

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Ultrasonics – Hydrophones –
Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields**

**Ultrasons – Hydrophones –
Partie 3: Propriétés des hydrophones pour les champs ultrasoniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-8322-6210-8

**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, definitions and symbols	7
4 List of symbols	11
5 Hydrophone characteristics	11
5.1 General	11
5.2 Basic information	11
5.3 Sensitivity	12
5.4 Frequency response	13
5.4.1 Stated frequency band	13
5.4.2 Frequency dependence	13
5.5 Directional response	13
5.5.1 General	13
5.5.2 Determination of the directional response	13
5.5.3 Symmetry of directional response	14
5.6 Effective hydrophone size	15
5.6.1 General	15
5.6.2 Model of directional response	15
5.6.3 Fitting of experimental response to theoretical predictions	16
5.7 Dynamic range, linearity and electromagnetic interference	16
5.8 Electric output characteristics	17
5.8.1 Hydrophone without pre-amplifier	17
5.8.2 Hydrophone assembly	18
5.8.3 Output lead configuration	18
5.9 Environmental aspects	18
5.9.1 Temperature range	18
5.9.2 Water tightness	18
5.9.3 Water properties and incompatible materials	18
5.9.4 Exposed material	18
5.10 Guidance manual	19
5.11 List of hydrophone characteristics	19
Annex A (informative) Examples of information on hydrophone properties	20
A.1 General	20
A.2 Basic information	20
A.3 Sensitivity and frequency response	20
A.4 Directional response	23
A.5 Effective dimension	23
A.6 Dynamic range, linearity and electromagnetic interference	25
A.6.1 Lower dynamic limit	25
A.6.2 Upper dynamic limit	25
A.7 Electric output characteristics	25
A.8 Environmental aspects	25
Annex B (informative) Rationale	27

B.1	General.....	27
B.2	Changes to the determination of directional response	27
B.3	Changes to the determination of effective radius.....	27
Annex C (informative) Membrane hydrophone directivity model		29
C.1	General.....	29
C.2	Details of model.....	29
Bibliography.....		30
Figure A.1 – Frequency response of 0,2 mm needle hydrophone in the range 1 MHz to 40 MHz		21
Figure A.2 – Frequency response of 0,2 mm needle hydrophone in the range 100 kHz to 1 MHz		22
Figure A.3 – Directional response of 0,2 mm needle hydrophone		23
Figure A.4 – Effective radius of 0,2 mm needle hydrophone		24
Figure A.5 – Comparison of modelled and experimentally derived directional response		24
Table A.1 – Example of basic information for 0,2 mm needle hydrophone assembly		20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ULTRASONICS – HYDROPHONES –

Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic 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.

IEC 62127-3 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2007 and Amendment 1:2013. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) The upper frequency limit of 40 MHz has been removed.
- b) Hydrophone sensitivity definitions have been changed to recognize sensitivities as complex-valued quantities.
- c) Procedures to determine the effective hydrophone size have been changed according to the rationale outlined in Annex B.
- d) Requirements on the frequencies for which the effective hydrophone size shall be provided have been changed to achieve practicality for increased frequency bands.
- e) The new Annex B and Annex C have been added.

f) Annex A has been updated to reflect the changes of the normative parts.

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

Draft	Report on voting
87/818/FDIS	87/824/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of IEC 62127 series, published under the general title *Ultrasonics – Hydrophones*, can be found on the IEC website.

NOTE Words in **bold** in the text are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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

The spatial and temporal distribution of acoustic pressure in an ultrasonic field in a liquid medium is commonly determined using miniature ultrasonic **hydrophones**. The properties of these **hydrophones** have been dealt with in a number of IEC standards in various aspects. The purpose of this document is to bring together all these specifications and to establish a common standard on the properties of ultrasonic **hydrophones**. The main **hydrophone** application in this context is the measurement of ultrasonic fields emitted by medical diagnostic equipment in water. Other medical applications are field measurements for therapy equipment such as that used in lithotripsy, high-intensity focused ultrasound (HIFU) and physiotherapy. **Hydrophones** are also used extensively in non-medical applications for both product development and quality control including:

- mapping of the ultrasound field within ultrasonic cleaning baths;
- characterization of acoustic fields used in transmission measurement systems (e.g. ultrasonic spectrometers, ultrasonic attenuation meters and velocimeters);
- characterization of acoustic fields used in reflection measurement systems (e.g. Doppler flowmeters).

While the term **hydrophone** can be used in a wider sense, it is understood here as referring to miniature piezoelectric **hydrophones**. It is this instrument type that is used today in various areas of ultrasonics and, in particular, to quantitatively characterize the field structure of medical diagnostic instruments. With regard to other pressure sensor types, such as those based on fibre optics, some of the requirements of this document are applicable to these as well but others are not. If in the future these other **hydrophone** types gain more importance in field measurement practice, their properties will have to be dealt with in a revised version of this document or in a separate one.

Underwater **hydrophones** as covered by IEC 60500, IEC 60565-1, and IEC 60565-2 are not included in this document, although there is an overlap in the frequency ranges. Underwater **hydrophones** are used in natural waters, even in the ocean, and this leads to different technical concepts and requirements. In addition, the main direction of acoustic incidence in underwater applications is at various angles and often at right angles to the **hydrophone axis**, whereas in this document it is assumed that the main direction of acoustic incidence is in the direction of the **hydrophone axis**.

Historically, ultrasonic **hydrophones** were used almost exclusively as amplitude sensors. However, the complex-valued nature of a **hydrophone's** system response function is well understood and IEC 62127-1:2022 makes use of this within the deconvolution procedures it contains. In this document, requirements are specified for the amplitude aspect of the **hydrophone** sensitivity and recommendations are provided for the phase aspect which can be derived either via calibration, or via calculation methods that are discussed in IEC 62127-1:2022.

ULTRASONICS – HYDROPHONES –

Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields

1 Scope

This part of IEC 62127 specifies relevant **hydrophone** characteristics.

This document is applicable to:

- **hydrophones** employing piezoelectric sensor elements, designed to measure the pulsed and continuous wave ultrasonic fields generated by ultrasonic equipment;
- **hydrophones** used for measurements made in water;
- **hydrophones** with or without an associated pre-amplifier.

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 62127-1, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields*

IEC 62127-2, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	34
INTRODUCTION	36
1 Domaine d'application	37
2 Références normatives	37
3 Termes, définitions et symboles	37
4 Liste des symboles	41
5 Caractéristiques des hydrophones	41
5.1 Généralités	41
5.2 Informations de base	41
5.3 Sensibilité	42
5.4 Réponse en fréquence	43
5.4.1 Bande de fréquences indiquée	43
5.4.2 Dépendance vis-à-vis de la fréquence	43
5.5 Réponse directionnelle	44
5.5.1 Généralités	44
5.5.2 Détermination de la réponse directionnelle	44
5.5.3 Symétrie de la réponse directionnelle	45
5.6 Taille efficace de l'hydrophone	45
5.6.1 Généralités	45
5.6.2 Modèle de réponse directionnelle	45
5.6.3 Ajustement de la réponse expérimentale aux prédictions théoriques	46
5.7 Plage dynamique, linéarité et brouillages électromagnétiques	47
5.8 Caractéristiques de la sortie électrique	48
5.8.1 Hydrophone sans préamplificateur	48
5.8.2 Ensemble d'hydrophones	49
5.8.3 Configuration des fils de sortie	49
5.9 Aspects liés à l'environnement	49
5.9.1 Plage de températures	49
5.9.2 Étanchéité à l'eau	49
5.9.3 Propriétés de l'eau et matériaux incompatibles	49
5.9.4 Matériau exposé	49
5.10 Manuel de recommandations	49
5.11 Liste des caractéristiques de l'hydrophone	50
Annexe A (informative) Exemples d'informations relatives aux propriétés de l'hydrophone	51
A.1 Généralités	51
A.2 Informations de base	51
A.3 Sensibilité et réponse en fréquence	51
A.4 Réponse directionnelle	54
A.5 Taille efficace	55
A.6 Plage dynamique, linéarité et brouillages électromagnétiques	56
A.6.1 Limite dynamique inférieure	56
A.6.2 Limite dynamique supérieure	56
A.7 Caractéristiques de la sortie électrique	56
A.8 Aspects liés à l'environnement	56
Annexe B (informative) Justification	58

B.1	Généralités	58
B.2	Modifications apportées à la détermination de la réponse directionnelle	58
B.3	Modifications apportées à la détermination du rayon efficace.....	58
Annexe C (informative) Modèle de directivité des hydrophones à membrane		60
C.1	Généralités	60
C.2	Détails du modèle	60
Bibliographie.....		61
Figure A.1 – Réponse en fréquence d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm dans la plage de 1 MHz à 40 MHz.....		52
Figure A.2 – Réponse en fréquence d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm dans la plage de 100 kHz à 1 MHz.....		53
Figure A.3 – Réponse directionnelle d'un hydrophone à aiguille de 0,2 mm		54
Figure A.4 – Rayon efficace de l'hydrophone à aiguille de 0,2 mm.....		55
Figure A.5 – Comparaison entre la réponse directionnelle modélisée et la réponse directionnelle déterminée par expérimentation		55
Tableau A.1 – Exemple d'informations de base pour un ensemble d'hydrophones à aiguille de 0,2 mm.....		51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ULTRASONS – HYDROPHONES –

Partie 3: Propriétés des hydrophones pour les champs ultrasoniques

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. A 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.

L'IEC 62127-3 a été établie par le comité d'études 87 de l'IEC: Ultrasons. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2007 et son amendement 1:2013. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) La limite de fréquence supérieure de 40 MHz a été supprimée.
- b) Les définitions de la sensibilité de l'hydrophone ont été modifiées afin de reconnaître les sensibilités comme des grandeurs à valeur complexe.
- c) Les procédures de détermination de la taille efficace de l'hydrophone ont été modifiées conformément à la justification donnée à l'Annexe B.

- d) Les exigences relatives aux fréquences pour lesquelles doit être fournie la taille efficace de l'hydrophone ont été modifiées afin de tenir compte des bandes de fréquences supérieures.
- e) De nouvelles annexes ont été ajoutées (Annexe B et Annexe C).
- f) L'Annexe A a été mise à jour afin de refléter les modifications apportées aux parties normatives.

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

Projet	Rapport de vote
87/818/FDIS	87/824/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62127, publiées sous le titre général *Ultrasons – Hydrophones*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

INTRODUCTION

La répartition spatiale et temporelle de la pression acoustique d'un champ ultrasonique en milieu liquide est généralement déterminée à l'aide d'**hydrophones** à ultrasons miniatures. Les propriétés de ces **hydrophones** ont été traitées sous différents aspects dans plusieurs normes de l'IEC. Le présent document a pour objet de compiler l'ensemble de ces spécifications et d'établir une norme commune pour les propriétés des **hydrophones** à ultrasons. Dans ce cadre, la principale application des **hydrophones** est la mesure des champs ultrasoniques émis par les appareils de diagnostic médical immergés dans l'eau. D'autres applications médicales consistent à mesurer les champs des appareils de thérapie comme ceux utilisés en lithotritie, en ultrasons focalisés de haute intensité (UFHI) et en physiothérapie. Les **hydrophones** sont également utilisés couramment dans les applications non médicales pour le développement de produits et le contrôle qualité, notamment:

- la cartographie du champ ultrasonique dans les bains de nettoyage à ultrasons;
- la caractérisation des champs acoustiques utilisés dans les systèmes de mesure de la transmission (spectromètres à ultrasons, appareils de mesure d'affaiblissement ultrasoniques et vélocimètres, par exemple);
- la caractérisation des champs acoustiques utilisés dans les systèmes de mesure par réflexion (débitmètres Doppler, par exemple).

Si le terme **hydrophone** peut être utilisé dans un sens plus large, il fait référence ici aux **hydrophones** piézoélectriques miniatures. Il s'agit d'un type d'instrument de mesure utilisé aujourd'hui dans différents domaines des ultrasons, notamment pour caractériser de manière quantitative la structure du champ des instruments de diagnostic médical. Concernant les autres types de capteurs de pression, comme les capteurs fibroniques, certaines exigences du présent document s'appliquent à des capteurs particuliers seulement. Si les méthodes de mesure de champ ultérieures privilégient d'autres types d'**hydrophones**, leurs propriétés devront être traitées dans une version révisée du présent document ou dans un document distinct.

Les **hydrophones** en milieu sous-marin couverts par l'IEC 60500, l'IEC 60565-1 et l'IEC 60565-2 ne sont pas traités dans le présent document, malgré un chevauchement dans les plages de fréquences. Les **hydrophones** en milieu sous-marin sont utilisés en eaux naturelles, et même dans l'océan, ce qui aboutit à différents concepts techniques et différentes exigences. En outre, la direction principale de l'incidence acoustique dans les applications sous-marines est décrite par plusieurs angles et souvent par des angles droits par rapport à l'**axe de l'hydrophone**, alors que le présent document admet par hypothèse que la direction principale de l'incidence acoustique est la direction de l'**axe de l'hydrophone**.

Historiquement, les **hydrophones** à ultrasons étaient pratiquement utilisés exclusivement comme détecteurs d'amplitude. Cependant, la nature à valeur complexe de la fonction de réponse du système d'un **hydrophone** est bien comprise et l'IEC 62127-1:2022 l'utilise dans ses procédures de déconvolution. Dans le présent document, les exigences sont spécifiées en se fondant sur les aspects liés à l'amplitude de la sensibilité de l'**hydrophone** et des recommandations sont fournies pour les aspects liés à la phase qui peut être déterminée par étalonnage ou à l'aide des méthodes de calcul décrites dans l'IEC 62127-1:2022.

ULTRASONS – HYDROPHONES –

Partie 3: Propriétés des hydrophones pour les champs ultrasoniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62127 spécifie les caractéristiques pertinentes des **hydrophones**.

Le présent document s'applique:

- aux **hydrophones** qui utilisent des capteurs piézoélectriques conçus pour mesurer les champs ultrasoniques à ondes par impulsions et entretenues générés par les appareils à ultrasons;
- aux **hydrophones** utilisés pour les mesurages réalisés dans l'eau;
- aux **hydrophones** avec ou sans préamplificateur associé.

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 mentionnée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 62127-1, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 1: Mesurage et caractérisation des champs ultrasoniques médicaux*

IEC 62127-2, *Ultrasons – Hydrophones – Partie 2: Étalonnage des champs ultrasoniques jusqu'à 40 MHz*