

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 268-4**

Première édition — First edition

1972

---

**Equipements pour systèmes électroacoustiques**

**Quatrième partie: Microphones**

---

**Sound system equipment**

**Part 4: Microphones**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60268-4:1972

# Withdrawn

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

**RECOMMANDATION DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

**IEC RECOMMENDATION**

**Publication 268-4**

Première édition — First edition

1972

---

**Equipements pour systèmes électroacoustiques**

**Quatrième partie : Microphones**

---

**Sound system equipment**

**Part 4: Microphones**

---



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

**Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale**

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

## SOMMAIRE

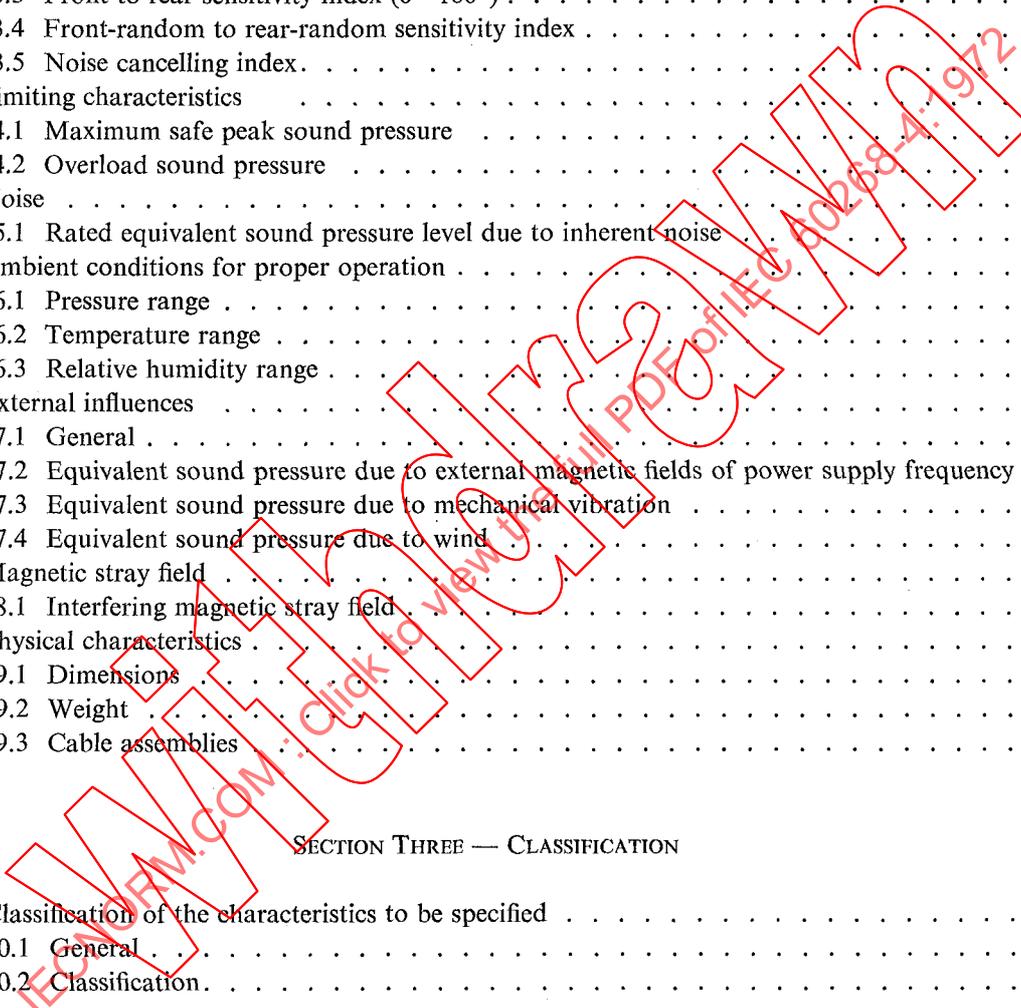
	Pages
PRÉAMBULE . . . . .	6
PRÉFACE . . . . .	6
Articles	
1. Domaine d'application . . . . .	8
2. Objet . . . . .	8
SECTION UN — CONDITIONS DE SPÉCIFICATION ET DE MESURE	
3. Conditions générales . . . . .	8
3.1 Généralités . . . . .	8
3.2 Conditions nominales et conditions normales de fonctionnement . . . . .	10
4. Conditions particulières . . . . .	12
4.1 Préconditionnement . . . . .	12
4.2 Source sonore . . . . .	12
4.3 Microphone étalon . . . . .	14
4.4 Système de mesure de la tension . . . . .	14
4.5 Ambiance acoustique . . . . .	14
4.6 Méthodes d'obtention des courbes de réponse . . . . .	22
4.7 Exactitude globale . . . . .	24
SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES À SPÉCIFIER ET MÉTHODES DE MESURE CORRESPONDANTES	
5. Nature du microphone (comportement acoustique) . . . . .	26
5.1 Principe du transducteur . . . . .	26
5.2 Type de microphone . . . . .	26
5.3 Type de courbe de directivité . . . . .	26
6. Bornes et dispositifs de commande . . . . .	26
6.1 Repérage . . . . .	26
7. Point et axe de référence . . . . .	26
7.1 Point de référence . . . . .	26
7.2 Axe de référence . . . . .	26
8. Alimentation . . . . .	28
8.1 Alimentation nominale . . . . .	28
9. Impédance électrique . . . . .	28
9.1 Impédance interne . . . . .	28
9.2 Impédance nominale . . . . .	30
9.3 Impédance nominale de charge . . . . .	30
10. Efficacité . . . . .	32
10.1 Généralités . . . . .	32
10.2 Efficacités en fonction de l'ambiance acoustique . . . . .	34
10.3 Efficacités en fonction de la nature du signal . . . . .	38

# CONTENTS

	Page
FOREWORD . . . . .	7
PREFACE . . . . .	7
 Clause	
1. Scope . . . . .	9
2. Object . . . . .	9
 SECTION ONE — CONDITIONS FOR SPECIFICATION AND MEASUREMENT	
3. General conditions . . . . .	9
3.1 General . . . . .	9
3.2 Rated and normal working conditions . . . . .	11
4. Particular conditions . . . . .	13
4.1 Pre-conditioning . . . . .	13
4.2 Sound source . . . . .	13
4.3 Standard microphone . . . . .	15
4.4 Voltage measuring system . . . . .	15
4.5 Acoustical environment . . . . .	15
4.6 Methods of taking frequency response curves . . . . .	23
4.7 Overall accuracy . . . . .	25
 SECTION TWO — CHARACTERISTICS TO BE SPECIFIED AND THE RELEVANT METHODS OF MEASUREMENT	
5. Type description (acoustical behaviour) . . . . .	27
5.1 Principle of the transducer . . . . .	27
5.2 Type of microphone . . . . .	27
5.3 Type of directional response characteristics . . . . .	27
6. Terminals and controls . . . . .	27
6.1 Marking . . . . .	27
7. Reference point and axis . . . . .	27
7.1 Reference point . . . . .	27
7.2 Reference axis . . . . .	27
8. Power supply . . . . .	29
8.1 Rated power supply . . . . .	29
9. Electrical impedance . . . . .	29
9.1 Internal impedance . . . . .	29
9.2 Rated impedance . . . . .	31
9.3 Rated load impedance . . . . .	31
10. Sensitivity . . . . .	33
10.1 General . . . . .	33
10.2 Sensitivities with respect to acoustical environment . . . . .	35
10.3 Sensitivities with respect to nature of signal . . . . .	39

Articles	Pages
11. Tension de sortie . . . . .	42
11.1 Généralités . . . . .	42
11.2 Tension nominale de sortie . . . . .	44
12. Réponse . . . . .	46
12.1 Réponse en fréquence . . . . .	46
12.2 Gamme utile de fréquences . . . . .	46
13. Caractéristiques directionnelles . . . . .	48
13.1 Diagramme directionnel . . . . .	48
13.2 Indice de directivité . . . . .	50
13.3 Indice d'efficacité avant-arrière en champ libre (0°-180°) . . . . .	52
13.4 Indice d'efficacité avant-arrière en champ semi-diffus . . . . .	52
13.5 Indice de réduction de bruit . . . . .	54
14. Caractéristiques limites . . . . .	56
14.1 Pression acoustique de crête maximale admissible . . . . .	56
14.2 Pression acoustique limite . . . . .	56
15. Bruit . . . . .	56
15.1 Niveau nominal de pression acoustique équivalent au bruit propre . . . . .	56
16. Conditions ambiantes . . . . .	58
16.1 Gamme de pressions ambiantes . . . . .	58
16.2 Gamme de températures . . . . .	58
16.3 Gamme d'humidités relatives . . . . .	58
17. Influences extérieures . . . . .	58
17.1 Généralités . . . . .	58
17.2 Pression acoustique équivalente due à un champ magnétique extérieur alternatif . . . . .	60
17.3 Pression acoustique équivalente due aux vibrations mécaniques . . . . .	62
17.4 Pression acoustique équivalente due au vent . . . . .	62
18. Champ magnétique de dispersion . . . . .	66
18.1 Champ magnétique de dispersion perturbateur . . . . .	66
19. Caractéristiques physiques . . . . .	66
19.1 Dimensions . . . . .	66
19.2 Masse . . . . .	66
19.3 Connexions . . . . .	66
SECTION TROIS — CLASSIFICATION	
20. Classification des caractéristiques à spécifier . . . . .	68
20.1 Généralités . . . . .	68
20.2 Classification . . . . .	68

Clause		Page
11.	Output voltage . . . . .	43
	11.1 General . . . . .	43
	11.2 Rated output voltage . . . . .	45
12.	Response . . . . .	47
	12.1 Frequency response . . . . .	47
	12.2 Effective frequency range . . . . .	47
13.	Directional characteristics . . . . .	49
	13.1 Directional pattern . . . . .	49
	13.2 Front-to-random sensitivity index . . . . .	51
	13.3 Front-to-rear sensitivity index (0°–180°) . . . . .	53
	13.4 Front-random to rear-random sensitivity index . . . . .	53
	13.5 Noise cancelling index . . . . .	55
14.	Limiting characteristics . . . . .	57
	14.1 Maximum safe peak sound pressure . . . . .	57
	14.2 Overload sound pressure . . . . .	57
15.	Noise . . . . .	57
	15.1 Rated equivalent sound pressure level due to inherent noise . . . . .	57
16.	Ambient conditions for proper operation . . . . .	59
	16.1 Pressure range . . . . .	59
	16.2 Temperature range . . . . .	59
	16.3 Relative humidity range . . . . .	59
17.	External influences . . . . .	59
	17.1 General . . . . .	59
	17.2 Equivalent sound pressure due to external magnetic fields of power supply frequency . . . . .	61
	17.3 Equivalent sound pressure due to mechanical vibration . . . . .	63
	17.4 Equivalent sound pressure due to wind . . . . .	63
18.	Magnetic stray field . . . . .	67
	18.1 Interfering magnetic stray field . . . . .	67
19.	Physical characteristics . . . . .	67
	19.1 Dimensions . . . . .	67
	19.2 Weight . . . . .	67
	19.3 Cable assemblies . . . . .	67
SECTION THREE — CLASSIFICATION		
20.	Classification of the characteristics to be specified . . . . .	69
	20.1 General . . . . .	69
	20.2 Classification . . . . .	69



COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES

Quatrième partie : Microphones

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 29B: Technique acoustique, du Comité d'Etudes N° 29 de la CEI: Electroacoustique. Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Stockholm en 1964 et à Vedbaek en 1968. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1969.

Lors de la réunion tenue à Stresa en 1969, il fut décidé d'inclure quelques modifications à ce projet. Ces modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en septembre 1970.

Les articles concernant l'efficacité caractéristique (article 10.3.2) et l'efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole (article 10.3.3) furent traités séparément et discutés lors de la réunion tenue à Stresa en 1970, à la suite de quoi un projet définitif de ces articles fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1970.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Norvège
Australie	Pays-Bas
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Corée (République de)	Suède
Danemark	Suisse
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques
Israël	Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SOUND SYSTEM EQUIPMENT**

**Part 4: Microphones**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 29B, Audio Engineering, of IEC Technical Committee No. 29, Electro-acoustics. Drafts were discussed at the meetings held in Stockholm in 1964 and in Vedbaek in 1968. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1969.

During the meeting held in Stresa in 1969, it was decided that some amendments should be included in the draft. These amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in September 1970.

Clauses 10.3.2 and 10.3.3 on characteristic sensitivity were dealt with separately and discussed at the meeting held in Stresa in 1970, as a result of which a final draft of these clauses was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1970.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Romania
Czechoslovakia	South Africa
Denmark	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America
Korea (Republic of)	

# ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES

## Quatrième partie : Microphones

---

### 1. **Domaine d'application**

Ces recommandations s'appliquent aux microphones pour systèmes électroacoustiques appartenant tant au domaine professionnel qu'au domaine «grand public».

Les microphones, tels qu'il faut les entendre dans la présente recommandation, doivent comprendre les dispositifs, s'ils existent, tels que transformateurs, préamplificateurs, ou autres éléments formant partie intégrante du microphone, jusqu'aux bornes de sortie spécifiées par le constructeur.

Pour les microphones stéréophoniques, il y a lieu de donner les caractéristiques relatives aux deux éléments.

### 2. **Objet**

Cette publication donne des recommandations relatives aux caractéristiques à spécifier et aux méthodes de mesure concernant les microphones pour systèmes électroacoustiques, tels que les microphones à large bande, les microphones normalement utilisés pour la parole et les microphones de proximité.

En général, les méthodes de mesures recommandées sont celles qui sont considérées comme étant le plus directement en rapport avec les définitions.

Ceci n'exclut pas l'utilisation d'autres méthodes qui fourniraient des résultats équivalents.

Les méthodes permettant d'obtenir un étalonnage primaire absolu sont à l'étude.

## SECTION UN — CONDITIONS DE SPÉCIFICATION ET DE MESURE

### 3. **Conditions générales**

#### 3.1 *Généralités*

On se référera à la Publication 268-1 de la CEI: Equipements pour systèmes électroacoustiques, Première partie: Généralités, en ce qui concerne:

- les unités et le système de mesure;
- les fréquences de mesure;
- les quantités à spécifier et leurs tolérances (voir aussi paragraphe 4.7);
- le repérage (voir aussi paragraphe 6.1);
- les conditions ambiantes (voir aussi article 16);
- les filtres, les réseaux et les appareils de mesure pour la spécification et la mesure du bruit;
- les spécifications individuelles et les spécifications de série;

## SOUND SYSTEM EQUIPMENT

### Part 4: Microphones

---

#### 1. Scope

These recommendations apply to sound system microphones in both professional and domestic applications.

The microphones shall be understood to include devices, if any, such as transformers, pre-amplifiers, or other elements which form an integral part of the microphone, up to the output terminals specified by the manufacturer.

For stereo microphones the data for both sections should be given.

#### 2. Object

This publication gives recommendations relative to the characteristics to be specified and the methods of measurement for sound system microphones, such as wide band microphones, microphones used normally for speech and close talking microphones.

In general, the methods of measurement recommended are those which are seen to be the most directly related to the characteristics.

This does not exclude the use of other methods, which will give equivalent results.

Methods for securing absolute primary calibration are under consideration.

#### SECTION ONE — CONDITIONS FOR SPECIFICATION AND MEASUREMENT

#### 3. General conditions

##### 3.1 General

Reference is made to IEC Publication 268-1, Sound system equipment, Part 1: General, as concerns:

- Units and system of measurement;
- Frequencies of measurement;
- Quantities to be specified and their accuracy (see also Sub-clause 4.7);
- Marking (see also Sub-clause 6.1);
- Ambient conditions (see also Clause 16);
- Filters, networks and measuring instruments for noise specification and measurement;
- Individual specification and type specification;

- la représentation graphique des données;
- les échelles pour la représentation graphique des données;
- la sécurité du personnel et protection contre le feu;
- la méthode de production d'un champ magnétique alternatif uniforme;
- la bobine exploratrice pour la mesure de l'intensité du champ magnétique.

### 3.2 *Conditions nominales et conditions normales de fonctionnement*

#### 3.2.1 *Introduction*

Pour faciliter la spécification des conditions dans lesquelles les microphones doivent être mesurés ou vérifiés, certains groupes de conditions ont été définis dans la présente recommandation sous les titres respectifs de conditions nominales et de conditions normales de fonctionnement.

Quatre données servent de base à l'établissement de ces conditions:

- l'impédance nominale;
- l'impédance nominale de charge;
- l'alimentation nominale;
- l'efficacité nominale.

Les données ci-dessus doivent être prises dans les spécifications des constructeurs afin d'obtenir des conditions correctes de mesure. Ces données ne sont pas elles-mêmes sujettes à des mesures, mais elles constituent des bases pour mesurer les autres caractéristiques.

Le terme «nominal» appliqué aux autres caractéristiques se rapporte à la spécification ou à la mesure de caractéristiques particulières effectuée dans les conditions nominales ou dans des conditions qui s'y rattachent sans ambiguïté. Ces dispositions s'appliquent aux deux caractéristiques suivantes:

- la tension nominale de sortie;
- le niveau nominal de pression acoustique équivalente au bruit propre.

Des méthodes de mesure sont spécifiées pour l'impédance électrique, l'efficacité, les caractéristiques de directivité, la dynamique et les influences extérieures.

Pour déterminer l'efficacité d'un microphone, on décrit une méthode d'étalonnage secondaire, utilisant un microphone étalon de laboratoire sensible à la pression et étalonné.

#### 3.2.2 *Conditions nominales*

Un microphone est considéré comme fonctionnant dans les conditions nominales lorsque les conditions suivantes sont remplies:

- le microphone doit être relié à l'impédance nominale de charge;
- le microphone doit être alimenté à la puissance nominale d'alimentation si cet appareil doit recevoir une alimentation;
- le microphone (à l'exception des microphones paraphoniques) doit être placé dans un champ libre d'ondes planes, les ondes ayant une incidence de zéro degré par rapport à la direction de référence;
- la pression acoustique non perturbée (en l'absence de microphone) dans le champ acoustique au point de référence du microphone doit être réglée à une pression de forme sinusoïdale de 0,2 Pa (niveau de pression de 80 dB);

- Graphical presentation;
- Scales for graphical presentation;
- Personal safety and prevention of spread of fire;
- Method of producing a uniform alternating magnetic field;
- Search coil for measuring the magnetic field strength.

### 3.2 *Rated and normal working conditions*

#### 3.2.1 *Introduction*

For convenience in specifying how microphones are to be set up for measurement or verification, certain sets of conditions have been defined in this Recommendation under the titles of rated conditions and normal working conditions, respectively.

Four ratings are basic to the formulation of these concepts:

- rated impedance;
- rated load impedance;
- rated power supply;
- rated sensitivity.

To obtain the correct conditions for measurement, the above-mentioned ratings shall be taken from the manufacturer's specification. These ratings themselves are not subject to measurement but they constitute the basis for measuring the other characteristics.

The prefix "rated" applied to other characteristics relates to the specification or measurement of the particular characteristic under rated conditions or under conditions unambiguously connected to them. This applies to the following two characteristics:

- rated output voltage;
- rated equivalent sound pressure level due to inherent noise.

Measuring methods are specified for the electrical impedance, sensitivity, directional response pattern, dynamic range and external influences.

For obtaining the sensitivity of a microphone, the secondary calibration method, using a calibrated laboratory standard pressure microphone, is described.

#### 3.2.2 *Rated conditions*

The microphone will be understood to be working under rated conditions when the following conditions are fulfilled:

- microphone connected to rated load impedance;
- if the microphone needs a power supply, this should be the rated power supply.
- the microphone (except the close-talking microphone) should be placed in a plane-wave-free sound field, the waves having zero degree incidence with respect to the reference direction;
- the undisturbed sound pressure (in the absence of the microphone) in the sound field at the reference point of the microphone, shall be adjusted to a sinusoidal pressure of 0.2 Pa (pressure level of 80 dB);

- en ce qui concerne les microphones paraphoniques, le microphone doit être placé à une distance spécifiée de la bouche artificielle, inférieure ou égale à 50 mm, comme il est spécifié dans la présente recommandation (au paragraphe 10.3.3), la pression acoustique non perturbée étant sinusoïdale et réglée à 3 Pa (niveau de pression de 104 dB) au point de référence du microphone;
- les commandes éventuelles doivent être réglées pour obtenir la réponse en fréquence la plus horizontale possible et l'efficacité maximale;
- sauf spécification contraire, la fréquence de mesure doit être la fréquence normalisée de 1000 Hz (voir Publication 268-1 de la CEI);
- la pression ambiante, l'humidité relative et la température ambiante doivent être situées dans les limites fixées par la Publication 268-1 de la CEI et à l'article 16 et doivent être spécifiées.

### 3.2.3 Conditions normales de fonctionnement

Sauf spécification contraire, les mesures doivent être effectuées dans les conditions normales de fonctionnement.

Un microphone est considéré comme placé dans «les conditions normales de fonctionnement» lorsque les conditions suivantes sont remplies:

- les connexions, les impédances, les conditions ambiantes et les champs acoustiques doivent être semblables à ceux fixés pour les conditions nominales;
- le niveau de pression acoustique doit correspondre à une pression acoustique sinusoïdale et doit être inférieur de 10 dB au niveau de pression acoustique fixé pour les conditions nominales;
- le niveau de pression acoustique doit être réglé à la fréquence spécifiée pour les conditions nominales, sauf spécification contraire;
- le réglage des commandes doit être effectué comme pour les conditions nominales, sauf spécification contraire;
- l'angle d'incidence doit être de zéro degré comme pour les conditions nominales, sauf spécification contraire.

## 4. Conditions particulières

### 4.1 Préconditionnement

Un microphone comprenant un préamplificateur doit être mis sous tension pendant la durée spécifiée par le constructeur avant que les mesures ne soient faites, afin de permettre aux composants d'atteindre la température prévue pour les conditions normales de fonctionnement. Si aucune durée n'est précisée, une période d'une heure doit être alors prévue pour la stabilisation.

### 4.2 Source sonore

La source sonore doit être en mesure de produire à l'emplacement du microphone un niveau de pression acoustique tel qu'il est défini pour les conditions nominales ou les conditions normales de fonctionnement. Sauf spécification contraire, la mesure doit être effectuée dans l'un ou l'autre groupe de ces conditions. La non-linéarité d'amplitude du champ acoustique doit être maintenue à une valeur telle que son influence sur la réponse mesurée ne dépasse pas 0,5 dB; si les conditions de mesure excluent la possibilité de maintenir une distorsion suffisamment faible, il est possible d'utiliser un filtre à bande étroite à la sortie du microphone, ce qui permet de mesurer la réponse pour la fréquence fondamentale.

- for close-talking microphones, the microphone shall be placed at a stated distance, no more than 50 mm from the artificial mouth, as referred to in this Recommendation (Sub-clause 10.3.3), the undisturbed sound-pressure being sinusoidal and adjusted to 3 Pa (a pressure level of 104 dB) at the reference point of the microphone;
- controls, if any, set to such position that the most flat frequency response and maximum sensitivity is obtained;
- in the absence of a clear reason to the contrary, the frequency shall be the standard frequency of 1000 Hz (see IEC Publication 268-1);
- the ambient pressure, the relative humidity and the ambient temperature should be within the limits given in IEC Publication 268-1 and Clause 16 and should be stated.

### 3.2.3 *Normal working conditions*

Unless otherwise stated, the measurements shall be made under normal working conditions.

The microphone will be understood to be working under “normal working conditions”, when the following conditions are fulfilled:

- connections, impedances, ambient conditions and sound fields as for rated conditions;
- the sound pressure level shall correspond to a sinusoidal sound pressure and shall be 10 dB below the sound pressure level for rated conditions;
- the sound pressure level shall be adjusted at the frequency specified for rated conditions, unless otherwise stated;
- setting of the controls as for rated conditions, unless otherwise specified;
- the angle of incidence shall be zero degrees as for rated conditions, unless otherwise specified.

## 4. **Particular conditions**

### 4.1 *Pre-conditioning*

A microphone having a preamplifier shall be switched on for the period of time specified by the manufacturer, before measurements are made, to allow the components to reach the temperature for normal working conditions. If no period is specified, then a period of one hour shall be allowed for stabilisation.

### 4.2 *Sound source*

The sound source shall be capable of producing at the microphone position the sound pressure level as defined for either rated or normal working conditions. Unless otherwise specified, measurement shall be made under one of these conditions as appropriate. Amplitude non-linearity of the sound field shall be held to such a value that the effect on the measured response shall not exceed 0.5 dB; if conditions of measurement preclude the possibility of securing sufficiently low distortion, a narrow-band filter may be used, following the microphone terminals, which will allow the response to the fundamental frequency to be measured.

Pour les étalonnages en champ acoustique, il est recommandé de placer la source sonore (haut-parleur) dans une enceinte qui rayonne le son uniquement à partir d'une ouverture bien définie.

#### 4.3 *Microphone étalon*

Un microphone étalon de laboratoire sensible à la pression et étalonné doit être utilisé pour mesurer la pression acoustique.

##### 4.3.1 *Exactitude du microphone étalon*

Le microphone étalon doit être étalonné avec une exactitude de  $\pm 1$  dB, ou mieux.

#### 4.4 *Système de mesure de la tension*

La force électromotrice engendrée par le microphone, lorsqu'il est placé dans un champ acoustique, peut être déterminée par l'une des méthodes suivantes:

- a) mesure de la tension en circuit ouvert du microphone, en utilisant un voltmètre ayant une impédance d'entrée au moins égale à 30 fois l'impédance nominale du microphone
- b) ou dans le cas d'un microphone à haute impédance, en utilisant la méthode d'insertion de tension.

*Note.* — La méthode d'insertion de tension (appelée aussi méthode de substitution) est utilisée pour déterminer pour un microphone chargé électriquement, la tension qu'il aurait en circuit ouvert. Considérons un microphone, fournissant une certaine tension en circuit ouvert, qui débite sur une impédance de charge. Pour mesurer la tension en circuit ouvert, on connecte, en série avec le microphone, une impédance petite comparativement à l'impédance de charge, et aux bornes de laquelle on applique une tension d'étalonnage. On applique alternativement une pression acoustique et une tension d'étalonnage de même fréquence. Lorsque la tension d'étalonnage est réglée de telle sorte que l'on obtienne la même tension aux bornes de l'impédance de charge que celle résultant de l'application de la pression acoustique sur le microphone, la tension en circuit ouvert sera égale à la tension d'étalonnage.

#### 4.5 *Ambiance acoustique*

##### 4.5.1 *Généralités*

Les microphones peuvent être mesurés dans différentes conditions d'ambiance acoustique:

— Placé dans un champ acoustique:

##### a) *En champ libre*

- soit d'ondes sphériques,
- soit d'ondes planes,
- soit d'ondes produites par une source spécifiée (bouche artificielle);

##### b) *En champ diffus*

— Couplé à une source par l'intermédiaire d'une cavité de faible volume (coupleur).

For field calibrations it is recommended that the sound source (loudspeaker) be contained in an enclosure which radiates sound from one well-defined opening only.

#### 4.3 *Standard microphone*

A calibrated laboratory standard pressure microphone shall be used to measure the sound pressure.

##### 4.3.1 *Accuracy of standard microphone*

The standard microphone should be calibrated with an accuracy of  $\pm 1$  dB, or better.

#### 4.4 *Voltage measuring system*

The electromotive force (e.m.f.) generated by the microphone, when in a sound field, may be determined by one of the following methods:

- a) by measuring the open-circuit voltage of the microphone using a voltmeter with an input impedance of at least 30 times the rated impedance of the microphone; or
- b) in case of a high impedance microphone, by using the insert voltage technique.

*Note.* — The insert voltage technique (also referred to as the substitution method) is used to determine the open-circuit voltage of a microphone when it is electrically loaded. Let a microphone, having a certain open-circuit voltage, be connected to a load impedance. To measure the open-circuit voltage, an impedance, small compared with the load impedance, is connected in series with the microphone, and a calibrating voltage applied across it. Let a sound pressure and a calibrating voltage of the same frequency be applied alternately. When the calibrating voltage is adjusted until it gives the same voltage across the load impedance as results from the sound pressure on the microphone, the open-circuit voltage will be equal in magnitude to the calibrating voltage.

#### 4.5 *Acoustical environment*

##### 4.5.1 *General*

The microphone can be measured in different acoustical ambient conditions:

— Placed in an acoustic field:

###### a) *In free field*

- spherical waves, or
- plane waves, or
- waves produced by specified sound source (artificial mouth);

###### b) *In diffuse field*

— Coupled to a sound source by means of a small cavity (coupler).

#### 4.5.2 *Microphone placé dans un champ acoustique*

##### a) *Conditions de champ libre*

Une onde sonore en champ libre a toujours un caractère de divergence. Dans certaines conditions, on peut l'assimiler approximativement à une onde plane idéale.

Les conditions de champ libre peuvent être réalisées:

- soit en plein air; toutefois, le bruit ambiant et le vent constituent souvent un empêchement majeur,
- soit en chambre anéchoïque,
- soit dans un conduit.

Une source sonore de faibles dimensions par rapport à la longueur d'onde engendre une onde sphérique dans les conditions d'environnement décrites ci-dessus.

Une onde sphérique peut être assimilée approximativement à une onde plane dans une zone de mesure située à une distance suffisamment éloignée de la source.

Aux fréquences basses, il devient difficile de réaliser les conditions d'ondes planes dans une chambre anéchoïque. Une onde plane, dans la gamme des fréquences basses, inférieure à la fréquence de coupure de la chambre anéchoïque, peut toutefois être réalisée dans de meilleures conditions en utilisant un conduit.

On peut définir autour du microphone à mesurer une zone de mesure dans les limites de laquelle les conditions d'ondes planes ou d'ondes sphériques sont suffisamment approchées pour ne pas s'écarter de plus de  $\pm 1$  dB des conditions d'ondes idéales.

##### *Ondes sphériques*

La pression acoustique rayonnée en champ libre à partir d'une source sonore omnidirectionnelle varie en raison inverse de la distance à partir du centre acoustique de la source.

La réponse du microphone varie en raison inverse de la distance du centre acoustique de la source au point de référence du microphone lorsque les dimensions de ces deux appareils sont petites par rapport à la longueur d'onde, ce qui permet de ramener les résultats obtenus pour une certaine distance  $r$  à la distance de référence.

Lorsque, soit la périphérie de la surface de radiation de la source, soit la périphérie de la principale entrée acoustique du microphone dépasse la longueur d'onde, ce calcul n'est valable que lorsque la distance de mesure satisfait les relations suivantes:

$$r \geq d$$

$$r \geq \frac{d^2}{\lambda}$$

où:  $r$  = la distance entre la source et le point de mesure

$d$  = le diamètre effectif de la source

$\lambda$  = la longueur d'onde

#### 4.5.2 *Microphone placed in an acoustic field*

##### *a) Free-field conditions*

A free-field sound wave is always divergent in character. In certain circumstances it may approximate an ideal plane wave.

Free-field conditions can be obtained:

- in open air, ambient noise and wind permitting, or
- in an anechoic room, or
- in a duct.

A sound source of small dimensions with respect to the wave-length produces a spherical wave in this environment.

The spherical wave can be approximated to a plane wave in a region of measurement located at a sufficient distance from the source.

At low frequencies, it becomes difficult to realize plane wave conditions in an anechoic room. A plane wave at low frequencies, below the cut-off frequency of the anechoic room, may therefore better be realized in a duct.

A region around the microphone can be defined where the errors due to the departure from either plane or spherical waves do not exceed  $\pm 1$  dB compared with the ideal conditions.

##### *Spherical waves*

The sound pressure generated in a free-field by an omnidirectional sound source varies inversely with the distance from the acoustic centre of the source.

The response of the microphone will vary inversely with the distance between the source and the microphone when the relevant dimensions of both are small compared with the wave-length, allowing the results from the measurements made at a certain distance  $r$  to be computed to the reference distance.

When either the circumference of the radiating surface of the source or the circumference of the principal acoustic entry of the microphone exceeds the wave-length, this computation applies only when the measuring distance complies to:

$$r \geq d$$

$$r \geq \frac{d^2}{\lambda}$$

where:  $r$  = distance from the source to the measuring point

$d$  = effective diameter of the sound source

$\lambda$  = sound wave-length

Tandis que les ondes sphériques conviennent pour mesurer les microphones à pression, il est nécessaire d'utiliser des ondes planes presque parfaites pour mesurer les caractéristiques des microphones à gradient de pression dans la gamme des fréquences basses.

Pour des microphones sensibles à la fois à la pression et au gradient de pression et ayant une réponse en fréquence horizontale dans un champ acoustique libre en ondes planes d'incidence nulle (c'est-à-dire à une distance suffisante de la source), la réponse en fonction de la fréquence  $f$ , de la distance  $r$  d'où partent les ondes sphériques et de l'angle d'incidence  $\theta$  des ondes à l'emplacement du microphone, peut être représentée par la formule complexe suivante:

$$(1 - B) + B \left( 1 + \frac{1}{jkr} \right) \cos \theta$$

- où:  $1 - B$  = la contribution de la composante de pression
- $B$  = la contribution de la composante à gradient de pression
- $k = 2\pi/\lambda$  ou  $2\pi f/c$
- $B = 0$  pour le type omnidirectionnel à pression
- $B = 0,5$  pour le type cardioïde
- $B = 1$  pour le type bidirectionnel à gradient de pression

La réponse, exprimée en décibels, d'un microphone du type cardioïde en fonction du paramètre  $kr$  et de l'angle  $\theta$  peut être déduite du tableau suivant:

TABEAU I

$\theta \backslash kr$	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0	10	$\infty$
$0^\circ$	+14,2	+8,6	+3,0	+1,0	+0,3	+0,0	+0,0	0
$45^\circ$	+11,1	+5,8	+0,9	-0,7	-1,2	-1,4	-1,4	-1,4
$90^\circ$	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0	-6,0
$135^\circ$	+10,9	+4,9	-2,8	-8,4	-12,7	-15,6	-16,2	-16,5
$180^\circ$	+14,0	+8,0	0	-6,0	-12,0	-20,0	-26,0	$-\infty$

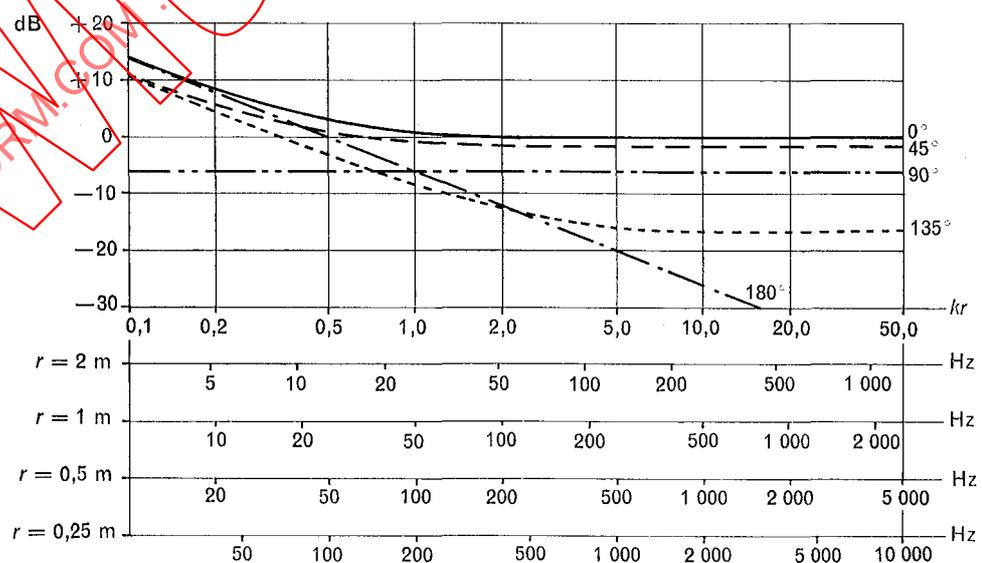


FIGURE 1

Spherical waves can be used to measure pressure microphones but it is necessary to use almost perfect plane waves in the low frequency range for the measurement of pressure gradient microphones.

For microphones responding both to pressure and to pressure gradient, having a flat frequency response in a plane-wave free sound field (i.e. at a sufficient distance from the source), the response as a function of frequency  $f$ , distance from a centre of spherical diverging waves  $r$  and of angle of incidence  $\theta$  of the waves at the microphone, can be given in a complex form:

$$(1 - B) + B \left( 1 + \frac{1}{jkr} \right) \cos \theta$$

- where:  $1 - B$  = contribution of pressure component
- $B$  = contribution of pressure gradient component
- $k = 2\pi/\lambda$  or  $2\pi f/c$
- $B = 0$  for the omnidirectional pressure type
- $B = 0.5$  for the cardioid type
- $B = 1$  for the bidirectional pressure gradient type

The response, expressed in decibels, of a cardioid type microphone as a function of the parameter  $kr$  and the angle  $\theta$  can be taken from the following table:

TABLE I

$\theta \backslash kr$	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	5.0	10	$\infty$
$0^\circ$	+14.2	+8.6	+3.0	+1.0	+0.3	+0.0	+0.0	0
$45^\circ$	+11.1	+5.8	+0.9	-0.7	-1.2	-1.4	-1.4	-1.4
$90^\circ$	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0	-6.0
$135^\circ$	+10.9	+4.9	-2.8	-8.4	-12.7	-15.6	-16.2	-16.5
$180^\circ$	+14.0	+8.0	0	-6.0	-12.0	-20.0	-26.0	$-\infty$

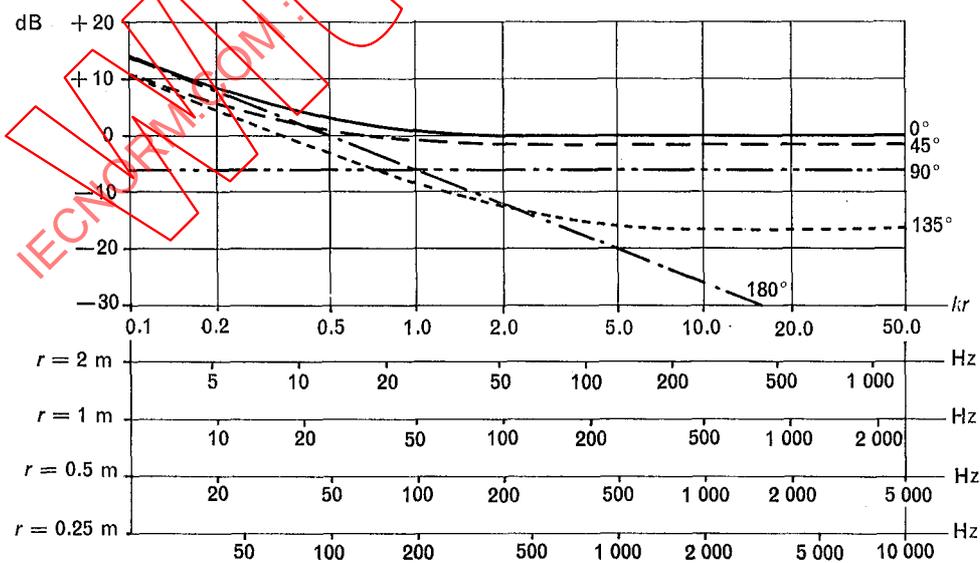


FIGURE 1

### *Onde progressive plane*

On peut obtenir une onde progressive plane dans un conduit ou en champ libre.

#### 1. *Dans un conduit*

On peut obtenir une onde progressive plane dans un conduit, mais il est à noter que de nombreux problèmes sont à résoudre comme la réalisation de l'impédance terminale, la manière d'éviter les ondes transversales, la forme du front d'onde initial et les dimensions relatives du conduit et du microphone.

#### 2. *En champ libre*

Une onde sphérique peut être considérée comme une onde progressive plane avec une approximation suffisante, en se plaçant à une distance au moins égale à la demi-longueur d'onde correspondant à la fréquence de mesure la plus basse, distance comptée à partir du centre de courbure de l'onde.

### *Utilisation d'une bouche artificielle*

Pour simuler les conditions pratiques d'ambiance en champ libre pour des microphones qui sont destinés à fonctionner à proximité de la bouche, il est nécessaire d'introduire un obstacle ayant la forme de la tête humaine lorsqu'on mesure de tels microphones à l'aide d'une bouche artificielle.

La bouche artificielle utilisée pour les mesures et les conditions requises pour son emploi sont en cours d'étude.

#### *b) Champ diffus*

Certaines mesures peuvent être effectuées dans un champ diffus, dans lequel les ondes acoustiques se propagent avec une incidence erratique. On utilise alors comme signal des bandes de bruit d'un tiers d'octave de largeur.

Un champ acoustique diffus peut être approximativement réalisé dans une chambre réverbérante, caractérisée par une durée de réverbération suffisamment élevée, à une distance suffisamment éloignée de la source et des murs, et au-dessus d'une fréquence limite (voir également la Publication R 354 de l'ISO: Mesure des coefficients d'absorption en chambre réverbérante).

La durée de réverbération  $T$  de la chambre vide doit être supérieure

à	5 s	5 s	5 s	4,5 s	3,5 s	2 s
à	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz

On peut utiliser l'expression suivante pour la détermination de la fréquence limite inférieure:

$$f > 125 \left( \frac{180}{V} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ Hz}$$

où:  $V$  = le volume de la chambre, exprimé en mètres cubes.

*Plane progressive waves*

A plane progressive wave can be obtained either in a duct or in a free field.

1. *In a duct*

It must be noted that there are many problems to be solved such as the design of the terminating impedance, the avoidance of cross-modes, the shape of the original wave front and the relative dimensions of the duct and the microphone.

2. *In a free field*

A spherical wave at a distance of at least half the wave-length from the centre of curvature at the lowest frequency of measurement is a practical approximation to a plane progressive wave.

*Use of an artificial mouth*

In order that the conditions of test may be similar to those of actual use, it is necessary to introduce an obstacle in the shape of a human head when measuring close talking microphones by means of an artificial mouth.

The artificial mouth used for the measurements and the conditions required for its use are under consideration.

b) *Diffuse field*

Some measurements can be made in a diffuse field in which sound waves are propagated with random incidence. In this case, bands of noise of third octave width shall be used as the signal.

A diffuse sound field can be approximately realized in a reverberant room characterized by a sufficiently long duration of reverberation at a sufficiently large distance from the source and the walls, and above a limiting frequency (see also ISO Publication R 354, Measurement of absorption coefficients in a reverberant room).

The reverberation time  $T$  of the empty room shall exceed

at	5 s	5 s	5 s	4.5 s	3.5 s	2 s
at	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz

For the determination of the lower frequency limit, the following equation can be used:

$$f > 125 \left( \frac{180}{V} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ Hz}$$

where:  $V$  = the volume of the room in cubic metres.

La zone de mesure sera choisie à une distance de la source telle que le son direct émanant de la source soit considéré comme négligeable.

Lorsqu'on utilise une source omnidirectionnelle, la distance minimale  $r$  de la source au point de mesure est donnée par l'expression :

$$r \gg 0,06 \left( \frac{V}{T} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ m}$$

où:  $V$  = le volume de la chambre, exprimé en mètres cubes

$T$  = la durée de réverbération de Sabine à la fréquence  $f$ .

#### 4.5.3 *Microphone couplé à une source sonore à l'aide d'un coupleur à cavité de faible volume*

Pour obtenir l'efficacité en pression d'un microphone, on utilise une cavité rigide couplant la source sonore au microphone.

Pour des besoins courants, cette méthode est toutefois très utile pour obtenir l'efficacité en pression d'un microphone par comparaison avec celle d'un microphone de référence étalonné.

Afin de maintenir une pression acoustique suffisamment uniforme à l'intérieur de la cavité, cette méthode ne doit être utilisée que dans les limites de la gamme de fréquences où les dimensions linéaires de la cavité sont inférieures à un dixième de la longueur d'onde. Aux fréquences basses, des précautions doivent être prises pour éliminer les fuites d'air.

On se référera à la publication de la CEI appropriée en ce qui concerne l'étalonnage absolu en pression d'un microphone.

*Note.* — Si la source sonore est constituée par une petite portion de la surface interne de la cavité, animée d'un mouvement de vibration dont l'amplitude est exactement connue, le dispositif est appelé couramment pistonphone.

#### 4.6 *Méthodes d'obtention des courbes de réponse*

##### 4.6.1 *Méthode «point par point» ou automatique*

Les courbes de réponse peuvent être obtenues soit «point par point» soit «automatiquement».

###### a) *Méthode «point par point»*

Si l'on utilise la méthode «point par point», il convient de faire très attention à ce que tous les accidents caractéristiques de la courbe de réponse soient explorés.

*Note.* — Si l'on applique la méthode point par point, le graphique doit indiquer clairement les points considérés.

###### b) *Méthode automatique*

Il faut balayer la gamme de fréquences suffisamment lentement pour s'assurer que la courbe résultante ne s'écarte pas des valeurs que l'on obtiendrait en régime permanent pour chaque fréquence.

*Notes 1.* — La réponse indiquée ne doit pas varier de plus de  $\pm 1$  dB si l'on arrête le balayage à n'importe quel moment.

2. — L'appareillage complémentaire suivant peut être utilisé:

- un dispositif automatique capable de maintenir constant le niveau de pression acoustique voulu dans la gamme des fréquences considérée;
- un enregistreur automatique de niveau comme indicateur de sortie.

The region of measurement shall be chosen at such a distance from the source that the direct sound of the source is negligible.

When an omnidirectional source is used, the minimum distance  $r$  from the source to the measuring points is given by:

$$r \gg 0.06 \left( \frac{V}{T} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ m}$$

where:  $V$  = the volume of the room in cubic metres

$T$  = the Sabine reverberation time at the frequency  $f$ .

#### 4.5.3 *Microphone coupled to a sound source by means of a small cavity coupler*

To determine the pressure sensitivity of a microphone, a rigid cavity is used to couple the sound source to the microphone.

For normal use this method is most useful for obtaining the pressure sensitivity of a microphone by comparison with the sensitivity of a calibrated reference microphone.

In order to obtain a sufficiently uniform sound pressure inside the cavity, this method shall only be used inside the limits of the frequency range where the linear dimensions of the cavity are less than one-tenth of the wavelength. At low frequencies care must be taken to eliminate air leakage.

For absolute pressure calibration of a microphone, reference is made to the appropriate IEC Publications.

*Note.* — If the sound source consists of a small vibrating part of the inner surface of the cavity, and the exact vibrating movement of the vibrating part is known, the device is commonly called a pistonphone.

#### 4.6 *Methods of taking frequency response curves*

##### 4.6.1 *Point-by-point or automatic method*

Response curves may be prepared point-by-point or automatically.

###### a) *Point-by-point method*

Great care is needed to ensure that all significant peaks and troughs of the frequency response curve are explored.

*Note.* — The graph should clearly indicate the points taken.

###### b) *Automatic method*

The rate of traversing the frequency range shall be slow enough to ensure that the resulting curve does not deviate from that which would be obtained under steady state conditions.

*Notes 1.* — Stopping the trace at any instant should not change the indicated response by more than  $\pm 1$  dB.

2. — The following additional apparatus may be used:

- equipment capable of automatically maintaining the requisite sound pressure level over the frequency range concerned;
- an automatic level recorder as output indicator.

#### 4.6.2 Méthode d'étalonnage

Indépendamment du choix de la méthode «point par point» ou automatique, il y a deux façons d'effectuer l'étalonnage, à savoir:

##### a) Méthode par substitution

Méthode de mesure de la réponse d'un microphone selon laquelle le microphone à étalonner et le microphone étalon utilisé pour mesurer la pression acoustique sont placés alternativement aux mêmes points de mesure dans le champ acoustique.

##### b) Méthode par comparaison simultanée

Autre méthode de mesure de la réponse d'un microphone, utilisée quelquefois pour des raisons de commodité pratique, selon laquelle le microphone à étalonner et le microphone étalon utilisé pour mesurer la pression acoustique sont placés simultanément dans le champ acoustique, en deux points différents voisins du point de mesure.

Les points choisis doivent être tels que les résultats d'une mesure de réponse effectuée avec la méthode par comparaison concordent à moins de  $\pm 1$  dB avec les résultats correspondants obtenus avec la méthode par substitution.

La méthode par comparaison simultanée ne doit être utilisée que s'il est vérifié que les exigences requises ci-dessus sont satisfaites.

La conformité de cette mesure peut être vérifiée de la façon suivante:

- les pressions mesurées à l'aide d'un microphone étalonné, en deux points différents du champ libre, ne doivent pas différer entre elles de plus de  $\pm 1$  dB;
- la distance entre les microphones doit être suffisamment grande pour que la pression acoustique existant à chacun des emplacements des deux microphones soit modifiée de moins de  $\pm 1$  dB par la présence de l'autre microphone à l'autre emplacement.

#### 4.7 Exactitude globale

Une exactitude globale de  $\pm 2$  dB ou meilleure doit être obtenue pour l'étalonnage des microphones de type semblable au microphone étalon utilisé.

Une exactitude globale de  $\pm 3$  dB ou meilleure doit être obtenue pour l'étalonnage des microphones de type et de forme géométrique différents du microphone étalon utilisé.

#### 4.6.2 Calibration methods

Irrespective of the choice of the point-by-point or automatic method, there are two methods of conducting the calibration, viz:

##### a) Substitution method

A method of measurement of the response of a microphone in which the microphone to be calibrated and the standard microphone employed to measure the requisite sound pressure are placed alternately at the same test point in the sound field.

##### b) Simultaneous comparison method

An alternative method of measurement of the response of a microphone is sometimes employed, for reasons of practical convenience, in which the microphone to be calibrated and the standard microphone employed to measure the requisite sound pressure are placed simultaneously at two different points near the test point in the sound field.

The points chosen shall be such that the results of a response test carried out by the comparison method agree within  $\pm 1$  dB with the corresponding results obtained by the substitution method.

The simultaneous method should only be used after checking that this requirement is met.

Compliance with this requirement can be checked by the following:

- the sound pressures, measured in the two different points in the free sound field by means of a calibrated microphone, shall correspond within  $\pm 1$  dB;
- the distance between the microphones shall be such that the sound pressure at each of the two microphone points is independent within  $\pm 1$  dB, of the presence of the second microphone at the other point.

#### 4.7 Overall accuracy

An overall accuracy of  $\pm 2$  dB or better shall be obtained for the calibration of microphones of similar type with respect to the standard microphone employed.

An overall accuracy of  $\pm 3$  dB or better shall be obtained for the calibration of microphones of different type and geometrical form with respect to the standard microphone employed.

## SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES À SPÉCIFIER ET MÉTHODES DE MESURE CORRESPONDANTES

### 5. Nature du microphone (comportement acoustique)

#### 5.1 *Principe du transducteur*

Le constructeur doit spécifier le principe du transducteur, par exemple microphone électrostatique (à condensateur), microphone électrodynamique, microphone électromagnétique ou microphone piézoélectrique.

#### 5.2 *Type de microphone*

Le constructeur doit spécifier le type de microphone, par exemple: microphone à pression, microphone à gradient de pression (avec réseau déphaseur acoustique, s'il en existe), microphone combiné à pression et à gradient de pression, microphone sensible à la vitesse.

#### 5.3 *Type de courbe de directivité*

Le constructeur doit spécifier le type de courbe de directivité, par exemple: caractéristique omnidirectionnelle, unidirectionnelle, hypercardioïde ou bidirectionnelle.

### 6. Bornes et dispositifs de commande

#### *Caractéristiques à spécifier*

#### 6.1 *Repérage*

Les recommandations concernant le repérage des bornes et des dispositifs de commande sont données dans la Publication 268-1 de la CIEI, article 6, avec le complément suivant:

- la polarité doit être indiquée par un repère, de préférence un point de couleur sur la borne de sortie pour laquelle un mouvement de la membrane vers l'intérieur, c'est-à-dire un accroissement instantané de la pression acoustique, produit une tension positive.

### 7. Point et axe de référence

#### 7.1 *Point de référence*

##### *Caractéristique à spécifier*

Point du microphone spécifié par le constructeur.

*Note.* — Le point de référence doit être de préférence le centre de l'entrée acoustique principale.

#### 7.2 *Axe de référence*

##### *Caractéristique à spécifier*

Droite passant par le point de référence et donnant la direction recommandée pour l'incidence du son telle qu'elle est spécifiée par le constructeur. De préférence, le microphone doit être conçu de manière que cette direction soit évidente pour l'utilisateur.

*Note.* — De préférence, l'axe de référence d'un microphone doit être choisi perpendiculaire au plan de l'entrée acoustique principale du microphone et passer par le centre de cette entrée.

## SECTION TWO — CHARACTERISTICS TO BE SPECIFIED AND THE RELEVANT METHODS OF MEASUREMENT

### 5. Type description (acoustical behaviour)

#### 5.1 Principle of the transducer

The manufacturer shall specify the principle of the transducer, e.g. electrostatic (condenser), electrodynamic, electromagnetic or piezoelectric.

#### 5.2 Type of microphone

The manufacturer shall specify the type of microphone, e.g. pressure, pressure-gradient (with acoustical phase shift network, if any), or combination of a pressure and pressure-gradient microphone, or velocity microphone.

#### 5.3 Type of directional response characteristics

The manufacturer shall specify the type of directional response characteristics, e.g. omnidirectional, unidirectional, hyper-cardioid, or bidirectional.

### 6. Terminals and controls

#### *Characteristics to be specified*

#### 6.1 Marking

Recommendations for marking the terminals and controls are given in IEC Publication 268-1, Clause 6, with the addition of the following requirement:

- the polarity shall be indicated by a mark, preferably a coloured dot, at that output terminal at which a positive instantaneous voltage is produced by an inward movement of the diaphragm, i.e. an increase in sound pressure.

### 7. Reference point and axis

#### 7.1 Reference point

##### *Characteristic to be specified*

A point of the microphone specified by the manufacturer.

*Note.* — The centre of the principal acoustic entry shall preferably be chosen as the reference point.

#### 7.2 Reference axis

##### *Characteristic to be specified*

A line passing through the reference point indicating a recommended direction of sound incidence specified by the manufacturer. The microphone shall be so designed that the recommended direction of sound incidence is obvious to the user.

*Note.* — The reference axis should preferably be perpendicular to the plane of the principal acoustic entry of the microphone and pass through the centre of the entry.

## 8. Alimentation

### 8.1 Alimentation nominale

#### *Caractéristique à spécifier*

Les renseignements suivants doivent être spécifiés par le constructeur pour chaque paire de bornes à connecter au dispositif d'alimentation et pour chaque position du dispositif éventuel d'adaptation de l'alimentation:

- type d'alimentation (c'est-à-dire: courant continu ou courant alternatif);
- tension d'alimentation et ses limites supérieure et inférieure;
- fréquence d'alimentation ou domaine de fréquences et ses limites supérieure et inférieure;
- puissance apparente prélevée à la source d'alimentation, exprimée en voltampères.

#### *Méthode de mesure*

#### *Puissance apparente prélevée à la source d'alimentation*

- a) Le microphone est placé dans les conditions nominales;
- b) La puissance apparente prélevée à la source d'alimentation est mesurée en voltampères.

## 9. Impédance électrique

### 9.1 Impédance interne

#### *Caractéristique à spécifier*

Module de l'impédance interne du microphone, mesurée entre les bornes de sortie.

*Note.* — Si l'impédance peut être représentée d'une manière satisfaisante par un réseau simple, on peut mentionner les valeurs des paramètres du réseau. Si cela n'est pas possible, l'impédance doit être spécifiée en fonction de la fréquence.

#### *Méthodes de mesure*

L'impédance interne peut être mesurée soit par une méthode de comparaison, soit en appliquant une pression acoustique et en mesurant la tension de sortie pour différentes conditions de charge. Deux méthodes sont décrites ci-après:

#### a) *1<sup>re</sup> Méthode*

L'impédance peut être mesurée à l'aide d'un pont de mesure. Une autre méthode consiste à comparer l'impédance du microphone à une impédance connue. Dans ce dernier cas, un courant constant délivré par une source à haute impédance traverse le microphone et on mesure la tension apparaissant à ses bornes. Le microphone est ensuite remplacé par une résistance connue et la procédure est répétée. La comparaison des deux valeurs donne directement le module de l'impédance cherchée.

8. **Power supply**

8.1 *Rated power supply*

*Characteristic to be specified*

The following information shall be specified by the manufacturer for each pair of terminals to be connected to the power supply and for each position of the power supply adaptor, if any:

- the type of power supply (i.e. direct current or alternating current);
- power supply voltage and its upper and lower limits;
- power supply frequency or range of frequencies and its upper and lower limits;
- apparent power drawn from the power supply expressed in voltamperes.

*Method of measurement*

*Apparent power drawn from the power supply*

- a) The microphone is brought under rated conditions;
- b) The apparent power drawn from the power supply is measured in voltamperes.

9. **Electrical impedance**

9.1 *Internal impedance*

*Characteristic to be specified*

The modulus of the internal impedance of the microphone measured between the output terminals.

*Note.* — If the impedance can be satisfactorily represented by that of a simple network, then the values of the network parameters may be given. If this is not applicable, then the impedance shall be specified as a function of frequency.

*Methods of measurement*

The internal impedance may be measured by a comparison method or by applying a sound pressure and measuring the output voltage under different load conditions. Both methods are indicated below:

a) *Method 1*

The impedance can be measured by means of a measuring bridge.

An alternative method is that of comparison with a known impedance. In the latter case a constant current from a high impedance source is passed through the microphone and the voltage across its terminals measured. The microphone is then replaced by a known resistance and the procedure repeated. Comparison of the two values gives the modulus of the impedance directly.

La tension appliquée aux bornes du microphone ne doit pas dépasser la tension de sortie délivrée par le microphone lorsque celui-ci est soumis au niveau limite de pression acoustique.

*Notes 1.* — Si une seule valeur est mesurée, l'impédance interne doit être spécifiée à 1 000 Hz.

2. — La capacité d'une capsule de microphone électrostatique doit être mesurée sous la tension de polarisation spécifiée par le constructeur.

b) 2e Méthode

L'impédance interne peut être calculée à partir des tensions de sortie obtenues pour trois conditions de charge différentes. D'une manière générale, ce procédé nécessite un appareil de mesure très précis.

Si l'impédance interne correspond approximativement à une résistance pure, on peut appliquer le procédé simple suivant pour obtenir des résultats approximatifs qui sont suffisamment précis dans la pratique courante:

1. Le microphone est placé dans les conditions normales de fonctionnement;
2. On applique une pression acoustique au microphone et on déduit l'impédance de la tension de sortie obtenue pour les différentes charges. Par exemple, l'impédance  $Z$  peut être calculée à partir de la tension de sortie en circuit ouvert  $U_2'$  et de la tension de sortie  $U_2$  obtenue aux bornes de l'impédance nominale de charge  $R_2$ , en utilisant la formule:

$$Z = \frac{U_2' - U_2}{U_2} R_2$$

9.2 Impédance nominale

*Caractéristique à spécifier*

L'impédance nominale doit être l'impédance interne du microphone spécifiée par le constructeur.

*Notes 1.* — Sauf spécification contraire, l'impédance doit être considérée comme une résistance pure.

2. — Etant donné que l'impédance d'entrée de l'amplificateur (entrée «microphone») est normalement au moins égale à trois fois celle de l'impédance nominale du microphone, celui-ci sera considéré comme fonctionnant sensiblement non chargé.

3. — L'impédance nominale est une grandeur d'adaptation pour l'information de l'utilisateur d'un microphone. Le marquage des mêmes valeurs nominales (impédance nominale pour le microphone, impédance nominale de source pour l'amplificateur) simultanément aux bornes d'entrée du microphone et de l'amplificateur, indique que lorsque ces appareils sont correctement reliés entre eux, on obtient les caractéristiques données.

9.3 Impédance nominale de charge

*Caractéristique à spécifier*

Impédance, spécifiée par le constructeur, sur laquelle le circuit du microphone doit être fermé (voir note 2 du paragraphe 9.2).

The voltage applied at the microphone terminals shall not exceed the output voltage generated by the microphone at the overload sound pressure level.

*Notes 1.* — If only one value is measured the internal impedance shall be specified at 1 000 Hz.

*2.* — The capacity of a condenser microphone cartridge shall be measured when supplied with the polarization voltage specified by the manufacturer.

*b) Method 2*

The internal impedance can also be computed from the output voltages occurring under three different conditions of load. Generally this procedure requires very accurate measuring apparatus.

If the internal impedance is approximately a pure resistance, the following simple procedure may be used to obtain approximate results which are sufficiently accurate for normal practice.

1. The microphone is brought under normal working conditions;
2. Sound pressure is applied to the microphone and the impedance deduced from the output voltage obtained for different loads. For example the impedance  $Z$  may be calculated from the no-load output voltage  $U'_2$  and the output voltage  $U_2$  obtained when the rated load impedance  $R_2$  is applied by using the formula:

$$Z = \frac{U'_2 - U_2}{U_2} R_2$$

9.2 *Rated impedance*

*Characteristic to be specified*

The rated impedance shall be the internal impedance of the microphone specified by the manufacturer.

*Notes 1.* — Unless otherwise specified, the impedance shall be understood to be a pure resistance.

*2.* — As the input impedance of the amplifier (microphone input) will normally be at least three times the rated impedance of the microphone, it will be essentially working under no-load conditions.

*3.* — The rated impedance is a matching figure for the information of the user of a microphone. When both the microphone and the amplifier inputs are marked with the same rated values (rated impedance for microphone and rated source impedance for amplifier), it indicates, when properly connected, that the characteristics given are obtained.

9.3 *Rated load impedance*

*Characteristic to be specified*

The impedance, as specified by the manufacturer, by which the microphone is to be terminated (see Note 2 of Sub-clause 9.2).

## 10. Efficacité

### 10.1 Généralités

#### *Caractéristique à spécifier*

Dans un sens général, l'efficacité est le rapport complexe de la tension de sortie du microphone à la pression acoustique à laquelle il est soumis. Lorsque le microphone n'est pas chargé, la tension de sortie est identique à la force électromotrice de sortie (voir note 2 du paragraphe 9.2).

L'efficacité  $M$  est exprimée en volt par pascal.

Le niveau d'efficacité  $L_M$  est le rapport, exprimé en décibels, de l'efficacité  $M$  à l'efficacité de référence  $M_r$ .

$$L_M = 20 \log_{10} \frac{M}{M_r}$$

L'efficacité de référence,  $M_r = 1 \text{ V/Pa}$ , doit être indiquée.

*Note.* — Pa = N/m<sup>2</sup> (voir la Publication 27-1 de la CIE: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique, Première partie: Généralités).

Les types d'efficacité suivants peuvent être spécifiés:

- *Efficacité en champ libre* (paragraphe 10.2.1) relative à la pression acoustique en champ libre non perturbé (en l'absence de microphone);
- *Efficacité en pression* (paragraphe 10.2.4) relative à la pression acoustique réelle à l'entrée acoustique principale du microphone;
- *Efficacité en champ diffus* (paragraphe 10.2.2) relative à la pression acoustique du champ diffus non perturbé;
- *Efficacité paraphonique* (paragraphe 10.2.3) relative à la pression acoustique du champ non perturbé existant à une faible distance spécifiée de la bouche humaine (bouche artificielle).

Ces types d'efficacité peuvent être donnés, selon le cas, soit pour une fréquence spécifiée, soit dans une bande de fréquences spécifiée, soit pour des bandes d'octave ou de tiers d'octave, soit pour des signaux complexes; dans ce dernier cas, les caractéristiques du signal et du dispositif de mesure doivent être spécifiées.

Les définitions et les valeurs pour exprimer l'efficacité des microphones doivent correspondre à leurs conditions d'utilisation.

L'adaptation effective du microphone à un amplificateur peut être réalisée en tenant compte de l'efficacité correspondant aux conditions d'utilisation et à la bande de fréquences rencontrée lors de son utilisation normale.

## 10. Sensitivity

### 10.1 General

#### *Characteristic to be specified*

In general the sensitivity is the complex ratio of the output voltage of the microphone to the sound pressure to which it is exposed. For no-load conditions the value of the output voltage is identical with the output e.m.f. (see Note 2 of Sub-clause 9.2).

The sensitivity  $M$  is expressed in volts per pascal.

The sensitivity level  $L_M$ , is the ratio, expressed in decibels, of the sensitivity  $M$  and the reference sensitivity  $M_r$ .

$$L_M = 20 \log_{10} \frac{M}{M_r}$$

The reference sensitivity,  $M_r = 1$  V/Pa, shall be indicated.

*Note.* — Pa = N/m<sup>2</sup> (see IEC Publication 27-1, Letter symbols to be used in electrical technology, Part 1: General).

The following types of sensitivities may be specified:

- *Free-field sensitivity* (Sub-clause 10.2.1) referring to the sound pressure of the undisturbed free field (in the absence of the microphone);
- *Pressure sensitivity* (Sub-clause 10.2.4) referring to the actual sound pressure at the principal acoustic entrance of the microphone;
- *Diffuse field sensitivity* (Sub-clause 10.2.2) referring to the sound pressure of the undisturbed diffuse field;
- *Close talking sensitivity* (Sub-clause 10.2.3) referring to the sound pressure of the undisturbed field at a specified short distance from the human (artificial) mouth.

These types of sensitivity may be given, if appropriate, either at a specified frequency, within a specified frequency band, for octave/third-octave bands, or for complex signal inputs; in the latter case the characteristics of the signal and the measuring system shall be specified.

Definition and figures for the sensitivity of microphones should be related to the purpose for which the microphones are used.

Effective matching of the microphone to an amplifier can be achieved taking into account the relevant sensitivity stated for the conditions and the frequency band appropriate to the microphone in normal operation.

## 10.2 Efficacités en fonction de l'ambiance acoustique

### 10.2.1 Efficacité en champ libre

#### *Caractéristique à spécifier*

Rapport de la force électromotrice de sortie à la pression acoustique en champ libre non perturbé, pour une fréquence spécifiée, ou dans une bande de fréquences spécifiée et pour une incidence acoustique spécifiée par rapport à l'axe de référence.

*Note.* — Sauf spécification contraire, le champ libre non perturbé doit être relatif à une onde progressive plane dont le front d'onde est perpendiculaire à l'axe de référence du microphone. Si le champ acoustique ne correspond pas à une onde progressive plane, il y a lieu de spécifier le rayon de courbure de l'onde.

#### *Méthode de mesure*

Les conditions de mesures sont précisées dans les articles 3 et 4.

Un étalonnage en champ libre du microphone étalon utilisé pour mesurer la pression acoustique est nécessaire.

Il est important de s'assurer que l'orientation du microphone étalon est conforme à celle utilisée lors de son étalonnage.

*Notes 1.* — Sauf spécification contraire, l'efficacité en champ libre doit être considérée comme relative à une onde plane.

2. — Pour les microphones omnidirectionnels (uniquement du type à pression), l'efficacité en champ libre pour une onde plane et celle pour une onde sphérique ne diffèrent pas considérablement l'une de l'autre, et sont égales à l'efficacité en pression, tant qu'on peut négliger les effets de diffraction. C'est le cas lorsque les dimensions latérales du microphone sont faibles par rapport à la longueur d'onde.

Par conséquent aux fréquences basses, une onde sphérique est suffisante pour mesurer l'efficacité en ondes planes d'un microphone omnidirectionnel (uniquement du type à pression). Pour la gamme de fréquences plus élevée, le microphone doit être mesuré dans le champ acoustique correspondant.

Si l'on utilise un haut-parleur en forme de cône dont le diamètre ne dépasse pas 0,3 m, comme source sonore, il convient d'adopter une distance d'au moins 1 m pour l'étalonnage en champ libre des microphones omnidirectionnels (uniquement du type à pression) dans la gamme des fréquences acoustiques.

### 10.2.2 Efficacité en champ diffus

#### *Caractéristique à spécifier*

Rapport de la force électromotrice de sortie à la pression acoustique en champ diffus non perturbé pour une fréquence spécifiée ou dans une bande de fréquences spécifiée. L'efficacité en champ diffus est définie comme la moyenne quadratique des efficacités en champ libre pour toutes les directions de l'onde incidente. Le niveau d'efficacité en champ diffus est égal au niveau d'efficacité en champ libre en ondes planes (paragraphe 10.2.1) diminué de l'indice de directivité (paragraphe 13.2).

*Notes 1.* — Le champ diffus est défini par le fait que les ondes acoustiques sont réparties au hasard dans toutes les directions (incidence quelconque) avec des phases quelconques.

2. — Au lieu de l'efficacité en champ diffus, le constructeur peut donner l'efficacité en champ libre pour une onde plane ainsi que l'indice de directivité pour la même fréquence ou la même bande de fréquences.

## 10.2 *Sensitivities with respect to acoustical environment*

### 10.2.1 *Free-field sensitivity*

#### *Characteristic to be specified*

At a specific frequency or within a specified frequency band and for a specified direction of sound incidence with respect to the reference axis, the ratio of the output e.m.f. to the sound pressure in the undisturbed free field.

*Note.* — Unless otherwise specified, the undisturbed free field shall be a plane progressive wave with the wavefront perpendicular to the reference axis of the microphone. If the sound field is not a plane progressive wave, the radius of curvature of the wave shall be specified.

#### *Method of measurement*

The conditions for measurement are laid down in Clauses 3 and 4.

A free field calibration of the standard microphone employed to measure the sound pressure is required.

It is important to ensure that the orientation of the standard microphone agrees with the orientation used during its calibration.

*Notes 1.* — If not otherwise stated, free-field sensitivity is to be understood as free-field plane-wave sensitivity.

2. — For omnidirectional microphones (pressure type only) the free-field sensitivity in a plane-wave and that in a spherical wave do not differ from each other, and are equal to the pressure sensitivity, provided that diffraction effects in the field can be neglected. This is the case when the lateral dimensions of the microphone are small compared to the wave-length.

At low frequencies, therefore, a spherical wave is sufficient to measure the plane-wave sensitivity of an omnidirectional microphone (pressure type only). For the higher frequency range, the microphone should be measured in the relevant sound field.

If a cone loudspeaker with a diameter not larger than 0.3 m is used as a sound source, a suitable minimum distance for the free-field calibration of omnidirectional microphones (pressure type only) in the audio frequency range is 1 m.

### 10.2.2 *Diffuse field sensitivity*

#### *Characteristic to be specified*

At a specified frequency or within a specified frequency band, the ratio of the output e.m.f. to the sound pressure in the undisturbed diffuse field. The diffuse-field sensitivity is equal to the r.m.s. value of the free-field sensitivities for all directions of sound incidence. The diffuse field sensitivity level equals the free-field plane-wave sensitivity level (Sub-clause 10.2.1) minus the front-to-random sensitivity index (Sub-clause 13.2).

*Notes 1.* — The diffuse field is defined by the fact that sound waves with random phase are randomly distributed over all directions (random incidence).

2. — Instead of the diffuse field sensitivity, the manufacturer may state the free-field plane wave sensitivity and the front-to-random sensitivity index at the same frequency or within the same frequency band.

### Méthodes de mesure

On peut obtenir l'efficacité en champ diffus de deux manières différentes, à savoir :

- a) L'efficacité en champ diffus pour une fréquence donnée peut être calculée à partir de l'efficacité en champ libre (paragraphe 10.2.1) et du diagramme directionnel (paragraphe 13.1) du microphone pour une onde progressive plane.

Si le diagramme directionnel présente une symétrie de révolution, il suffit de faire des mesures d'efficacité dans un plan passant par l'axe de référence pour des angles d'incidence de 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° et 180° par rapport à l'axe de référence.

L'efficacité pour un champ acoustique diffus peut alors être calculée approximativement selon la formule suivante :

$$M_{\text{diff}}^2 = K_1 M_0^2 + K_2 M_{30}^2 + K_3 M_{60}^2 \dots + K_7 M_{180}^2$$

où :  $M_{\text{diff}}$  = l'efficacité en champ acoustique diffus

$M_0, M_{30} \dots M_{180}$  = les efficacités relatives aux angles d'incidence correspondants

$$K_1 = K_7 = 0,018$$

$$K_2 = K_6 = 0,129$$

$$K_3 = K_5 = 0,224$$

$$K_4 = 0,258$$

- b) L'efficacité en champ diffus pour une bande de fréquences peut être mesurée dans une salle réverbérante si les conditions stipulées aux articles 3 et 4 sont remplies. Il est préférable d'utiliser une source sonore omnidirectionnelle. Un étalonnage en champ diffus du microphone étalon utilisé pour mesurer la pression acoustique est nécessaire.

### 10.2.3 Efficacité paraphonique

#### Caractéristique à spécifier

Rapport de la force électromotrice de sortie à la pression acoustique pour une fréquence spécifiée ou dans une bande de fréquences spécifiée, cette pression acoustique étant relative à un champ acoustique non perturbé produit par une source spécifiée. Cette source devra simuler la tête et la bouche humaine (bouche artificielle) et le point de référence du microphone doit être placé à une distance spécifiée du point de référence de la source, l'axe de référence du microphone étant orienté dans une direction spécifiée par rapport à l'axe de référence de la source. Cette définition n'est valable que pour les microphones utilisés à proximité de la bouche, c'est-à-dire à une distance ne dépassant pas 50 mm.

*Note.* — Si une bouche artificielle est adoptée par le Comité Consultatif International pour le Téléphone et la Télégraphie (CCITT), elle devra alors être adoptée aussi comme source.

#### Méthode de mesure

Les conditions générales de mesure sont précisées dans les articles 3 et 4. On utilise une bouche artificielle comme source sonore. La distance entre le point de référence de la source et le point de référence du microphone ne doit pas dépasser 50 mm et elle doit être indiquée avec l'orientation des axes de référence.

### *Methods of measurement*

The diffuse field sensitivity can be obtained in two different ways, viz:

- a) The diffuse field sensitivity for a given frequency can be calculated from the free-field sensitivity (Sub-clause 10.2.1) and the directional pattern (Sub-clause 13.1) of the microphone in a plane progressive wave.

If the directional pattern has rotational symmetry, it is sufficient to make measurements of sensitivity in one plane through the reference axis at angles of incidence of 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150° and 180° from the reference axis.

The sensitivity for a diffuse sound field can then be approximately calculated according to the following formula:

$$M_{\text{diff}}^2 = K_1 M_0^2 + K_2 M_{30}^2 + K_3 M_{60}^2 \dots + K_7 M_{180}^2$$

where:  $M_{\text{diff}}$  = the sensitivity for a diffuse sound field

$M_0, M_{30} \dots M_{180}$  = the sensitivities at the respective angles

$$K_1 = K_7 = 0.018$$

$$K_2 = K_6 = 0.129$$

$$K_3 = K_5 = 0.224$$

$$K_4 = 0.258$$

- b) The diffuse field sensitivity for a band of frequencies can be measured in a reverberant room if the conditions laid down in Clauses 3 and 4 are fulfilled. An omnidirectional sound source should preferably be used. A diffuse field calibration of the standard microphone employed to measure the sound pressure is required.

### 10.2.3 *Close-talking sensitivity*

#### *Characteristic to be specified*

At a specified frequency or within a specified frequency band, the ratio of the output e.m.f. to the sound pressure in the undisturbed sound field produced by a specified source. This source should simulate the human head and mouth (artificial mouth) and the reference point of the microphone should be placed at a stated distance from the reference point of the source, the reference axis of the microphone being in a stated orientation with respect to the reference axis of the source. This definition is relevant only for microphones used close to the mouth, i.e. at a distance not exceeding 50 mm.

*Note.* — If an artificial mouth is adopted by the International Telephone and Telegraph Consultative Committee (CCITT), then this shall also be adopted as the source.

#### *Method of measurement*

The general conditions for the measurement are laid down in Clauses 3 and 4. An artificial mouth is used as sound source. The distance between the reference point of the source and the reference point of the microphone should not exceed 50 mm and should be stated together with the orientation of the reference axis.

Un étalonnage pour la parole à faible distance du microphone étalon utilisé pour mesurer la pression acoustique est nécessaire. Il est important que l'orientation du microphone étalon soit conforme à l'orientation utilisée au laboratoire d'étalonnage.

*Note.* — Sauf spécification contraire, le diamètre de l'ouverture de la bouche doit être de 20 mm.

#### 10.2.4 *Efficacité en pression (dans un but comparatif)*

##### *Caractéristique à spécifier*

Rapport de la force électromotrice de sortie à la pression acoustique existant réellement à l'entrée acoustique du microphone, pour une fréquence spécifiée ou dans une bande de fréquences spécifiée. Cette définition n'est valable que pour les microphones ayant une seule entrée acoustique.

*Note.* — L'amplitude et la phase de la pression acoustique doivent être constantes en tous les points de l'entrée acoustique.

##### *Méthode de mesure*

A l'étude.

#### 10.3 *Efficacités en fonction de la nature du signal*

##### 10.3.1 *Efficacité nominale*

##### *Caractéristique à spécifier*

Efficacité en champ libre, en champ diffus, pour la parole à faible distance, en pression, spécifiée par le constructeur.

Sauf spécification contraire, elle doit représenter l'efficacité obtenue en considérant la courbe de réponse du microphone, tracée en coordonnées logarithmiques, et en prenant la moyenne arithmétique des ordonnées relatives à la portion de courbe comprise dans la bande d'octave ayant comme fréquence médiane la fréquence normalisée de référence de 1 000 Hz.

*Note.* — Sauf spécification contraire, l'efficacité nominale sera entendue comme se référant à des conditions d'utilisation du microphone en circuit ouvert. Le constructeur peut spécifier une efficacité nominale correspondant à une impédance de charge spécifiée.

##### 10.3.2 *Efficacité caractéristique*

##### *Caractéristique à spécifier*

Valeur moyenne du module de l'efficacité considérée du microphone (paragraphe 10.2) calculée sur toute la gamme utile de fréquences (paragraphe 12.2) en utilisant une pondération conforme à la distribution spectrale de l'énergie d'un signal de bruit rose.

*Notes 1.* — L'efficacité caractéristique est destinée à fournir les éléments nécessaires à l'adaptation d'un microphone à un amplificateur, en tenant compte de la réponse en fréquence dans les limites de la gamme utile de fréquences.

2. — Le constructeur peut donner en plus une autre efficacité moyenne, calculée sur d'autres gammes de fréquences, par exemple entre 50 Hz et 10 000 Hz. Dans ce cas, le constructeur doit spécifier les gammes de fréquences correspondantes.

A close talking calibration of the standard microphone employed to measure the sound pressure is required. It is important that the orientation of the standard microphone shall be in accordance with the orientation used at the calibration laboratory.

*Note.* — Unless otherwise specified, the diameter of the mouth opening shall be 20 mm.

#### 10.2.4 *Pressure sensitivity (for comparison purpose)*

##### *Characteristic to be specified*

At a specified frequency or within a specified frequency band, the ratio of the output e.m.f. to the actual sound pressure at the acoustic entry of the microphone. This definition is relevant only for microphones having one acoustic input.

*Note.* — The amplitude and phase of the sound pressure shall be kept constant over the acoustic entrance.

##### *Method of measurement*

Under consideration.

#### 10.3 *Sensitivities with respect to nature of signal*

##### 10.3.1 *Rated sensitivity*

###### *Characteristic to be specified*

The free-field, diffuse field, close-talking, pressure sensitivity assigned by the manufacturer.

Unless otherwise specified, it shall represent the sensitivity of the arithmetic average over one octave band of the logarithmically plotted frequency response centred at the standard reference frequency of 1 000 Hz.

*Note.* — Unless otherwise specified, the rated sensitivity will be understood to refer to the microphone under no-load conditions. The manufacturer may specify the rated sensitivity for a specified load impedance.

##### 10.3.2 *Characteristic sensitivity*

###### *Characteristic to be specified*

The modulus of the relevant sensitivity of the microphone (Sub-clause 10.2) averaged over the effective frequency range (Sub-clause 12.2) using a weighting in conformity with the spectral power distribution of pink noise.

*Notes 1.* — The characteristic sensitivity is intended to provide the information necessary for matching the microphone to the amplifier, taking into account the frequency response within the limits of the effective frequency range.

*2.* — The manufacturer may give, in addition, another average sensitivity over other frequency ranges, e.g. 50 Hz to 10 000 Hz. In such cases, the manufacturer shall state the relevant frequency ranges.

### Méthode de mesure

L'efficacité considérée, prise dans la liste contenue dans le paragraphe 10.2, est calculée pour la fréquence médiane des bandes d'octave ou de tiers d'octave (conformes aux dispositions de la Publication 225 de la CEI: Filtres de bandes d'octave, de demi-octave et de tiers d'octave destinés à l'analyse des bruits et des vibrations) dans les limites de la gamme utile de fréquences.

Les valeurs  $M_f$  de l'efficacité considérée pour la fréquence médiane des bandes d'octave ou de tiers d'octave peuvent être calculées à partir de la valeur obtenue à une seule fréquence (par exemple 1 000 Hz) et de la courbe de réponse en fréquence mesurée dans les conditions correspondantes.

Si la gamme utile de fréquences ne couvre pas un nombre entier de bandes d'octave ou de tiers d'octave, la gamme de fréquences utilisée pour calculer l'efficacité caractéristique est obtenue en élargissant la gamme utile de fréquences d'une quantité juste nécessaire pour couvrir un nombre entier de bandes d'octave ou de tiers d'octave.

Le fait de calculer la moyenne à partir de la distribution spectrale d'un signal de bruit rose conduit à affecter une égale pondération à chacune des bandes d'octave et de tiers d'octave, et l'efficacité caractéristique est calculée d'après la formule:

$$M_c = \left[ \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (M_{f_k})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

où:  $n$  = le nombre de bandes d'octave ou de tiers d'octave dans la gamme utile de fréquences (élargie s'il est nécessaire)

$(M_{f_k})$  = l'efficacité considérée dans la bande d'octave ou de tiers d'octave affectée de l'indice  $k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, n$ )

Pour des microphones dont la réponse en fréquence présente une pente plutôt forte, le calcul sur la base d'une bande de tiers d'octave donnera des résultats plus précis que sur la base d'une bande d'octave ou d'autres largeurs de bandes.

Le niveau d'efficacité caractéristique  $L_{M_c}$  est le rapport, exprimé en décibels, de l'efficacité caractéristique  $M_c$  à l'efficacité de référence  $M_r$  ( $= 1 \text{ V/Pa}$ ), exprimé comme suit:

$$L_{M_c} = 20 \log_{10} \frac{M_c}{M_r}$$

#### 10.3.3 Efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole

##### Caractéristique à spécifier

Valeur moyenne du module de l'efficacité considérée du microphone (paragraphe 10.2) calculée sur toute la gamme utile de fréquences en utilisant un facteur de pondération correspondant au spectre d'énergie de la parole.

*Note.* — L'efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole est destinée à fournir les éléments nécessaires pour adapter le microphone à l'amplificateur en tenant compte à la fois de la réponse en fréquence du microphone et d'un spectre approché de l'énergie de la parole. Cette définition tient compte du fait que la plus grande partie de l'énergie de la parole est concentrée dans la gamme des fréquences basses et de ce que, généralement, les microphones destinés à la transmission de la parole présentent une chute dans la gamme des fréquences basses. L'efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole n'a pas de rapport avec l'évaluation d'un indice d'intelligibilité.

*Method of measurement*

The relevant sensitivity selected from Sub-clause 10.2 is calculated for the centre-frequencies of the octave/third-octave frequency bands (according to IEC Publication 225, Octave, Half-octave and Third-octave Band Filters, intended for the Analysis of Sound and Vibrations) within the limits of the effective frequency range.

The values  $M_f$  of the selected sensitivity, at the centre-frequencies of the octave/third-octave bands, may be calculated from the value at one frequency (e.g. at 1 000 Hz) and from the frequency response measured under the relevant conditions.

If the effective frequency range does not cover an integral number of octave/third-octave bands, the frequency range used for computing the characteristic sensitivity is obtained by enlarging the effective frequency band by an amount just necessary to cover an integral number of octave/third-octave bands.

As averaging in conformity with the spectral distribution of a pink noise signal gives equal weight to each of the octave/third-octave bands, the characteristic sensitivity is calculated from the expression:

$$M_c = \left[ \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (M_f)_k^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

where:  $n$  = the number of octave/third-octave bands in the effective frequency-range (enlarged if necessary)  
 $(M_f)_k$  = the relevant sensitivity in the octave/third-octave band with index  $k$  ( $k = 1, 2, 3 \dots n$ )

For microphones for which the frequency response has a rather steep slope, the calculation on the basis of the third-octave band will give more accurate results than on the basis of octave bands or other bandwidths.

The characteristic sensitivity level  $L_{M_c}$  is the ratio, expressed in decibels, of the characteristic sensitivity  $M_c$  and the reference sensitivity  $M_r$  ( $= 1 \text{ V/Pa}$ ) expressed as follows:

$$L_{M_c} = 20 \log_{10} \frac{M_c}{M_r}$$

10.3.3 *Characteristic sensitivity for speech power*

*Characteristic to be specified*

The modulus of the relevant sensitivity of the microphone (Sub-clause 10.2) averaged over the effective frequency range using a weighting which corresponds to the speech power spectrum.

*Note.* — The characteristic sensitivity for speech power is intended to provide the information necessary for matching the microphone to the amplifier taking into account both the frequency response of the microphone and an approximated speech power spectrum. This definition takes account of the fact that the major part of speech power is concentrated in the low frequency range and also that, generally, microphones for speech transmission have a low-frequency roll-off. The characteristic sensitivity for speech power bears no relation to an intelligibility rating.

*Méthode de mesure*

Les valeurs moyennes de l'efficacité considérée, prise dans la liste contenue dans le paragraphe 10.2, sont calculées pour les bandes d'octave (en conformité avec les dispositions de la Publication 225 de la CEI) ayant pour fréquences médianes 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz.

Ces quatre valeurs moyennes  $(M_T)_k$  peuvent être calculées à partir de la valeur obtenue à une seule fréquence (par exemple 1 000 Hz) et de la courbe de réponse en fréquence mesurée dans les conditions correspondantes et dont on aura établi la moyenne sur une échelle graduée en décibels, dans les limites de chaque bande d'octave.

L'efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole doit être calculée d'après l'expression

$$M_{cs} = \left[ \sum_{k=1}^4 \alpha_k (M_T)_k^2 \right]^{1/2}$$

où:  $k$  = l'indice de la bande d'octave considérée ( $k = 1 \dots 4$ )  
 $\alpha_k$  = le facteur de pondération de l'énergie de la parole pour la bande d'octave d'indice  $k$  donné dans le tableau ci-dessous:

Indice $k$	1	2	3	4
Fréquence médiane de la bande d'octave (Hz)	250	500	1 000	2 000
Facteur de pondération de l'énergie de la parole $\alpha_k$	0,15	0,55	0,20	0,10

Le niveau d'efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole  $L_{M_{cs}}$  est le rapport, exprimé en décibels, de l'efficacité caractéristique pour l'énergie de la parole  $M_{cs}$  à l'efficacité de référence  $M_T$  ( $= 1 \text{ V/Pa}$ ) exprimé comme suit.

$$L_{M_{cs}} = 20 \log_{10} \frac{M_{cs}}{M_T}$$

*Note.* — La procédure indiquée ci-dessus contient plusieurs simplifications, mais donne une précision suffisante pour la pratique courante. Une méthode de pondération plus précise peut être obtenue en utilisant une bande de fréquences plus étendue, en effectuant une moyenne de la puissance réelle dans des bandes de fréquences plus étroites (par exemple des bandes de tiers d'octave) et en employant des facteurs de pondération de l'énergie de la parole appropriés pour chacune de ces bandes de fréquences plus étroites. Toutefois, on ne doit pas perdre de vue que toute série de facteurs de pondération de l'énergie de la parole à utiliser comme base de calcul constitue une moyenne pour des langues différentes et des voix masculines et féminines différentes. C'est pourquoi les écarts entre individus dépasseront facilement les limites de précision de la procédure simplifiée décrite ci-dessus.

**11. Tension de sortie**

**11.1 Généralités**

Alors que la tension nominale de sortie, spécifiée pour un amplificateur, et la tension nominale, spécifiée pour un haut-parleur, permettent de juger, par comparaison directe, si un haut-parleur est bien adapté à la sortie d'un amplificateur, on ne peut trouver une comparaison directe entre les données spécifiées pour un microphone et pour l'entrée d'un amplificateur.

*Method of measurement*

Average values of the relevant sensitivity selected from Sub-clause 10.2 are calculated for the octave frequency bands (according to IEC Publication 225) with centre-frequencies 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, and 2 000 Hz.

These four average values  $(M_t)_k$  may be calculated from the value at one frequency (e.g. 1 000 Hz) and from the frequency response measured under the relevant conditions, averaged on a decibel scale within each of the octave-bands.

The characteristic sensitivity for speech power shall be calculated from the expression

$$M_{cs} = \left[ \sum_{k=1}^4 \alpha_k (M_t)_k^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

where:  $k$  = the index of the octave-band considered ( $k = 1 \dots 4$ )

$\alpha_k$  = the speech-power weighting factor for the octave-band with index  $k$  given in the table below:

Index $k$	1	2	3	4
Centre-frequency of octave-band (Hz)	250	500	1 000	2 000
Speech-power weighting factor $\alpha_k$	0.15	0.55	0.20	0.10

The characteristic sensitivity level for speech power  $L_{M_{cs}}$  is the ratio, expressed in decibels, of the characteristic sensitivity for speech power  $M_{cs}$  and the reference sensitivity  $M_r (= 1 \text{ V/Pa})$  expressed as follows:

$$L_{M_{cs}} = 20 \log_{10} \frac{M_{cs}}{M_r}$$

*Note.* — The procedure given above involves several simplifications, but gives sufficient accuracy for normal practice. A more accurate method of weighting can be obtained by using a more extended frequency-range, true power-averaging in narrower frequency-bands (e.g. third-octave bands) and the appropriate speech-power weighting factors for each of the narrower frequency-bands. However, it should be borne in mind that any set of speech-power weighting factors to be used as a basis for calculation are averages for different languages and different male and female voices, therefore the deviations for individual persons will readily exceed limits of accuracy of the simplified procedure given above.

## 11. Output voltage

### 11.1 General

Whereas the rated output voltage specified for an amplifier and the rated voltage specified for a loudspeaker allow judgements to be made by direct comparison as to whether a loudspeaker will match the output of an amplifier, no such direct comparison can be found in the data specified for a microphone and the input of an amplifier.

L'utilisateur, qui n'est souvent pas spécialisé dans les calculs de nature acoustique, peut rencontrer des difficultés lorsqu'il veut apprécier si un microphone déterminé s'adapte à l'entrée d'un amplificateur déterminé.

Il est par conséquent utile d'introduire une caractéristique du microphone qui soit directement comparable à la force électromotrice nominale de source spécifiée pour un amplificateur.

La tension nominale de sortie à spécifier pour un microphone requiert évidemment la spécification d'une pression acoustique nominale de référence. Une telle pression acoustique nominale peut être déterminée d'après les considérations suivantes.

La majeure partie des microphones est utilisée pour la transmission de la parole. De plus, dans les systèmes électroacoustiques à usage général, on effectue souvent un essai à la voix pour se rendre compte de leur fonctionnement global. Pour ces raisons, le mieux est de prendre comme référence la pression acoustique engendrée par un orateur moyen parlant à une distance spécifiée.

Durant une modulation de parole, l'orateur moyen produit, à une distance de 1 m, un niveau de pression acoustique dont la valeur moyenne, prise sur une longue période, est de l'ordre de 64 dB, et dont la valeur moyenne, prise sur une courte durée (pendant l'émission d'une syllabe) atteint approximativement 74 dB\*, avec des pointes de 80 dB survenant dans 10% environ des syllabes.

Comme la force électromotrice nominale de source correspond à la puissance nominale de sortie de l'amplificateur, qui représente la puissance de crête limitée par la distorsion, la référence pour la tension nominale de sortie d'un microphone, qui doit être comparée à la force électromotrice nominale de source d'un amplificateur, devra correspondre au niveau de crête de la parole mesuré à une distance spécifiée de la bouche.

En tenant compte du fait que, pour les microphones à usage général (si l'on excepte les microphones utilisés sur les scènes de théâtre, dans les studios de TV et de cinéma d'une part, et les microphones de proximité d'autre part), la distance de parole varie entre 30 cm et 1 m, le niveau de pression acoustique de crête produit par un orateur moyen à 1 m de distance, soit 80 dB, convient comme niveau de référence, tout en gardant une certaine réserve pour les voix faibles.

Pour les microphones paraphoniques pour lesquels la distance de parole est plus faible, le niveau de pression acoustique de crête, produit par l'orateur moyen à une distance de 50 mm de la bouche, soit 104 dB, convient mieux comme niveau de référence. Le niveau de pression acoustique de 93 dB des recommandations du CCITT pour les appareils téléphoniques correspond au niveau moyen de pression acoustique produit par un orateur moyen sur le microphone de l'appareil, la moyenne étant prise sur une courte durée.

Les niveaux de pression acoustique de 80 dB et 104 dB sont équivalents aux pressions acoustiques de 0,2 Pa et 3 Pa respectivement.

## 11.2 *Tension nominale de sortie*

### *Caractéristique à spécifier*

Force électromotrice de sortie correspondant à une pression acoustique spécifiée que le constructeur indique pour son microphone dans un but d'adaptation.

\* D'après H. K. Dunn — S. D. White, *J. A. S. A. Vol. 11* (1940) p. 278.

The user, often not skilled in calculations of an acoustical nature, may meet difficulties in judging whether a specified microphone will match the input of a specified amplifier.

It is, therefore, considered useful to introduce a characteristic of the microphone, which will be directly comparable with the rated source e.m.f. specified for an amplifier.

Of course, rated output voltage to be specified for a microphone requires a rated sound pressure as a reference. Such rated sound pressure may be indicated from the following considerations.

The major number of microphones are used for speech. Moreover, in general purpose sound systems, a speech test is often used as a subjective test for overall performance. For these reasons it is most appropriate to take as a reference the sound pressure level generated by the average speaker at a stated distance.

During a speech programme the average human speaker will generate, at 1 m distance, a sound pressure level, the long-time average of which amounts to approximately 64 dB and the short-time average (during a syllable) to approximately 74 dB\*, the peak-level occurring in approximately 10% of the syllables being 80 dB.

As the rated source e.m.f. corresponds to the rated output power of an amplifier, which represents the distortion — limited peak-power output, the reference for the rated output voltage of a microphone, to be compared with the rated source e.m.f. of an amplifier, should be the peak-speech level at a specified distance from the mouth.

Taking into account that, for microphones for ordinary use, (excluding microphones on theatre stages, TV and film studios, on the one hand and close-talking microphones on the other) the speech distance varies between 30 cm and 1 m, the peak sound pressure level generated by the average speaker at 1 m distance, 80 dB, is quite adequate as a reference, allowing a certain margin for weak voices.

For close-talking microphones for which the distance to the speaker is less, the peak sound pressure level produced by the average speaker at a distance of 50 mm from the mouth, i.e. 104 dB, should be used as reference level. The sound pressure level of 93 dB in CCITT recommendations for telephone sets corresponds to the short-time average sound pressure generated by the average speaker at the microphone of a telephone set.

Sound pressure levels of 80 dB and 104 dB will be equivalent to sound pressures of 0.2 Pa and 3 Pa respectively.

## 11.2 *Rated output voltage*

### *Characteristic to be specified*

That output e.m.f. for a specified sound pressure which the manufacturer assigns to his microphone for matching purposes.

---

\* After H. K. Dunn — S. D. White, *J. A. S. A. Vol. 11* (1940) p. 278.

### *Méthode de mesure*

La force électromotrice nominale de sortie du microphone est calculée à partir de l'efficacité nominale (paragraphe 10.3.1) pour une pression acoustique spécifiée

- de 3 Pa pour les microphones de proximité, et
- de 0,2 Pa pour les autres types de microphones,

la pression acoustique étant appliquée conformément au paragraphe correspondant du paragraphe 10.2.

La tension nominale de sortie doit être exprimée en volts par 3 Pa ou en volts par 0,2 Pa, le niveau de référence de la pression acoustique étant précisé.

## 12. Réponse

### 12.1 Réponse en fréquence

#### *Caractéristique à spécifier*

Pour des conditions spécifiées, le rapport, exprimé en décibels, de la force électromotrice de sortie en fonction de la fréquence, à la force électromotrice de sortie correspondant à une fréquence spécifiée (ou à la force électromotrice de sortie moyenne pour une bande de fréquences étroite) pour une pression acoustique de forme sinusoïdale et d'amplitude constante et pour un angle d'incidence donné.

- Notes* 1. — Sauf indication contraire, il y a lieu d'entendre qu'il s'agit de conditions de champ libre et que la réponse en fréquence se réfère à une onde progressive plane dont le front d'onde est perpendiculaire à l'axe de référence du microphone.
2. — Dans le cas de conditions de champ libre, mais lorsque le champ acoustique n'est pas une onde progressive plane, il y a lieu de spécifier le rayon de courbure de l'onde. Sauf indication contraire, il y a lieu d'entendre que le front d'onde est perpendiculaire à l'axe de référence du microphone.
3. — Lorsque la réponse en fréquence est donnée pour une source spécifiée (bouche artificielle), la réponse en fréquence relative à l'efficacité pour la parole à faible distance doit se référer à la même source et à la même configuration géométrique de la source et du microphone que celles relatives à la spécification de l'efficacité pour la parole à faible distance (paragraphe 10.2.3).
4. — Les réponses en fréquence relatives à l'efficacité en pression ou en champ diffus peuvent être données à condition qu'on les présente comme telles.

#### *Méthode de mesure*

Les conditions générales pour obtenir la courbe de réponse sont stipulées dans les articles 3 et 4.

### 12.2 Gamme utile de fréquences

#### *Caractéristique à spécifier*

Intervalle maximal de fréquences dans lequel les écarts par rapport à la courbe de réponse en fréquence spécifiée ne dépassent pas des limites spécifiées.

*Note.* — La courbe de réponse en fréquence spécifiée sera en général une courbe de réponse horizontale. Pour des microphones à usages spéciaux, par exemple des microphones destinés à la parole, la courbe de réponse en fréquence spécifiée peut être différente d'une courbe de réponse en fréquence horizontale.

*Method of measurement*

The rated output e.m.f. of the microphone is computed from the rated sensitivity (Sub-clause 10.3.1) for a specified sound pressure of

- 3 Pa for close-talking microphones and
- 0.2 Pa for all other types of microphones,

the sound pressure being applied as required by the relevant Sub-clause of Sub-clause 10.2.

The rated output voltage shall be expressed in volts per 3 Pa or in volts per 0.2 Pa, the reference sound pressure being indicated.

12. **Response**

12.1 *Frequency response*

*Characteristic to be specified*

For stated conditions, the ratio, expressed in decibels, of the output e.m.f. as a function of frequency of a sinusoidal signal to the output e.m.f. at a stated frequency (or to the mean output e.m.f. over a narrow band of frequencies) at a constant sound pressure and stated angle of incidence.

- Notes*
1. — Unless otherwise stated, it shall be understood that free-field conditions apply and that the frequency response refers to a plane progressive wave with the wave-front perpendicular to the reference axis of the microphone.
  2. — If free-field conditions apply but the sound field is not a plane progressive wave then the radius of curvature of the wave shall be specified. Unless otherwise stated it shall be understood that the wave-front is perpendicular to the reference axis of the microphone.
  3. — If the frequency response is given for a specified source (artificial mouth) then the close-talking frequency response shall refer to the same source and to the same geometrical configuration of source and microphone as those for specification of close-talking sensitivity (Sub-clause 10.2.3).
  4. — Sound pressure frequency response or diffuse field frequency response may be given if indicated as such.

*Method of measurement*

The general conditions for obtaining frequency response curves are laid down in Clauses 3 and 4.

12.2 *Effective frequency range*

*Characteristic to be specified*

The maximum frequency interval within which the deviation from the stated required frequency response curve does not exceed specified limits.

*Note.* — The specified required frequency response curve will generally be a flat response curve. For microphones for special purposes, e.g. for speech microphones, the required frequency response curve may differ from a flat frequency response curve.

*Méthode de mesure*

Pour des écarts spécifiés, par rapport à la courbe de réponse en fréquence spécifiée, la gamme utile de fréquences est obtenue à partir de la courbe dont il est fait référence au paragraphe 12.1.

13. **Caractéristiques directionnelles**

13.1 *Diagramme directionnel*

*Caractéristique à spécifier*

Courbe représentant les variations de l'efficacité du microphone en champ libre en fonction de l'angle d'incidence de l'onde sonore, pour une fréquence ou une bande de fréquences étroite spécifiées.

*Notes 1.* — Lorsque le diagramme directionnel se réfère à des ondes acoustiques sphériques, le rayon de courbure de ces ondes doit être spécifié.

2. — Les diagrammes directionnels doivent être fournis pour un nombre suffisamment grand de fréquences ou de bandes de fréquences de façon à représenter convenablement l'influence de la fréquence sur le diagramme directionnel. Les bandes de fréquences doivent être des bandes normalisées d'octave ou de tiers d'octave.

*Méthode de mesure*

Les conditions générales de mesure sont stipulées dans les articles 3 et 4. Le microphone doit être placé dans une onde progressive essentiellement plane (voir paragraphe 4.5.2). Des précautions doivent être prises lorsqu'on mesure les caractéristiques d'un microphone fortement directif en chambre anéchoïque. Les réflexions inévitables sur les parois de la salle peuvent influencer sur l'efficacité mesurée, tout particulièrement lorsque la force électromotrice de sortie du microphone est mesurée pour un angle d'incidence acoustique pour lequel l'efficacité est faible. Afin d'obtenir des résultats corrects pour les microphones de grandes dimensions, il peut être nécessaire d'effectuer les mesures en plein air (voir paragraphe 4.5.2).

La mesure peut être effectuée de deux manières différentes:

a) *Courbe de directivité*

1. Le microphone est placé dans les conditions normales de fonctionnement;
2. La distance entre le point de référence de la source sonore et le point de référence du microphone est maintenue constante pendant la mesure;
3. La pression acoustique est maintenue constante pendant la mesure;
4. La fréquence est maintenue constante pendant la mesure;
5. On fait varier de façon continue, ou point par point, l'incidence des ondes sonores, cette incidence étant déterminée par l'angle  $\theta$  que fait la direction de propagation des ondes avec l'axe de référence du microphone, l'incidence correspondant à l'angle nul étant incluse dans la mesure. Dans la méthode point par point, on fait varier l'angle d'incidence par paliers de  $10^\circ$  ou  $15^\circ$ ;
6. Pour chaque angle  $\theta$  la tension de sortie correspondante  $U(\theta)$  est mesurée ou enregistrée;

*Method of measurement*

For specified deviations relative to the specified required frequency response curve, the effective frequency range is obtained from the curve referred to in Sub-clause 12.1.

13. **Directional characteristics**

13.1 *Directional pattern*

*Characteristic to be specified*

Curve representing the free-field sensitivity of the microphone as a function of the angle of incidence of the sound wave, for a stated frequency or narrow band of frequencies.

*Notes 1.* — If the directional pattern refers to spherical sound waves then the radius of curvature of the waves shall be specified.

2. — Directional curves shall be provided at a sufficient number of frequencies or bands of frequencies to present adequately the frequency dependence of the directional pattern. The bands of frequencies shall be the preferred octave/third-octave bands of frequencies.

*Method of measurement*

The general conditions for measurement are laid down in Clauses 3 and 4. The microphone shall be placed in an essentially plane progressive wave (see Sub-clause 4.5.2). Care must be taken when measuring the directional characteristic of a highly directive microphone in an anechoic room. The inevitable reflections from the boundaries of the room can influence the measured sensitivity, particularly when the output e.m.f. of the microphone is measured for an angle of sound incidence for which the sensitivity is low. To obtain correct results for microphones of large dimensions it may be necessary to measure these in open air (see Sub-clause 4.5.2).

The measurement can be carried out in two different ways:

a) *Directional response pattern*

1. The microphone is brought under normal working conditions;
2. The distance between the reference point of the sound source and the reference point of the microphone is kept constant during the measurement;
3. The sound pressure is kept constant during the measurement;
4. The frequency is kept constant during the measurement;
5. The angle  $\theta$  of sound incidence, measured with respect to the microphone reference axis, is varied continuously or step by step including the angle zero; for the step-by-step method the angle of sound incidence is varied in steps of  $10^\circ$  or  $15^\circ$ ;
6. For each angle  $\theta$  the corresponding output voltage  $U(\theta)$  is measured or recorded;

7. Le rapport entre l'efficacité du microphone relative à l'angle  $\theta$  et l'efficacité relative à une incidence nulle est exprimée

$$\text{soit par le rapport } \frac{U(\theta)}{U(\theta=0)}$$

$$\text{soit en décibels, } 20 \log_{10} \frac{U(\theta)}{U(\theta=0)}$$

8. La mesure est répétée pour un certain nombre de fréquences choisies de préférence parmi les fréquences médianes de bandes d'octave, soit 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz et 16 000 Hz;
9. Si le microphone ne présente pas de symétrie de révolution, il peut être nécessaire d'effectuer des mesures de caractéristiques directionnelles dans différents plans passant par l'axe de référence du microphone;
10. Les résultats doivent être présentés sous forme d'une famille de courbes de directivité pour les fréquences spécifiées à l'alinéa 8. La courbe de directivité doit être présentée comme elle est définie dans la Publication 268-1 de la CEI.

L'origine du diagramme directionnel tracé en coordonnées polaires doit correspondre au point de référence du microphone. Sauf spécification contraire, l'axe de référence du microphone doit correspondre à la direction zéro degré de la courbe de directivité.

b) *Caractéristique de fréquence en fonction de la directivité*

1. Le microphone est placé dans les conditions normales de fonctionnement;
2. L'angle d'incidence  $\theta$ , mesuré par rapport à l'axe de référence du microphone, est maintenu constant pendant la mesure;
3. La distance entre le point de référence de la source sonore et le point de référence du microphone est maintenue constante pendant la mesure;
4. La pression acoustique est maintenue constante pendant la mesure;
5. La tension de sortie  $U(\theta)$  du microphone est mesurée en fonction de la fréquence, pour un certain nombre d'angles d'incidence  $\theta$  déterminés, y compris l'angle zéro;
6. Les résultats doivent être présentés sous forme d'une famille de courbes de réponse à des angles d'incidence déterminés  $\theta$  par rapport à l'axe de référence;
7. On peut obtenir à partir de ces courbes le rapport de l'efficacité du microphone relative à l'angle  $\theta$  à l'efficacité relative à une incidence nulle pour une fréquence spécifiée [courbe de directivité (paragraphe 13.1a)].

13.2 *Indice de directivité*

*Caractéristique à spécifier*

Rapport, exprimé en décibels, de la force électromotrice de sortie, produite par des ondes acoustiques planes se propageant dans la direction de l'axe de référence, à la force électromotrice de sortie, produite par un champ acoustique diffus de même fréquence ou relatif à une même bande de fréquences et correspondant à la même pression acoustique efficace. La fréquence ou la bande de fréquences doivent être spécifiées.

7. The ratio of the sensitivity of the microphone at the angle  $\theta$  to the sensitivity at the angle zero is expressed as

$$\text{direct ratio } \frac{U(\theta)}{U(\theta=0)}$$

$$\text{or in decibels, } 20 \log_{10} \frac{U(\theta)}{U(\theta=0)}$$

8. The measurement is repeated for a number of frequencies, preferred frequencies being the octave centre-frequencies 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz, 8 000 Hz and 16 000 Hz;
9. If the microphone has no rotational symmetry, measurements of the directional characteristic in different planes through the reference axis of the microphone may be necessary;
10. The results shall be presented as a family of polar response curves for the frequencies given under item 8. The polar response curves shall be drawn in accordance with IEC Publication 268-1.

The origin of the polar characteristic of the directional pattern shall be the reference point of the microphone. Unless otherwise specified, the reference axis of the microphone shall be in the direction zero degree of the polar diagrams.

b) *Directional frequency characteristic*

1. The microphone is brought under normal working conditions;
2. The angle of sound incidence  $\theta$ , measured with respect to the microphone reference axis is kept constant during the measurement;
3. The distance between the reference point of the sound source and the reference point of the microphone is kept constant during the measurement;
4. The sound pressure is kept constant during the measurement;
5. The output voltage  $U(\theta)$  of the microphone is measured as function of the frequency for a number of discrete angles of sound incidence  $\theta$ , including the angle zero;
6. The results shall be presented as a family of frequency response curves for the various angles of incidence  $\theta$  with respect to the reference axis;
7. From these curves, one can derive the ratio of the sensitivity of the microphone at the angle  $\theta$  to the sensitivity at the angle zero for a specific frequency [polar curve (Sub-clause 13.1 a)].

13.2 *Front-to-random sensitivity index*

*Characteristic to be specified*

The ratio, expressed in decibels, of the output e.m.f. produced by plane sound waves arriving in the direction of the reference axis, to the output e.m.f. produced by diffuse sound field having the same frequency or frequency band and r.m.s. sound pressure. The frequency or frequency band shall be stated.

*Méthode de mesure*

L'indice de directivité est donné par la formule:

$$10 \log_{10} \frac{M_0^2}{M_{\text{diff}}^2}$$

où:  $M_0$  = l'efficacité en champ libre donnée au paragraphe 10.2.1, et  
 $M_{\text{diff}}$  = l'efficacité en champ diffus donnée au paragraphe 10.2.2.

13.3 *Indice d'efficacité avant-arrière en champ libre (0°–180°)*

*Caractéristique à spécifier*

Rapport, exprimé en décibels, de l'efficacité en champ libre relative à une onde plane, correspondant à l'incidence d'ondes acoustiques identiques se propageant selon l'axe de référence, à l'efficacité en champ libre relative à une onde plane, correspondant à l'incidence d'ondes acoustiques identiques se propageant en direction opposée. La fréquence ou la bande de fréquences doivent être spécifiées.

*Note.* — L'indice d'efficacité avant-arrière en champ libre peut être donné en présentant les courbes de réponse en fréquence relatives à ces deux directions.

*Méthode de mesure*

L'indice d'efficacité avant-arrière en champ libre se déduit de la mesure des efficacités en champ libre relatives à une onde plane (paragraphe 10.2.1), correspondant à l'incidence d'ondes acoustiques identiques se propageant respectivement selon l'axe de référence et en direction opposée.

*Note.* — Des précautions doivent être prises lorsqu'on mesure en chambre anéchoïque l'indice d'efficacité avant-arrière d'un microphone fortement directif en raison de l'influence des réflexions d'ondes acoustiques sur les parois [voir paragraphe 13.1].

13.4 *Indice d'efficacité avant-arrière en champ semi-diffus*

*Caractéristique à spécifier*

Rapport, exprimé en décibels, des deux forces électromotrices de sortie produites par chacune des deux portions de champ acoustique diffus de même fréquence ou relatives à la même bande de fréquences.

La première portion est constituée par les ondes acoustiques arrivant sur le microphone à l'intérieur d'un angle solide égal à  $2\pi$  stéradians axé sur la direction de référence, l'autre portion par les ondes acoustiques arrivant sur le microphone à l'intérieur d'un angle solide égal à  $2\pi$  stéradians axé sur la direction opposée.

*Method of measurement*

The front-to-random sensitivity index is given by:

$$10 \log_{10} \frac{M_0^2}{M_{\text{diff}}^2}$$

where:  $M_0$  is the free-field sensitivity of Sub-clause 10.2.1, and  
 $M_{\text{diff}}$  is the diffuse-field sensitivity of Sub-clause 10.2.2.

13.3 *Front-to-rear sensitivity index ( $0^\circ - 180^\circ$ )*

*Characteristic to be specified*

The ratio, expressed in decibels, of the free-field plane wave sensitivities for incidence of identical sound waves in the direction of the reference axis and in the opposite direction. The frequency or frequency band shall be stated.

*Note.* — The front-to-rear sensitivity index may be given as frequency response curves for both directions.

*Method of measurement*

The front-to-rear sensitivity index is derived from the measured free-field plane wave sensitivity (see Sub-clause 10.2.1) for incidence of identical sound waves in the direction of the reference axis and in the opposite direction.

*Note.* — Care must be taken when measuring the front-to-rear sensitivity index of a highly directional microphone in an anechoic room because of the influence of sound reflections from the boundaries [see Sub-clause 13.1].

13.4 *Front-random to rear-random sensitivity index*

*Characteristic to be specified*

The ratio, expressed in decibels, of two output e.m.f.'s that would be produced by two parts of a diffuse sound field at a specified frequency or within a specified frequency band.

The first part is constituted by the sound waves arriving at the microphone within a solid angle of  $2\pi$  around the reference direction, the other part by the sound waves arriving at the microphone within a solid angle of  $2\pi$  around the opposite direction.

*Méthode de mesure*

Pour un microphone ayant une caractéristique de directivité présentant une symétrie de révolution, l'indice d'efficacité avant-arrière en champ semi-diffus, exprimé en décibels, a approximativement pour expression:

$$10 \log_{10} \frac{K_1 M_0^2 + K_2 M_{30}^2 + K_3 M_{60}^2 + (\frac{1}{2}) K_4 M_{90}^2}{(\frac{1}{2}) K_4 M_{90}^2 + K_5 M_{120}^2 + K_6 M_{150}^2 + K_7 M_{180}^2}$$

où:  $M_0, M_{30}, M_{60} \dots M_{180}$  sont les efficacités relatives aux angles correspondants

$$\begin{aligned} K_1 &= K_7 = 0,018 \\ K_2 &= K_6 = 0,129 \\ K_3 &= K_5 = 0,224 \\ K_4 &= 0,258 \end{aligned}$$

13.5 *Indice de réduction de bruit*

*Caractéristique à spécifier*

Pour les microphones paraphoniques, cet indice est le rapport, exprimé en décibels, de la force électromotrice de sortie produite par des ondes sonores émanant d'une source spécifiée (bouche artificielle), placée à une distance spécifiée du microphone et suivant une orientation spécifiée par rapport à son axe de référence, à la force électromotrice de sortie produite par un champ sonore diffus de même fréquence ou relatif à une même bande de fréquences et correspondant à la même pression acoustique efficace. La fréquence ou la bande de fréquences doivent être spécifiées.

Il est entendu que l'indice de réduction du bruit doit être égal au rapport, exprimé en décibels, de l'efficacité paraphonique (paragraphe 10.2.3) à l'efficacité en champ diffus (paragraphe 10.2.2) pour une même fréquence ou une même bande de fréquences.

L'indice de réduction du bruit doit se référer à la même source et à la même configuration géométrique de la source et du microphone que celles relatives à la spécification de l'efficacité paraphonique (paragraphe 10.2.3).

*Note.* — L'indice de réduction du bruit peut être donné en présentant les courbes de réponse en fréquence relatives à la source spécifiée et au champ acoustique diffus.

*Méthode de mesure*

L'indice de réduction de bruit est calculé en tant que rapport, exprimé en décibels, de l'efficacité paraphonique, celle-ci étant mesurée (paragraphe 10.2.3), à l'efficacité en champ diffus, celle-ci étant mesurée ou calculée (paragraphe 10.2.2).

Il est exprimé, soit en fonction de la fréquence dans la gamme utile de fréquences, soit d'après les réponses en fréquence relatives d'une part à la source spécifiée (bouche artificielle), d'autre part, au champ acoustique diffus pour la même pression acoustique.

*Method of measurement*

For a microphone with a circularly symmetrical directional characteristic the front-random to rear-random sensitivity index, expressed in decibels is approximately given by:

$$10 \log_{10} \frac{K_1 M_0^2 + K_2 M_{30}^2 + K_3 M_{60}^2 + (\frac{1}{2}) K_4 M_{90}^2}{(\frac{1}{2}) K_4 M_{90}^2 + K_5 M_{120}^2 + K_6 M_{150}^2 + K_7 M_{180}^2}$$

where:  $M_0, M_{30}, M_{60} \dots M_{180}$  are the sensitivities at the respective angles

$$\begin{aligned} K_1 &= K_7 = 0.018 \\ K_2 &= K_6 = 0.129 \\ K_3 &= K_5 = 0.224 \\ K_4 &= 0.258 \end{aligned}$$

13.5 *Noise cancelling index*

*Characteristic to be specified*

For close-talking noise cancelling microphones, the ratio, expressed in decibels, of the output e.m.f. produced by sound waves emanating from a specified source (artificial mouth) placed at a stated distance from the microphone, with a stated orientation with respect to the reference axis of the microphone, to the output e.m.f. produced by a diffuse sound field having the same frequency or frequency band and the same r.m.s. sound pressure. The frequency or frequency band shall be stated.

The noise cancelling index shall be understood to be equal to the ratio, expressed in decibels, of the close-talking sensitivity (Sub-clause 10.2.3) and the diffuse field sensitivity (Sub-clause 10.2.2) at the same frequency or within the same frequency band.

The noise cancelling index shall refer to the same source and to the same geometrical configuration of source and microphone as those for specification of the close-talking sensitivity (Sub-clause 10.2.3).

*Note.* — The noise cancelling index may be presented as frequency response curves for both the specified source and the diffuse sound field.

*Method of measurement*

The noise-cancelling index is computed as the ratio, expressed in decibels, of the measured close-talking sensitivity (Sub-clause 10.2.3) and the measured or calculated diffuse field sensitivity (Sub-clause 10.2.2).

It is presented either as a function of frequency within the effective frequency range, or as the frequency response curves for both the specified source (artificial mouth) and the diffuse sound field at the same sound pressure.

## 14. Caractéristiques limites

### 14.1 Pression acoustique de crête maximale admissible

#### *Caractéristique à spécifier*

Pression acoustique maximale instantanée pour une onde plane qu'un microphone peut supporter sans modification permanente de ses caractéristiques de fonctionnement pour toute incidence de l'onde acoustique. Elle est spécifiée par le constructeur.

### 14.2 Pression acoustique limite

#### *Caractéristique à spécifier*

Pression acoustique maximale d'une onde plane pour laquelle la non-linéarité d'amplitude du microphone ne dépasse pas une limite spécifiée pour toute fréquence comprise dans la gamme utile de fréquences, pour toute incidence de l'onde acoustique.

#### *Méthode de mesure*

La pression acoustique limite est mesurée pour différents angles d'incidence de l'onde acoustique en augmentant la pression acoustique d'un son sinusoïdal pur, jusqu'à ce que la distorsion aux bornes de sortie du microphone atteigne une valeur spécifiée. On notera la pression acoustique correspondant à l'angle pour lequel la distorsion maximale se produit.

*Note.* — Pour l'essai des microphones à pression, un dispositif approprié, par exemple un pistonphone ou un tuyau résonnant, peut être utilisé comme source sonore pour engendrer la forte pression acoustique nécessaire.

## 15. Bruit

### 15.1 Niveau nominal de pression acoustique équivalent au bruit propre

#### *Caractéristique à spécifier*

Niveau de la pression acoustique extérieure susceptible de produire la même tension de sortie efficace que celle obtenue en l'absence de champ extérieur et lorsque la tension de sortie est uniquement due au bruit propre du microphone.

*Notes 1.* — Sauf indication contraire, il y a lieu d'entendre qu'on se réfère à des conditions de champ libre et à un angle d'incidence nulle.

*2.* — La fréquence de référence de la pression acoustique extérieure doit être la même que celle qui est utilisée pour la mesure de l'efficacité en champ libre.

*3.* — Les spécifications se réfèrent à des mesures effectuées avec l'un des filtres définis dans la Publication 268-1 de la CEI, article 7.

#### *Méthode de mesure*

a) Lors de la mesure du bruit électrique propre, le microphone doit être isolé contre le bruit, le vent, les chocs, les vibrations et les champs extérieurs, magnétiques ou électriques.

b) La tension de sortie due au bruit propre du microphone est mesurée.

*Note.* — Sauf indication contraire, la tension de sortie est mesurée au moyen d'un voltmètre à large bande donnant les valeurs efficaces (voir Publication 268-1 de la CEI, article 7). Pour les microphones destinés à une gamme de fréquences restreinte, cette gamme de fréquences doit être utilisée pour la mesure du bruit.

c) La pression acoustique équivalente au bruit propre est le rapport de la force électromotrice de sortie à l'efficacité nominale en champ libre.

d) Le niveau de pression acoustique équivalent est le rapport, exprimé en décibels, de la pression acoustique équivalente au bruit à la pression acoustique de référence ( $2 \times 10^{-5}$  Pa).

## 14. Limiting characteristics

### 14.1 Maximum safe peak sound pressure

#### *Characteristic to be specified*

The maximum instantaneous sound pressure of a plane sound wave, specified by the manufacturer, that the microphone will tolerate without a permanent change of its performance characteristics, for any direction of sound incidence.

### 14.2 Overload sound pressure

#### *Characteristic to be specified*

The maximum sound pressure of a plane sound wave at which the amplitude non-linearity of the microphone does not exceed a specified limit for any frequency within the effective frequency range for any direction of sound incidence.

#### *Method of measurement*

The overload sound pressure is measured for different angles of sound incidence by increasing the sound pressure of a pure sinusoidal sound until the distortion at the output of the microphone reaches a specified value. The sound pressure shall be stated for the angle of incidence for which maximum distortion occurs.

*Note.* — For testing pressure microphones, a suitable device, e.g. a pistonphone or resonating pipe, can be used as sound source for the generation of the required high sound pressure.

## 15. Noise

### 15.1 Rated equivalent sound pressure level due to inherent noise

#### *Characteristic to be specified*

That external sound pressure level which would give the same r.m.s. output voltage as is observed when there is no external field and the output voltage is only due to the inherent noise of the microphone.

*Notes.* 1 — Unless otherwise stated, it will be understood that reference is made to free-field conditions and zero angles of incidence of sound.

2 — The reference frequency of the external sound pressure shall be the same as for the rated free-field sensitivity.

3 — The specification refers to measurements with one of the filters defined in IEC Publication 268-1, Clause 7.

#### *Method of measurement*

a) When measuring the inherent electric noise, the microphone shall be isolated against sound, wind, shock, vibration and electric or magnetic external fields.

b) The output voltage due to inherent noise of the microphone is measured.

*Note.* — If not otherwise stated, the output voltage is measured by means of a wide-band r.m.s. voltmeter (see IEC Publication 268-1, Clause 7). For microphones intended for a restricted frequency range that frequency range should be used for measurement of noise.

c) The equivalent sound pressure due to inherent noise is the ratio of the output e.m.f. to the rated free-field sensitivity.

d) The equivalent sound pressure level is the ratio, expressed in decibels, of the equivalent sound pressure to the reference sound pressure ( $2 \times 10^{-5}$  Pa).

16. **Conditions ambiantes**

16.1 *Gamme de pressions ambiantes*

*Caractéristique à spécifier*

Gamme de pressions ambiantes dans les limites de laquelle les caractéristiques du microphone ne varient pas de plus de  $\pm 2$  dB.

Lorsque le constructeur indique que le microphone convient à des applications pour lesquelles se produisent des variations importantes de la pression ambiante (par exemple, des systèmes de sonorisation à bord d'avions), le taux maximal admissible de variation de la pression ambiante doit être également spécifié.

16.2 *Gamme de températures*

*Caractéristiques à spécifier*

Gamme de températures dans les limites de laquelle les caractéristiques du microphone ne varient pas de plus de  $\pm 2$  dB.

16.3 *Gamme d'humidités relatives*

*Caractéristique à spécifier*

Gamme d'humidités relatives dans les limites de laquelle les caractéristiques du microphone ne varient pas de plus de  $\pm 2$  dB.

17. **Influences extérieures**

17.1 *Généralités*

17.1.1 *Spécifications et méthodes de mesures*

Les microphones sont soumis à de nombreuses formes d'influences extérieures qu'il peut être, dans certains cas, d'une importance vitale d'exclure ou de limiter. Etant donné cependant que les influences extérieures peuvent donner lieu à des interférences très compliquées en raison d'effets non linéaires, aucune méthode de mesure valable d'une manière générale ne peut être donnée pour évaluer les influences extérieures.

Les spécifications seront toujours sujettes à discussion entre fournisseur et utilisateur et elles seront susceptibles de conduire à des essais précis en laboratoire.

Les méthodes de mesure indiquées ci-après (paragraphe 17.2, 17.3 et 17.4) ne traitent que des influences extérieures:

- du champ magnétique émanant du réseau d'alimentation en énergie;
- des vibrations mécaniques;
- du vent.