

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Ultrasonics – Transducers – Definitions and measurement methods
regarding focusing for the transmitted fields**

**Ultrasons – Transducteurs – Définitions et méthodes de mesure
pour la focalisation des champs transmis**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-8322-9019-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Symbols	41
5 Independent measurement of total acoustic output power	44
6 Acoustic field measurement: equipment.....	44
6.1 Hydrophone	44
6.1.1 General	44
6.1.2 Sensitivity of a hydrophone.....	44
6.1.3 Directional response of a hydrophone.....	45
6.1.4 Effective hydrophone radius	45
6.1.5 Choice of the size of a hydrophone active element	45
6.1.6 Hydrophone pressure limits	46
6.1.7 Hydrophone intensity limits.....	46
6.1.8 Hydrophone cable length and amplifiers	47
6.2 Requirements for positioning and water baths.....	47
6.2.1 General	47
6.2.2 Positioning systems	47
6.2.3 Water bath.....	48
6.3 Requirements for data acquisition and analysis systems.....	49
6.4 Requirements and recommendations for ultrasonic equipment being characterized	50
7 Measurement procedure	50
7.1 General.....	50
7.2 Preparation and alignment	50
7.2.1 General drive and field conditions.....	50
7.2.2 Initial adjustment to driving voltage.....	51
7.2.3 Preparation of source transducer	52
7.2.4 Aligning an ultrasonic transducer and hydrophone	52
7.2.5 Finding the beam axis.....	53
7.2.6 Measurements to determine field level conditions	55
7.2.7 Determining if transducer is focusing	56
7.2.8 Measuring other beamwidth parameters of a focusing transducer	57
7.2.9 Measuring the beam area parameters.....	58
7.2.10 Measuring additional beam maximum based parameters	59
7.2.11 Alternative: calculation of focal parameters using numerical projection	60
7.2.12 Plane wave transmitted fields	61
7.2.13 Steered plane waves	61
7.2.14 Measurements of high intensity therapeutic ultrasound fields.....	61
7.2.15 Calculation of I_{sa}	62
7.2.16 Further evaluation for sidelobes and pre-focal maxima	63
7.3 Considerations for scanning transducers and transducers with multiple sources.....	65
7.3.1 Automatic scanning transducers	65

7.4	Spatial impulse response and beamplots	65
7.4.1	General	65
7.4.2	Point target.....	66
7.4.3	Beamplots and beam contour plots	66
7.5	Plane wave compounding	66
Annex A (informative) Background for the transmission/ Characteristics of focusing transducers.....		67
A.1	General.....	67
A.2	Field of piston source.....	68
A.3	Focusing with a lens	68
A.4	Focusing with a concave transducer	71
A.5	Geometric focusing gains.....	73
A.6	Beamwidth estimation	74
Annex B (informative) Rationale for focusing and nonfocusing definitions		79
B.1	Overview.....	79
B.1.1	Background information	79
B.1.2	General	79
B.1.3	Focusing transducers	79
B.1.4	Focusing methods	80
B.1.5	Known and unknown focusing transducers.....	81
B.1.6	Focusing and beamwidth	81
B.1.7	Focusing parameter definitions	82
B.1.8	Applications of focusing definitions	82
B.1.9	Relation of present definitions to physiotherapy transducers (treatment heads)	82
B.1.10	Relation of present definitions to therapeutic transducers	82
B.2	System and measurement requirements	83
B.2.1	General	83
B.2.2	Transmitted pressure waveforms	83
B.2.3	Transmitted fields	83
B.2.4	The scan plane and the steering of beams.....	83
B.2.5	Pulse echo field measurements	84
Annex C (informative) Methods for determining the beam axis for well-behaved beams		94
C.1	Comparisons of beam axis search methods	94
C.2	Beamwidth midpoint method	95
Annex D (informative) Methods for determining the beam axis for beams that are not well behaved.....		97
Annex E (informative) Uncertainties		99
E.1	General.....	99
E.2	Overall (expanded) uncertainty	99
E.3	Common sources of uncertainty	99
Annex F (informative) Transducer and hydrophone positioning systems.....		101
Annex G (informative) Planar scanning of a hydrophone to determine acoustic output power		102
G.1	Overview.....	102
G.2	General principle	102
G.3	Hydrophone scanning methodology.....	103
G.3.1	General methodology.....	103
G.3.2	Particular considerations for implementation for HITU fields	104

G.4	Corrections and sources of measurement uncertainty	104
G.4.1	Uncertainty in the hydrophone calibration	104
G.4.2	Planar scanning	104
G.4.3	Attenuation factor of water: unfocusing transducers	104
G.4.4	Attenuation factor of water: focusing transducers	105
G.4.5	Received hydrophone signal	105
G.4.6	Integration	105
G.4.7	Finite size of the hydrophone	106
G.4.8	Partial extent of integration	106
G.4.9	Non-linear propagation	106
G.4.10	Directional response	106
G.4.11	Noise	107
G.4.12	Intensity approximated by derived intensity	107
Annex H (informative)	Properties of water	108
H.1	General	108
H.2	Attenuation coefficient for propagation in water	109
Bibliography	110

Figure A.1	– Beam contour plot: contours at –6 dB, –12 dB, and –20 dB for a 5 MHz transducer with a radius of curvature of $D = 50$ mm centred at location 0,0 (bottom centre of graph)	76
Figure A.2	– Types of geometric focusing	76
Figure A.3	– Transducer options	77
Figure A.4	– Parameters for describing a focusing transducer of known geometry	78
Figure A.5	– Path difference parameters for describing a focusing transducer of known geometry	78
Figure B.1	– Electronic focusing along z by transmit beamforming in the scan plane xz	84
Figure B.2	– Field parameters for a nonfocusing transducer of known geometry. For example, for a circularly symmetric geometry, transducers have a diameter $2a$ and a beam axis along z	85
Figure B.3	– Phased array geometry and construction for electronic focusing in the azimuth plane and mechanical lens focusing in the elevation plane	85
Figure B.4	– Field parameters for a focusing transducer of known geometry	86
Figure B.5	– Definitions for pressure-based field measurements for an unknown transducer geometry	86
Figure B.6	– Beamwidth focus for transducers of known and unknown geometry	87
Figure B.7	– Beam maximum parameters	88
Figure B.8	– Pressure focus for a transducer of known geometry (design case)	88
Figure B.9	– Pressure focus for a transducer of unknown geometry (measurement case)	89
Figure B.10	– Beam area parameters	89
Figure B.11	– Beam axis parameters: pulse-pressure-squared-integral level relative to the beam maximum in decibels (dB) plotted against axial distance	90
Figure B.12	– Beamplot parameters	91
Figure B.13	– Schematic diagram of the different planes and lines in an ultrasonic field for a rectangular transducer	92
Figure B.14	– Schematic diagram of the different planes and lines in an ultrasonic field for a circular transducer	93

Figure C.1 – x -axis scan at 9 cm depth for the first focal zone with beam centre	95
Figure C.2 – x -axis scan at 4,4 cm depth for the second focal zone	95
Figure D.1 – Asymmetric beam showing relative acoustic pressure versus sample number for the beamwidth midpoint method	98
Figure F.1 – Schematic diagram of the ultrasonic transducer and hydrophone degrees of freedom	101
Table C.1 – Standard deviations for x and y scans using three methods of determining the centre of the beam	94
Table C.2 – Decibel beamwidth levels for determining midpoints	96
Table H.1 – Speed of sound, c , and characteristic acoustic impedance, ρc , as a function of temperature, for propagation in water	108

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ULTRASONICS –TRANSDUCCERS – DEFINITIONS AND MEASUREMENT
METHODS REGARDING FOCUSING 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61828 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2001. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Clause 6 on Measurement procedures has been replaced by Clause 6: "Acoustic field measurement: equipment" and Clause 7: "Measurement procedure" and related definitions.
- b) Reorganization of definitions and measurement section to accommodate specific sets of measurements for focusing, nonlinearity, beam axis alignment, beam area, beam maximum, numerical projection, plane wave, high intensity therapeutic ultrasound, multiple sources, spatial impulse response and compound plane waves. Clause 3 has been moved to Annex B.
- c) The normative references have been updated and the Bibliography has been expanded from 8 to 40 references.

- d) Twelve figures have been updated and seven new figures (B.1, B.3, B.7, B.10, B.11, B.12, B.13, B.14) have been added to facilitate measurements and be consistent with measurement terminology.
- e) New measurements have been added for time delays, arrays, plane waves and spatial impulse response.
- f) Annex A has been expanded to provide general guidance on pulsed waves, system responses, focusing gains and minimum beamwidth estimation.
- g) New annexes have been added:
- Annex B (informative) Rationale for focusing and nonfocusing definitions
 - Annex E (informative) Uncertainties;
 - Annex F (informative) Transducer and hydrophone positioning systems;
 - Annex G (informative) Planar scanning of a hydrophone to determine acoustic output power;
 - Annex H (informative) Properties of water;
- In addition, Annex A was reorganized and new Clauses A.1, A.5 and A.6 were added.
- h) Guidelines for remaining within the manufacturer's pressure and intensity hydrophone limits and the determination of the extent of nonlinearity in the field have been added.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
87/746/FDIS	87/749/RVD

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

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

NOTE 1 The following print types are used:

- Requirements: in roman type.
- Notes: small roman type.
- Words in **bold** in the text are defined in Clause 3.

NOTE 2 There are some inconsistencies in font type for symbols and formulae between some of the normative references and this document. They will be resolved in a future revision of the normative references.

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

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

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

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. This document 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 document, 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 and field characterization measurements are given for both **focusing** and **nonfocusing** transducers.

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

1 Scope

This document

- provides definitions for the transmitted field characteristics of focusing and nonfocusing 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 field characteristics of focusing and nonfocusing transducers;
- specifies beam axis alignment methods appropriate for focusing and nonfocusing transducers.

This document 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 can 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 transmitted 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. This document 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 document incorporates definitions from other related standards where possible, and supplies more specific terminology, both for defining focusing characteristics and for providing a basis for measurement of these characteristics.

2 Normative references

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

IEC 61689:2013, *Ultrasonics – Physiotherapy systems – Field specifications and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5MHz*

IEC 62127-3:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz*
IEC 62127-3:2007/AMD1:2013

IEC TS 62556:2014, *Ultrasonics – Field characterization – Specification and measurement of field parameters for high intensity therapeutic ultrasound (HITU) transducers and systems*

IEC 61161, *Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements*

IEC 62555, *Ultrasonics – Power measurement – High intensity therapeutic ultrasound (HITU) transducers and systems*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	118
INTRODUCTION.....	121
1 Domaine d'application	122
2 Références normatives	122
3 Termes et définitions	123
4 Symboles	155
5 Mesurage indépendant de la puissance de sortie acoustique totale	158
6 Mesurage du champ acoustique: équipement	158
6.1 Hydrophone	158
6.1.1 Généralités	158
6.1.2 Sensibilité d'un hydrophone	158
6.1.3 Réponse directionnelle d'un hydrophone	159
6.1.4 Rayon efficace de l'hydrophone	159
6.1.5 Choix de la taille d'un élément actif de l'hydrophone	159
6.1.6 Limites de pression de l'hydrophone	160
6.1.7 Limites d'intensité de l'hydrophone	160
6.1.8 Longueur de câble de l'hydrophone et amplificateurs	161
6.2 Exigences de positionnement et bains-marie	161
6.2.1 Généralités	161
6.2.2 Systèmes de positionnement	161
6.2.3 Bain-marie	162
6.3 Exigences relatives aux systèmes d'acquisition et d'analyse des données	164
6.4 Exigences et recommandations relatives aux appareils à ultrasons en cours de caractérisation	164
7 Procédure de mesure	164
7.1 Généralités	164
7.2 Préparation et alignement	164
7.2.1 Conditions générales d'entraînement et de champ	164
7.2.2 Ajustement initial à la tension de polarisation dynamique.....	165
7.2.3 Préparation du transducteur source	166
7.2.4 Alignement d'un transducteur ultrasonique et d'un hydrophone	166
7.2.5 Déterminer l'axe du faisceau.....	167
7.2.6 Mesurages de détermination des conditions de niveau de champ	169
7.2.7 Déterminer si le transducteur est focalisant	171
7.2.8 Mesurage d'autres paramètres de largeur de faisceau d'un transducteur focalisant.....	172
7.2.9 Mesurage des paramètres de surface du faisceau	173
7.2.10 Mesurage des paramètres fondés sur le maximum de faisceau.....	174
7.2.11 Alternative: calcul des paramètres focaux à l'aide de la projection numérique	175
7.2.12 Champs transmis par onde plane.....	176
7.2.13 Ondes planes dirigées	176
7.2.14 Mesurages de champs ultrasonores thérapeutiques de haute intensité	177
7.2.15 Calcul de I_{Sa}	177
7.2.16 Évaluation supplémentaire des lobes secondaires et des valeurs maximales préfocales	178

7.3	Considérations relatives aux transducteurs à balayage et aux transducteurs avec plusieurs sources	180
7.3.1	Transducteurs à balayage automatique	180
7.4	Réponse impulsionnelle spatiale et tracés de faisceau	181
7.4.1	Généralités	181
7.4.2	Cible ponctuelle	181
7.4.3	Tracés de faisceau et graphes de contour du faisceau	181
7.5	Compositions d'ondes planaires	181
Annexe A (informative) Informations générales concernant la transmission/Caractéristiques des transducteurs focalisants		182
A.1	Généralités	182
A.2	Champ de la source de piston	183
A.3	Focalisation avec une lentille	183
A.4	Focalisation avec un transducteur concave	186
A.5	Gains de focalisation géométrique	188
A.6	Estimation de la largeur de faisceau	189
Annexe B (informative) Justification des définitions des concepts de focalisation et de non-focalisation		194
B.1	Vue d'ensemble	194
B.1.1	Informations générales	194
B.1.2	Généralités	194
B.1.3	Transducteurs focalisants	194
B.1.4	Méthodes de focalisation	195
B.1.5	Transducteurs focalisants connus et inconnus	196
B.1.6	Focalisation et largeur de faisceau	197
B.1.7	Définitions de paramètres de focalisation	197
B.1.8	Applications de définitions de focalisation	197
B.1.9	Relation entre les définitions actuelles et les transducteurs pour physiothérapie (têtes de traitement)	197
B.1.10	Relation entre les définitions actuelles et les transducteurs thérapeutiques	198
B.2	Exigences pour le système et les mesurages	198
B.2.1	Généralités	198
B.2.2	Formes d'onde de pression transmise	198
B.2.3	Champs émis	198
B.2.4	Plan d'exploration et guidage de faisceaux	199
B.2.5	Mesurages du champ d'écho impulsionnel	199
Annexe C (informative) Méthodes de détermination de l'axe du faisceau pour des faisceaux réguliers		209
C.1	Comparaisons des méthodes de recherche de l'axe du faisceau	209
C.2	Méthode du point médian de largeur de faisceau	209
Annexe D (informative) Méthodes de détermination de l'axe du faisceau pour des faisceaux non réguliers		212
Annexe E (informative) Incertitudes		214
E.1	Généralités	214
E.2	Incertitude globale (élargie)	214
E.3	Sources communes d'incertitude	214
Annexe F (informative) Systèmes de positionnement du transducteur et de l'hydrophone		216

Annexe G (informative) Balayage planaire d'un hydrophone pour déterminer la puissance de sortie acoustique	217
G.1 Vue d'ensemble	217
G.2 Principe général.....	217
G.3 Méthode de balayage de l'hydrophone	218
G.3.1 Méthodologie générale	218
G.3.2 Considérations particulières pour la mise en œuvre des champs HITU	219
G.4 Corrections et sources d'incertitude de mesure.....	219
G.4.1 Incertitude de l'étalonnage de l'hydrophone.....	219
G.4.2 Balayage planaire	219
G.4.3 Facteur d'atténuation de l'eau: transducteurs non focalisants	220
G.4.4 Facteur d'atténuation de l'eau: transducteurs focalisants	220
G.4.5 Signal reçu de l'hydrophone.....	220
G.4.6 Intégration	221
G.4.7 Taille finie de l'hydrophone	221
G.4.8 Étendue partielle de l'intégration.....	221
G.4.9 Propagation non linéaire.....	222
G.4.10 Réponse directionnelle	222
G.4.11 Bruit	222
G.4.12 Intensité approchée par l'intensité déduite	222
Annexe H (informative) Propriétés de l'eau	223
H.1 Généralités	223
H.2 Coefficient d'atténuation pour la propagation dans l'eau.....	224
Bibliographie.....	225
Figure A.1 – Graphe de contour du faisceau: contours à -6 dB, -12 dB et -20 dB d'un transducteur 5 MHz présentant un rayon de courbure de $D = 50$ mm centré à la position 0,0 (centre bas du graphique).....	191
Figure A.2 – Types de focalisation géométrique.....	191
Figure A.3 – Options du transducteur.....	192
Figure A.4 – Paramètres pour la description d'un transducteur focalisant de géométrie connue.....	193
Figure A.5 – Paramètres de différence de trajectoire pour la description d'un transducteur focalisant de géométrie connue	193
Figure B.1 – Focalisation électronique le long de l'axe z par formation de faisceau d'émission dans le plan d'exploration xz	200
Figure B.2 – Paramètres de champ d'un transducteur non focalisant de géométrie connue (par exemple, les transducteurs de géométrie à symétrie circulaire présentent un diamètre de $2a$ et un axe du faisceau le long de l'axe z)	200
Figure B.3 – Géométrie de réseau phasé et construction d'une focalisation électronique dans le plan azimutal et lentille mécanique focalisant dans le plan d'élévation	200
Figure B.4 – Paramètres de champ d'un transducteur focalisant de géométrie connue.....	201
Figure B.5 – Définitions des mesurages de champ fondés sur la pression pour une géométrie de transducteur inconnue	201
Figure B.6 – Foyer de largeur de faisceau d'un transducteur de géométrie connue et d'un transducteur de géométrie inconnue.....	202
Figure B.7 – Paramètres de maximum de faisceau	203

Figure B.8 – Foyer de pression d'un transducteur de géométrie connue (cas de conception).....	203
Figure B.9 – Foyer de pression d'un transducteur de géométrie inconnue (cas de mesure)	204
Figure B.10 – Paramètres de surface du faisceau	204
Figure B.11 – Paramètres d'axe du faisceau: niveau de l'intégrale de pression d'impulsion au carré par rapport au maximum de faisceau en décibels (dB) en fonction de la distance axiale	205
Figure B.12 – Paramètres de tracé du faisceau.....	206
Figure B.13 – Schéma des différents plans et différentes lignes d'un champ ultrasonore d'un transducteur rectangulaire	207
Figure B.14 – Schéma des différents plans et différentes lignes d'un champ ultrasonore d'un transducteur circulaire	208
Figure C.1 – Balayage selon l'axe x à 9 cm de profondeur pour la première zone focale à centre de faisceau	210
Figure C.2 – Balayage selon l'axe x à 4,4 cm de profondeur pour la seconde zone focale.....	210
Figure D.1 – Faisceau asymétrique présentant la pression acoustique en fonction du nombre d'échantillons pour la méthode du point médian de largeur de faisceau.....	213
Figure F.1 – Schéma des degrés de liberté du transducteur ultrasonique et de l'hydrophone	216
Tableau C.1 – Écarts types pour les balayages x et y en employant trois méthodes de détermination du centre du faisceau	209
Tableau C.2 – Niveaux de largeur de faisceau en décibels (dB) pour la détermination des points médians	211
Tableau H.1 – Vitesse du son, c , et impédance acoustique caractéristique, ρc , en fonction de la température, pour la propagation dans l'eau.....	223

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ULTRASONS – TRANSDUCTEURS– DÉFINITIONS ET MÉTHODES DE
MESURE POUR LA FOCALISATION DES CHAMPS TRANSMIS**

AVANT-PROPOS

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

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

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2001. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) L'Article 6 relative aux procédures de mesure a été remplacé par l'Article 6: "Mesurage du champ acoustique: équipement", et par l'Article 7: "Procédure de mesure" et définitions connexes.

- b) Réorganisation des définitions et de la section relative aux mesurages pour établir un ensemble spécifique de mesurages pour la focalisation, la non-linéarité, l'alignement de l'axe du faisceau, la surface du faisceau, le maximum de faisceau, la projection numérique, l'onde plane, les ultrasons thérapeutiques de haute intensité, les sources multiples, la réponse impulsionnelle spatiale et les ondes planes composées. L'Article 3 a été transféré à l'Annexe B.
- c) Les références normatives ont été mises à jour et la Bibliographie étendue de 8 à 40 références.
- d) Douze figures ont été mises à jour et sept autres (Figures B.1, B.3, B.7, B.10, B.11, B.12, B.13, B.14) ont été ajoutées pour faciliter les mesurages et assurer la cohérence avec la terminologie de mesure.
- e) De nouveaux mesurages ont été ajoutés pour les délais de réponse, les réseaux, les ondes planes et la réponse impulsionnelle spatiale.
- f) L'Annexe A a été étendue pour fournir des recommandations générales relatives aux ondes à impulsions, aux réponses du système, aux gains de focalisation et à l'estimation de la largeur de faisceau minimale.
- g) De nouvelles annexes ont été ajoutées:
- Annexe B (informative) Justification des définitions des concepts de focalisation et de non-focalisation;
 - Annexe E (informative) Incertitudes;
 - Annexe F (informative) Systèmes de positionnement du transducteur et de l'hydrophone;
 - Annexe G (informative) Balayage planaire d'un hydrophone pour déterminer la puissance de sortie acoustique;
 - Annexe H (informative) Propriétés de l'eau.
- De plus, l'Annexe A a été réorganisée et de nouveaux Articles A.1, A.5 et A.6 ont été ajoutés.
- h) Des lignes directrices relatives aux éléments restants dans les limites du fabricant en matière de pression et d'intensité de l'hydrophone et la détermination de l'étendue de la non-linéarité dans le champ ont été ajoutées.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
87/746/FDIS	87/749/RVD

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

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

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

NOTE 1 Les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:

- Exigences: caractères romains
- Notes: petits caractères romains.
- Les termes en **gras** dans le texte sont définis à l'Article 3.

NOTE 2 La police des symboles et des formules présente certaines incohérences entre certaines références normatives et le présent document. Cette question sera résolue dans une future révision des références normatives.

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

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

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

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. Le présent document 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 le présent document, fondées sur des méthodes de mesure, permettent de déterminer les éventuelles propriétés de **focalisation** d'un transducteur dont les caractéristiques de champs sont inconnues. La méthode de mesure 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** et des mesurages de caractérisation du champ sont donnés pour les transducteurs **focalisants** et **non focalisants**.

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

1 Domaine d'application

Le présent document

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

Le présent document se réfère à des transducteurs ultrasoniques 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. Le présent document spécifie 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 ultrasonique émis pour une excitation spécifiée est mesuré par un hydrophone dans un milieu d'essai normalisé (de l'eau, par exemple) ou dans un milieu donné. Le présent document s'applique uniquement à des milieux dans lesquels le comportement du champ est essentiellement similaire à celui constaté dans un fluide (c'est-à-dire dans lesquels l'influence des ondes tourbillonnaires 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 sont 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.

Le présent document reprend, lorsque c'est possible, quelques définitions d'autres normes connexes et fournit une terminologie 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 suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 61689:2013, *Ultrasons – Systèmes de physiothérapie – Spécifications des champs et méthodes de mesure dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 5 MHz*

IEC 62127-3:2007, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 3: Propriétés des hydrophones pour les champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz*
IEC 62127-3:2007/AMD1:2013

IEC TS 62556:2014, *Ultrasonics – Field characterization – Specification and measurement of field parameters for high intensity therapeutic ultrasound (HITU) transducers and systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61161, *Ultrasons – Mesurage de puissance – Balances de forces de rayonnement et exigences de fonctionnement*

IEC 62555, *Ultrasons – Mesurage de puissance - Transducteurs et systèmes ultrasonores thérapeutiques de haute intensité (HITU)*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*