



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



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.**

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 $\pm 15\%$ 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 $\pm 7\%$. 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 Feuilletts 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 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 $\pm 15\%$ 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 $\pm 7\%$. 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*