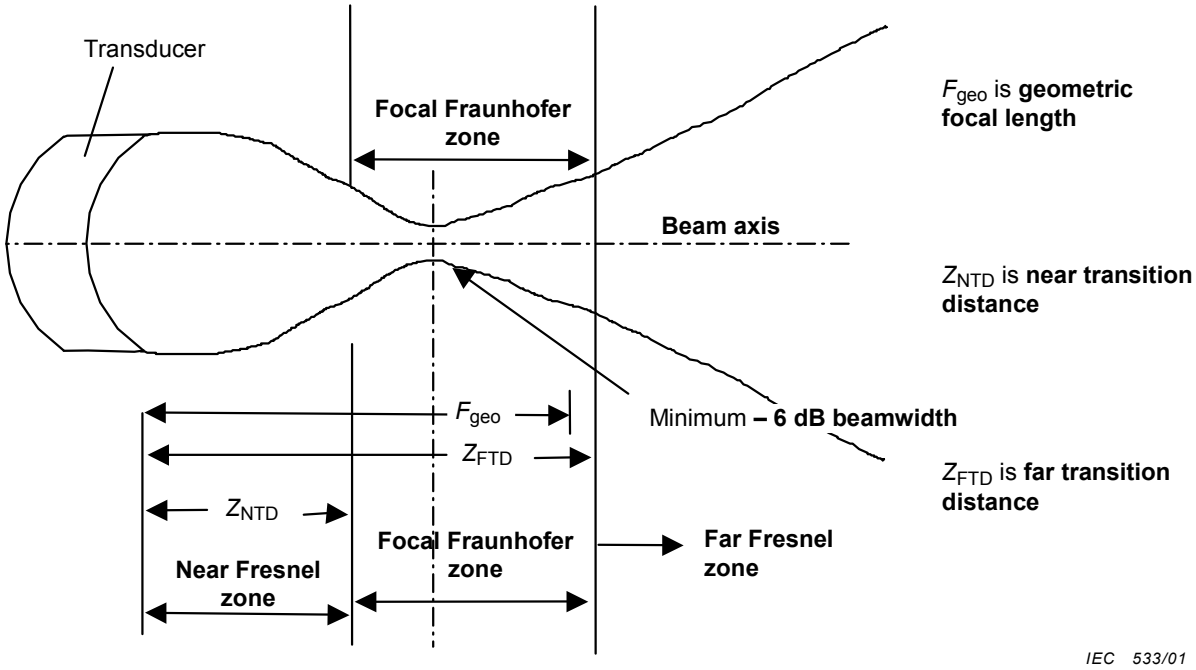


Figure 3b – Field parameters for a focusing transducer

Figure 3 – Field parameters for non-focusing and focusing transducers

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

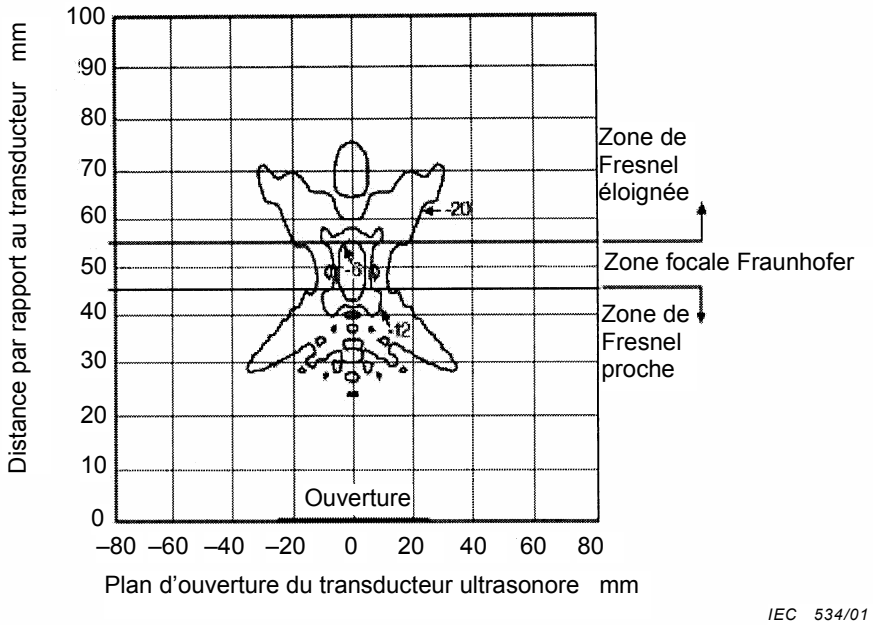


Figure 4 – Graphe de contour du faisceau – Contours à –6 dB, –12 dB et –20 dB pour un transducteur de 5 MHz avec un rayon de 25 mm et un rayon de courbure de 50 mm centré à la position 0,0 (au centre de l'axe inférieur du graphe)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

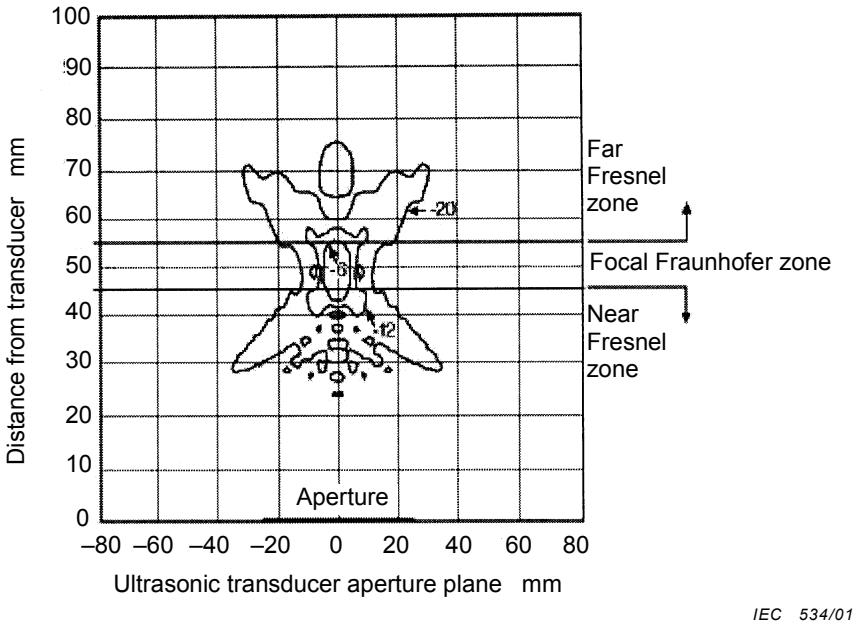


Figure 4 – Beam contour plot – Contours at –6, –12, and –20 dB for a 5 MHz transducer with a radius of 25 mm and a radius of curvature of 50 mm centred at location 0,0 (bottom centre of graph)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

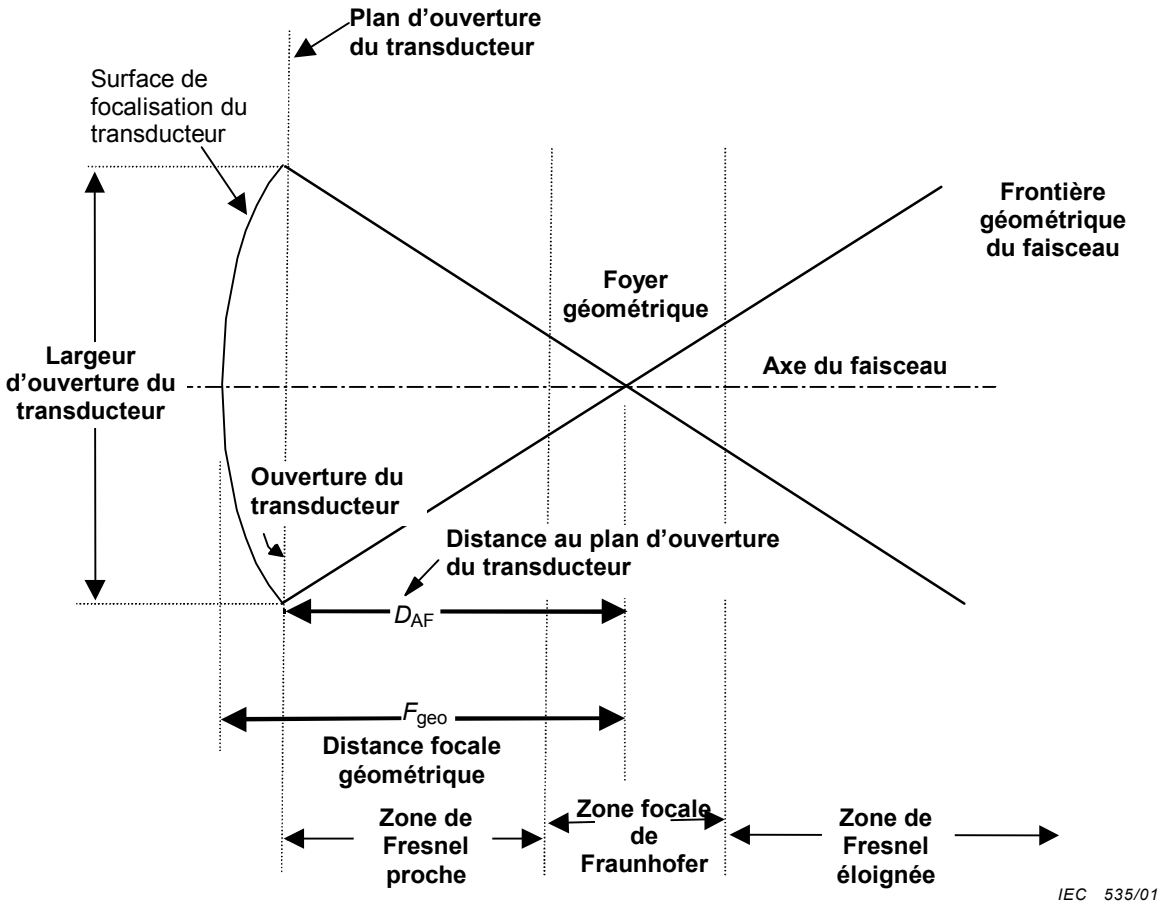


Figure 5 – Paramètres de description d'un transducteur focalisant de géométrie connue

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

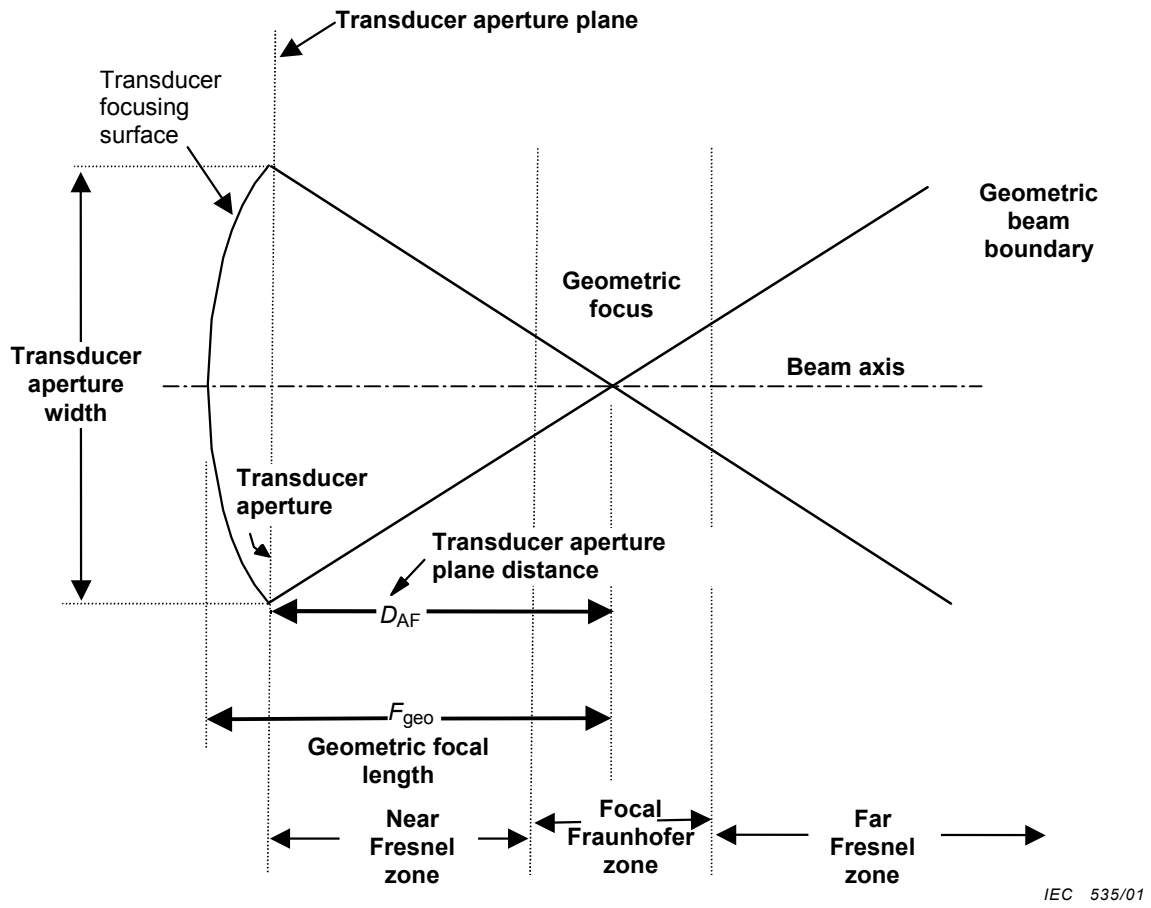


Figure 5 – Parameters for describing a focusing transducer of a known geometry

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

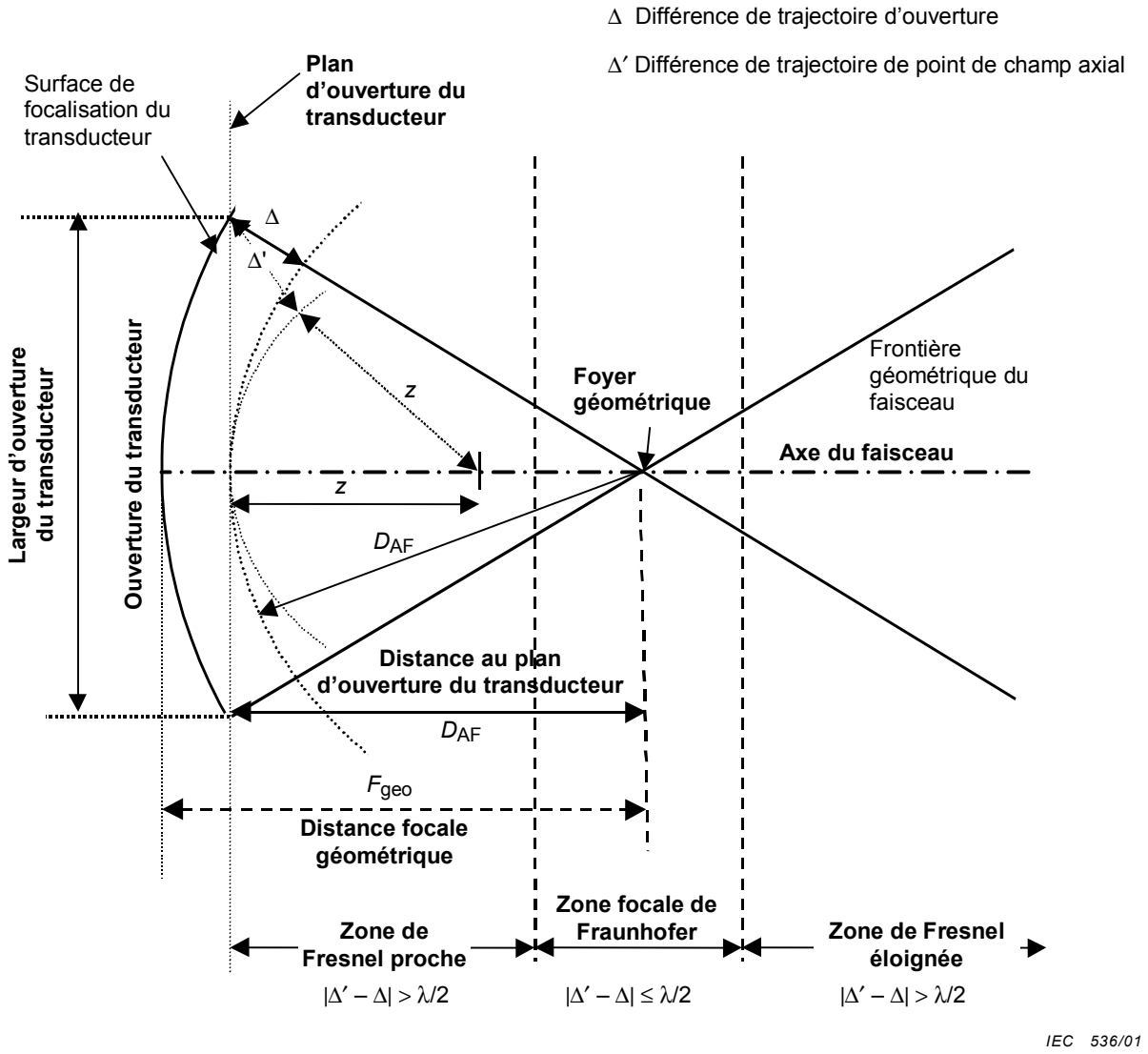


Figure 6 – Paramètres de différence de trajectoire pour la description d'un transducteur focalisant de géométrie connue

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

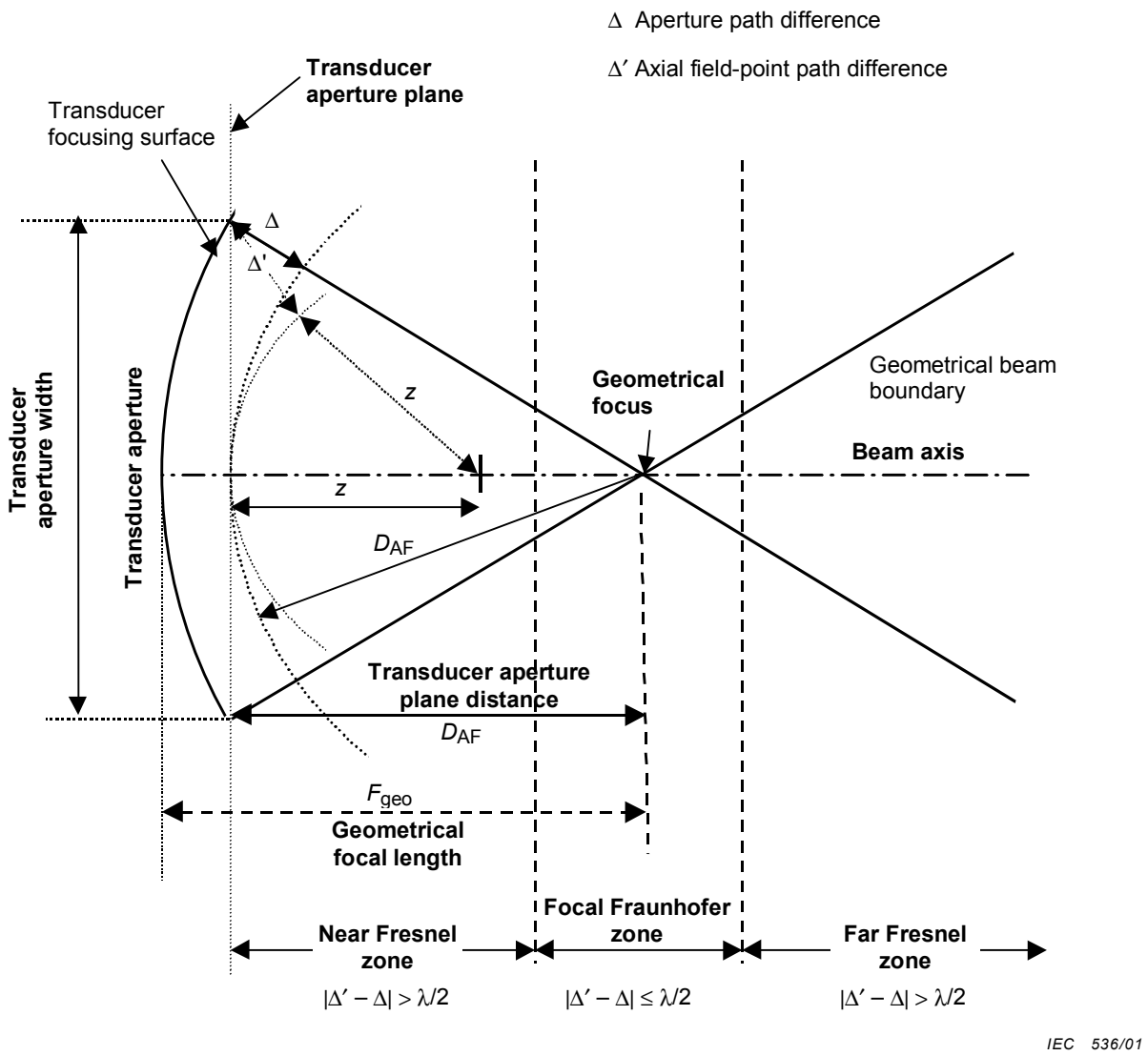


Figure 6 – Path difference parameters for describing a focusing transducer of a known geometry

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

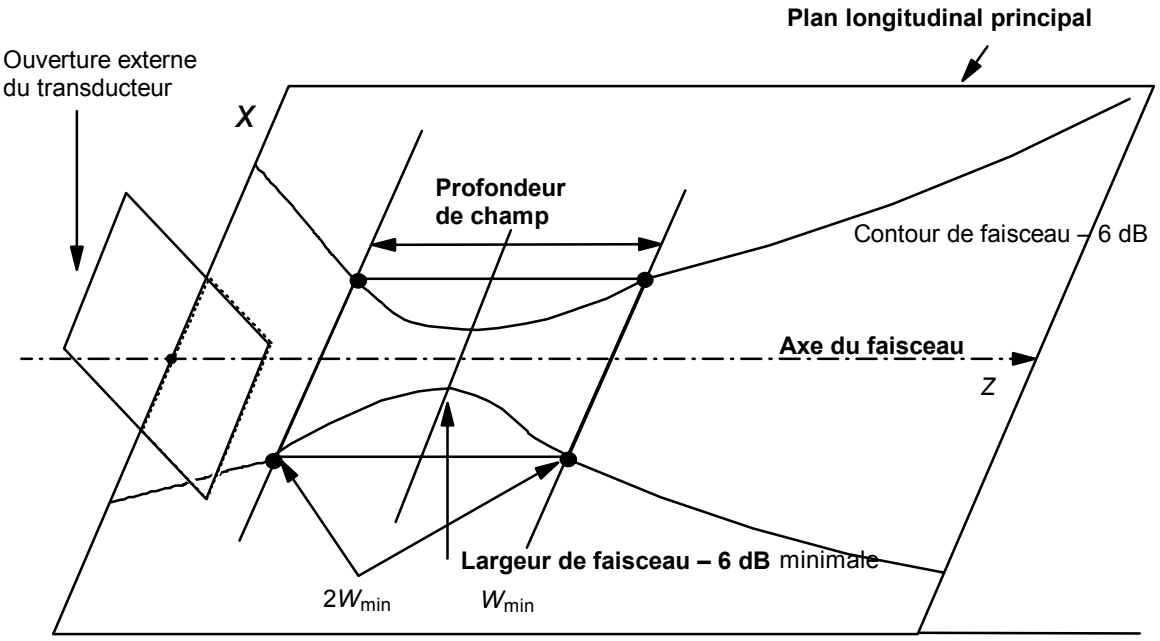


Figure 7a – Foyer de largeur de faisceau pour un transducteur de géométrie connue (cas de conception)

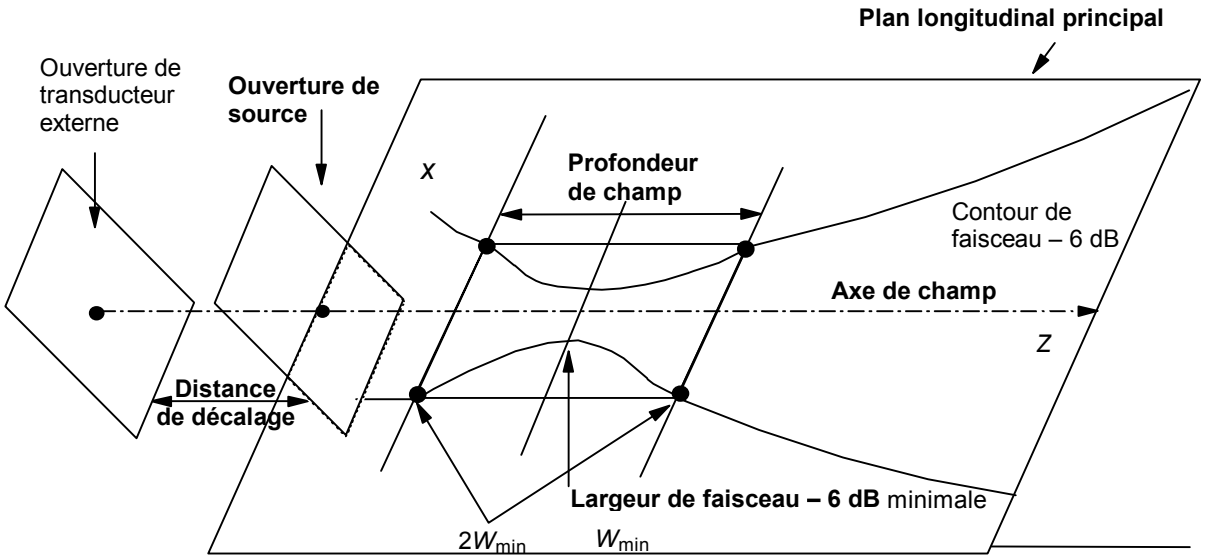


Figure 7b – Foyer de largeur de faisceau pour un transducteur de géométrie inconnue

Figure 7 – Foyer de largeur de faisceau dans un plan longitudinal principal

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

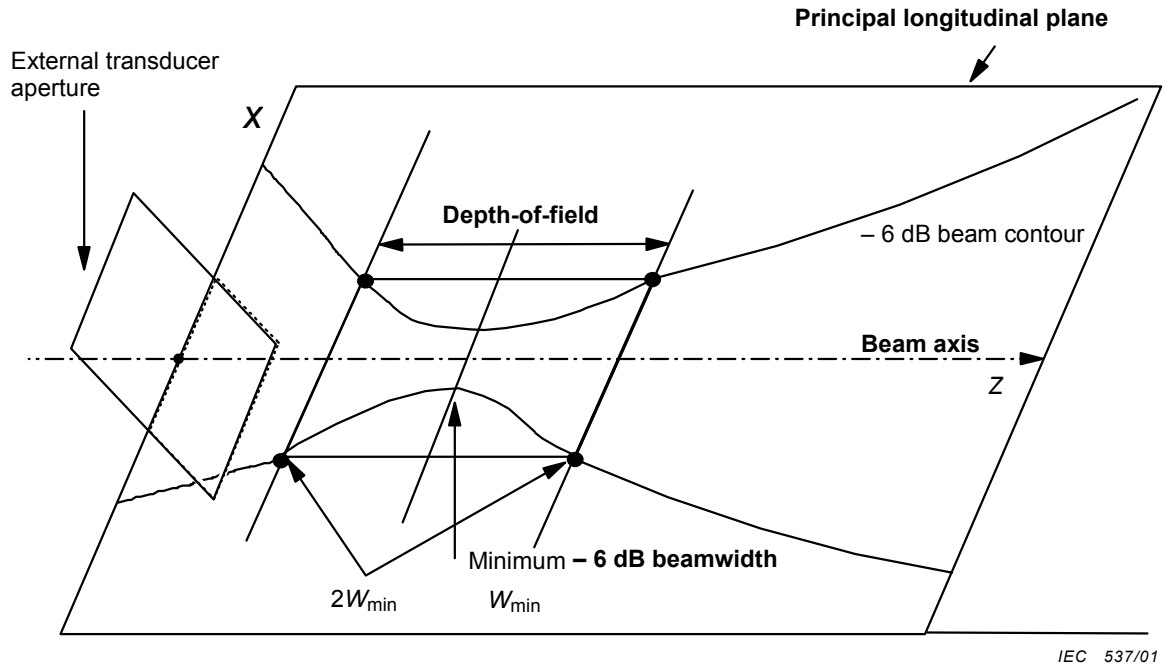


Figure 7a – Beamwidth focus for a transducer of known geometry (design case)

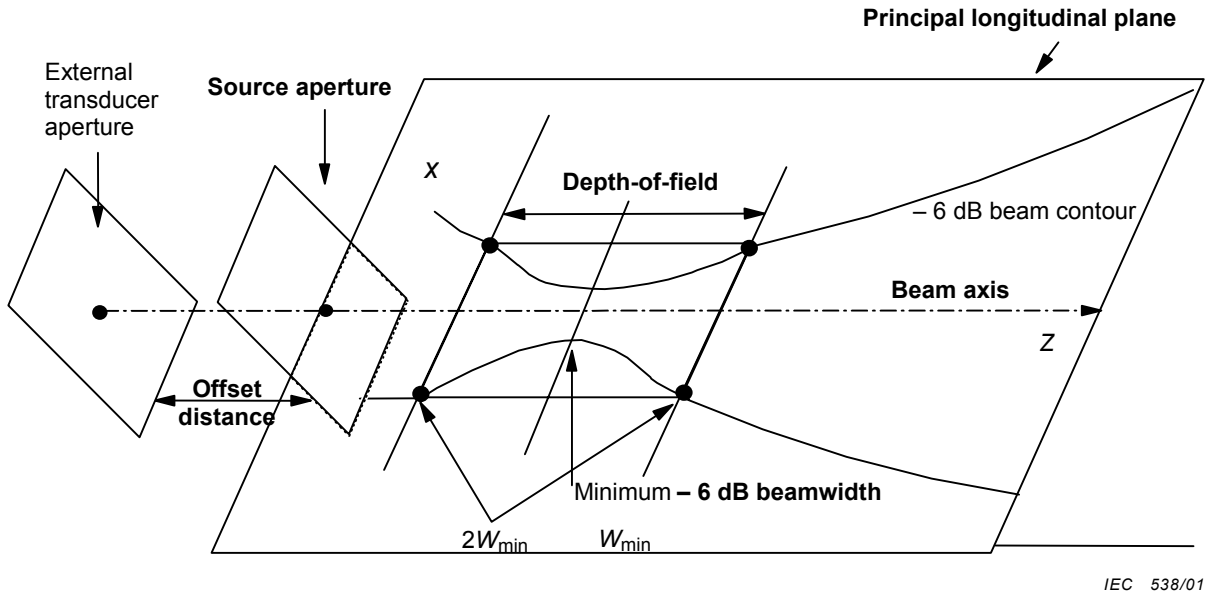


Figure 7b – Beamwidth focus for a transducer of unknown geometry

Figure 7 – Beamwidth focus in a principal longitudinal plane

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

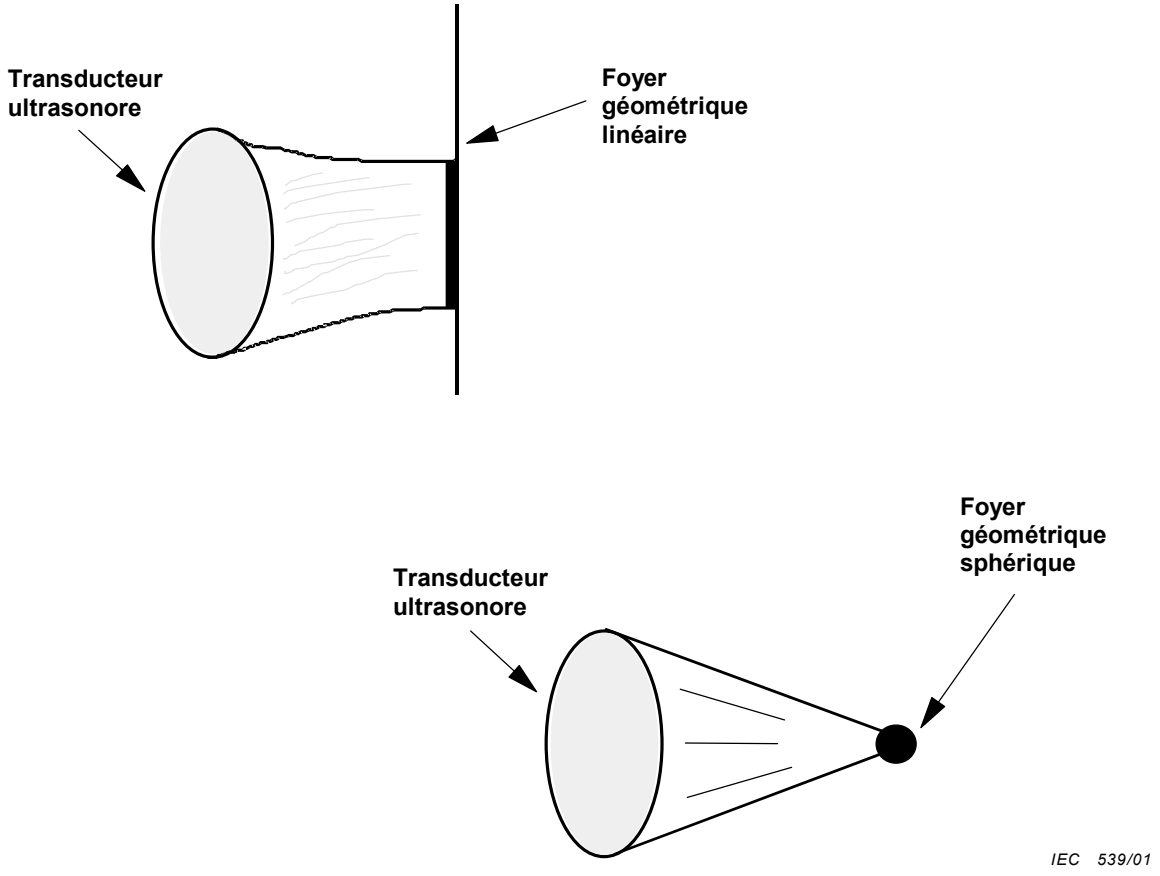


Figure 8 – Types de focalisations géométriques

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

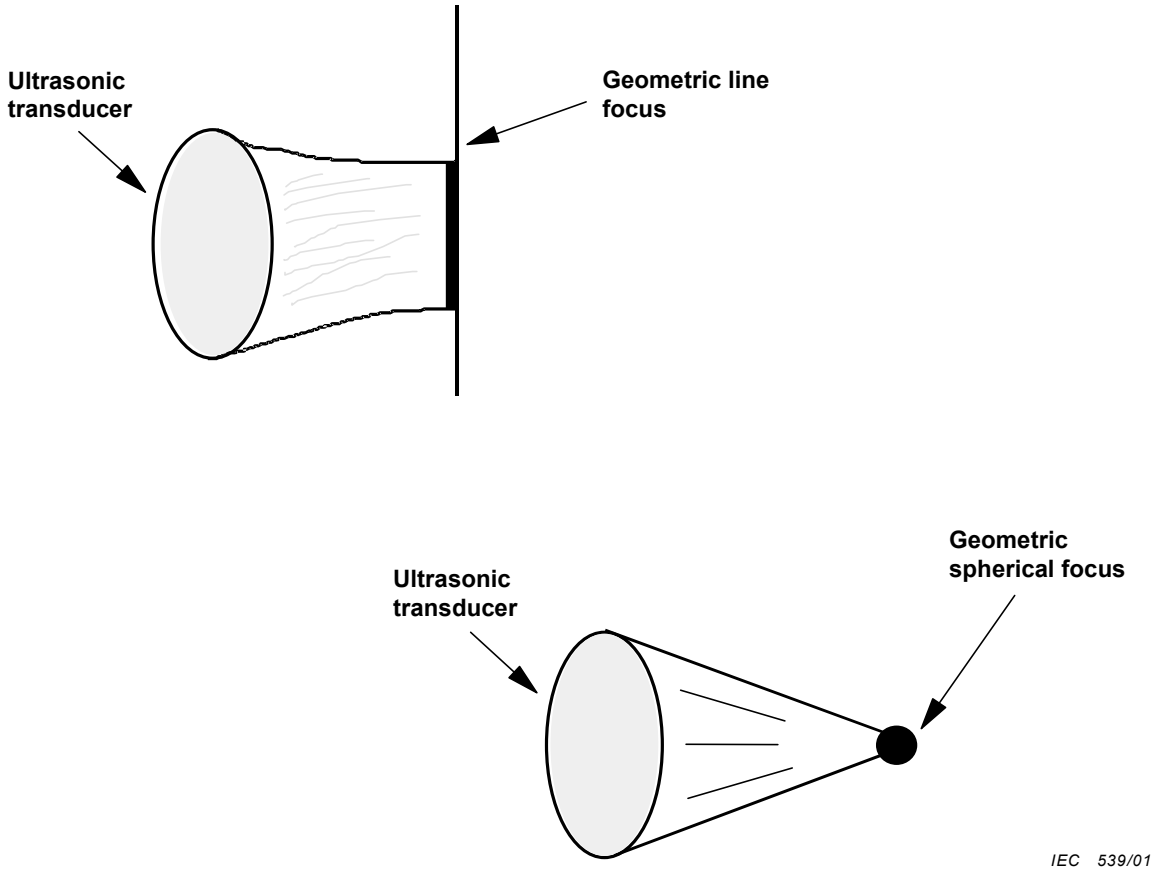


Figure 8 – Types of geometric focusing

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

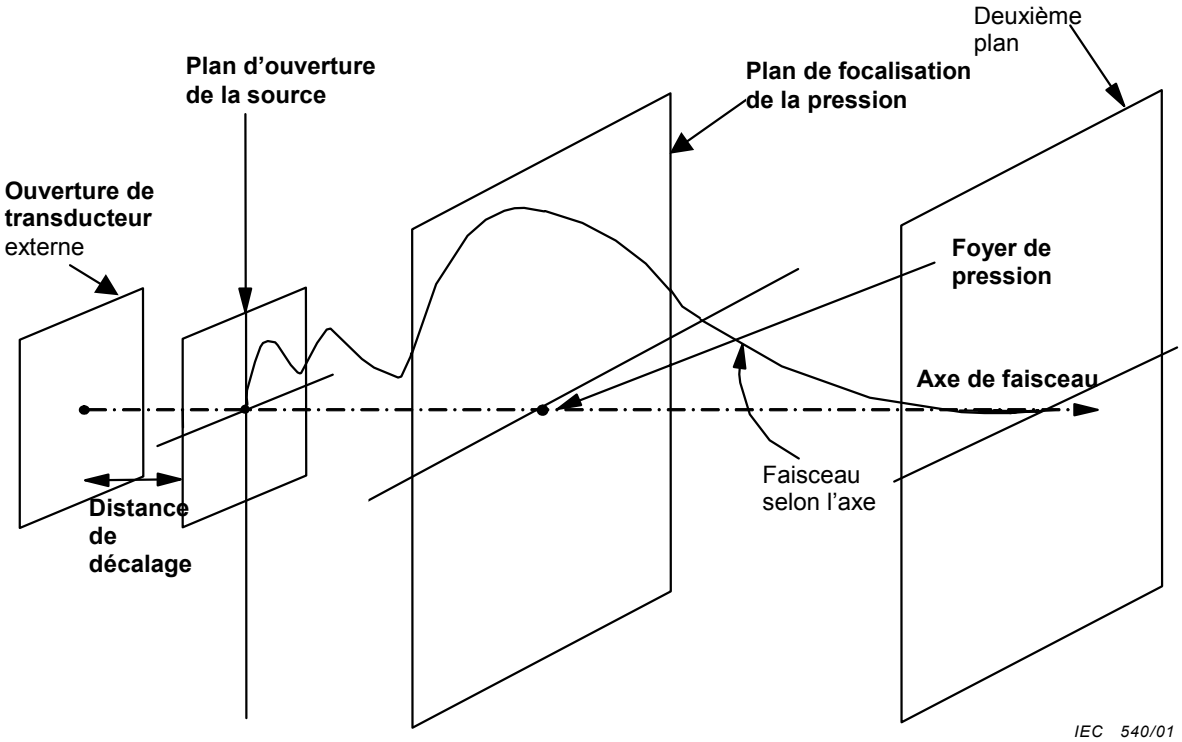


Figure 9a – Foyer de pression pour un transducteur de géométrie connue (cas de conception)

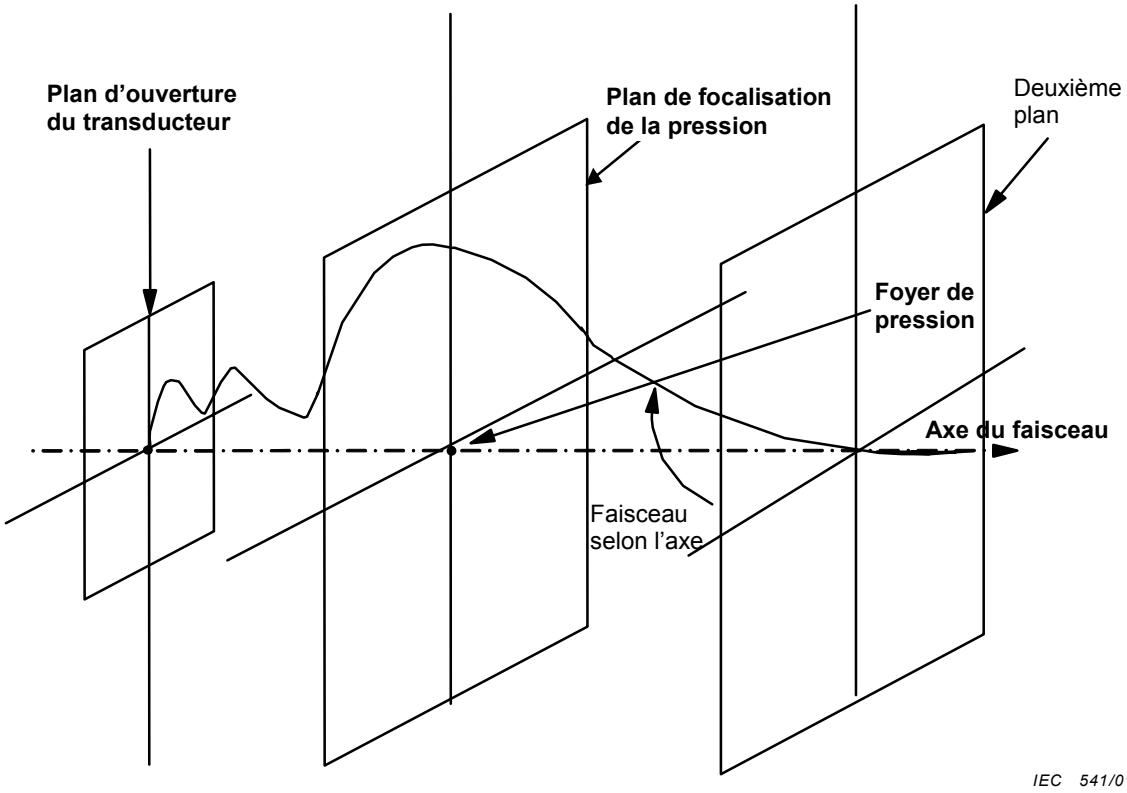


Figure 9b – Foyer de pression pour un transducteur de géométrie inconnue (cas de mesurage)

Figure 9 – Foyer de pression dans un plan longitudinal principal

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

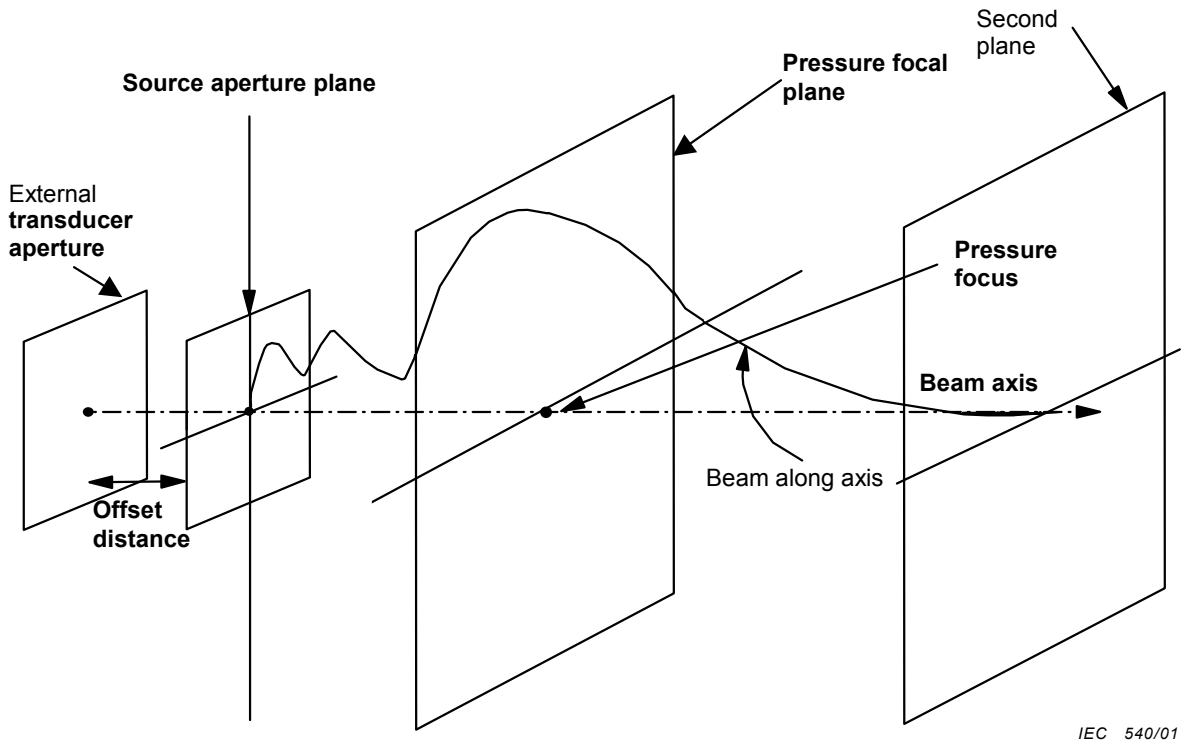


Figure 9a – Pressure focus for a transducer of known geometry (design case)

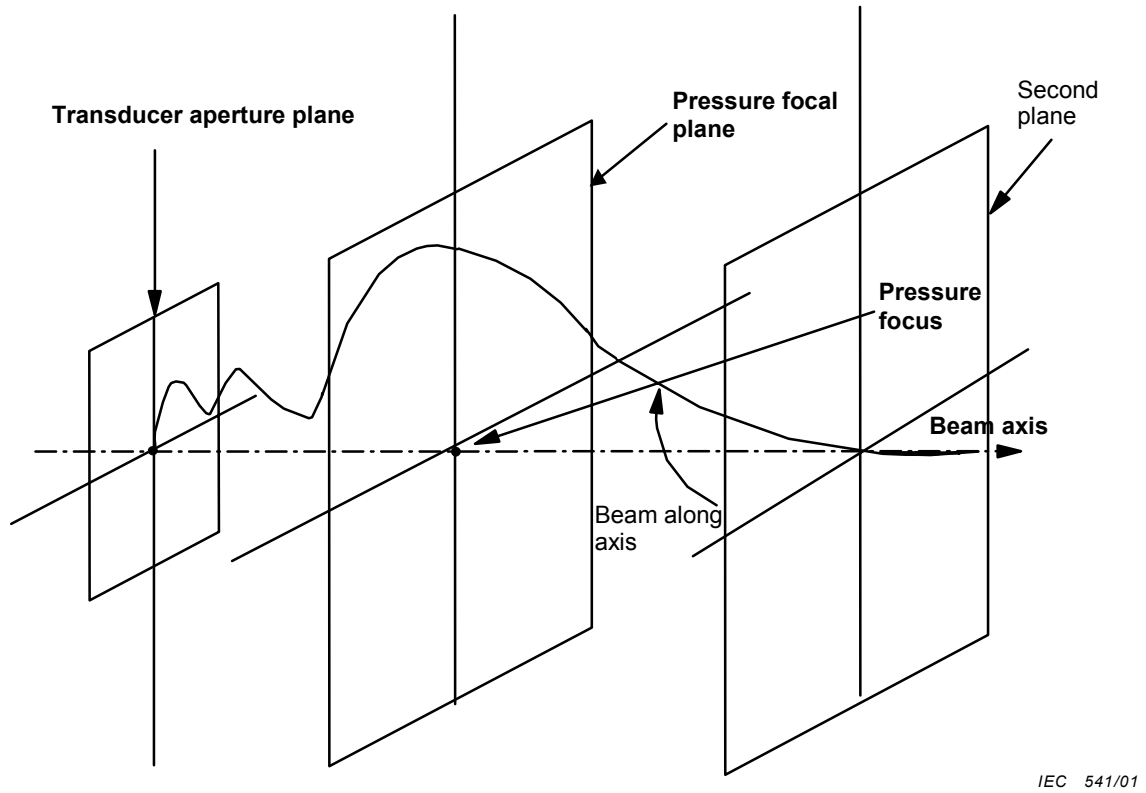


Figure 9b – Pressure focus for a transducer of unknown geometry (measurement case)

Figure 9 – Pressure focus in a principal longitudinal plane

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe A
(informative)

Informations générales concernant la transmission / Caractéristiques des transducteurs focalisants

L'objet des présentes informations générales est de montrer comment le champ d'un **transducteur focalisant** peut être décrit en termes de zones de **Fresnel proche** et **lointaine** et en termes de zone **focale de Fraunhofer**. Ces termes sont utiles pour la caractérisation des champs d'un **transducteur focalisant** de géométrie connue.

On considère une **ouverture de transducteur** de largeur 2*a* possédant une symétrie circulaire. Dans le cas d'une excitation à onde continue sans **apodisation**, le champ de pression dans de l'eau le long de l'axe du faisceau – soit *z* – peut être exprimé comme

$$p\,(0,\ z) = p_0\ [e^{-j\,k\,z} - e^{-j\,k\,(a^2+z^2)^{1/2}}] \qquad \text{(A.1)}$$

où

$k = 2\pi/\lambda$ est le nombre d'onde circulaire;

λ est la longueur d'onde acoustique;

$j = \sqrt{-1}$;

p_0 est l'amplitude de pression à l'**ouverture du transducteur**.

NOTE Strictement, il convient d'écrire l'Equation A.1 en termes de vitesse de particule à l'**ouverture du transducteur**. La valeur p_0 est par conséquent employée comme abréviation de $\rho c v_0$. Il convient de souligner qu'un cas de non-**apodisation** est caractérisé par une amplitude de vitesse de particule constante, v_0, alors que la pression à l'**ouverture du transducteur** n'est pas constante mais peut même être nulle à certains endroits, du fait des effets de diffraction.

Selon l'approximation paraxiale, $z^2 >> a^2$ et le premier terme de l'expansion binomiale de l'Equation (A.1) donne la valeur approximative

$$p\,(0, z) = j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,z}\ e^{-j\,\pi\,a^2/2\lambda z}\ \sin(\pi\,a^2/2\,\lambda\,z) \qquad \text{(A.2)}$$

La démarcation traditionnelle entre la **zone de Fresnel** ou zone de **champ proche** et la zone de **champ lointain** ou **zone de Fraunhofer**, pour un **transducteur ultrasonore non focalisant** sans apodisation et à symétrie circulaire, est la **distance de transition** $z_T = a^2/\lambda$ [1][3.)] Lorsque cette distance est utilisée dans le terme de phase quadratique de l'Equation (A.2), elle devient

$$\theta_t = \frac{\pi\,a^2}{2\,\lambda}\left(\frac{\lambda}{a^2}\right) = \frac{\pi}{2} \qquad \text{(A.3)}$$

Se référer à la Figure 1 pour un **transducteur focalisant** sans apodisation présentant une largeur 2*a* et une lentille fine à distance focale géométrique $F = R_{LENS}/(n - 1)$, où R_{LENS} est le rayon de la lentille plano-convexe et *n* est l'indice de réfraction $n = c_W / c_L$. Lorsque l'épaisseur de la lentille est faible comparée à *a*, *z* et *F*, l'approximation de la lentille fine peut être employée [2]. Dans ce cas, il peut être démontré que la pression le long de l'axe du faisceau selon les approximations paraxiales $z^2 >> a^2$ et $F^2 >> a^2$ est

3) Les chiffres entre crochets renvoient aux références bibliographiques.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex A
(informative)

Background for the transmission/ Characteristics of focusing transducers

The purpose of this background material is to show how the field of a **focusing transducer** can be described in terms of a **near** and **far Fresnel** zone and a **focal Fraunhofer** zone. These terms are helpful in characterizing the fields of a **focusing transducer** whose geometry is known.

Consider a **transducer aperture** of width 2*a* with circular symmetry. For the continuous wave excitation case with no **apodization**, the pressure field in water along the beam axis, *z*, can be written as

$$p\,(0,\ z) = p_0\ [e^{-j\,k\,z} - e^{-j\,k\,(a^2+z^2)^{1/2}}] \qquad \text{(A.1)}$$

where

$k = 2\pi/\lambda$, is the circular wave number;

λ is the acoustic wavelength;

$j = \sqrt{-1}$;

p_0 is the pressure amplitude on the **transducer aperture**.

NOTE Strictly, equation A.1 should be written in terms of the particle velocity at the **transducer aperture**. Hence p_0 is used as an abbreviation for $\rho c v_0$. It should be noted that the no-**apodization** case is characterized by a constant particle velocity amplitude, v_0, whereas the pressure on the **transducer aperture** is not constant but may even be zero at certain places, due to diffraction effects.

Under the paraxial approximation, $z^2 >> a^2$, and the first-term binomial expansion, equation (A.1) becomes approximately equal to

$$p\,(0, z) = j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,z}\ e^{-j\,\pi\,a^2/2\lambda z}\ \sin(\pi\,a^2 / 2\,\lambda\,z) \qquad \text{(A.2)}$$

The traditional demarcation between the **Fresnel** or **near-field** zone and the **far-field** zone or **Fraunhofer zone** for a **non-focusing** unapodized circularly symmetric **ultrasonic transducer** is the **transition distance**, $z_T = a^2/\lambda$ [1][3]. When this distance is used in the quadratic phase term of equation (A.2), it becomes

$$\theta_t = \frac{\pi\,a^2}{2\,\lambda}\left(\frac{\lambda}{a^2}\right) = \frac{\pi}{2} \qquad \text{(A.3)}$$

Refer to figure 1 to consider an unapodized **focusing transducer** with a width of 2*a* and a thin lens with a geometric focal length of $F = R_{LENS}/(n-1)$, where R_{LENS} is the radius of the plano-convex lens and *n* is the index of refraction, $n = c_W / c_L$. When the lens thickness is small compared to *a*, *z*, and *F*, the thin lens approximation can be used [2]. For this case, the pressure along the beam axis under the paraxial approximations $z^2 >> a^2$, $F^2 >> a^2$, can be shown to be

[3] Numbers in square brackets refer to the bibliography.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

$$p(0,z) = \frac{j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,z} \exp[-\frac{-j\ \pi\ a^2}{2\ \lambda}(\frac{1}{z}-\frac{1}{F})]}{z\ (\frac{1}{z}-\frac{1}{F})} \sin\left[\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda}\left(\frac{1}{z}-\frac{1}{F}\right)\right] \tag{A.4}$$

À la longueur focale géométrique $z = F$,

$$p\ (0, F) \approx j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,F}\left(\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda\ F}\right) \tag{A.5}$$

Dans les autres cas, l'Equation (A.4) peut être transcrite en termes d'échelle de distance axiale ou son équivalent, soit z et z_e

$$p\ (0,\ z) = \frac{j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,z}\ e^{-j\ \frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda\ z_e}}}{\frac{z}{z_e}} \sin\left(\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda\ z_e}\right) \tag{A.6}$$

où

$$\frac{1}{z_e} = \frac{1}{z} - \frac{1}{F} \tag{A.7}$$

ou

$$z_e = \frac{z}{1-\frac{z}{F}} \tag{A.8}$$

L'Equation (A.6) pour un **transducteur focalisant** peut maintenant être comparée directement à l'Equation (A.2) pour un transducteur non focalisant. Lorsque la **longueur focale géométrique** est très grande comparée à la distance au point de champ sur l'axe, soit $z_e \sim z$, les deux équations sont identiques. La similarité de forme entre ces équations peut être utilisée pour déterminer l'équivalent des distances de transition pour un **transducteur focalisant**.

De façon à obtenir l'équivalent de phase du **transducteur non focalisant** à la distance de transition, le terme de phase quadratique de l'Equation (A.6) est considéré égal à $\pi/2$, tel que dans l'Equation (A.3), soit

$$|\theta_e| = \left|\frac{\pi}{2}\frac{a^2}{\lambda\ z_e}\right| = \frac{\pi}{2} \tag{A.9}$$

Par conséquent,

$$z_e = \pm\frac{a^2}{\lambda} \tag{A.10}$$

et du fait de l'Equation (A.7), la distance de transition proche entre la zone de Fresnel proche et la zone focale de Fraunhofer est

$$\frac{1}{z_{t1}} = \frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{F} \tag{A.11a}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

$$p(0,z) = \frac{j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,z} \exp[-\frac{-j\ \pi\ a^2}{2\ \lambda}(\frac{1}{z}-\frac{1}{F})]}{z\ (\frac{1}{z}-\frac{1}{F})} \sin\left[\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda}\left(\frac{1}{z}-\frac{1}{F}\right)\right] \tag{A.4}$$

At the geometric focal length, $z = F$,

$$p\ (0, F) \approx j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,F}\left(\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda\ F}\right) \tag{A.5}$$

Otherwise, equation (A.4) can be rewritten in terms of a scaled axial distance, or equivalent z, z_e,

$$p\ (0,\ z) = \frac{j\ 2\ p_0\ e^{-j\,k\,z}\ e^{-j\,\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda\ z_e}}}{\frac{z}{z_e}} \sin\left(\frac{\pi\ a^2}{2\ \lambda\ z_e}\right) \tag{A.6}$$

where

$$\frac{1}{z_e} = \frac{1}{z} - \frac{1}{F} \tag{A.7}$$

or

$$z_e = \frac{z}{1-\frac{z}{F}} \tag{A.8}$$

Equation (A.6) for the **focusing transducer** can now be compared directly to that for the non-focusing transducer, equation (A.2). When the **geometric focal length** is very large compared to the distance to the field point on axis, $z_e \sim z$, the two equations are identical. The similarity in form between the equations can be used to determine the equivalent of transition distances for a **focusing transducer**.

In order to obtain the phase equivalent of a **non-focusing transducer** at the transition distance, the quadratic phase term of equation (A.6) is set equal to π/2 as in equation (A.3)

$$|\theta_e| = \left|\frac{\pi}{2}\frac{a^2}{\lambda\ z_e}\right| = \frac{\pi}{2} \tag{A.9}$$

Therefore,

$$z_e = \pm\frac{a^2}{\lambda} \tag{A.10}$$

and from equation (A.7), the near transition distance between the near Fresnel zone and the focal Fraunhofer zone is

$$\frac{1}{z_{t1}} = \frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{F} \tag{A.11a}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ou

$$z_{\mathrm{NTD}} = z_{\mathrm{t1}} = \frac{a^2 F}{a^2 + \lambda F} \tag{A.11b}$$

Cette distance peut être écrite en termes de **distance de transition** $z_{\mathrm{T}} = a^2 / \lambda$, avec

$$z_{\mathrm{NTD}} = z_{\mathrm{t1}} = \frac{z_{\mathrm{T}} F}{z_{\mathrm{T}} + F} \tag{A.11c}$$

De même, la distance de transition lointaine entre la zone focale de Fraunhofer et la zone de Fresnel lointaine est

$$\frac{1}{z_{\mathrm{t2}}} = -\frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{F} \tag{A.11d}$$

ou

$$z_{\mathrm{FTD}} = z_{\mathrm{t2}} = \frac{a^2 F}{a^2 - \lambda F} \tag{A.11e}$$

ou encore

$$z_{\mathrm{FTD}} = z_{\mathrm{t2}} = \frac{z_{\mathrm{T}} F}{z_{\mathrm{T}} - F} \tag{A.11f}$$

À partir de la relation de distance équivalente, soit l'Equation (A.8), il est apparent que le faisceau subit une évolution complète entre les champs proche et lointain dans les limites de la **longueur focale géométrique**, car lorsque la valeur de z se rapproche de F, z_{e} augmente jusqu'à l'infini. Lorsque la distance équivalente satisfait à la condition des Equations (A.10) et (A.11a), soit $z_{\mathrm{e}} = a^2 / \lambda$ ou $z = z_{\mathrm{t1}}$, alors la forme du faisceau est similaire à celle d'un **transducteur non focalisant** équivalent à sa distance de transition z_{T}, mais avec des facteurs d'échelle différents aussi bien en amplitude qu'en distance latérale.

De la même manière, lorsque $z_{\mathrm{e}} > a^2 / \lambda$ ou $z > z_{\mathrm{t2}}$, le faisceau revient à une configuration similaire à celle d'une zone de Fresnel. Cependant, comme cette distance se situe au-delà du foyer, les effets et les ondulations de l'interférence de Fresnel sont moins importants et dépendent de la puissance de focalisation.

Dans le cas d'un transducteur focalisant concave de rayon R de la Figure 1 (en haut), une analyse similaire peut être effectuée, menant à un jeu parallèle d'équations approximatives avec D remplaçant F dans les Equations (A.4) à (A.11). (Voir la Figure 5.) Dans ce cas par exemple, l'Equation (A.4) se transforme en

$$p(0,z) = \frac{j\,2\,p_0\,e^{-jkz} \exp\left[\dfrac{-j\,\pi\,a^2}{2\,\lambda}\left(\dfrac{1}{z} - \dfrac{1}{D}\right)\right]}{z\left(\dfrac{1}{z} - \dfrac{1}{D}\right)} \sin\left[\frac{\pi\,a^2}{2\,\lambda}\left(\frac{1}{z} - \frac{1}{D}\right)\right] \tag{A.12}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

or

$$z_{\mathrm{NTD}} = z_{\mathrm{t1}} = \frac{a^2 F}{a^2 + \lambda F} \tag{A.11b}$$

This distance can be written in terms of the **transition distance**, $z_{\mathrm{T}} = a^2 / \lambda$,

$$z_{\mathrm{NTD}} = z_{\mathrm{t1}} = \frac{z_{\mathrm{T}} F}{z_{\mathrm{T}} + F} \tag{A.11c}$$

Similarly, the far transition distance between the focal Fraunhofer zone and the far Fresnel zone is

$$\frac{1}{z_{\mathrm{t2}}} = -\frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{F} \tag{A.11d}$$

or

$$z_{\mathrm{FTD}} = z_{\mathrm{t2}} = \frac{a^2 F}{a^2 - \lambda F} \tag{A.11e}$$

or

$$z_{\mathrm{FTD}} = z_{\mathrm{t2}} = \frac{z_{\mathrm{T}} F}{z_{\mathrm{T}} - F} \tag{A.11f}$$

From the equivalent distance relation, equation (A.8), it is apparent that the beam undergoes a complete evolution from near to far field within the **geometric focal length**, because as z approaches F in value, z_{e} increases to infinity. When the equivalent distance meets the condition of equations (A.10) and (A.11a), $z_{\mathrm{e}} = a^2 / \lambda$ or $z = z_{\mathrm{t1}}$, the beam shape is similar to that of an equivalent **non-focusing transducer** at its transition distance, z_{T}, but with different scale factors in both amplitude and lateral distance.

In a similar fashion, when $z_{\mathrm{e}} > a^2 / \lambda$, or $z > z_{\mathrm{t2}}$, the beam will revert to a Fresnel zone-like pattern. Because this distance is past the focus, however, the Fresnel interference effects and ripples will be less severe, and will depend on the strength of the focusing.

For the concave focusing transducer of radius R of figure 1 (top), a similar analysis can be made leading to a parallel set of approximate equations with D replacing F in equations (A.4) to (A.11) (refer to figure 5). For example, for this case, the equation (A.4) transforms into

$$p(0,z) = \frac{j\, 2\, p_0\, e^{-j k z} \exp\left[\dfrac{-j \pi a^2}{2 \lambda}\left(\dfrac{1}{z} - \dfrac{1}{D}\right)\right]}{z\left(\dfrac{1}{z} - \dfrac{1}{D}\right)} \sin\left[\frac{\pi a^2}{2 \lambda}\left(\frac{1}{z} - \frac{1}{D}\right)\right] \tag{A.12}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

et l'Equation (A.5) pour $z = D$ est

$$p\,(0,D) \;\approx\; j\,2\,p_0\,e^{-j\,k\,D}\left[\frac{\pi\,a^2}{2\,\lambda\,D}\right] \tag{A.13}$$

Le résultat correspondant à l'Equation (A.7) est

$$\frac{1}{z_e} = \frac{1}{z} - \frac{1}{D} \tag{A.14}$$

Pour l'Equation (A.8):

$$z_e = \frac{z}{1 - \dfrac{z}{D}} \tag{A.15}$$

Les versions parallèles à l'Equation (A.11) sont

$$\frac{1}{z_{t1}} = \frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{D} \tag{A.16a}$$

$$z_{NTD} \;=\; z_{t1} \;=\; \frac{a^2 D}{a^2 + \lambda\,D} \tag{A.16b}$$

$$z_{NTD} \;=\; z_{t1} \;=\; \frac{z_T\,D}{z_T + D} \tag{A.16c}$$

$$\frac{1}{z_{t2}} = -\frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{D} \tag{A.16d}$$

$$z_{FTD} \;=\; z_{t2} \;=\; \frac{a^2 D}{a^2 - \lambda\,D} \tag{A.16e}$$

$$z_{FTD} \;=\; z_{t2} \;=\; \frac{z_T\;D}{z_T - D} \tag{A.16f}$$

Ces équations parallèles sont uniquement des approximations et des versions plus exactes peuvent être trouvées dans [1], [3] et [4].

Il est possible de dériver ces derniers résultats de manière alternative en utilisant les phases de différentes longueurs de trajectoire. À nouveau, des approximations paraxiales sont supposées en référence à la Figure 6. Pour cette situation, la distance D au **plan d'ouverture du transducteur** est utilisée pour déterminer la **différence de trajectoire d'ouverture**, soit

$$\Delta \;=\; \sqrt{a^2 + D^2} - D \tag{A.17a}$$

$$\Delta \;\approx\; D\left(1 + \frac{a^2}{2\,D^2}\right) - D \tag{A.17b}$$

$$\Delta \;\approx\; \frac{a^2}{2\,D} \tag{A.17c}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

and equation (A.5) at $z = D$ is

$$p\,(0,D) \;\approx\; j\,2\,p_0\,e^{-j\,k\,D}\left[\frac{\pi\,a^2}{2\,\lambda\,D}\right] \tag{A.13}$$

and the result corresponding to equation (A.7) is

$$\frac{1}{z_e} = \frac{1}{z} - \frac{1}{D} \tag{A.14}$$

and equation (A.8),

$$z_e = \frac{z}{1 - \dfrac{z}{D}} \tag{A.15}$$

and the parallel versions of equation (A.11) are

$$\frac{1}{z_{t1}} = \frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{D} \qquad \text{16a)}$$

$$z_{NTD} \;=\; z_{t1} \;=\; \frac{a^2 D}{a^2 + \lambda\,D} \tag{A.16b}$$

$$z_{NTD} \;=\; z_{t1} \;=\; \frac{z_T\,D}{z_T + D} \tag{A.16c}$$

$$\frac{1}{z_{t2}} = -\frac{\lambda}{a^2} + \frac{1}{D} \tag{A.16d}$$

$$z_{FTD} \;=\; z_{t2} \;=\; \frac{a^2 D}{a^2 - \lambda\,D} \tag{A.16e}$$

$$z_{FTD} \;=\; z_{t2} \;=\; \frac{z_T\;D}{z_T - D} \tag{A.16f}$$

These parallel equations are only approximate, and more exact versions can be found in [1], [3], and [4].

It is possible to derive these last results in an alternative way using the phases of different path lengths. Again, paraxial approximations are assumed with reference to figure 6. For this situation, the **transducer aperture plane** distance, D, will be used to determine the **aperture path difference**,

$$\Delta \;=\; \sqrt{a^2 + D^2} - D \tag{A.17a}$$

$$\Delta \;\approx\; D\left(1 + \frac{a^2}{2\,D^2}\right) - D \tag{A.17b}$$

$$\Delta \;\approx\; \frac{a^2}{2\,D} \tag{A.17c}$$

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

De même, la **différence de trajectoire de point de champ axial** peut être estimée par

$$\Delta' = \sqrt{a^2 + z^2} - z \tag{A.18a}$$

$$\Delta' \approx z\left(1 + \frac{a^2}{2\,z^2}\right) - z \tag{A.18b}$$

$$\Delta' \approx \frac{a^2}{2\,z} \tag{A.18c}$$

Comme indiqué à la Figure 6, les conditions de transition sont remplies lorsque

$$\left|\Delta' - \Delta\right| = \frac{\lambda}{2} \tag{A.19}$$

En se référant aux Equations (A.17) et (A.18), cette condition conduit aux expressions

$$\frac{a^2}{2}\left(\frac{1}{z_{t1}} - \frac{1}{D}\right) = \frac{\lambda}{2} \tag{A.20a}$$

$$\frac{a^2}{2}\left(\frac{1}{z_{t2}} - \frac{1}{D}\right) = -\frac{\lambda}{2} \tag{A.20b}$$

La résolution de l'Equation (A.19) pour z_{t1} et z_{t2} fournit des distances identiques à celles obtenues précédemment à l'Equation (A.16.). Par conséquent, sous les conditions mentionnées, les critères de différence de trajectoire de la Figure 6 sont équivalents aux limites de zone établies précédemment.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Likewise, the **axial field point path difference** can be approximated as

$$\Delta' = \sqrt{a^2 + z^2} - z \tag{A.18a}$$

$$\Delta' \approx z\left(1 + \frac{a^2}{2\,z^2}\right) - z \tag{A.18b}$$

$$\Delta' \approx \frac{a^2}{2\,z} \tag{A.18c}$$

As shown in figure 6, the transition conditions are met when

$$\left|\Delta' - \Delta\right| = \frac{\lambda}{2} \tag{A.19}$$

From equations (A.17) and (A.18), this condition results in the relations,

$$\frac{a^2}{2}\left(\frac{1}{z_{t1}} - \frac{1}{D}\right) = \frac{\lambda}{2} \tag{A.20a}$$

$$\frac{a^2}{2}\left(\frac{1}{z_{t2}} - \frac{1}{D}\right) = -\frac{\lambda}{2} \tag{A.20b}$$

Solving equation (A.19) for z_{t1} and z_{t2} gives identical distances to those obtained previously in equation (A.16). Therefore, under the conditions stated, the path difference criteria of figure 6 are equivalent to the zone boundaries established previously.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe B
(informative)

Méthodes de détermination de l'axe du faisceau pour des faisceaux réguliers

B.1 Comparaisons des méthodes de recherche de l'axe du faisceau

Trois méthodes de détermination de l'axe du faisceau sont comparées. Un réseau rectangulaire de transducteurs à 2,5 MHz présentant une focalisation à élévation fixe et une focalisation électronique variable a été employé.

L'alignement du faisceau a d'abord été déterminé à l'aide de la CEI 61102. Les deux plans sélectionnés sont les deux premiers des trois recommandés, avec z_1 = A/(π λ) = 9 cm, z_2 = A/(3 π λ) = 3 cm, z_3 = 2 A/(π λ) = 17,9 cm, A = surface active du réseau et λ = longueur d'onde. La longueur focale électronique a été fixée à la longueur focale d'élévation. Les centres du faisceau ont été déterminés en cherchant les pics de forme d'onde pour des balayages de faisceau orthogonaux *x* et *y* à des distances de 3 cm et 9 cm. Une ligne passant par ces centres de pics définit l'axe d'alignement du faisceau.

La méthode du centroïde fut appliquée, comme décrit au point c) de 6.2. Des balayages selon les axes orthogonaux ont consisté en 60 points et furent étendus aussi loin qu'un rapport adéquat du signal par rapport au bruit l'a permis. Les points de centroïde furent déterminés à partir des Equations (6a) et (6b).

Une troisième approche selon la méthode du point médian de largeur de faisceau, décrite à l'Article B.2, fut employée pour déterminer les points médians du faisceau le long des axes *x* et *y* dans chaque plan orthogonal. Les mêmes jeux de données de balayage de faisceau furent subdivisés à nouveau en intervalles d'amplitude (soit –0,1 dB, –0,4455 dB, etc.) tel que spécifié au Tableau B.2. Les positions des centres de largeurs de faisceau furent calculées pour des niveaux supérieurs au niveau de bruit du signal. La moyenne des centres fut calculée pour obtenir les **points médians** de **largeur de faisceau** selon les axes *x* et *y* dans chaque plan. Un balayage typique selon un axe *x* est montré à la Figure B.1. Le centroïde et les **points médians de largeur de faisceau** sont dans ce cas proches de la valeur de pic au centre du faisceau.

La longueur focale électronique fut fixée à une profondeur plus importante et les trois distances furent déterminées à partir de la surface active du transducteur selon la CEI 61102. Ces distances étaient de 4,4 cm, 13 cm et 26 cm. Les trois méthodes de pic, de centroïde et de **point médian de largeur de faisceau** furent appliquées à des balayages de faisceau effectués dans des plans correspondant aux distances suivantes: 4,4 cm, 9 cm et 13 cm. Pour la profondeur de 4,4 cm, la largeur de faisceau selon l'axe *x* consista en un faisceau à deux pics jumelés, le droit étant légèrement supérieur au gauche, tel qu'indiqué à la Figure B.2. Dans ce cas, la CEI 61102 spécifie qu'à cette distance, le pic le plus élevé est employé pour déterminer la position de l'**axe d'alignement du faisceau**.

Les écarts types entre les positions d'axes connues et les positions d'axes déterminées par les trois méthodes furent calculés pour les trois plans et sont présentés dans le Tableau B.1.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex B
(informative)

Methods for determining the beam axis for well-behaved beams

B.1 Comparisons of beam axis search methods

Three methods for finding the beam axis are compared. A 2,5 MHz rectangular transducer array with fixed elevation focusing and variable electronic focusing was used.

First the beam alignment axis was found according to IEC 61102. The two planes were selected from the first two of three recommended: z_1 = A/(π λ) = 9 cm, z_2 = A/(3 π λ) = 3 cm, z_3 = 2 A/(π λ) = 17,9 cm, *A* = active area of the array and λ is wavelength. The electronic focal length was set to be equal to the elevation focal length. The centres of the beam were found by searching for waveform peaks in orthogonal *x* and *y* beam scans at distances of 3 cm and 9 cm. A line through these peak centres defined the beam alignment axis.

The centroid method was applied as described in 6.2c). Scans along the orthogonal axes consisted of 60 points and extended as far as adequate signal-to-noise ratio would permit. The centroid points were found from equations (6a) and (6b).

A third approach, the beamwidth midpoint method, described in B.2, was used to find the beam midpoints along the *x* and *y* axes in each orthogonal plane. The same beamscan data sets were re-subdivided into amplitude intervals (–0,1 dB, –0,4455 dB, etc.) specified in table B.2. The locations of the centres of beamwidths were calculated for levels above the signal noise level. The centres were averaged to obtain **beamwidth midpoints** along *x* and *y* in each plane. An *x*-axis typical scan is shown in figure B.1. The centroid and **beamwidth midpoints** fall close to the peak value at the centre of the beam for this case.

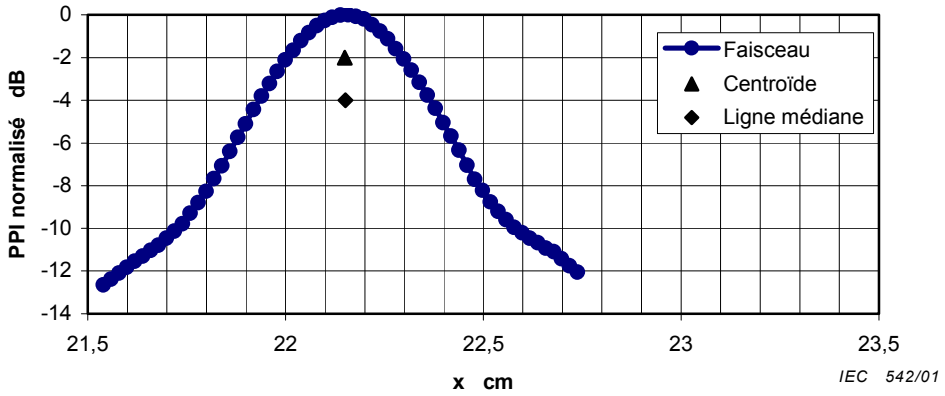
The electronic focal length was set to a deeper depth and the three distances were determined from the active transducer area according to IEC 61102. The distances were 4,4 cm, 13 cm and 26 cm. The three methods, peak, centroid, and **beamwidth midpoint**, were applied to beam scans taken in planes corresponding to the following distances: 4,4 cm, 9 cm, and 13 cm. For the 4,4 cm depth, the *x* axis beamwidth consisted of a beam with twin peaks, the right one slightly higher than the left, as shown in figure B.2. In this case, IEC 61102 specifies that at this distance the highest peak value is used to determine the location of the **beam alignment axis**.

Standard deviations between the known axis positions and the locations of axes determined by the three methods were calculated for the three planes and are presented in table B.1.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau B.1 – Écarts types pour les balayages *x* et *y* en employant trois méthodes de détermination du centre du faisceau

Méthode	Écart type de balayage *x* cm	Écart type de balayage *y* cm
Pic	0,1121	0,0139
Centroïde	0,0072	0,0098
Point médian de largeur de faisceau	0,0056	0,0096



NOTE La ligne médiane se réfère au point médian et le PPI se réfère à l'intégrale sur l'impulsion du carré de la pression.

Figure B.1 – Balayage selon l'axe X à 9 cm de profondeur pour la première zone focale à centre de faisceau

B.2 Méthode du point médian de largeur de faisceau

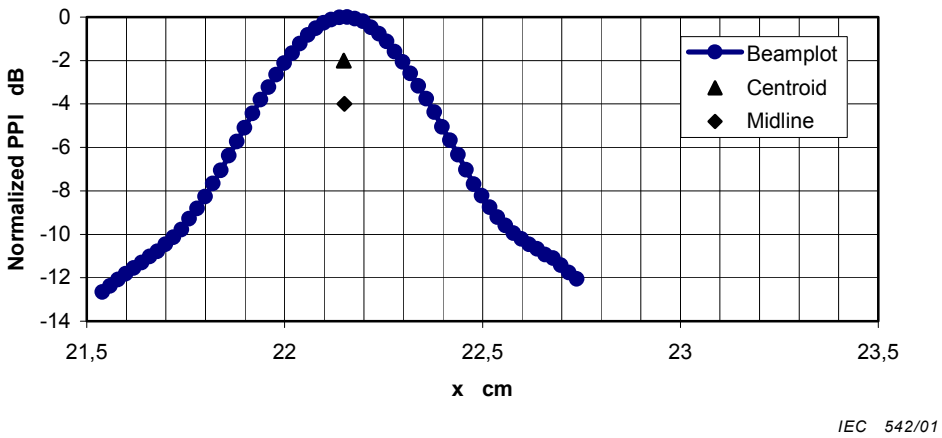
Selon une autre méthode[4)], les mêmes lignes de balayage orthogonales que pour la méthode du centroïde sont employées et les racines carrées des valeurs de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** sont divisées en 20 intervalles correspondant aux niveaux –0,1 dB à –26 dB. (Voir le Tableau B.2). Les largeurs de faisceau sont calculées pour autant de niveaux de décibel du tableau que permis par la puissance du signal et la moyenne des positions de leurs centres est calculée pour obtenir les **points moyens de largeur de faisceau** pour les axes *x* et *y*. L'intersection de lignes perpendiculaires aux **lignes de balayage** et passant par les points médians constitue le **point central du faisceau**.

4) La méthode du **point médian de largeur de faisceau** est adaptée d'une approche développée par TNO, Prevention and Health, Leiden, Pays-Bas.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table B.1 – Standard deviations for *x* and *y* scans using three methods of determining the centre of the beam

Method	*x* scan standard deviation cm	*y* scan standard deviation cm
Peak	0,1121	0,0139
Centroid	0,0072	0,0098
Beamwidth midpoint	0,0056	0,0096



NOTE Midline refers to midpoint, PPI refers to pulse-pressure-squared-integral

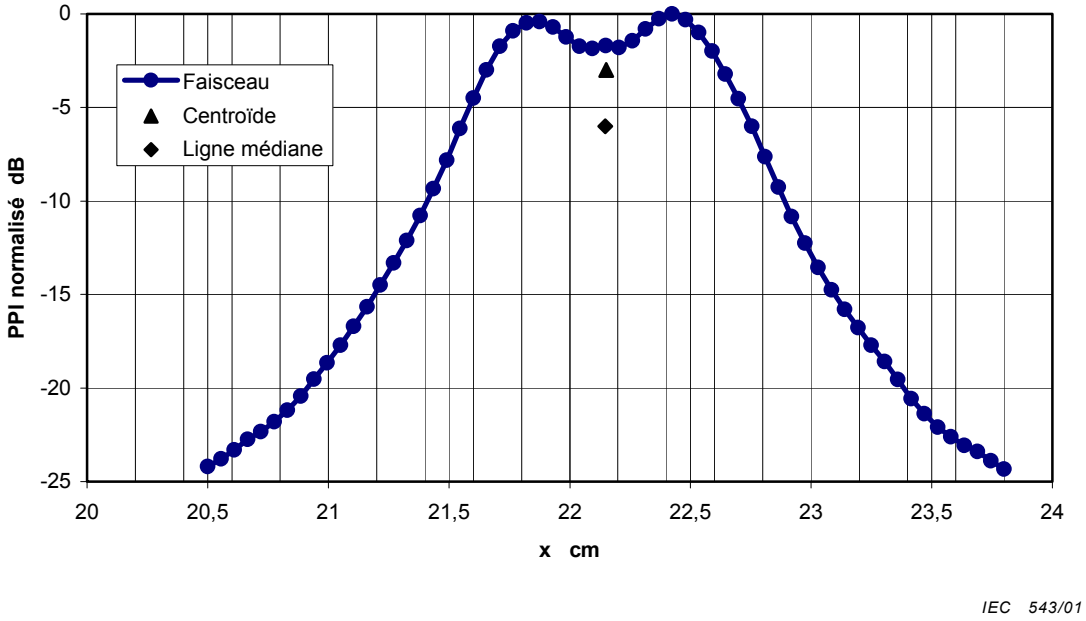
Figure B.1 – X-axis scan at 9 cm depth for the first focal zone with beam centre

B.2 Beamwidth midpoint method

In another method[4)], the same orthogonal line scans are used as in the centroid method and the square roots of the **pulse-pressure-squared-integral** values are divided into 20 intervals corresponding to the –0,1 dB to –26 dB level (see table B.2). Beamwidths are calculated at as many of the table decibel levels as signal level will permit, and the locations of their centres are averaged together to obtain **beamwidth midpoints** for both *x* and *y*. The intersection of lines perpendicular to **scan lines** and passing through the midpoints is the **beam centrepoint**.

4) The **beamwidth midpoint** method is adapted from an approach developed by TNO, Prevention and Health, Leiden, The Netherlands.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE Le balayage selon l'axe X à 4,4 cm de profondeur pour la seconde zone focale montre une position du pic différente de celle du centre du faisceau déterminée selon d'autres méthodes. La ligne médiane se réfère au point médian et le PPI se réfère à l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression**.

Figure B.2 – Balayage selon l'axe X à 4,4 cm de profondeur pour la seconde zone focale

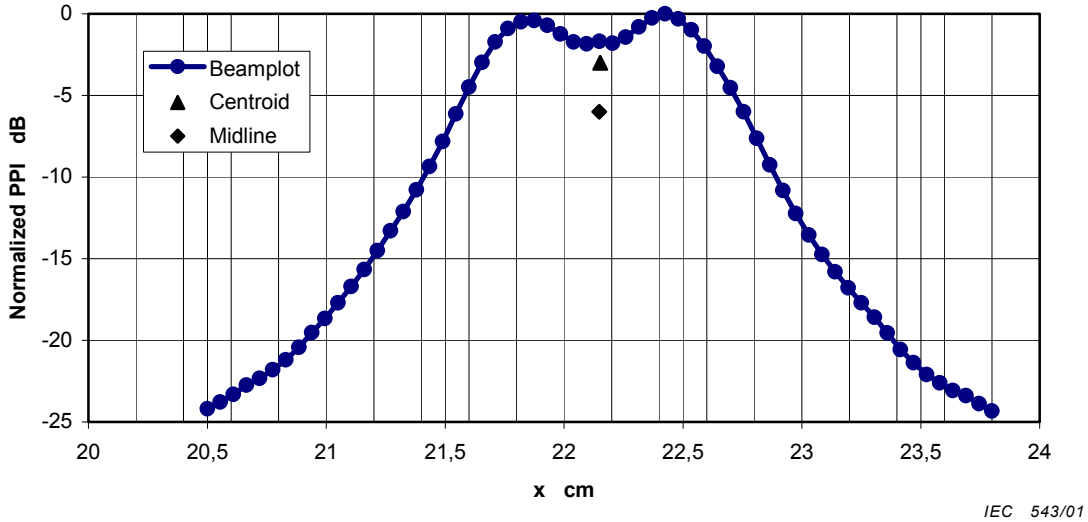
Un second plan, parallèle au premier et pouvant fournir une résolution angulaire de haute qualité, est choisi à une distance quelconque avant ou au-delà de la profondeur du premier plan. Dans le cas de transducteurs à focalisation électronique, la longueur focale électronique peut être fixée dans le second plan ou proche de celui-ci de façon à augmenter le rapport signal/bruit. Si elle est employée pour le premier plan, la méthode du **point médian du faisceau** est aussi utilisée pour le second plan.

La connaissance d'une valeur prévue pour les propriétés de focalisation du transducteur dans chaque plan longitudinal peut aider à la sélection des distances de recherche. Les Equations (3) et (4) pour la **distance de transition proche** et pour la **distance de transition lointaine** peuvent être utilisées pour déterminer des distances correspondant à l'étendue prévue de la **zone focale de Fraunhofer**.

La détermination de la position du point central du faisceau est effectuée en suivant les mêmes étapes que pour le premier plan.

L'**axe du faisceau** est la ligne droite passant par le **transducteur ultrasonore** et les **points médians du faisceau** des deux plans décrits plus haut.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



NOTE The X-axis scan at 4,4 cm depth for the second focal zone shows peak location as different from the beam centre determined by other methods. Midline refers to midpoint, PPI refers to **pulse-pressure-squared integral**.

Figure B.2 – X-axis scan at 4,4 cm depth for the second focal zone

A second plane, parallel to the first, is selected at any distance before or after the depth of the first plane which can provide high-quality angular resolution. In the case of electronically focusing transducers, the electronic focal length can be placed in or near the second plane to increase the signal-to-noise ratio. If used for the first plane, a **beam midpoint** method is to be used for the second.

Knowledge of the expected focusing properties of the transducer in each longitudinal plane can aid the selection of search distances. Equations (3) and (4) for the **near transition distance** and the **far transition distance** can be used to determine distances marking the extent of the expected **focal Fraunhofer zone**.

The location of the beam centrepoint is found using the same steps as for the first plane.

The **beam axis** is the straight line from the **ultrasonic transducer** to **beam midpoints** of the two planes described above.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Dans le Tableau B.2 ci-dessous, «PPSI» se réfère à l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression**.

Tableau B.2 – Niveaux –dB de largeur de faisceau pour la détermination des points médians

Racine carrée normalisée (PPSI) Linéaire	**PPSI normalisé** Linéaire	**Niveaux de largeur de faisceau** dB
0,9885	0,9771	–0,1005
0,95	0,9025	–0,4455
0,9	0,8100	–0,9151
0,85	0,7225	–1,4116
0,8	0,6400	–1,9382
0,75	0,5625	–2,4988
0,7	0,4900	–3,0980
0,65	0,4225	–3,7417
0,6	0,3600	–4,4370
0,55	0,3025	–5,1927
0,5	0,2500	–6,0206
0,45	0,2025	–6,9357
0,4	0,1600	–7,9588
0,35	0,1225	–9,1186
0,3	0,0900	–1,4576
0,25	0,0625	–1,0412
0,2	0,0400	–1,9794
0,15	0,0225	–1,4782
0,1	0,0100	–2,0000
0,05	0,0025	–26,0206

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

In table B.2 below, “PPSI” refers to **pulse-pressure-squared-integral.**

Table B.2 – –dB beamwidth levels for determining midpoints

Normalized SQRT(PPSI) Linear	**Normalized PPSI** Linear	**Beamwidth levels** dB
0,9885	0,9771	–0,1005
0,95	0,9025	–0,4455
0,9	0,8100	–0,9151
0,85	0,7225	–1,4116
0,8	0,6400	–1,9382
0,75	0,5625	–2,4988
0,7	0,4900	–3,0980
0,65	0,4225	–3,7417
0,6	0,3600	–4,4370
0,55	0,3025	–5,1927
0,5	0,2500	–6,0206
0,45	0,2025	–6,9357
0,4	0,1600	–7,9588
0,35	0,1225	–9,1186
0,3	0,0900	–1,4576
0,25	0,0625	–1,0412
0,2	0,0400	–1,9794
0,15	0,0225	–1,4782
0,1	0,0100	–2,0000
0,05	0,0025	–26,0206

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe C
(informative)

Méthodes de détermination de l'axe du faisceau pour des faisceaux non réguliers

Pour les situations où le faisceau à mesurer n'est pas régulier, c'est-à-dire lorsqu'il y a une absence de symétrie et qu'il n'y a pas de pic unique bien défini, d'autres méthodes peuvent être utilisées pour déterminer la position de l'**axe du faisceau**. Voir par exemple la Figure C.1[5]. Les points indiquent les positions des centres des largeurs de faisceau déterminées à partir des valeurs de pression du Tableau B.2; la ligne verticale indique la position de la moyenne des centres de largeur de faisceau, soit le **point médian de largeur de faisceau**. Ce balayage indique qu'il peut y avoir de multiples pics disposés sur différentes lignes de balayage adjacentes à la même profondeur. Dans ce cas, il est nécessaire d'effectuer un balayage quadrillé et d'utiliser la méthode du centroïde 2D.

Pour obtenir le centroïde 2D, la position du **plan focal de pression** doit être déterminée. Une valeur maximale de l'**intégrale sur l'impulsion du carré de la pression** est déterminée et dans ce même plan, un balayage par quadrillage *xy* consistant en un minimum de 25 points par 25 est effectué. Le centroïde (x_C,y_C) de ce jeu de données est déterminé à partir des expressions suivantes:

$$x_c = \frac{\sum_k \sum_j x_{ik}\ p_i(x_k, y_j)}{\sum_k \sum_j p_i(x_{ik}, y_j)} \qquad \text{(C.1a)}$$

$$y_c = \frac{\sum_k \sum_j y_j\ p_i(x_k, y_j)}{\sum_k \sum_j p_i(x_k, y_j)} \qquad \text{(C.1b)}$$

Un second plan, parallèle au premier et aussi éloigné que possible de celui-ci, est choisi à une distance quelconque avant ou au-delà de la profondeur du premier plan. Dans le cas de transducteurs à focalisation électronique, la longueur focale électronique peut être fixée dans le second plan ou proche de celui-ci de façon à augmenter le rapport signal/bruit.

La détermination de la position du centroïde du faisceau est effectuée en suivant les mêmes étapes que pour le premier plan.

L'**axe du faisceau** est la ligne droite passant par le transducteur et par les centroïdes des deux plans décrits plus haut.

[5] Ce faisceau provient de données fournies par TNO, Prevention and Health, Leiden, Pays-Bas.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex C
(informative)

Methods for determining the beam axis for beams that are not well-behaved

For situations when the beam being measured is not well-behaved, that is, where there is an absence of symmetry and the lack of a well-defined single peak, other methods can be used to find a **beam axis**. For an example, see figure C.1[5]. The points show the locations of the centres of beamwidths determined from pressure values in table B.2; the vertical line indicates the location of the average of the beamwidth centre locations, or the **beamwidth midpoint.** This scan indicates that there may be multiple peaks located in different adjacent scan lines at the same depth. In this case, it is necessary to do a raster scan and use a 2D centroid method.

To obtain a 2D centroid, the **pressure focal plane** is found. A **pulse-pressure-squared-integral** maximum is found and in that plane, an *xy* raster scan consisting of a minimum of 25 by 25 points is made. The centroid (x_C, y_C) of this data set is found from the following relations,

$$x_c = \frac{\sum_k \sum_j x_{ik}\, p_i(x_k, y_j)}{\sum_k \sum_j p_i(x_{ik}, y_j)} \qquad \text{(C.1a)}$$

$$y_c = \frac{\sum_k \sum_j y_j\, p_i(x_k, y_j)}{\sum_k \sum_j p_i(x_k, y_j)} \qquad \text{(C.1b)}$$

A second plane, parallel to the first, is selected as far as practicable from the first plane at a distance before or after the depth of the first plane. In the case of electronically focusing transducers, the electronic focal length can be placed in or near the second plane to increase the signal-to-noise.

The location of the beam centroid is found using the same steps used for the first plane.

The **beam axis** is the straight line from the transducer to centroids of the two planes described above.

[5] This beam is from data supplied by TNO, Prevention and Health, Leiden, The Netherlands.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

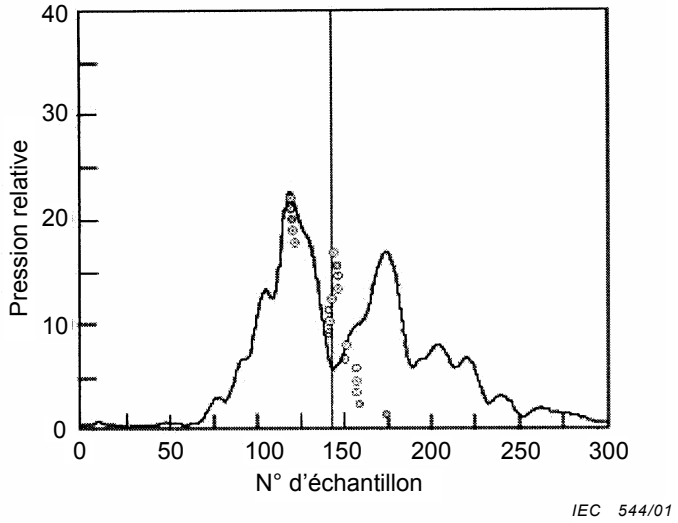


Figure C.1 – Faisceau asymétrique montrant la méthode du point médian de largeur de faisceau

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

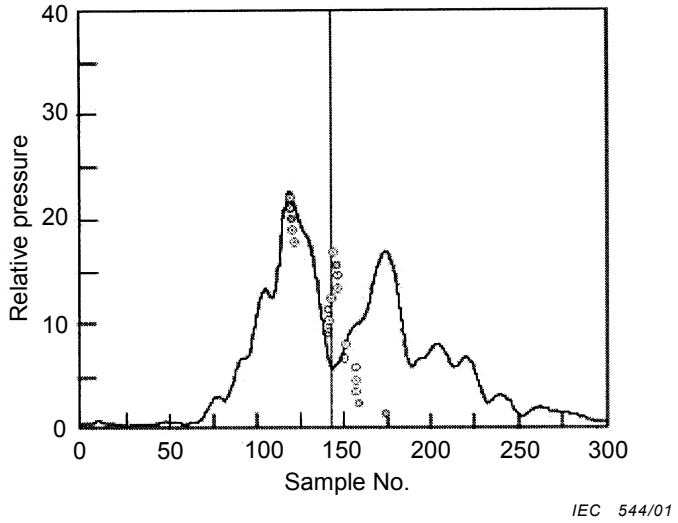


Figure C.1 – Asymmetric beam showing beamwidth midpoint method

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliographie

[1] Krautkraemer, J. and Krautkraemer, H., Chapter 4, *Ultrasonic Testing of Materials*, Springer-Verlag, Berlin, 1990.

[2] Goodman, J. W., Chapter 5, *Introduction to Fourier Optics*, McGraw-Hill, San Francisco, 1968.

[3] O'Neil, H. T., “Theory of focusing radiators”, *J. Acoust. Soc. Am*. , vol. 21, pp. 516-526, 1949.

[4] Kossoff, G., “Analysis of focusing action of spherically curved radiators”, *Ultrasound in Med. Biol*., vol. 5, pp. 359-363, 1979.

[5] CEI 60469-1:1987, *Technique des impulsions et appareils. Première partie: Termes et définitions concernant les impulsions*

[6] CEI 60854:1986, *Méthodes de mesure des caractéristiques des appareils à impulsions ultrasonores utilisés pour le diagnostic*

[7] CEI 61161:1992, *Mesurage de puissance ultrasonore dans les liquides dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 25 MHz*

[8] CEI 62092:2001, *Ultrasons – Hydrophones – Caractéristiques et étalonnage dans la gamme de fréquences de 15 MHz à 40 MHz*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliography

[1] Krautkraemer, J. and Krautkraemer, H., Chapter 4, *Ultrasonic Testing of Materials*, Springer-Verlag, Berlin, 1990.

[2] Goodman, J. W., Chapter 5, *Introduction to Fourier Optics*, McGraw-Hill, San Francisco, 1968.

[3] O'Neil, H. T., "Theory of focusing radiators", *J. Acoust. Soc. Am.* , vol. 21, pp. 516-526, 1949.

[4] Kossoff, G., "Analysis of focusing action of spherically curved radiators", *Ultrasound in Med. Biol.*, vol. 5, pp. 359-363, 1979.

[5] IEC 60469-1:1987, *Pulse techniques and apparatus – Part 1: Pulse terms and definitions*

[6] IEC 60854:1986, *Methods of measuring the performance of ultrasonic pulse-echo diagnostic equipment*

[7] IEC 61161:1992, *Ultrasonics power measurement in liquids in the frequency range 0,5 MHz to 25 MHz*

[8] IEC 62092:2001, *Ultrasonics – Hydrophones – Characteristics and calibration in the frequency range 15 MHz to 40 MHz*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Switzerland

or

Fax to: **IEC**/CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

A Prioritaire

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)
International Electrotechnical Commission
3, rue de Varembé
1211 GENEVA 20
Switzerland

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Q1 Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: *(e.g. 60601-1-1)*

.....

Q2 Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard *(tick all that apply).* I am the/a:

purchasing agent ❑
librarian ❑
researcher ❑
design engineer ❑
safety engineer ❑
testing engineer ❑
marketing specialist ❑
other.....

Q3 I work for/in/as a: *(tick all that apply)*

manufacturing ❑
consultant ❑
government ❑
test/certification facility ❑
public utility ❑
education ❑
military ❑
other.....

Q4 This standard will be used for: *(tick all that apply)*

general reference ❑
product research ❑
product design/development ❑
specifications ❑
tenders ❑
quality assessment ❑
certification ❑
technical documentation ❑
thesis ❑
manufacturing ❑
other.....

Q5 This standard meets my needs: *(tick one)*

not at all ❑
nearly ❑
fairly well ❑
exactly ❑

Q6 If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: *(tick all that apply)*

standard is out of date ❑
standard is incomplete ❑
standard is too academic ❑
standard is too superficial ❑
title is misleading ❑
I made the wrong choice ❑
other .....

Q7 Please assess the standard in the following categories, using the numbers:
(1) unacceptable,
(2) below average,
(3) average,
(4) above average,
(5) exceptional,
(6) not applicable

timeliness.....
quality of writing.....
technical contents.....
logic of arrangement of contents .....
tables, charts, graphs, figures.....
other .....

Q8 I read/use the: *(tick one)*

French text only ❑
English text only ❑
both English and French texts ❑

Q9 Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 Genève 20
Suisse

ou

Télécopie: **CEI**/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir

Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)
Commission Electrotechnique Internationale
3, rue de Varembé
1211 GENÈVE 20
Suisse

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Q1 Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact: (*ex. 60601-1-1)*

.....

Q2 En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?
(cochez tout ce qui convient)
Je suis le/un:

agent d'un service d'achat ❑
bibliothécaire ❑
chercheur ❑
ingénieur concepteur ❑
ingénieur sécurité ❑
ingénieur d'essais ❑
spécialiste en marketing ❑
autre(s).....

Q3 Je travaille:
(cochez tout ce qui convient)

dans l'industrie ❑
comme consultant ❑
pour un gouvernement ❑
pour un organisme d'essais/ certification ❑
dans un service public ❑
dans l'enseignement ❑
comme militaire ❑
autre(s).....

Q4 Cette norme sera utilisée pour/comme
(cochez tout ce qui convient)

ouvrage de référence ❑
une recherche de produit ❑
une étude/développement de produit ❑
des spécifications ❑
des soumissions ❑
une évaluation de la qualité ❑
une certification ❑
une documentation technique ❑
une thèse ❑
la fabrication ❑
autre(s).....

Q5 Cette norme répond-elle à vos besoins:
(une seule réponse)

pas du tout ❑
à peu près ❑
assez bien ❑
parfaitement ❑

Q6 Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:
(cochez tout ce qui convient)

la norme a besoin d'être révisée ❑
la norme est incomplète ❑
la norme est trop théorique ❑
la norme est trop superficielle ❑
le titre est équivoque ❑
je n'ai pas fait le bon choix ❑
autre(s) .....

Q7 Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres
(1) inacceptable,
(2) au-dessous de la moyenne,
(3) moyen,
(4) au-dessus de la moyenne,
(5) exceptionnel,
(6) sans objet

publication en temps opportun .....
qualité de la rédaction.....
contenu technique .....
disposition logique du contenu .....
tableaux, diagrammes, graphiques, figures.....
autre(s) .....

Q8 Je lis/utilise: *(une seule réponse)*

uniquement le texte français ❑
uniquement le texte anglais ❑
les textes anglais et français ❑

Q9 Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-5793-7

ICS 17.140.50

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND