IEC 61828

Edition 2.0 2020-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Ultrasonics – Transducers – Definitions and measurement methods regarding focsusing 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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

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 –TRANSDUCERS – 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)*