

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Underwater acoustics – Calibration of acoustic wave vector receivers in the frequency range 5 Hz to 10 kHz

Acoustique sous-marine – Étalonnage des récepteurs vectoriels d’ondes acoustiques dans la plage de fréquences de 5 Hz à 10 kHz

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-8322-8123-9

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 List of symbols	14
5 Relationship of vector quantities in sound field	16
6 General procedures for calibration.....	17
6.1 General calibration requirements	17
6.1.1 Types of calibration	17
6.1.2 Acoustic field requirements.....	17
6.2 Acoustic standing wave tube requirements.....	18
6.2.1 Requirements for standing wave tube [8]	18
6.2.2 Requirements for immersed depth of transducers	19
6.3 Acoustic travelling wave tube requirements.....	20
6.3.1 Requirements for driving signal	20
6.3.2 Requirements for the travelling wave tube	20
6.4 Equipment requirements	20
6.4.1 Calibration facility	20
6.4.2 Instrumentation.....	21
6.5 Positioning and alignment	23
6.5.1 Coordinate system.....	23
6.5.2 Reference direction	23
6.5.3 Transducer mounting and support.....	23
6.5.4 Alignment	24
6.6 Representation of the frequency response	25
6.7 Frequency limitations	25
6.7.1 High-frequency limit.....	25
6.7.2 Low frequency limit.....	25
6.8 Checks for acoustic interference	26
7 Electrical measurements.....	26
7.1 Signal type.....	26
7.2 Electrical earthing	26
7.3 Measurement of transducer output voltage.....	26
7.3.1 General	26
7.3.2 Signal analysis	27
7.3.3 Electrical loading by measuring instrument	27
7.3.4 Electrical loading by extension cables	27
7.3.5 Electrical noise	27
7.3.6 Cross-talk	28
7.3.7 Integral preamplifiers	28
7.4 Measurement of projector drive current.....	28
7.4.1 Instrumentation.....	28
7.4.2 Signal analysis	28
8 Preparation of measurement.....	28
8.1 Preparation of transducers.....	28

8.1.1	Soaking	28
8.1.2	Wetting	29
8.2	Environmental conditions (temperature and depth)	29
9	Free-field calibration	29
9.1	Free-field reciprocity calibration	29
9.1.1	General	29
9.1.2	Principle	30
9.1.3	Measurement	32
9.1.4	Uncertainty	32
9.2	Free-field calibration using optical interferometry	32
9.2.1	General	32
9.2.2	Principle	32
9.2.3	Measurement	33
9.2.4	Uncertainty	34
9.3	Free-field calibration using a reference hydrophone	34
9.3.1	General	34
9.3.2	Principle	34
9.3.3	Measurement	35
9.3.4	Uncertainty	35
10	Calibration in standing wave tube	35
10.1	Calibration using reference accelerometer	35
10.1.1	General	35
10.1.2	Principle	35
10.1.3	Measurement	37
10.1.4	Uncertainty	37
10.2	Comparison calibration using reference hydrophone in standing wave tube	37
10.2.1	General	37
10.2.2	Principle	37
10.2.3	Measurement	39
10.2.4	Uncertainty	39
10.3	Horizontal standing wave tube calibration	39
10.3.1	General	39
10.3.2	Principle	39
10.3.3	Measurement	41
10.3.4	Uncertainty	41
10.4	Calibration using optical interferometry in standing wave tube	41
10.4.1	General	41
10.4.2	Principle	41
10.4.3	Measurement	43
10.4.4	Uncertainty	43
11	Calibration in a travelling wave tube	43
11.1	General	43
11.2	Principle	44
11.2.1	General	44
11.2.2	Establishment of a unidirectional, plane progressive wave field	45
11.2.3	Sensitivity calculations	48
11.2.4	Uncertainty	48
12	Reporting of results	48

12.1	Sensitivity	48
12.2	Sensitivity level	49
12.3	Environmental considerations for calibration	49
12.4	Calibration uncertainties	49
12.5	Auxiliary metadata	49
13	Recalibration periods	50
Annex A (informative)	Directional response of a vector receiver	51
A.1	General principle	51
A.2	Types of measurement implementation	51
A.3	Coordinate system	51
A.4	Measurement of vector receiver directional response	51
A.5	Calculation of angular deviation loss	52
A.6	Uncertainty	52
Annex B (informative)	Inertial vector receiver calibration using optical interferometry in air	53
B.1	General	53
B.2	Principle	53
B.3	Procedure	53
B.4	Discussion	55
Annex C (informative)	Assessment of uncertainty of vector receiver calibration	56
C.1	General	56
C.2	Type A evaluation of uncertainty	56
C.3	Type B evaluation of uncertainty	56
C.4	Reported uncertainty	56
C.5	Common sources of uncertainty	57
Bibliography	60
Figure 1	– The structure of the calibration chamber	19
Figure 2	– Co-vibrating vector receiver suspended on a mounting ring	24
Figure 3	– Measurement framework for free-field reciprocity calibration of the vector receiver	30
Figure 4	– Schematic diagram of free-field calibration for vector receiver using an optical interferometer	33
Figure 5	– Schematic diagram of free-field comparison calibration for vector receiver using reference hydrophone	34
Figure 6	– Schematic diagram of vertical standing wave tube calibration using reference accelerometer	36
Figure 7	– Schematic diagram of vertical standing wave tube calibration using reference hydrophone	38
Figure 8	– Schematic diagram of calibration principle and horizontal standing wave tube calibration	40
Figure 9	– Schematic diagram of calibration for vector receiver using optical interferometer in standing wave tube	42
Figure 10	– Schematic diagram of calibration for vector receiver in a travelling wave tube	44
Figure B.1	– Schematic diagram of calibration using optical interferometer in air for inertial vector receiver	54

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

UNDERWATER ACOUSTICS – CALIBRATION OF ACOUSTIC WAVE VECTOR RECEIVERS IN THE FREQUENCY RANGE 5 Hz TO 10 kHz

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63305 has been prepared by IEC technical committee 87: Ultrasonics. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
87/839/FDIS	87/843/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.

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, or
- revised.

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

Unlike traditional piezoelectric **hydrophones** which are sensitive to sound pressure, **vector receivers** measure **sound particle** motion (velocity, acceleration or displacement) or **sound pressure gradient**, and have strongly **directional response** in their working frequency range. The calibration of these **vector receivers** which measure **sound particle** motion or **sound pressure gradient** is considered in this document.

The output voltage of a **vector receiver** channel to be calibrated is proportional to the **sound particle** motion or **sound pressure gradient** at the reference centre of the receiver. The directivity of the **vector receiver** channel is independent of acoustical frequency, and the ratio of the output voltage of the receiver channel at angle θ to the maximum output voltage on the axial direction is equal to $|\cos\theta|$ [1]¹.

Recent developments of **acoustic wave vector receivers** for ocean acoustics, such as those that measure **sound particle velocity**, have led to a number of commercial systems being made available on the market. In addition to providing sensors which possess some useful directivity for low-frequency applications, they are increasingly used for measurement of underwater noise exposure for marine fauna that are sensitive to sound particle motion rather than sound pressure (for example, fish and invertebrates). However, calibration of such sensors poses technical challenges, and is not covered by the existing international standards such as IEC 60565 [2], [3]. Building on work begun in China and Russia [4], where a successful bilateral comparison has recently been concluded, this work establishes an International Standard on calibration of **vector receivers** in the frequency range 5 Hz to 10 kHz.

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

UNDERWATER ACOUSTICS – CALIBRATION OF ACOUSTIC WAVE VECTOR RECEIVERS IN THE FREQUENCY RANGE 5 Hz TO 10 kHz

1 Scope

Usually, **acoustic wave vector receivers** are designed and constructed based on one of two principles. One is the sound pressure difference (gradient) principle. When measuring with this sensor, the **vector receiver** is rigidly fixed on a mount and supported in water. The other is the co-vibrating (**inertial**) principle. When measuring with this sensor, the **vector receiver** is suspended on a mount and supported in water in a non-rigid manner, which allows the **vector receiver** co-vibrate in the same direction as the **sound particle** in the sound wave field.

Many methods have been used to calibrate **vector receivers**, such as free-field calibration, calibration in standing wave tube and calibration in a travelling wave tube. This document specifies methods and procedures for calibration of **vector receivers** in the frequency range 5 Hz to 10 kHz, which are applicable to **vector receivers** based on the two different principles. In addition, it describes an absolute method of **inertial vector receiver** calibration in air using optical interferometry.

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 60500:2017, *Underwater acoustics – Hydrophones – Properties of hydrophones in the frequency range 1 Hz to 500 kHz*

IEC 60565-1:2020, *Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration of hydrophones, Part 1: Procedures for free-field calibration of hydrophones*

ISO 80000-8:2020, *Quantities and units – Part 8: Acoustics*

ISO 18405:2017, *Underwater acoustics – Terminology*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	67
INTRODUCTION.....	69
1 Domaine d'application	70
2 Références normatives.....	70
3 Termes et définitions	71
4 Liste de symboles.....	77
5 Relation entre les grandeurs vectorielles dans le champ acoustique.....	79
6 Procédures générales d'étalonnage.....	79
6.1 Exigences générales d'étalonnage.....	79
6.1.1 Types d'étalonnages.....	79
6.1.2 Exigences du champ acoustique.....	80
6.2 Exigences relatives au tube à ondes stationnaires acoustiques	80
6.2.1 Exigences relatives au tube à ondes stationnaires [8].....	80
6.2.2 Exigences relatives à la profondeur d'immersion des transducteurs.....	81
6.3 Exigences relatives au tube à ondes progressives acoustiques.....	82
6.3.1 Exigences relatives au signal d'entraînement	82
6.3.2 Exigences relatives au tube à ondes progressives.....	83
6.4 Exigences relatives au matériel.....	83
6.4.1 Installation d'étalonnage.....	83
6.4.2 Instruments	83
6.5 Positionnement et alignement	86
6.5.1 Système de coordonnées	86
6.5.2 Direction de référence	86
6.5.3 Montage et support du transducteur	86
6.5.4 Alignement	87
6.6 Représentation de la réponse en fréquence	88
6.7 Limites de fréquence.....	88
6.7.1 Limite de haute fréquence	88
6.7.2 Limite de basse fréquence.....	88
6.8 Contrôles des interférences acoustiques.....	89
7 Mesurages électriques.....	89
7.1 Forme du signal.....	89
7.2 Mise à la terre électrique	89
7.3 Mesurage de la tension de sortie du transducteur	89
7.3.1 Généralités.....	89
7.3.2 Analyse du signal	90
7.3.3 Charge électrique par les appareils de mesure	90
7.3.4 Charge électrique par les câbles prolongateurs	90
7.3.5 Bruit électrique	90
7.3.6 Diaphonie	91
7.3.7 Préamplificateurs intégrés	91
7.4 Mesurage du courant d'attaque du projecteur.....	91
7.4.1 Instruments	91
7.4.2 Analyse du signal	92
8 Préparation de mesure	92
8.1 Préparation des transducteurs	92

8.1.1	Trempage	92
8.1.2	Mouillage	92
8.2	Conditions d'environnement (température et profondeur)	92
9	Étalonnage en champ libre	93
9.1	Étalonnage par réciprocity en champ libre	93
9.1.1	Généralités	93
9.1.2	Principe	93
9.1.3	Mesurage	95
9.1.4	Incertitude	95
9.2	Étalonnage en champ libre par interférométrie optique	96
9.2.1	Généralités	96
9.2.2	Principe	96
9.2.3	Mesurage	97
9.2.4	Incertitude	97
9.3	Étalonnage en champ libre à l'aide d'un hydrophone de référence	97
9.3.1	Généralités	97
9.3.2	Principe	97
9.3.3	Mesurage	98
9.3.4	Incertitude	99
10	Étalonnage dans un tube à ondes stationnaires	99
10.1	Étalonnage à l'aide d'un accéléromètre de référence	99
10.1.1	Généralités	99
10.1.2	Principe	99
10.1.3	Mesurage	101
10.1.4	Incertitude	101
10.2	Étalonnage par comparaison à l'aide d'un hydrophone de référence dans un tube à ondes stationnaires	101
10.2.1	Généralités	101
10.2.2	Principe	101
10.2.3	Mesurage	103
10.2.4	Incertitude	103
10.3	Étalonnage dans un tube à ondes stationnaires horizontales	103
10.3.1	Généralités	103
10.3.2	Principe	103
10.3.3	Mesurage	105
10.3.4	Incertitude	105
10.4	Étalonnage par interférométrie optique dans un tube à ondes stationnaires	105
10.4.1	Généralités	105
10.4.2	Principe	105
10.4.3	Mesurage	107
10.4.4	Incertitude	107
11	Étalonnage dans un tube à ondes progressives	107
11.1	Généralités	107
11.2	Principe	108
11.2.1	Généralités	108
11.2.2	Établissement d'un champ d'ondes progressives planes unidirectionnelles	109
11.2.3	Calculs de la sensibilité	112
11.2.4	Incertitude	112

12	Consignation des résultats	113
12.1	Sensibilité	113
12.2	Niveau de sensibilité	113
12.3	Considérations environnementales pour l'étalonnage	113
12.4	Incertitudes d'étalonnage	114
12.5	Métadonnées auxiliaires	114
13	Périodes de réétalonnage	114
Annexe A (informative) Réponse directionnelle d'un récepteur vectoriel		115
A.1	Principe général	115
A.2	Types de mises en œuvre de mesure	115
A.3	Système de coordonnées	115
A.4	Mesurage de la réponse directionnelle du récepteur vectoriel	115
A.5	Calcul de la perte de déviation angulaire	116
A.6	Incertitude	116
Annexe B (informative) Étalonnage des récepteurs vectoriels inertiels par interférométrie optique dans l'air		117
B.1	Généralités	117
B.2	Principe	117
B.3	Mode opératoire	117
B.4	Présentation	119
Annexe C (informative) Évaluation de l'incertitude d'étalonnage des récepteurs vectoriels		120
C.1	Généralités	120
C.2	Évaluation de type A de l'incertitude	120
C.3	Évaluation de type B de l'incertitude	120
C.4	Incertitude déclarée	120
C.5	Sources communes d'incertitude	121
Bibliographie		124
Figure 1 – Structure de la chambre d'étalonnage		81
Figure 2 – Récepteur vectoriel co-vibrant suspendu à un anneau de montage		87
Figure 3 – Cadre de mesure pour l'étalonnage par réciprocity en champ libre du récepteur vectoriel		93
Figure 4 – Schéma d'étalonnage en champ libre du récepteur vectoriel par interféromètre optique		96
Figure 5 – Schéma d'étalonnage par comparaison en champ libre du récepteur vectoriel à l'aide d'un hydrophone de référence		98
Figure 6 – Schéma d'étalonnage dans un tube à ondes stationnaires verticales à l'aide d'un accéléromètre de référence		100
Figure 7 – Schéma d'étalonnage dans un tube à ondes stationnaires verticales à l'aide d'un hydrophone de référence		102
Figure 8 – Schéma du principe d'étalonnage et étalonnage d'un tube à ondes stationnaires horizontales		104
Figure 9 – Schéma d'étalonnage par interféromètre optique d'un récepteur vectoriel dans un tube à ondes stationnaires		106
Figure 10 – Schéma d'étalonnage d'un récepteur vectoriel dans un tube à ondes progressives		108
Figure B.1 – Schéma d'étalonnage d'un récepteur vectoriel inertiel par interféromètre optique dans l'air		118

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ACOUSTIQUE SOUS MARINE – ÉTALONNAGE DES RÉCEPTEURS
VECTORIELS D'ONDES ACOUSTIQUES DANS LA PLAGE DE
FRÉQUENCES DE 5 Hz À 10 kHz**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a reçu aucune déclaration relative à des droits de brevets, qui pourraient être exigés pour la mise en œuvre du présent document. Toutefois, il est rappelé aux responsables de cette mise en œuvre qu'il ne s'agit peut-être pas des informations les plus récentes, qui peuvent être obtenues dans la base de données disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 63305 a été établie par le comité d'études 87 de l'IEC: Ultrasons. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
87/839/FDIS	87/843/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.

NOTE Les mots 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. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

Contrairement aux **hydrophones** piézoélectriques traditionnels qui sont sensibles à la pression acoustique, les **récepteurs vectoriels** mesurent le mouvement des **particules acoustiques** (vitesse, accélération ou déplacement) ou le **gradient de pression acoustique**, et ont une **réponse** fortement **directionnelle** dans leur plage de fréquences de fonctionnement. Le présent document prend en considération l'étalonnage de ces **récepteurs vectoriels** qui mesurent le mouvement des **particules acoustiques** ou le **gradient de pression acoustique**.

La tension de sortie d'un canal de **récepteur vectoriel** à étalonner est proportionnelle au mouvement des **particules acoustiques** ou au **gradient de pression acoustique** au centre de référence du récepteur. La directivité du canal de **récepteur vectoriel** est indépendante de la fréquence acoustique, et le rapport de la tension de sortie du canal du récepteur à l'angle θ à la tension de sortie maximale sur la direction axiale est égal à $|\cos\theta|$ [1]¹.

Les développements récents des **récepteurs vectoriels d'ondes acoustiques** pour l'acoustique océanique, tels que ceux qui mesurent la **vitesse de particule acoustique**, ont conduit à la mise sur le marché d'un certain nombre de systèmes commerciaux. En plus de fournir des capteurs qui possèdent une certaine directivité utile pour les applications à basse fréquence, ces systèmes sont de plus en plus utilisés pour mesurer l'exposition au bruit sous-marin de la faune marine (par exemple, les poissons et les invertébrés) qui est sensible au mouvement des particules acoustiques plutôt qu'à la pression acoustique. Cependant, l'étalonnage de ces capteurs pose des problèmes techniques et n'est pas couvert par les normes internationales existantes telles que l'IEC 60565 [2], [3]. En s'appuyant sur les travaux entamés en Chine et en Russie [4], pour lesquels une comparaison bilatérale concluante a récemment été finalisée, le présent document établit une Norme internationale sur l'étalonnage des **récepteurs vectoriels** dans la plage de fréquences de 5 Hz à 10 kHz.

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

ACOUSTIQUE SOUS MARINE – ÉTALONNAGE DES RÉCEPTEURS VECTORIELS D'ONDES ACOUSTIQUES DANS LA PLAGE DE FRÉQUENCES DE 5 Hz À 10 kHz

1 Domaine d'application

En général, les **récepteurs vectoriels d'ondes acoustiques** sont conçus et construits sur la base de l'un des deux principes suivants. L'un réside sur le principe de la différence de pression acoustique (gradient). Lors du mesurage avec ce capteur, le **récepteur vectoriel** est fixé de manière rigide sur un support et soutenu dans l'eau. L'autre principe repose sur la co-vibration (**inertie**). Lors du mesurage avec ce capteur, le **récepteur vectoriel** est suspendu à un support et soutenu dans l'eau de manière non rigide, ce qui permet une co-vibration de ce dernier dans la même direction que la **particule acoustique** dans le champ d'ondes acoustiques.

De nombreuses méthodes ont été appliquées pour étalonner les **récepteurs vectoriels**, telles que l'étalonnage en champ libre, l'étalonnage dans un tube à ondes stationnaires et l'étalonnage dans un tube à ondes progressives. Le présent document spécifie les méthodes et procédures d'étalonnage des **récepteurs vectoriels** dans la plage de fréquences de 5 Hz à 10 kHz, qui sont applicables aux **récepteurs vectoriels** sur la base de deux principes différents. En outre, il décrit une méthode absolue d'étalonnage des **récepteurs vectoriels inertiels** dans l'air à l'aide de l'interférométrie optique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60500:2017, *Acoustique sous-marine – Hydrophones – Propriétés des hydrophones dans la bande de fréquences de 1 Hz à 500 kHz*

IEC 60565-1:2020, *Acoustique sous-marine – Hydrophones – Étalonnage des hydrophones – Partie 1: Procédures d'étalonnage en champ libre des hydrophones*

ISO 80000-8:2020, *Grandeurs et unités – Partie 8: Acoustique*

ISO 18405:2017, *Acoustique sous-marine – Terminologie*

ISO/IEC Guide 98-3, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*