



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 17.140.50

ISBN 2-8318-5793-7

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

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

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

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

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE 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, publiée en 2006-07, correspond à la version 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.

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, published in 2006-07, corresponds to 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.

This is a preview of "IEC 61828 Ed. 1.0 b:...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "IEC 61828 Ed. 1.0 b:...". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

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.

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.

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 connexes¹ 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 spécifiquement les normes CEI 61102 et CEI 61157 (voir l'Article 2).

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 standards¹ 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).

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.

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.