IEC 61391-2

Edition 1.0 2010-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Ultrasonics – Pulse-echo scanners – Part 2: Measurement of maximum depth of penetration and local dynamic range

Ultrasons – Scanners à impulsion et écho – Partie 2: Mesure de la profondeur maximale de pénétration et de la plage dynamique locale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-88912-019-2

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

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 8
2 Normative references 8
3 Terms and definitions 8
4 General requirement 13
5 Environmental conditions 13
6 Equipment and data required 14
6.1 General 14
6.2 Phantoms 14
6.2.1 Phantoms required 14
6.2.2 Phantom for maximum depth of penetration 14
6.2.3 Phantoms to estimate local dynamic range 15
6.3 Test equipment for measuring local dynamic range 15
6.4 Digitized image data 17
7 Measurement methods 19
7.1 System sensitivity: maximum depth of penetration 19
7.1.1 Scanning system settings 19
7.1.2 Image acquisition 19
7.1.3 Analysis 20
7.2 Local dynamic range 22
7.2.1 Scanning system settings 22
7.2.2 Measurement method 22
7.2.3 Type II testing for measuring local dynamic range 23
7.2.4 Estimating local dynamic range using backscatter contrast 24
Annex A (informative) Phantom for Determining Maximum Depth of Penetration 26
Annex B (informative) Local dynamic range using acoustical test objects 28
Bibliography 35

Figure 1 – Arrangement for measuring local dynamic range using an acoustic-signal injection technique 16
Figure 2 – Arrangement for measuring local dynamic range using an acoustically-coupled burst generator 17
Figure 3 – Image of the penetration phantom 20
Figure 4 – Mean digitized image data value vs. depth for the phantom image data ($A(j)$) and for the noise image data ($A'(j)$) 21
Figure 5 – Digitized-image data vs. attenuator setting during local dynamic range measurements using acoustic signal injection 23
Figure 6 – Image of phantom with inclusions (circles) 24
Figure 7 – Ensemble-average mean pixel value vs. backscatter contrast of inclusions 25
Figure A.1 – Phantom for maximum depth of penetration tests 26
Figure B.1 – Possible arrangement of reflectors for determining local dynamic range 29
Figure B.2 – Displayed intensity (or image pixel value) vs. reflector reflection coefficient 30

Figure B.3 – Flat ended wire test object for determining local dynamic range 32
Figure B.4 – The experimentally observed backscattering cross section of flat-ended stainless-steel wires as a function of diameter for three frequencies: △ 9.6 MHz; □: 4.8 MHz; ◇: 2.4 MHz [33] 33

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ULTRASONICS – PULSE-ECHO SCANNERS –

Part 2: Measurement of maximum depth of penetration and local dynamic range

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 61391-2 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics.

This bilingual version, published in 2010-06, corresponds to the English version.

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

Enquiry draft	Report on voting
87/400/CDV	87/426/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

Terms in **bold** in the text are defined in Clause 3.

A list of all parts of the IEC 61391 series, published under the general title *Ultrasonics – Pulse-echo scanners,* can be found on the IEC website.

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

An ultrasonic pulse-echo scanner produces images of tissue in a scan plane by sweeping a narrow pulsed beam of ultrasound through the section of interest and detecting the echoes generated by reflection at tissue boundaries and by scattering within tissues. Various transducer types are employed to operate in a transmit/receive mode to generate/detect the ultrasonic signals. Ultrasonic scanners are widely used in medical practice to produce images of soft-tissue organs throughout the human body.

This standard is being published in two or more parts:

- Part 1 deals with techniques for calibrating spatial measurement systems and measurement of system point spread function response;
- Part 2 deals with measurement of system sensitivity (maximum depth of penetration) and local dynamic range.

This standard describes test procedures for measuring the **maximum depth of penetration** and the **local dynamic range** of these imaging systems. Procedures should be widely acceptable and valid for a wide range of types of equipment. Manufacturers should use the standard to prepare their specifications; users should employ the standard to check performance against those specifications. The measurements can be carried out without interfering with the normal working conditions of the machine.

Typical phantoms are described in Annex A. The structures of the phantoms are not specified in detail; instead, suitable types of overall and internal structures for phantoms are described. Similar commercial versions of these test objects are available. The specific structure of a test object selected by the user should be reported with the results obtained when using it.

The performance parameters described herein and the corresponding methods of measurement have been chosen to provide a basis for comparison between similar types of apparatus of different makes but intended for the same kind of diagnostic application. The manufacturer's specifications of **maximum depth of penetration** and **local dynamic range** must allow comparison with the results obtained from the tests described in this standard. It is intended that the sets of results and values obtained from the use of the recommended methods will provide useful criteria for predicting performance with respect to these parameters for equipment operating in the 1 MHz to 15 MHz frequency range. However, availability and some specifications of test objects, such that they are similar to tissue in vivo, are still under study for the frequency range 10 MHz to15 MHz.

The procedures recommended in this standard are in accordance with IEC 60601-1 [1] and IEC 61391-1.

Where a diagnostic system accommodates more than one option in respect of a particular system component, for example the transducer, it is intended that each option be regarded as a separate system. However, it is considered that the performance of a machine for a specific task is adequately specified if measurements are undertaken for the most significant combinations of machine control settings and accessories. Further evaluation of equipment is obviously possible but this should be considered as a special case rather than a routine requirement.

The paradigm used for the framework of this standard is to consider the ultrasound imaging system to be composed architecturally of a front-end (generally consisting of the ultrasound transducer, amplifiers, digitizers and beamformer), a back-end (generally consisting of signal conditioning, image formation, image processing and scan conversion) and a display (generally consisting of a video monitor but also including any other output device). Under ideal conditions it would be possible for users to test performance of these components of the system independently. It is recognized, however, that some systems and lack of some laboratory resources might prevent this full range of measurements. Thus, the specifications and measurement methods described in this standard refer to image data that are provided in

a digitalized format by the ultrasound machine and that can be accessed by users. Some scanners do not provide access to digitized image data. For this group of scanners, tests can be done by utilizing frame grabbers to record images. Data can then be analyzed in a computer in the same manner as for image data provided directly by the scanner.

ULTRASONICS – PULSE-ECHO SCANNERS –

Part 2: Measurement of maximum depth of penetration and local dynamic range

1 Scope

This part of IEC 61391 defines terms and specifies methods for measuring the **maximum depth of penetration** and the **local dynamic range** of real-time ultrasound B-MODE scanners. The types of transducers used with these scanners include:

– mechanical probes;
– electronic phased arrays;
– linear arrays;
– curved arrays;
– two-dimensional arrays;
– three-dimensional scanning probes based on a combination of the above types.

All scanners considered are based on pulse-echo techniques. The test methodology is applicable for transducers operating in the 1 MHz to 15 MHz frequency range operating both in fundamental mode and in harmonic modes that extend to 15 MHz. However, testing of harmonic modes above 15 MHz is not covered by this standard.

NOTE Phantom manufacturers are encouraged to extend the frequency range to which phantoms are specified to enable tests of systems operating at fundamental and harmonic frequencies above 15 MHz.

2 Normative references

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

IEC 61391-1:2006, *Ultrasonics – Pulse-echo scanners – Part 1:Techniques for calibrating spatial measurement systems and measurement of system point spread function response*

IEC 62127-1:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 40
INTRODUCTION 42
1 Domaine d'application 44
2 Références normatives 44
3 Termes et définitions 44
4 Exigence générale 50
5 Conditions d'environnement 50
6 Équipements et données exigées 50
6.1 Généralités 50
6.2 Fantômes 50
6.2.1 Fantômes requis 50
6.2.2 Fantôme pour mesurer la profondeur maximale de pénétration 50
6.2.3 Fantôme pour l'évaluation de la plage dynamique locale 51
6.3 Équipement d'essai destiné à mesurer la plage dynamique locale 51
6.4 Données d'image numérisée 54
7 Méthodes de mesure 56
7.1 Sensibilité du système: profondeur maximale de pénétration 56
7.1.1 Réglages du système de balayage 56
7.1.2 Acquisition d'image 56
7.1.3 Analyse 57
7.2 Plage dynamique locale 59
7.2.1 Réglages du système de balayage 59
7.2.2 Méthode de mesure 59
7.2.3 Essais du type II relatifs aux mesures de la plage dynamique locale 60
7.2.4 Estimation de la plage dynamique locale en utilisant le contraste de rétrodiffusion 61
Annexe A (informative) Fantôme destiné à déterminer la profondeur maximale de pénétration 63
Annexe B (informative) Mesure de la plage dynamique locale utilisant des objets d'essai acoustiques 65
Bibliographie 72

Figure 1 – Configuration de mesure de la plage dynamique locale utilisant une technique d'injection de signal acoustique 53
Figure 2 – Configuration de mesure de la plage dynamique locale utilisant un générateur de salves couplé acoustiquement 54
Figure 3 – Image du fantôme destiné à l'essai de pénétration 57
Figure 4 – Valeurs moyennes des données d'image numérisée en fonction de la profondeur, relatives aux données d'image du fantôme ($A(j)$) et aux données d'image de bruit ($A'(j)$) 58
Figure 5 – Données d'image numérisée en fonction du réglage de l'atténuateur lors des mesures de la plage dynamique locale en utilisant l'injection de signal acoustique 60
Figure 6 – Image de fantôme avec inclusions (cercles) 61
Figure 7 – Valeur moyenne des pixels de l'ensemble statistique en fonction du contraste de rétrodiffusion des inclusions 62

Figure A.1 – Fantôme destiné aux essais de profondeur maximale de pénétration 63
Figure B.1 – Configuration possible des réflecteurs pour déterminer la plage dynamique locale 66
Figure B.2 – Intensité affichée (ou valeur de pixel de l'image) en fonction du coefficient de réflexion des réflecteurs 67
Figure B.3 – Objet d'essai en fils à bouts plats pour déterminer la plage dynamique locale 69
Figure B.4 – Surfaces efficaces de réverbération de fils d'acier inoxydable à bouts plats, observées expérimentalement, en fonction du diamètre des fils, pour trois fréquences: △ 9,6 MHz; □: 4,8 MHz; ◇: 2,4 MHz [33] 70

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

ULTRASONS – SCANNERS À IMPULSION ET ÉCHO –

Partie 2: Mesure de la profondeur maximale de pénétration et de la plage dynamique locale

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61391-2 a été établie par le comité d'études 87 de la CEI: Ultrasons.

La présente version bilingue, publiée en 2010-06, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 87/400/CDV et 87/426/RVC.

Le rapport de vote 87/426/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Les termes en caractères **gras** dans le texte sont définis à l'Article 3.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61391, présentée sous le titre général *Ultrasons – Scanners à impulsion et écho*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

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

Un scanner ultrasonique à impulsion et écho produit des images de tissus dans un plan de balayage, en balayant un faisceau pulsé étroit d'ultrasons à travers la section examinée et en détectant les échos générés par réflexion aux limites du tissu et par diffusion acoustique dans les tissus. De nombreux types de transducteurs ultrasoniques sont utilisés pour fonctionner en mode émetteur-récepteur, afin de générer/détecter les signaux ultrasoniques. Les scanners ultrasoniques sont largement employés dans les applications médicales afin de produire des images d'organes à tissus mous de l'ensemble du corps humain.

La présente Norme est destinée à être publiée en deux parties ou plus:

- La Partie 1 traitant des techniques d'étalonnage des systèmes de mesure spatiaux et des mesures de la réponse de la fonction de dispersion ponctuelle du système;
- La Partie 2 traitant du mesurage de la sensibilité du système (profondeur maximale de pénétration) et de la plage dynamique locale.

La présente norme décrit les procédures d'essai destinées à mesurer la **profondeur maximale de pénétration** et la **plage dynamique locale** de ces systèmes d'imagerie. Il convient que les procédures soient largement acceptables et valides pour de nombreux types d'appareils. Il convient que les fabricants utilisent la norme pour préparer leurs spécifications; il convient que les utilisateurs utilisent la norme pour vérifier les performances par rapport aux spécifications. Les mesures peuvent être réalisées sans interférer avec les conditions de fonctionnement normales de l'appareil.

Les fantômes typiques sont décrits à l'Annexe A. Les structures des fantômes ne sont pas spécifiées en détail; à la place, des types appropriés de structures générales et internes de fantômes sont décrits. Des versions similaires commercialisées de ces objets d'essai sont disponibles. Il est recommandé que la structure spécifique de l'objet d'essai sélectionnée par l'utilisateur soit indiquée dans les résultats obtenus en l'utilisant.

Les paramètres de performance décrits ici et les méthodes de mesure correspondantes ont été choisis pour fournir une base de comparaison entre des types d'appareils similaires de différentes marques, mais destinés aux mêmes types d'applications diagnostiques. Il faut que les spécifications du fabricant concernant la **profondeur maximale de pénétration** et la **plage dynamique locale** permettent la comparaison avec les résultats obtenus à partir des essais décrits dans la présente norme. L'objectif de la norme est qu'un ensemble de résultats et de valeurs obtenus par l'utilisation des méthodes recommandées puisse fournir des critères utiles de prédiction des performances relatives à ces paramètres, pour des appareils fonctionnant dans la gamme des fréquences de 1 MHz à 15 MHz. Cependant, certaines spécifications d'objets d'essai, comme celles similaires au tissu in vivo, sont toujours à l'étude pour la gamme des fréquences de 10 MHz à 15 MHz et ne sont donc pas disponibles.

Les procédures recommandées dans la présente norme sont conformes à la CEI 60601-1 [1] et à la CEI 61391-1.

Lorsqu'un système de diagnostic comporte plusieurs options pour un composant particulier du système (par exemple le transducteur), l'objectif est que chaque option soit considérée comme correspondant à un système différent. Toutefois, la performance d'une machine pour une tâche spécifique est considérée comme spécifiée correctement, si des mesures sont réalisées pour les combinaisons les plus significatives des réglages de contrôle et des accessoires de l'appareil. Une évaluation additionnelle de l'appareil est manifestement possible, mais il convient qu'elle ne soit envisagée que pour des cas particuliers et non comme une exigence routinière.

Le paradigme utilisé pour élaborer la structure de la présente Norme est de considérer que le système d'imagerie ultrasonique doit avoir l'architecture suivante: un dispositif frontal (comprenant généralement le transducteur ultrasonique, des amplificateurs, des convertisseurs analogiques/numériques et le conformateur de faisceau), un dispositif dorsal

(comprenant généralement le traitement du signal, la formation d'image, le traitement d'image et la conversion de balayage) et un dispositif d'affichage (comprenant généralement un moniteur vidéo, mais également tout autre périphérique de sortie). Dans des conditions idéales, il serait possible que les utilisateurs soumettent à l'essai, indépendamment, les performances de ces éléments du système. Cependant, il est manifeste, que certains systèmes et le manque de ressources de certains laboratoires pourraient entraîner la non-réalisation de toutes ces mesures. Par conséquent, les spécifications et les méthodes de mesure décrites dans la présente norme ont trait aux données d'image, auxquelles les utilisateurs peuvent accéder; celles-ci sont fournies par la machine à ultrasons dans un format numérisé. Certains scanners ne permettent pas d'accéder aux données d'image numérisée. Pour ce groupe de scanners, les essais peuvent être faits en utilisant des numériseurs vidéo pour enregistrer les images. Les données d'image peuvent alors être analysées à l'aide d'un ordinateur, de la même manière que si elles avaient été fournies directement par le scanner.

ULTRASONS – SCANNERS À IMPULSION ET ÉCHO –

Partie 2: Mesure de la profondeur maximale de pénétration et de la plage dynamique locale

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61391 définit les termes et spécifie les méthodes de mesure de la **profondeur maximale de pénétration** et de la **plage dynamique locale** des scanners ultrasoniques en temps réel, en mode B. Les types de transducteurs utilisés avec ces scanners comprennent ce qui suit:

– sondes à balayage mécanique;
– réseaux de phase électroniques;
– réseaux linéaires (barrettes);
– réseaux courbes;
– réseaux bidimensionnels;
– sondes à balayage tridimensionnel, basées sur une combinaison des types ci-dessus.

Tous les scanners considérés sont basés sur les techniques "impulsion et écho". La méthodologie d'essai est applicable aux transducteurs fonctionnant dans la gamme des fréquences entre 1 MHz et 15 MHz, en mode fondamental et en modes harmoniques allant jusqu'à 15 MHz. Toutefois, les essais en modes harmoniques, au-dessus de 15 MHz, ne sont pas couverts par la présente norme.

NOTE Les fabricants de fantômes sont encouragés à étendre la gamme des fréquences pour laquelle ceux-ci sont spécifiés, afin de permettre les essais des systèmes fonctionnant à des fréquences fondamentales et harmoniques supérieures à 15 MHz.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 61391-1:2006, *Ultrasons – Scanners à impulsion et écho – Partie 1: Techniques pour l'étalonnage des systèmes de mesure spatiaux et des mesures de la réponse de la fonction de dispersion ponctuelle du système*

IEC 62127-1:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz* (disponible en anglais seulement)