IEC 61161

Edition 3.0 2013-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Ultrasonics – Power measurement – Radiation force balances and performance requirements

Ultrasons – Mesurage de puissance – Balances de forces de rayonnement et exigences de fonctionnement

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

X

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-83220-617-1

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 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
4 List of symbols 9
5 Requirements for radiation force balances 9
5.1 General 9
5.2 Target type 10
5.2.1 General 10
5.2.2 Absorbing target 10
5.2.3 Reflecting target 10
5.3 Target diameter 11
5.4 Balance/force measuring system 11
5.5 System tank 11
5.6 Target support structures 11
5.7 Transducer positioning 11
5.8 Anti-streaming foils 11
5.9 Transducer coupling 12
5.10 Calibration 12
6 Requirements for measuring conditions 12
6.1 Lateral target position 12
6.2 Transducer/target separation 12
6.3 Water 12
6.4 Water contact 13
6.5 Environmental conditions 13
6.6 Thermal drifts 13
7 Measurement uncertainty 13
7.1 General 13
7.2 Balance system including target suspension 13
7.3 Linearity and resolution of the balance system 13
7.4 Extrapolation to the moment of switching the ultrasonic transducer 14
7.5 Target imperfections 14
7.6 Reflecting target geometry 14
7.7 Lateral absorbers in the case of reflecting target measurements 14
7.8 Target misalignment 14
7.9 Ultrasonic transducer misalignment 14
7.10 Water temperature 14
7.11 Ultrasonic attenuation and acoustic streaming 14
7.12 Foil properties 14
7.13 Finite target size 15
7.14 Plane-wave assumption 15
7.15 Scanning influence 15
7.16 Environmental influences 15
7.17 Excitation voltage measurement 15
7.18 Ultrasonic transducer temperature 15

7.19 Nonlinearity 15
7.20 Acceleration due to gravity 15
7.21 Other sources 16
Annex A (informative) Additional information on various aspects of radiation force measurements 17
Annex B (informative) Basic formulae 30
Annex C (informative) Other methods of ultrasonic power measurement 36
Annex D (informative) Propagation medium and degassing 37
Annex E (informative) Radiation force measurement with diverging ultrasonic beams 38
Annex F (informative) Limitations associated with the balance arrangements 42
Bibliography 46

Figure 1 – Section through an absorbing target 16
Figure 2 – Linearity check: balance readout as a function of the input quantity 16
Figure E.1 – Piston result (oscillating curve) for P/cF as a function of ka 39
Figure E.2 – P/cF as a function of ka for four different pseudo-trapezoidal amplitude distributions 39
Figure E.3 – Ratio of the radiation conductance G as obtained using a convex-conical reflecting target to an absorbing target versus the value of ka [29] 41
Figure F.1 – Arrangement A 42
Figure F.2 – Arrangement B, with convex-conical reflecting target 43
Figure F.3 – Arrangement B, with absorbing target 43
Figure F.4 – Arrangement C, with absorbing target 43
Figure F.5 – Arrangement E, with absorbing (a) or concave-conical reflecting (b) target 43
Figure F.6 – Arrangement F, with convex-conical reflecting target 44
Figure F.7 – Arrangement F with absorbing target 44

Table F.1 – Advantages and disadvantages of different arrangements 45

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ULTRASONICS – POWER MEASUREMENT – RADIATION FORCE BALANCES AND PERFORMANCE REQUIREMENTS

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 61161 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. It constitutes a technical revision.

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

– whereas the second edition tacitly dealt with circular transducers only, the present edition as far as possible deals with both circular and rectangular transducers, including a number of symbols for rectangular transducers;
– attention is paid to focused cases and the influence of scanning has been added;
– the method of calibrating the radiation force balance now depends on whether the set-up is used as a primary or as secondary measurement tool;
– Annex B (basic formulae) has been updated and in Annex C the buoyancy change method is mentioned (see also future IEC 62555).

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

FDIS	Report on voting
87/520/FDIS	87/528/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.

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

NOTE The following print types are used:
- Requirements: in Arial 10 point
- Notes: in Arial 8 point
- Words in **bold** in the text are defined in Clause 3
- Symbols and formulae: *Times New Roman + Italic*.

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.

INTRODUCTION

A number of measuring methods exist for the determination of the total emitted power of ultrasonic transducers ([1], [2], [3][1], see also Annex C). The purpose of this International Standard is to establish standard methods of measurement of ultrasonic power in liquids in the lower megahertz frequency range based on the measurement of the radiation force using a gravimetric balance. The great advantage of radiation force measurements is that a value for the total radiated power is obtained without the need to integrate field data over the cross-section of the radiated sound beam. This standard identifies the sources of errors and describes a systematic step-by-step procedure to assess overall measurement uncertainty as well as the precautions that should be undertaken and uncertainties that should be taken into account while performing power measurements.

Basic safety requirements for ultrasonic physiotherapy devices are identified in IEC 60601-2-5 and make reference to IEC 61689, which specifies the need for acoustic power measurements with an uncertainty better than ± 15 % at a level of confidence of 95 %. Considering the usual degradation of accuracy in the practical application of this standard, reference measurement methods need to be established with uncertainties better than ± 7 %. Ultrasonic diagnostic device declaration requirements including acoustic power are specified in other IEC standards, as for example in IEC 61157.

The measurement of acoustic power accurately and repeatably using a radiation force balance as defined in this standard is influenced by a number of practical problems. As a guide to the user, additional information is provided in Annex A using the same section and clause numbering as the main body.

[1] Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

ULTRASONICS – POWER MEASUREMENT – RADIATION FORCE BALANCES AND PERFORMANCE REQUIREMENTS

1 Scope

This International Standard

- specifies a method of determining the total emitted acoustic power of ultrasonic transducers based on the use of a radiation force balance;
- establishes general principles for the use of radiation force balances in which an obstacle (target) intercepts the sound field to be measured;
- establishes limitations of the radiation force method related to cavitation and temperature rise;
- establishes quantitative limitations of the radiation force method in relation to diverging and focused beams;
- provides information on estimating the acoustic power for diverging and focused beams using the radiation force method;
- provides information on assessment of overall measurement uncertainties.

This International Standard is applicable to:

- the measurement of ultrasonic power up to 1 W based on the use of a radiation force balance in the frequency range from 0,5 MHz to 25 MHz;
- the measurement of ultrasonic power up to 20 W based on the use of a radiation force balance in the frequency range 0,75 MHz to 5 MHz;
- the measurement of total ultrasonic power in well-collimated, diverging and focused ultrasonic fields;
- the use of radiation force balances of the gravimetric type or force feedback type.

(See also Clause A.1)

NOTE 1 A focused beam is converging in the pre-focal range and diverging beyond focus.

NOTE 2 Ultrasonic power measurement in the high intensity therapeutic ultrasound (HITU) range, i.e. beyond 1 W or 20 W, respectively, is dealt with in the future IEC 62555.

2 Normative references

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

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 52
INTRODUCTION 54
1 Domaine d'application 55
2 Références normatives 55
3 Termes et définitions 55
4 Liste des symboles 57
5 Exigences pour les balances de forces de rayonnement 58
5.1 Généralités 58
5.2 Type de cibles 58
5.2.1 Généralités 58
5.2.2 Cible absorbante 58
5.2.3 Cible réfléchissante 58
5.3 Diamètre de cible 59
5.4 Balance/Système de mesurage de force 59
5.5 Réservoir du système 60
5.6 Structures de support de la cible 60
5.7 Positionnement du transducteur 60
5.8 Feuillets contre les courants 60
5.9 Couplage du transducteur 60
5.10 Etalonnage 60
6 Exigences pour les conditions de mesurage 61
6.1 Positionnement latéral de la cible 61
6.2 Distance du transducteur à la cible 61
6.3 Eau 61
6.4 Contact avec l'eau 61
6.5 Conditions d'environnement 61
6.6 Dérives thermiques 61
7 Incertitude de mesure 62
7.1 Généralités 62
7.2 Système de balance à suspension de cible 62
7.3 Linéarité et résolution du système de balance 62
7.4 Extrapolation au moment de la commutation du transducteur ultrasonore 62
7.5 Imperfections de la cible 62
7.6 Géométrie de la cible réfléchissante 63
7.7 Absorbeurs latéraux dans le cas de mesurages d'une cible réfléchissante 63
7.8 Désalignement de la cible 63
7.9 Désalignement du transducteur ultrasonore 63
7.10 Température de l'eau 63
7.11 Atténuation ultrasonore et courant acoustique 63
7.12 Propriétés de feuillet 63
7.13 Taille de cible finie 63
7.14 Hypothèse de l'onde plane 63
7.15 Influence du balayage 63
7.16 Influences de l'environnement 64
7.17 Mesurage de la tension d'excitation 64

7.18 Température du transducteur ultrasonore 64
7.19 Non-linéarité 64
7.20 Accélération due à la pesanteur 64
7.21 Autres sources 64
Annexe A (informative) Informations additionnelles concernant divers aspects des mesurages de force de rayonnement 66
Annexe B (informative) Formules fondamentales 79
Annexe C (informative) Autres méthodes de mesurage de la puissance ultrasonore 86
Annexe D (informative) Milieu de propagation et dégazage 87
Annexe E (informative) Mesurage de force de rayonnement avec faisceaux ultrasonores divergents 88
Annexe F (informative) Restrictions liées aux configurations de balance 93
Bibliographie 97

Figure 1 – Vue en coupe d'une cible absorbante 64
Figure 2 – Vérification de la linéarité: lecture de balance en fonction de la grandeur d'entrée 65
Figure E.1 – Résultat du piston (courbe oscillante) pour P/cF en fonction de KA 89
Figure E.2 – P/cF en fonction de ka pour quatre distributions d'amplitude pseudo-trapézoïdales différentes 89
Figure E.3 –Rapport de la conductance de rayonnement G obtenue en utilisant une cible réfléchissante conique convexe à une cible absorbante vis-à-vis de la valeur de ka [29] 91
Figure F.1 – Configuration A, à cible absorbante (a) ou réfléchissante (b) 93
Figure F.2 – Configuration B, à cible réfléchissante conique convexe 94
Figure F.3 – Configuration B, à cible absorbante 94
Figure F.4 – Configuration C, à cible absorbante 94
Figure F.5 – Configuration E, à cible absorbante (a) ou réfléchissante conique concave (b) 94
Figure F.6 – Configuration F, à cible réfléchissante conique convexe 95
Figure F.7 – Configuration F à cible absorbante 95

Tableau F.1 – Avantages et inconvénients des différentes configurations 96

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ULTRASONS – MESURAGE DE PUISSANCE – BALANCES DE FORCES DE RAYONNEMENT ET EXIGENCES DE FONCTIONNEMENT

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique 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 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI 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 CEI 61161 a été établie par le comité d'études 87 de la CEI: Ultrasons.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 2006. Elle constitue une révision technique.

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

– alors que la deuxième édition a implicitement traité des transducteurs circulaires uniquement, la présente édition traite dans la mesure du possible des transducteurs circulaires et rectangulaires et inclut également un certain nombre de symboles destinés aux transducteurs rectangulaires;
– une plus grande d'attention est accordée aux cas focalisés et l'influence du balayage a été ajoutée;

– la méthode d'étalonnage de la balance de forces de rayonnement dépend désormais de l'utilisation ou non de la configuration comme outil de mesure primaire ou secondaire;
– l'Annexe B (formules fondamentales) a été actualisée et l'Annexe C fait mention de la méthode de changement de flottabilité (voir aussi la future CEI 62555).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
87/520/FDIS	87/528/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.

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

NOTE Les caractères d'imprimerie suivants sont utilisés:
- Exigences: Arial 10 point
- Notes: Arial 8 point
- Les mots en **caractères gras** dans le texte sont définis à l'Article 3
- Les symboles et formules: *Times New Roman + Italique*

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 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.

INTRODUCTION

Il existe plusieurs méthodes de mesurage pour la détermination de la puissance totale émise par des transducteurs ultrasonores ([1], [2], [3] [1]; voir aussi l'Annexe C). L'objet de la présente Norme internationale est d'établir des méthodes normalisées de mesurage de la puissance ultrasonore dans des liquides dans la plage inférieure de fréquences mégahertz sur la base du mesurage de la force de rayonnement en utilisant une balance gravimétrique. L'avantage majeur du mesurage de la force de rayonnement est que la valeur de la puissance totale émise est obtenue sans qu'il soit nécessaire d'intégrer les données du champ sur la section du faisceau sonore rayonné. La présente norme énumère les sources d'erreurs et décrit une procédure pas à pas systématique pour évaluer les incertitudes de mesure globales ainsi que les précautions qu'il convient de prendre et les incertitudes qu'il convient de prendre en compte lors de l'exécution de mesurages de puissance.

Des exigences de sécurité de base pour des appareils de physiothérapie à ultrasons sont identifiées dans la CEI 60601-2-5 et font référence à la CEI 61689, qui spécifie le besoin de mesurages de puissance acoustique avec une incertitude inférieure à ± 15 % à un niveau de confiance de 95 %. En considérant la dégradation de précision habituelle lors de l'application pratique de cette norme, des méthodes de mesurage de référence sont à établir avec des incertitudes inférieures à ± 7 %. Des exigences de déclaration d'appareils de diagnostic à ultrasons incluant la puissance acoustique sont spécifiées dans d'autres normes CEI, telles que la CEI 61157.

Le mesurage fiable et répétable de la puissance acoustique en utilisant une balance de forces de rayonnement tel qu'il est défini dans la présente norme est influencé par un certain nombre de problèmes pratiques. Des informations supplémentaires sont fournies en Annexe A comme guide pour l'utilisateur, en employant la même numérotation de section et d'article que dans le corps principal du document.

---

1 Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

ULTRASONS – MESURAGE DE PUISSANCE – BALANCES DE FORCES DE RAYONNEMENT ET EXIGENCES DE FONCTIONNEMENT

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale

- spécifie une méthode pour déterminer la puissance acoustique totale émise par des transducteurs ultrasonores, basée sur l'usage d'une balance de forces de rayonnement;
- établit les principes généraux pour utiliser les balances de forces de rayonnement dans lesquelles un obstacle dénommé cible intercepte le champ acoustique à mesurer;
- établit des limitations de la méthode de forces de rayonnement relatives à la cavitation et à l'élévation de la température;
- établit des limitations quantitatives de la méthode de forces de rayonnement par rapport aux faisceaux divergents et focalisés;
- fournit des informations concernant l'évaluation de la puissance acoustique pour les faisceaux divergents et focalisés par la méthode de la force de rayonnement;
- fournit des informations concernant l'évaluation des incertitudes de mesure globales.

La présente Norme internationale est applicable:

- au mesurage de la puissance ultrasonore jusqu'à 1 W par utilisation d'une balance de forces de rayonnement dans la plage de fréquences de 0,5 MHz à 25 MHz;
- au mesurage de la puissance ultrasonore jusqu'à 20 W par utilisation d'une balance de forces de rayonnement dans la plage de fréquences de 0,75 MHz à 5 MHz;
- au mesurage de la puissance ultrasonore totale de transducteurs dans des champs ultrasonores possédant une bonne collimation, divergents et focalisés;
- à l'utilisation de balances de forces de rayonnement de type gravimétrique ou à retour de force.

(Voir également l'Article A.1)

NOTE 1 Un faisceau focalisé est convergent dans la gamme pré-focale et divergent dans la gamme post-focale.

NOTE 2 Le mesurage de la puissance ultrasonore dans la gamme des ultrasons focalisés de haute intensité à usage thérapeutique (UFHI), c'est-à-dire au-delà de 1 W ou 20 W, respectivement, est traité dans la future CEI 62555.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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, *Ultrasons – Systemes de physiothérapie – Spécifications des champs et méthodes de mesure dans la gamme de fréquences de 0,5 MHz à 5 MHz*