IEC 60118-15

Edition 1.0 2012-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Electroacoustics – Hearing aids – Part 15: Methods for characterising signal processing in hearing aids with a speech-like signal

Électroacoustique – Appareils de correction auditive – Partie 15: Méthodes de caractérisation du traitement des signaux dans les appareils de correction auditive avec un signal de type parole

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX V

ICS 17.140.50

ISBN 978-2-88912-932-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

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

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 8
4 Limitations 9
5 Setup 9
5.1 System overview 9
5.2 Estimated insertion gain 11
5.3 Coupler gain 12
6 Test equipment 12
6.1 Acoustical requirements 12
6.2 Test signal 13
6.2.1 Specification of ISTS 13
6.2.2 Shaping of the test signal for determining the EIG 14
6.3 Earphone coupler and attachments 15
6.3.1 Estimated insertion gain 15
6.3.2 Coupler gain 15
7 Test conditions 15
7.1 Programming of hearing aid 15
7.2 End user settings for programming 16
7.2.1 Hearing aid features 16
7.2.2 Vent selection for programming 16
7.2.3 Directionality 16
7.3 Audiograms for a typical end-user 16
8 Measurements and analysis 18
8.1 Measurements 18
8.1.1 General 18
8.1.2 Estimated insertion gain (EIG) 19
8.1.3 Coupler gain (optional for 2 cm^3 coupler) 19
8.2 Analysis 19
8.2.1 General 19
8.2.2 Compensating for hearing aid processing delay 21
8.2.3 Correction for use of 2 cm^3 coupler for EIG determination 21
8.2.4 Calculation of the estimated insertion gain for the LTASS of the ISTS (LTASS EIG) 21
8.2.5 Calculation of the coupler gain for the LTASS of the ISTS (LTASS coupler gain) (optional) 22
8.2.6 Sectioning of recorded signals for percentile calculations 22
8.2.7 Calculation of the EIG for the 30^{th}, 65^{th} and 99^{th} percentiles of the ISTS (percentile EIG) 23
8.2.8 Calculation of the coupler gain for the 30^{th}, 65^{th} and 99^{th} percentiles of the ISTS (Percentile coupler gain) (optional) 23
9 Data presentation 24
9.1 LTASS gain (LTASS EIG or LTASS coupler gain) 24
9.2 Percentile gain (percentile EIG or percentile coupler gain) 25

9.3 Interpretation of gain views 26
9.3.1 LTASS gain view 26
9.3.2 Percentile gain view 26
9.4 Mandatory data 27
Annex A (informative) International speech test signal (ISTS) 28
Bibliography 32

Figure 1 – Measurement setup for the estimated insertion gain 11
Figure 2 – Measurement setup for the coupler gain 12
Figure 3 – ISTS 30th, 65th, 99th percentiles and LTASS in dB versus one-third-octave bands 14
Figure 4 – Standard audiograms for the flat and moderately sloping group 17
Figure 5 – Standard audiograms for the steep sloping group 18
Figure 6 – Overview of analysis 20
Figure 7 – Time alignment of output signal (y) relative to the input signal (x) 21
Figure 8 – Sectioning of recorded signals 22
Figure 9 – Illustration of the method for obtaining "time aligned gain" for the 65th percentile 24
Figure 10 – LTASS gain at 3 input sound pressure levels 24
Figure 11 – LTASS gain at 3 input levels relative the LTASS gain at 65 dB input sound pressure level 25
Figure 12 – Percentile gain for 3 percentiles and corresponding LTASS gain 25
Figure A.1 – ISTS level distributions for five third-octave bands as measured from 50 % overlapping 125 ms sections of the ISTS 31

Table 1 – ISTS 30th, 65th, 99th percentiles and LTASS in dB at one-third-octave bands 14
Table 2 – Standard audiograms for the flat and moderately sloping group 17
Table 3 – Standard audiograms for the steep sloping group 18
Table 4 – Recommended coupler correction values when using the 2 cm^3 coupler 21

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTROACOUSTICS – HEARING AIDS –

Part 15: Methods for characterising signal processing in hearing aids with a speech-like signal

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 60118-15 has been prepared by IEC technical committee 29: Electroacoustics.

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

CDV	Report on voting
29/719/CDV	29/730A/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.

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

A list of all parts of IEC 60118 series, published under the general title *Electroacoustics – Hearing aids*, 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

The characterisation of hearing aids in actual use can differ significantly from those determined in accordance with standards such as IEC 60118-0 and IEC 60118-7. These standards use non speech-like test signals with the hearing aid set to specific settings which are, in general, not comparable with typical user settings.

This standard describes a recommended speech-like test signal, the International Speech Test Signal (ISTS), and a method for the characterisation of hearing aids using this signal with the hearing aid set to actual user settings or to the manufacturers' recommended settings for one of a range of audiograms. For the purposes of this standard the hearing aid is considered to be a combination of the physical hearing aid and the fitting software which accompanies it.

ELECTROACOUSTICS – HEARING AIDS –

Part 15: Methods for characterising signal processing in hearing aids with a speech-like signal

1 Scope

This part of IEC 60118 specifies a test signal designed to represent normal speech, the International Speech Test Signal (ISTS), together with the procedures and the requirements for measuring the characteristics of signal processing in air-conduction hearing aids. The measurements are used to derive the estimated insertion gain (EIG). For the purposes of characterizing a hearing aid for production, supply and delivery, the procedures and requirements to derive the coupler gain on a 2 cm^3 coupler as defined in IEC 60318-5 are also specified.

The procedure uses a speech-like test signal and the hearing aid settings are set to those programmed for an individual end-user or those recommended by the manufacturer for a typical end-user for a range of flat, moderately sloping or steep sloping audiograms, so that the measured characteristics are comparable to those which may be obtained by a wearer at typical user settings.

The purpose of this standard is to ensure that the same measurements made on a hearing aid following the procedures described, and using equipment complying with these requirements, give substantially the same results.

Measurements of the characteristics of signal processing in hearing aids which apply non-linear processing techniques are valid only for the test signal used. Measurements which require a different test signal or test conditions are outside the scope of this standard.

Conformance to the specifications in this standard is demonstrated only when the result of a measurement, extended by the actual expanded uncertainty of measurement of the testing laboratory, lies fully within the tolerances specified in this standard as given by the values given in 6.1.

Measurement methods that take into account the acoustic coupling of a hearing aid to the individual ear and the acoustic influence of the individual anatomical variations of an end-user on the acoustical performance of the hearing aid, known as real-ear measurements, are outside the scope of this particular standard.

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 60118-7, *Electroacoustics – Hearing aids – Part 7: Measurement of the performance characteristics of hearing aids for production, supply and delivery quality assurance purposes*

IEC 60118-8:2005, *Electroacoustics – Hearing aids – Part 8: Methods of measurement of performance characteristics of hearing aids under simulated in situ working conditions*

IEC 60318-4, *Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts*

IEC 60318-5, *Electroacoustics – Simulators of human head and ear – Part 5: 2 cm^3 coupler for the measurement of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts*

IEC 61260, *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 36
INTRODUCTION 38
1 Domaine d'application 39
2 Références normatives 39
3 Termes et définitions 40
4 Limitations 41
5 Montage 41
5.1 Vue générale du système 41
5.2 Gain d'insertion estimé 43
5.3 Gain de coupleur 45
6 Appareillage d'essai 46
6.1 Exigences acoustiques 46
6.2 Signal d'essai 47
6.2.1 Spécification de l'ISTS 47
6.2.2 Mise en forme du signal d'essai pour la détermination de l'EIG 48
6.3 Coupleur de l'écouteur et accessoires 49
6.3.1 Gain d'insertion estimé 49
6.3.2 Gain de coupleur 49
7 Conditions d'essai 49
7.1 Programmation de l'appareil de correction auditive 49
7.2 Réglages utilisateur final pour la programmation 50
7.2.1 Caractéristiques de l'appareil de correction auditive 50
7.2.2 Sélection de l'évent pour la programmation 50
7.2.3 Directivité 50
7.3 Audiogrammes pour un utilisateur final habituel 50
8 Mesures et analyse 52
8.1 Mesures 52
8.1.1 Généralités 52
8.1.2 Gain d'insertion estimé (EIG) 53
8.1.3 Gain de coupleur (optionnel pour le coupleur de 2 cm^3) 53
8.2 Analyse 53
8.2.1 Généralités 53
8.2.2 Compensation du retard de traitement des appareils de correction auditive 55
8.2.3 Correction pour l'utilisation d'un coupleur de 2 cm^3 pour la détermination de l'EIG 56
8.2.4 Calcul du gain d'insertion estimé pour le LTASS de l'ISTS (EIG du LTASS) 56
8.2.5 Calcul du gain de coupleur pour le LTASS de l'ISTS (gain de coupleur du LTASS) (optionnel) 56
8.2.6 Découpage des signaux enregistrés pour les calculs de centiles 57
8.2.7 Calcul de l'EIG pour les 30^e, 65^e et 99^e centiles de l'ISTS (EIG en centiles) 57
8.2.8 Calcul du gain de coupleur pour les 30^e, 65^e et 99^e centiles de l'ISTS (gain de coupleur de centile) (optionnel) 58
9 Présentation des données 59
9.1 Gain de LTASS (EIG du LTASS ou gain de coupleur du LTASS) 59

9.2 Gain de centile (EIG de centile ou gain de coupleur de centile) 60
9.3 Interprétation des représentations de gains 61
9.3.1 Représentation du gain de LTASS 61
9.3.2 Représentation du gain de centile 61
9.4 Données obligatoires 62
Annexe A (informative) Signal vocal international de test (ISTS) 63
Bibliographie 67

Figure 1 – Montage de mesure pour le gain d'insertion estimé 44
Figure 2 – Montage de mesure pour le gain de coupleur 46
Figure 3 – 30^{e}, 65^{e}, 99^{e} centiles de l'ISTS et niveaux de pression acoustique du LTASS en dB en fonction de bandes d'un tiers d'octave 48
Figure 4 – Audiogrammes normalisés pour le groupe à pente plate et modérée 51
Figure 5 – Audiogrammes normalisés pour le groupe à pente forte 52
Figure 6 – Vue générale de l'analyse 55
Figure 7 – Alignement temporel du signal de sortie (*y*) par rapport au signal d'entrée (*x*) 56
Figure 8 – Découpage des signaux enregistrés 57
Figure 9 – Illustration de la méthode d'obtention du "gain aligné temporellement" pour le 65^{e} centile 59
Figure 10 – Gain de LTASS pour 3 niveaux de pression acoustique d'entrée 59
Figure 11 – Gain de LTASS pour 3 niveaux d'entrée par rapport au gain de LTASS au niveau de pression acoustique d'entrée de 65 dB 60
Figure 12 – Gain de centile pour 3 centiles et gain de LTASS correspondant 60
Figure 13 – Gain de centile pour 3 centiles par rapport au gain de LTASS 61
Figure A.1 – Distributions des niveaux de l'ISTS pour cinq bandes d'un tiers d'octave telles que mesurées à partir de sections de 125 ms de l'ISTS se chevauchant à 50 % 66

Tableau 1 – 30^{e}, 65^{e}, 99^{e} centiles de l'ISTS et LTASS en dB pour des bandes d'un tiers d'octave 48
Tableau 2 – Audiogrammes normalisés pour le groupe à pente plate et modérée 51
Tableau 3 – Audiogrammes normalisés pour le groupe à pente forte 52
Tableau 4 – Valeurs de correction recommandées du coupleur en utilisant le coupleur de 2 cm^{3} 56

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉLECTROACOUSTIQUE – APPAREILS DE CORRECTION AUDITIVE –

Partie 15: Méthodes de caractérisation du traitement des signaux dans les appareils de correction auditive avec un signal de type parole

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 60118-15 a été établie par le comité d'études 29 de la CEI: Electroacoustique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
29/719/CDV	29/730A/RVC

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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60118, publiées sous le titre général *Electroacoustique – Appareils de correction auditive*, est disponible 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

La caractérisation des appareils de correction auditive lors d'une utilisation réelle peut différer de façon significative de celle qui est déterminée conformément aux normes telles que la CEI 60118-0 et la CEI 60118-7. Ces normes utilisent des signaux d'essai qui ne sont pas du type parole, l'appareil de correction auditive étant réglé selon des réglages spécifiques qui ne sont, en général, pas comparables aux réglages utilisateurs habituels.

La présente norme décrit un signal d'essai de type parole recommandé, le signal vocal international de test (ISTS, *International Speech Test Signal*), et une méthode de caractérisation d'appareils de correction auditive utilisant ce signal, l'appareil de correction auditive étant réglé selon des réglages d'utilisateur réel ou selon les réglages recommandés par les fabricants pour l'un parmi toute une série d'audiogrammes. Pour les besoins de la présente norme, on considère que l'appareil de correction auditive est une combinaison de l'appareil de correction auditive physique et du logiciel d'adaptation qui l'accompagne.

ÉLECTROACOUSTIQUE – APPAREILS DE CORRECTION AUDITIVE –

Partie 15: Méthodes de caractérisation du traitement des signaux dans les appareils de correction auditive avec un signal de type parole

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60118 spécifie un signal d'essai conçu pour représenter la parole normale, le signal vocal international de test (ISTS), ainsi que les procédures et les exigences relatives à la mesure des caractéristiques de traitement des signaux dans les appareils de correction auditive à conduction aérienne. Les mesures sont utilisées pour obtenir le gain d'insertion estimé (EIG, *estimated insertion gain*). Pour les besoins de la caractérisation d'un appareil de correction auditive aux fins de production, de livraison et d'approvisionnements, les procédures et exigences pour obtenir le gain de coupleur à l'aide d'un coupleur de 2 cm^3 tel que défini dans la CEI 60318-5 sont également spécifiées.

La procédure utilise un signal d'essai de type parole et les réglages de l'appareil de correction auditive sont ceux programmés pour un utilisateur final individuel ou ceux recommandés par le fabricant pour un utilisateur final habituel pour une gamme d'audiogrammes à pente plate, modérée ou forte, de telle façon que les caractéristiques mesurées soient comparables à celles qui peuvent être obtenues par un porteur de l'appareil avec les réglages d'un utilisateur habituel.

Le but de la présente norme est de garantir que les mêmes mesures effectuées sur un appareil de correction auditive en suivant les procédures décrites, et en utilisant l'appareillage conformément à ces exigences, donnent pratiquement les mêmes résultats.

Les mesures des caractéristiques de traitement des signaux dans les appareils de correction auditive qui appliquent des techniques de traitement non linéaire ne sont valables que pour le signal d'essai utilisé. Les mesures qui exigent un signal d'essai différent ou des conditions d'essai différentes sont en dehors du domaine d'application de la présente norme.

La conformité aux spécifications de la présente norme n'est démontrée que lorsque le résultat d'une mesure, augmenté de l'incertitude globale réelle de la mesure du laboratoire d'essai, respecte complètement les tolérances spécifiées dans la présente norme, telles qu'indiquées par les valeurs données en 6.1.

Les méthodes de mesure qui tiennent compte du couplage acoustique d'un appareil de correction auditive à l'oreille individuelle et de l'influence acoustique des variations anatomiques individuelles d'un utilisateur final sur les performances acoustiques de l'appareil de correction auditive, connues sous le nom de mesures d'oreille réelle, sont en dehors du domaine d'application de la présente norme particulière.

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).

CEI 60118-7, *Electroacoustique – Appareils de correction auditive – Partie 7: Mesure des caractéristiques fonctionnelles des appareils de correction auditive aux fins d'assurance de la qualité de la production, de la livraison et des approvisionnements*

CEI 60118-8:2005, *Electroacoustique – Appareils de correction auditive – Partie 8: Méthodes de mesure des caractéristiques fonctionnelles des appareils de correction auditive dans des conditions simulées de fonctionnement in situ*

CEI 60318-4, *Electroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines – Partie 4: Simulateur d'oreille occluse pour la mesure des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts*

CEI 60318-5, *Electroacoustique – Simulateurs de tête et d'oreille humaines – Partie 5: Coupleur de 2 cm^3 pour la mesure des appareils de correction auditive et des écouteurs couplés à l'oreille par des embouts*

CEI 61260, *Electroacoustique – Filtres de bande d'octave et de bande d'une fraction d'octave*