

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 268-5

Première édition — First edition

1972

Equipements pour systèmes électroacoustiques

Cinquième partie : Haut-parleurs

Sound system equipment

Part 5: Loudspeakers



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 60268-5:1972

Withdrawn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 268-5

Première édition — First edition

1972

Equipements pour systèmes électroacoustiques

Cinquième partie: Haut-parleurs

Sound system equipment

Part 5: Loudspeakers



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 Varembe

Genève. Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
1. Domaine d'application	10
2. Objet	10
SECTION UN — CONDITIONS DE SPÉCIFICATIONS ET DE MESURES	
3. Conditions générales	10
3.1 Généralités	10
3.2 Conditions nominales et conditions normales de fonctionnement	12
3.3 Conditions de champ libre	12
4. Conditions particulières	12
4.1 Ambiance acoustique	12
4.2 Bruit	12
4.3 Exactitude	14
4.4 Fixation et charge acoustique	14
4.5 Préconditionnement	14
4.6 Méthode de relevé des courbes de réponse	14
4.7 Appareils de mesure	16
4.8 Distance de mesure	16
SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES À SPÉCIFIER ET LEURS MÉTHODES DE MESURE	
5. Description du type (comportement acoustique)	18
5.1 Principe du transducteur	18
5.2 Type de haut-parleur	18
6. Bornes et dispositifs de commande	18
6.1 Repérage	18
7. Impédance	18
7.1 Impédance nominale	18
7.2 Courbe d'impédance	18
8. Tension	20
8.1 Tension nominale	20
9. Puissance	20
9.1 Puissance nominale	20
9.2 Puissance nominale limitée par les détériorations	20
9.3 Puissance limite d'utilisation	20
10. Point et axe de référence	24
10.1 Point de référence	24
10.2 Axe de référence	24
11. Fréquences	24
11.1 Gamme nominale de fréquences	24
11.2 Gamme utile de fréquences	24
11.3 Fréquence de résonance	26
12. Réponse	26
12.1 Réponse en fréquence	26
13. Caractéristiques directionnelles	28
13.1 Diagramme directionnel	28
13.2 Indice de directivité	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	
1. Scope	11
2. Object	11
SECTION ONE — CONDITIONS FOR SPECIFICATIONS AND MEASUREMENTS	
3. General conditions	11
3.1 General	11
3.2 Rated and normal working conditions	13
3.3 Free-field conditions	13
4. Particular conditions of measurement	13
4.1 Acoustical environment	13
4.2 Noise	13
4.3 Accuracy	15
4.4 Mounting and acoustic loading	15
4.5 Pre-conditioning	15
4.6 Method of taking response curves	15
4.7 Measuring apparatus	17
4.8 Measuring distance	17
SECTION TWO — CHARACTERISTICS TO BE SPECIFIED AND THE RELEVANT METHODS OF MEASUREMENT	
5. Type description (acoustical behaviour)	19
5.1 Principle of the transducer	19
5.2 Type of loudspeaker	19
6. Terminals and controls	19
6.1 Marking	19
7. Impedance	19
7.1 Rated impedance	19
7.2 Impedance curve	19
8. Voltage	21
8.1 Rated voltage	21
9. Power	21
9.1 Rated power	21
9.2 Rated damage limited power	21
9.3 Power handling capacity	21
10. Reference point and axis	25
10.1 Reference point	25
10.2 Reference axis	25
11. Frequency	25
11.1 Rated frequency range	25
11.2 Effective frequency range	25
11.3 Resonance frequency	27
12. Response	27
12.1 Frequency response	27
13. Directional characteristics	29
13.1 Directional response pattern	29
13.2 Directivity index	29

Articles	Pages
14. Pression acoustique	30
14.1 Pression acoustique caractéristique	30
14.2 Pression acoustique caractéristique nominale	30
14.3 Efficacité caractéristique / Pression acoustique caractéristique de référence	30
14.4 Méthode de mesure	30
15. Rendement	32
15.1 Rendement nominal	32
16. Distorsion	34
16.1 Non-linéarité d'amplitude	34
16.2 Distorsion en régime transitoire	42
17. Conditions ambiantes	42
17.1 Gamme de températures	42
17.2 Gamme d'humidités relatives	44
18. Champ magnétique de dispersion	44
18.1 Champ de dispersion perturbateur	44
19. Caractéristiques physiques	44
19.1 Dimensions	44
19.2 Masse	44
19.3 Connexions	44
20. Caractéristiques de construction	44
SECTION TROIS — CLASSIFICATION	
21. Classification des caractéristiques à spécifier	46
ANNEXE : Notes relatives à l'essai de puissance limite d'utilisation	50
FIGURES	52

Clause	Page
14. Sound pressure	31
14.1 Characteristic sound pressure	31
14.2 Rated characteristic sound pressure	31
14.3 Characteristic sensitivity / Reference characteristic sound pressure	31
14.4 Method of measurement	31
15. Efficiency	33
15.1 Rated efficiency	33
16. Distortion	35
16.1 Amplitude non-linearity	35
16.2 Transient distortion	43
17. Ambient conditions	43
17.1 Temperature range	43
17.2 Relative humidity range	45
18. Magnetic stray field	45
18.1 Interfering stray field	45
19. Physical characteristics	45
19.1 Dimensions	45
19.2 Weight	45
19.3 Cable assemblies	45
20. Design data	45
SECTION THREE — CLASSIFICATION	
21. Classification of the characteristics to be specified	47
21.1 Characteristics to be specified	47
APPENDIX: Notes on the test for power handling capacity	51
FIGURES	52

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES

Cinquième partie : Haut-parleurs

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 29 : Electroacoustique. Cette édition remplace la Publication 200 parue en 1966.

Les travaux furent commencés lors de la réunion tenue à Stockholm en 1964. Un projet définitif fut discuté lors de la réunion tenue à Vedbaek en mai 1968 où il fut décidé de soumettre ce document à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois.

Le document fut mis en circulation en novembre 1968. Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Allemagne
Australie
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Hongrie
Israël
Italie

Japon
Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

Lors de la réunion tenue à Stresa en mai 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 pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Belgique
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
France
Hongrie
Norvège

Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOUND SYSTEM EQUIPMENT

Part 5: Loudspeakers

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 Technical Committee 29: Electro-acoustics. The present edition supersedes Publication 200, issued in 1966.

Work was started at the meeting held in Stockholm, May 1964. A final draft was discussed at the meeting held in Vedbaek, May 1968, where it was decided to submit the document to the National Committees for approval under the Six Months' Rule.

The document was circulated in November 1968. The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Belgium	Netherlands
Czechoslovakia	Sweden
Canada	Switzerland
Denmark	Turkey
Germany	Union of Soviet Socialist
Hungary	Republics
Israel	United Kingdom
Italy	United States of America

During the meeting held at Stresa, May 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.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	South Africa
Belgium	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Turkey
France	Union of Soviet Socialist
Germany	Republics
Hungary	United Kingdom
Netherlands	United States of America
Norway	

L'article relatif à la distorsion (article 16) fut traité dans un document séparé et discuté lors de la réunion tenue à Stresa (mai 1969), où il fut décidé de soumettre ce projet à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois.

Le document fut diffusé en avril 1970. Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud	Italie
Allemagne	Japon
Australie	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Iran	Suisse
Israël	Turquie

La publication complète relative aux équipements électroacoustiques remplaçant les Publications 89 et 89A de la CEI sera provisoirement publiée sous forme de parties séparées, soit :

Première partie :	Généralités.
Deuxième partie :	Définition des termes généraux.
Troisième partie :	Amplificateurs pour systèmes électroacoustiques.
Quatrième partie :	Microphones.
Cinquième partie :	Haut-parleurs.
Sixième partie :	Eléments auxiliaires passifs.
Septième partie :	Ecouteurs.
Huitième partie :	Commande automatique de gain.
Neuvième partie :	Réverbération artificielle, transposition de fréquences et équipement à retard.
Dixième partie :	Appareils de mesure du niveau de la modulation.
Onzième partie :	Têtes de lecture et platines tourne-disques.
Douzième partie :	Têtes magnétiques et enregistreurs magnétiques.
Treizième partie :	Lignes et connexions.
Quatorzième partie :	Eléments mécaniques de construction.
Quinzième partie :	Valeurs préférentielles d'adaptation.

The Clauses on distortion (Clause 16) were dealt with by a separate document and discussed at the meeting held at Stresa, May 1969, where it was decided to submit the draft for approval under the Six Months' Rule to National Committees.

The document was circulated in April 1970. The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Norway
Denmark	South Africa
Germany	Sweden
Iran	Switzerland
Israel	Turkey
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America

The complete publication on Sound System Equipment, which is intended to replace IEC Publications 89 and 89A, will be issued in the following separate parts:

- Part 1: General.
- Part 2: Explanation of General Terms.
- Part 3: Sound System Amplifiers.
- Part 4: Microphones.
- Part 5: Loudspeakers.
- Part 6: Auxiliary Passive Elements.
- Part 7: Headphones.
- Part 8: Automatic Gain Control Devices.
- Part 9: Artificial Reverberation, Time Delay and Frequency Shift Equipment.
- Part 10: Programme Level Meters.
- Part 11: Pick-up Heads and Record Players.
- Part 12: Magnetic Heads and Magnetic Tape Recorders.
- Part 13: Lines and Connections.
- Part 14: Mechanical Design Features.
- Part 15: Preferred Matching (Mating) Values.

ÉQUIPEMENTS POUR SYSTÈMES ÉLECTROACOUSTIQUES

Cinquième partie : Haut-parleurs

1. Domaine d'application

Ces recommandations s'appliquent aux haut-parleurs pour systèmes électroacoustiques appartenant tant au domaine professionnel qu'au domaine « grand public » et considérés comme éléments purement passifs.

Sauf spécification contraire, on entend par haut-parleurs, les moteurs de haut-parleurs et les dispositifs de rayonnement du son comprenant un ou plusieurs moteurs de haut-parleurs ainsi que les dispositifs acoustiques associés tels qu'enceintes, pavillons, réflecteurs et les dispositifs électriques associés tels que filtres, transformateurs et tout autre élément passif éventuel.

2. Objet

2.1 Cette publication donne des recommandations relatives aux caractéristiques à spécifier et à leurs méthodes de mesure, concernant les haut-parleurs pour systèmes électroacoustiques.

En général, les méthodes de mesure recommandées sont celles qui sont considérées comme étant le plus directement en rapport avec les définitions. Cela n'exclut pas l'emploi d'autres méthodes qui donneraient des résultats équivalents.

2.2 On devra prendre soin d'éviter de mesurer la réponse en fréquence d'un système à plusieurs moteurs dans le champ proche de celui-ci, où des trajets acoustiques de longueurs différentes peuvent provoquer des irrégularités locales.

En pareil cas, une courbe moyenne, déduite d'une famille de courbes mesurées à différentes distances, donne parfois les meilleurs résultats.

Note. — Toutes les conditions particulières indiquées dans cette publication doivent être remplies pour toute distance.

2.3 Bien que l'importance des éléments actifs soit dès maintenant reconnue, il en sera question dans une édition ultérieure.

Les mesures dans des conditions autres que celles du champ libre ainsi que les mesures utilisant des signaux d'essai spéciaux seront également étudiées dans une édition ultérieure.

SECTION UN — CONDITIONS DE SPÉCIFICATIONS ET DE MESURES

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 système de mesure ;
- les fréquences de mesure ;
- les quantités à spécifier et leur précision (voir aussi paragraphe 4.3) ;
- le repérage et symboles pour le repérage ;
- les conditions ambiantes (voir aussi article 17) ;
- les spécifications individuelles et spécifications de série ;
- la représentation graphique ;
- les échelles pour la représentation graphique ;
- la sécurité du personnel et protection contre le feu ;
- la bobine sonde pour la mesure du champ magnétique.

SOUND SYSTEM EQUIPMENT

Part 5: Loudspeakers

1. Scope

These recommendations apply to sound system loudspeakers in both professional and domestic applications, treated as entirely passive elements.

Unless otherwise stated, the loudspeaker shall be understood to include both loudspeaker elements and loudspeaker systems comprising one or more loudspeaker elements and such relevant devices as built-in cross-over filters, transformers, and any other passive elements.

2. Object

2.1 This Publication gives recommendations relative to the characteristics to be specified and the relevant measuring methods for sound system loudspeakers.

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.

2.2 Care shall be taken to avoid measuring the frequency response of any multi-radiator system in the near field where diverse path lengths may give rise to local irregularities.

In such cases, a mean curve, derived from a family of curves measured at different distances, may give the best results.

Note. — All the relevant conditions laid down in this Publication must be met for all distances.

2.3 Although the importance of active elements is recognized, this will be referred to a later edition.

Measurements under non free-field conditions and measurements with a special test signal are also referred to a later edition.

SECTION ONE — CONDITIONS FOR SPECIFICATIONS AND MEASUREMENTS

3. General conditions

3.1 General

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

- units and system of measurement;
- frequencies of measurement;
- quantities to be specified and their accuracy (see also Sub-clause 4.3);
- marking and symbols for marking;
- ambient conditions (see also Clause 17);
- individual specification and type specification;
- graphical presentation;
- scales for graphical presentation;
- personal safety and prevention of spread of fire;
- probe coil for measuring the magnetic field.

3.2 Conditions nominales et conditions normales de fonctionnement

3.2.1 Conditions nominales

Le haut-parleur doit être considéré comme travaillant dans les conditions nominales lorsque :

- la tension aux bornes du haut-parleur est choisie conformément à l'expression :

$$U^2 = PR$$

où : U = la tension

P = la puissance nominale

R = l'impédance nominale

- les dispositifs de commande de volume, pour autant que le haut-parleur en comporte, doivent être réglés de façon à introduire le minimum d'affaiblissement ;
- en l'absence de spécifications contraires, les conditions nominales impliquent l'utilisation d'une tension sinusoïdale d'une fréquence de 1 000 Hz ;
- le haut-parleur fonctionne dans des conditions de champ libre ;
- le haut-parleur est monté dans sa propre enceinte, dans une enceinte spécifiée ou sur un écran acoustique normalisé (figures 1, 2 et 3, page 52).

3.2.2 Conditions normales de fonctionnement

Le haut-parleur sera considéré comme fonctionnant dans les conditions normales de fonctionnement lorsque :

- la tension aux bornes est réglée à 10 dB au-dessous de la tension choisie pour les conditions nominales ;
- si l'on emploie une méthode à courant constant, ce courant a une valeur telle que la tension atteint la valeur spécifiée pour les conditions normales de fonctionnement à la fréquence pour laquelle l'impédance est maximale ;
- le réglage des dispositifs de commande de volume, si le haut-parleur en comporte, est, sauf spécification contraire, celui utilisé pour les conditions nominales, à moins qu'un réglage différent ne soit spécifié ;
- le haut-parleur fonctionne dans les conditions de champ libre ;
- le haut-parleur est monté conformément aux conditions nominales.

3.3 Conditions de champ libre

Conditions qui s'approchent, au point de vue acoustique, de celles de l'espace libre. Sont considérées comme satisfaisantes les chambres anéchoïques dans lesquelles la loi de décroissance en $1/r$ lorsqu'on s'éloigne d'une source ponctuelle est respectée à $1 \pm$ dB près (pour les positions qui seront occupées par le haut-parleur et par le microphone durant la mesure).

4. Conditions particulières

4.1 Ambiance acoustique

Les mesures acoustiques doivent être faites dans les conditions de champ libre, comme il est spécifié au paragraphe 3.3.

4.2 Bruit

Etant donné que le bruit peut masquer par sa présence les signaux de niveaux faibles, il doit être maintenu au niveau le plus bas possible. Les données relatives à des signaux qui ne dépassent pas le niveau de bruit d'au moins 10 dB doivent être écartées.

3.2 *Rated and normal working conditions*

3.2.1 *Rated conditions*

The loudspeaker shall be understood to be working under rated conditions when:

- the voltage across the loudspeaker terminals is chosen in accordance with the expression:

$$U^2 = PR$$

where: U = the voltage

P = the rated power

R = the rated impedance

- the volume controls, if any, have to be set to such a position that the minimum attenuation is introduced;
- in the absence of a clear reason to the contrary, the rated conditions shall imply a sinusoidal voltage with a frequency of 1 000 Hz;
- the loudspeaker is working under free-field conditions;
- the loudspeaker is mounted in its own enclosure, specified enclosure, or on the standard baffle (Figures 1, 2 and 3, page 52).

3.2.2 *Normal working conditions*

The loudspeaker will be understood to be working under normal working conditions when:

- the voltage at the terminals is adjusted 10 dB below that voltage chosen for rated conditions;
- if a constant-current method is used, the value of the current shall be such that the voltage reaches normal working conditions at the frequency of maximum impedance;
- the volume controls, if any, are set for rated conditions unless otherwise stated;
- the loudspeaker is working under free-field conditions;
- the loudspeaker is mounted as for rated conditions.

3.3 *Free-field conditions*

Conditions which approach acoustically those of free space. Anechoic rooms in which the $1/r$ law moving off from a point source is followed within ± 1 dB at the positions that will be occupied by the loudspeaker system and the microphone during the measurement, are considered to be satisfactory.

4. **Particular conditions of measurement**

4.1 *Acoustical environment*

Acoustical measurements shall be made under free-field conditions as specified in Sub-clause 3.3.

4.2 *Noise*

Since the presence of noise may obscure low level signals, it must be kept at the lowest possible level. Data relating to signals which are less than 10 dB above the noise level must be discarded.

4.3 *Exactitude*

En raison des erreurs inhérentes aux conditions pratiques de mesure, le domaine dans lequel les erreurs totales ne dépassent pas ± 2 dB doit être mentionné, avec une indication de la limite supérieure de l'erreur admise. Une attention particulière doit être apportée à l'influence des harmoniques, surtout aux fréquences basses.

4.4 *Fixation et charge acoustique*

Le fonctionnement d'un haut-parleur dépend des caractéristiques propres de son moteur ainsi que de la charge acoustique qui lui est associée, celle-ci étant pour sa part largement influencée par la façon dont le haut-parleur est monté.

Une description claire de ce montage doit donc toujours être donnée lors de la présentation des résultats.

Trois types de montage sont prévus :

- a) Sur un écran acoustique particulier ou dans une enceinte ;
- b) Sur un écran acoustique normalisé ;
- c) Sans écran acoustique ni enceinte (applicable seulement pour les moteurs de haut-parleur seuls).

En choisissant les conditions de montage appropriées à une mesure donnée, le responsable des essais doit prendre en considération le but particulier de la mesure ; sa décision peut aussi être fonction des conditions d'utilisation du haut-parleur prévues par le constructeur. Ainsi, si un haut-parleur est conçu pour être utilisé dans une enceinte déterminée, les mesures doivent être effectuées avec le haut-parleur ainsi monté.

4.4.1 *Ecran acoustique normalisé*

L'écran acoustique doit présenter une surface frontale plane acoustiquement réfléchissante ; il doit être fait d'un matériau suffisamment rigide, ayant un amortissement interne élevé et une épaisseur adéquate pour rendre les vibrations négligeables. (Voir figures 1, 2 et 3, page 52.)

L'écran acoustique doit avoir les dimensions représentées sur la figure 1. Le rebord de la membrane doit affleurer sensiblement la face avant de l'écran acoustique et on doit soigneusement éviter toute cavité résonnante derrière l'écran. Cela peut être réalisé au moyen d'un chanfrein comme le montre la figure 2, ou grâce à l'utilisation d'un écran auxiliaire mince et rigide comme l'indique la figure 3. L'épaisseur de l'écran ou de l'écran auxiliaire au voisinage du rebord doit être réduite au minimum et, en tout cas, ne doit pas dépasser le dixième du diamètre nominal du haut-parleur ou, dans le cas d'un haut-parleur elliptique, le dixième du petit axe nominal.

4.5 *Préconditionnement*

Des modifications permanentes peuvent se produire dans un haut-parleur à la suite du mouvement du diaphragme. Il est par conséquent souhaitable de le soumettre à une période de préconditionnement d'au moins 1 h en appliquant, à la puissance nominale, le signal du type précisé au paragraphe 9.3.

La période de préconditionnement sera suivie d'une période de récupération de 1 h au minimum pendant laquelle le haut-parleur sera débranché avant de procéder aux mesures.

4.6 *Méthode de relevé des courbes de réponse*

Il est recommandé de relever les courbes de réponse par une méthode automatique donnant une courbe continue. On s'attachera à éviter les erreurs élémentaires telles que celles dues :

- à la vitesse de balayage en fréquence ;
- à la vitesse d'inscription de l'enregistreur de niveau ;
- à l'impédance finie de la source réelle.

La part propre de chacune de ces erreurs ne devra pas excéder $\pm 0,5$ dB.

4.3 *Accuracy*

In view of the inevitable errors under practical measuring conditions, the range over which the total errors do not exceed ± 2 dB shall be stated with an indication of the permissible upper limit. Particular attention is drawn to the contribution which harmonics may make to the output, especially at low frequencies.

4.4 *Mounting and acoustic loading*

The performance of a loudspeaker, *per se*, depends on the properties of the loudspeaker unit and also on the acoustic loading presented to it, which in turn is greatly influenced by the way it is mounted.

Hence an unambiguous description of the mounting used for the tests shall always be included in the presentation of results.

Three types of mounting are considered:

- a) A particular baffle or enclosure;
- b) A standard baffle;
- c) Without a baffle or enclosure (only applicable to loudspeaker units).

In choosing the mounting conditions appropriate to an actual measurement the testing authority shall give consideration to the particular purpose of the measurement, and his decision may also be influenced by a knowledge of how the designer intended the units to be used. Thus if a loudspeaker be designed to be used with a specified enclosure, the measurements shall be made with it so mounted.

4.4.1 *Standard baffle*

The baffle shall be made with a plane front surface which is acoustically reflecting; it shall be of a suitable rigid material with high internal damping and of an adequate thickness to assure negligible vibration. (See Figures 1, 2 and 3, page 52.)

The baffle shall have the dimension shown in Figure 1. The cone rim shall be substantially flush with the front surface of the baffle and care shall be taken to avoid a resonant cavity behind the baffle. This may be achieved by means of a chamfer as shown in Figure 2, or by the use of a thin rigid sub-baffle as shown in Figure 3. The thickness of the baffle or sub-baffle in the neighbourhood of the rim shall be kept as small as possible and not greater than one tenth of the loudspeaker nominal diameter, or in the case of an elliptical loudspeaker, one tenth of the nominal minor axis.

4.5 *Pre-conditioning*

Permanent changes may take place in a loudspeaker as a result of motion of the diaphragm. It is therefore desirable to subject it for a period of at least 1 h to pre-conditioning by applying the rated power of a signal of the type discussed in Sub-clause 9.3.

The period of pre-conditioning shall be followed by a recovery period of at least 1 h, during which the loudspeaker shall be disconnected before proceeding with the measurement.

4.6 *Method of taking response curves*

It is recommended that the response curve be taken by an automatic method giving a continuous curve. Care should be taken to avoid simple errors such as those due:

- to the rate of traversing the frequency range;
- to the writing speed of the level recorder;
- to the finite impedance of the actual source.

These errors should not contribute more than ± 0.5 dB each.

4.7 Appareils de mesure

Les mesures doivent être réalisées avec un microphone à pression, dont l'étalonnage en champ libre est connu, placé à une distance appropriée du point de référence du haut-parleur. Le processus normal est d'appliquer au haut-parleur un signal à tension constante. L'amplificateur fournissant le signal au haut-parleur et l'équipement de mesure utilisé avec le microphone doivent présenter une réponse indépendante de la fréquence dans la gamme utile de fréquences du haut-parleur et une non-linéarité d'amplitude négligeable (distorsion harmonique inférieure à 0,3 %) dans les conditions d'essai.

4.8 Distance de mesure

Pour les haut-parleurs à un seul moteur, les mesures doivent être faites avec un microphone à pression dont l'étalonnage en champ libre est connu, disposé à une distance de 50 cm du point de référence, sur l'axe de référence ; les résultats doivent être rapportés à une distance de 1 m.

Note. — Il est préférable d'utiliser une distance de mesure plus grande dans le cas de haut-parleurs ayant un diamètre supérieur à 25 cm (voir note ci-dessous), mais il ne faut alors pas oublier que, aux fréquences basses, l'influence de l'écran acoustique, s'il y en a un, est plus grande.

Pour les haut-parleurs à moteurs multiples, le champ à courte distance est si complexe en raison des interférences produites par les différents moteurs qu'il est nécessaire d'effectuer les mesures à une distance beaucoup plus grande, bien qu'il soit recommandé de rapporter les résultats à 1 m. Dans ce cas, la note ci-dessous peut guider dans le choix de la distance de mesure requise. (Voir le paragraphe 2.2.)

Ces recommandations sont à considérer comme un compromis permettant de faire des mesures qui sont reconnues comme présentant des difficultés d'ordre théorique et pratique, mais qui donnent au moins la possibilité de faire des comparaisons entre appareils de types similaires. D'autres considérations sur ce sujet sont à l'étude en vue d'une utilisation possible dans des recommandations ultérieures.

Note. — Les caractéristiques mesurées selon cette publication doivent être considérées comme se rapportant à des haut-parleurs placés dans les conditions de champ libre. La réponse et la directivité d'un haut-parleur ou d'un système de haut-parleurs varient avec la distance du point de référence. On pourrait définir ces caractéristiques en les rapportant à un point très éloigné de la source. Mais, comme les dimensions des chambres anéchoïques réelles sont petites, on est contraint de faire des mesures à des distances acceptables pratiquement, et de tenir compte des erreurs ainsi introduites.

Pour que l'erreur tolérée sur la mesure de la réponse en fréquence soit inférieure à une valeur déterminée, la distance de mesure r doit être supérieure à une valeur minimale.

Les figures 5 et 6, page 54, donnent respectivement, pour une colonne sonore et pour un piston plat homogène, les erreurs a_r et a_d (dB) commises sur la mesure de la réponse en fréquence, en fonction d'un paramètre u ,

$$u = \frac{r^2}{r\lambda} \text{ dans le cas d'une colonne sonore, et}$$

$$u = \frac{d^2}{r\lambda} \text{ dans le cas d'un piston plat homogène,}$$

où : r = la distance de mesure

d = le diamètre du disque

l = la longueur de la surface rayonnante de la colonne

λ = la longueur d'onde

Pour une colonne sonore ayant un nombre de sources supérieur à trois, la longueur l est définie par $l = nb$, où n = le nombre de sources individuelles et b = la distance entre deux sources.

A partir de ces courbes, on peut calculer la distance minimale à laquelle doit être placé le microphone de façon que les erreurs de mesure sur la réponse en fréquence ne dépassent pas une valeur déterminée. Du point de vue pratique, les caractéristiques importantes des haut-parleurs pour systèmes électroacoustiques sont celles qui sont valables à une grande distance de la source. Par conséquent, les caractéristiques mesurées selon cette publication seront considérées comme se rapportant à des distances de mesure conformes aux considérations mentionnées ci-dessus.

4.7 *Measuring apparatus*

Measurements shall be made with a pressure microphone, having a known free-field calibration, mounted at an adequate distance from the reference point of the loudspeaker. The normal procedure is to feed the loudspeaker with a constant voltage. The amplifier supplying the signal to the loudspeaker and the measuring equipment in conjunction with the microphone shall have an amplitude response independent of frequency over the effective frequency range of the loudspeaker and negligible amplitude non-linearity (harmonic distortion less than 0.3%) under test conditions.

4.8 *Measuring distance*

For single unit loudspeakers, measurements shall be made with a pressure microphone, having a known free-field calibration, mounted at a distance of 50 cm from the reference point on the reference axis. The results shall be referred to a distance of 1 m.

Note. — For loudspeakers of greater diameter than 25 cm, a larger measuring distance is to be preferred (see note following), but it should be recognized that the effect of the baffle, if used at low frequencies, will then be greater.

For multi-unit loudspeakers the field at short distances is so complex, due to interference patterns produced by the various elements, that it is necessary to measure at a much greater distance, though it is recommended that the results be referred to a distance of 1 m. In these cases the note which follows may help in the choice of the required measuring distance. (See Sub-clause 2.2.)

These recommendations are in the nature of a compromise enabling measurements to be made which are admittedly subject to theoretical and practical difficulties, but will at least enable comparisons to be made between similar types of devices. Further work on this subject is under consideration for possible use in future recommendations.

Note. — Characteristics measured according to this Publication will be understood to refer to loudspeakers under free-field conditions. The response and the directivity of a loudspeaker element or loudspeaker system vary with the distance from the reference point. A possible definition of these quantities is to refer these characteristics to a point very far from the source. As the dimensions of practical anechoic rooms are small, it is necessary to make measurements at a practical distance taking into account the errors introduced.

For a predetermined tolerable error in the frequency response measurement, the measuring distance r shall exceed the minimum value.

Figures 5 and 6, page 54, either for a homogeneous straight line source or for a homogeneous flat disk source, show the errors a_l and a_d (dB) which occur during the measurement of the frequency response as a function of u ,

$$u = \frac{r^2}{r\lambda} \text{ for a homogeneous straight line source, and}$$

$$u = \frac{d^2}{r\lambda} \text{ for a homogeneous flat disk source,}$$

where: r = the measuring distance

d = the diameter of the disk

l = the length of the line source

λ = the wavelength

For a loudspeaker column with a number of sources larger than three, the length l is defined as $l = nb$ where n = number of point sources and b = distance between the sources.

From these curves the minimum distance at which to place the microphone can be calculated so that errors in the frequency response measurements do not exceed the predetermined value.

For practical purposes, the relevant characteristics of sound system loudspeakers are those valid at a large distance from the source. Therefore, characteristics measured according to this Publication will be understood to refer to measuring distances complying with the expressions mentioned above.

Afin de permettre la comparaison entre des haut-parleurs de dimensions différentes et, en conséquence, mesurées à des distances différentes, les caractéristiques de mesure sont rapportées à une distance de 1 m et elles sont calculées à partir des caractéristiques mesurées selon l'expression :

$$p(r_0) = p(r) \frac{r}{r_0}$$

où : r = distance de mesure

r_0 = distance de référence de 1 m

Une méthode simple pour déterminer s'il y a ou non des erreurs dans la courbe de réponse relevée à 1 m consiste à faire trois mesures, chaque mesure se faisant à une distance double de celle de la mesure précédente. Si les conditions de champ libre sont satisfaites, les courbes devront être semblables, chacune d'elles étant située à 6 dB au-dessous de la précédente.

SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES À SPÉCIFIER ET LEURS MÉTHODES DE MESURE

5. Description du type (comportement acoustique)

Caractéristiques à spécifier

5.1 Principe du transducteur

Par exemple : électrostatique, électrodynamique, ou piézo-électrique, doit être spécifié par le constructeur.

5.2 Type de haut-parleur

Par exemple : à radiation directe ou à pavillon, à moteur unique ou à plusieurs moteurs, en forme de colonne, etc., doit être spécifié par le constructeur.

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 CEI, article 6, avec le complément suivant :

— la polarité doit être indiquée par un repère, de préférence un point de couleur pour la borne d'entrée sur laquelle l'application d'une tension positive instantanée produit un mouvement de la membrane vers l'extérieur.

7. Impédance

7.1 Impédance nominale

Caractéristique à spécifier

L'impédance nominale d'un haut-parleur ou d'un système de haut-parleurs est la valeur de la résistance pure qu'il y a lieu de substituer au haut-parleur ou au système pour mesurer la puissance électrique délivrée par la source. Cette impédance nominale doit être spécifiée par le constructeur.

Note. — L'impédance nominale spécifiée par le constructeur représente normalement la valeur minimale du module dans la partie de la gamme nominale de fréquences où la puissance peut atteindre sa valeur nominale, et ne dépasse pas normalement de plus de 20 % la valeur la plus basse du module de l'impédance pour n'importe quelle fréquence comprise à l'intérieur de la gamme nominale de fréquences.

7.2 Courbe d'impédance

Caractéristique à spécifier

Variation, représentée habituellement sous forme de graphique, du module de l'impédance en fonction de la fréquence dans les conditions normales de fonctionnement.

To permit comparison between loudspeakers of different sizes and consequently measured at different distances, the characteristics for measurement are given for a distance of 1 m and are computed from measured characteristics according to the expression:

$$p(r_0) = p(r) \frac{r}{r_0}$$

where: r = measuring distance
 r_0 = reference distance of 1 m

A simple method of checking the errors in the response curve at distances of 1 m is to make three measurements. Each measurement is made at twice the distance of the previous one. If free-field conditions are present, the curves should be alike and 6 dB apart.

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

5. Type description (acoustical behaviour)

Characteristics to be specified

5.1 Principle of the transducer

e.g. electrostatic, electrodynamic or piezoelectric shall be specified by the manufacturer.

5.2 Type of loudspeaker

e.g. horn or direct radiating type, single or multiple unit, column or line, etc., shall be specified by the manufacturer.

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 input terminal at which a positive instantaneous voltage produces an outward movement of the diaphragm.

7. Impedance

7.1 Rated impedance

Characteristic to be specified

The rated impedance of a loudspeaker or loudspeaker system is that value of a pure resistance which is to be substituted for the loudspeaker or system when defining the available electric power of the source. This is to be specified by the manufacturer.

Note. — The rated impedance specified by the manufacturer normally represents the lowest value of the modulus of the impedance in that part of the rated frequency range, where the maximum power is to be expected, and is normally not more than 20% higher than the lowest value of the modulus of the impedance at any frequency within the rated frequency range.

7.2 Impedance curve

Characteristic to be specified

Description, usually presented in the form of a graph, of the modulus of the impedance as a function of frequency, measured under normal working conditions.

Méthode de mesure

On peut utiliser une tension constante ou un courant constant, mais la méthode choisie doit être indiquée. Les mesures doivent couvrir au moins la gamme utile de fréquences du système de haut-parleurs.

8. Tension

8.1 Tension nominale

Caractéristique à spécifier

Tension spécifiée par le constructeur pour laquelle la puissance nominale est fournie à l'impédance nominale (elle peut être calculée).

9. Puissance

9.1 Puissance nominale

Caractéristique à spécifier

Valeur de la puissance que le constructeur attribue à son moteur ou à son haut-parleur en fonction de l'usage prévu ; dans la plupart des cas, il s'agit de la reproduction de modulations normales de la parole ou de musique.

Notes 1. — Cette caractéristique est généralement considérée comme la puissance nominale de sortie délivrée par un amplificateur qui alimente le haut-parleur, et correspondant à une reproduction satisfaisante d'une modulation normale pendant une période prolongée. Il n'est actuellement pas possible d'établir une règle relative à une puissance limitée par une distorsion donnée, bien que l'importance de cette valeur soit reconnue.

2. — La valeur dépend de la façon dont le haut-parleur est monté, par exemple monté ou non dans une enceinte spécifiée.

9.2 Puissance nominale limitée par les détériorations (surcharge thermique et détériorations mécaniques)

Caractéristique à spécifier

Pour un signal sinusoïdal dont la fréquence appartient à la gamme nominale de fréquences, valeur maximale de la puissance que le moteur ou le haut-parleur peut supporter de façon continue sans le moindre dommage, que ce soit mécanique ou thermique.

Cette valeur, spécifiée par le constructeur, représente une limite pour les mesures utilisant des signaux sinusoïdaux pendant une durée déterminée. Si aucune durée n'est spécifiée, on doit prendre un minimum d'une heure.

Cette valeur peut varier en fonction de la fréquence, auquel cas on peut donner différentes valeurs de la puissance nominale limitée par les détériorations dans des gammes de fréquences spécifiées.

Note. — La valeur dépend de la façon dont le haut-parleur est monté, par exemple monté ou non dans une enceinte spécifiée.

9.3 Puissance limite d'utilisation

Caractéristique à spécifier

Valeur de la puissance que le constructeur attribue à son moteur ou à son haut-parleur à l'intérieur de la gamme nominale de fréquences sur la base des résultats de l'essai avec un signal de bruit spécifié.

Note. — La valeur dépend de la façon dont le haut-parleur est monté, par exemple monté ou non dans une enceinte spécifiée.

Method of measurement

Constant voltage or constant current may be used, but the method chosen shall be stated. Measurements shall cover at least the effective frequency range of the loudspeaker system.

8. **Voltage**

8.1 *Rated voltage*

Characteristic to be specified

That voltage at which rated power is delivered to the rated impedance, to be specified by the manufacturer (can be computed).

9. **Power**

9.1 *Rated power*

Characteristic to be specified

That power which the manufacturer assigns to his loudspeaker element or system with regard to its intended use; in most cases this use is for normal speech and music programme reproduction.

Notes 1. — It is usually understood as the rated power output of an amplifier with which the loudspeaker may be operated in normal programme material over an extended period of time and corresponding to satisfactory reproduction. It is not at present possible to specify distortion limited power although its importance is recognized.

2. — The value depends on the way the loudspeaker is mounted, e.g. unmounted or mounted in a specified enclosure.

9.2 *Rated damage limited power (thermal and mechanical damage)*

Characteristic to be specified

That maximum power of a continuous sinusoidal signal within the rated frequency range which the loudspeaker element or system can handle continuously without any damage, e.g. either thermal or mechanical deformation.

This value, stated by the manufacturer, is valid as a limit for the measurements using sinusoidal signals during a specified period of time. If no period of time is specified, a minimum of one hour shall be used.

This value can vary as a function of frequency, in which case different values for the rated damage limited power may be given in specified frequency ranges.

Note. — The value depends on the way the loudspeaker is mounted, e.g. unmounted or mounted in a specified enclosure.

9.3 *Power handling capacity*

Characteristic to be specified

That value which the manufacturer assigns to his loudspeaker element or system within the rated frequency range on the basis of the result of a specified noise test.

Note. — The value depends on the way the loudspeaker is mounted, e.g. unmounted or mounted in a specified enclosure.

Méthode de mesure

9.3.1 Puissance limite d'utilisation (voir aussi annexe)

Le haut-parleur doit être essayé dans une salle d'un volume au moins égal à 8 m³ dans laquelle sont maintenues les conditions climatiques spécifiées dans la Publication 268-1 de la CEI. La chaîne de mesure comprend :

- un générateur de bruit blanc ;
- un réseau de pondération ;
- un amplificateur de puissance avec écrêteur ;
- le haut-parleur à mesurer.

A moins que des spécifications ne précisent que le haut-parleur doit être monté dans une enceinte spécifiée, le haut-parleur doit être essayé sans écran.

Notes 1. — Si l'on essaie plusieurs haut-parleurs simultanément, il convient de veiller à ce que l'influence réciproque des haut-parleurs entre eux soit négligeable.

2. — Si le haut-parleur est conçu pour fonctionner dans une gamme de fréquences limitée et si le réseau destiné à la limitation en fréquences ne fait pas partie intégrante du haut-parleur, le constructeur doit spécifier un réseau approprié qui doit être connecté au haut-parleur durant l'essai. Ce réseau constitue alors une partie intégrante du haut-parleur et l'impédance nominale indiquée doit correspondre aux bornes d'entrée de ce réseau, sa sortie étant chargée par le haut-parleur.

9.3.2 Pour la puissance nominale à laquelle on désire vérifier la puissance limite d'utilisation du haut-parleur, le signal d'essai doit avoir, aux bornes du haut-parleur (ou du réseau auxiliaire, note 2 du paragraphe 9.3.1), une distribution fréquentielle correspondant à celle obtenue à la sortie d'un filtre attaqué par un signal de bruit ayant une énergie constante par unité de fréquence (bruit blanc).

Ce filtre est caractérisé par deux éléments en cascade :

- a) Un filtre passe-bas à deux cellules du type en échelle dont les éléments RC semblables ont chacun une constante de temps de 0,25 ms ;
- b) Un filtre passe-haut du type en échelle dont l'élément RC a une constante de temps de 2 ms.

Il faut veiller en utilisant un circuit d'écrêtage convenable à ce que le signal d'essai à l'entrée de l'amplificateur n'engendre pas de crêtes instantanées ayant une valeur supérieure à deux fois la valeur de la tension efficace du signal complet.

Notes 1. — La figure 4, page 53, représente la courbe de réponse des deux filtres décrits. Les écarts en plus ou en moins de la répartition en fréquences du bruit utilisé dans la mesure réelle, par rapport à la courbe type, ne doivent pas dépasser 1 dB et doivent être soigneusement équilibrés sur toute l'étendue de la gamme de fréquences.

2. — Il est nécessaire que le réseau limitant la courbe de réponse précède l'amplificateur de puissance et son dispositif d'écrêtage.

9.3.3 L'amplificateur de puissance utilisé pour l'essai doit avoir une courbe de réponse en fréquence constante à ± 1 dB près dans la gamme de fréquences comprise entre 50 Hz et 10 000 Hz et une impédance de sortie dont la valeur ne dépasse pas le tiers de la valeur de l'impédance nominale (totale) du (ou des) haut-parleur(s). Il doit pouvoir alimenter le haut-parleur avec un signal sinusoïdal d'une puissance nominale de valeur au moins égale à quatre fois la valeur de la puissance nominale du haut-parleur, à la fréquence pour laquelle la courbe de la figure 4 atteint son maximum. La courbe de réponse en puissance de l'amplificateur doit se situer au-dessus de la courbe de la figure 4. Le contenu harmonique de la tension de sortie ne doit pas dépasser 10 % pour un signal sinusoïdal.

9.3.4 Pour chaque condition climatique spécifiée, le haut-parleur doit être soumis aux essais pendant une période continue de 100 h, à une puissance nominale correspondant à celle à laquelle il doit fonctionner.

Note. — Lors de l'estimation de la puissance nominale à partir de la tension appliquée à l'impédance nominale, il est essentiel d'utiliser un appareil qui indique la valeur efficace vraie, par exemple un appareil thermique.

Method of measurement

9.3.1 *Power handling capacity (see also Appendix)*

The loudspeaker shall be tested in a room of not less than 8 m³ in which the climatic conditions specified in IEC Publication 268-1 are obtained. The chain of measurement includes:

- a white noise generator;
- a weighting network;
- a power amplifier with clipping network;
- the loudspeaker to be measured.

Unless the rating is restricted to a loudspeaker mounted in a specified enclosure, the loudspeaker shall be tested without a baffle.

Notes 1. — If more than one loudspeaker is tested simultaneously, care should be taken to ensure that interaction between loudspeakers is not significant.

2. — If the loudspeaker is designed to operate in a restricted frequency range and a corresponding network for frequency limitation is not an integral part of the loudspeaker, the manufacturer shall specify an adequate network which is to be connected to the loudspeaker during the test. This network now forms an integral part of the loudspeaker and the stated rated impedance shall correspond to the input terminals of this network, its output being loaded by the loudspeaker.

9.3.2 The test signal of the rated power at which it is desired to check the power handling capacity of the loudspeaker shall, at the terminals of the loudspeaker (or auxiliary network, Note 2 of Sub-clause 9.3.1) have a frequency distribution corresponding to the output of a filter supplied by a noise signal of constant energy per unit of frequency (white noise).

The filter is characterized by two sections in cascade:

- a) A two-mesh low pass filter of the ladder type whose equal RC-elements each have a time constant of 0.25 ms;
- b) A single mesh high-pass filter of the ladder type whose RC-element has a time constant of 2 ms.

Care shall be taken, by using a suitable clipping circuit, that the test signal, at the input of the amplifier, does not include instantaneous peaks greater than twice the r.m.s. voltage of the whole signal.

Notes 1. — Figure 4, page 53, shows the frequency response of the two filter sections described. The minus and plus deviations of the frequency distribution of the noise used in actual measurements, from the standard curve, shall not exceed 1 dB and shall be well balanced over the whole frequency range.

2. — It is necessary that the network restricting the frequency response, precedes the power amplifier and its clipping device.

9.3.3 The power amplifier used for the test shall have a frequency response which is constant within ± 1 dB in the frequency range of 50 Hz to 10 000 Hz and an output impedance not greater than one third of the (combined) rated impedance of the loudspeaker(s). The amplifier shall be capable of supplying the loudspeaker with a sinusoidal signal of a nominal power which is at least four times the rated power of the loudspeaker at that frequency at which the curve in Figure 4 reaches its maximum. It shall have a power response curve lying above the one of Figure 4. The harmonic content of the output voltage shall not exceed 10% for a sinusoidal signal.

9.3.4 For each specified climatic condition the loudspeaker shall be tested for a continuous period of 100 h at a rated power corresponding to that which the loudspeaker is required to handle.

Note. — In estimating the rated power from the voltage across the rated impedance, it is essential to use a true r.m.s. meter, e.g. a thermal meter.

- 9.3.5 Immédiatement après l'essai, le haut-parleur doit être conservé dans des conditions climatiques analogues à celles qui existent normalement dans les magasins ou les laboratoires habituels. Sauf indication contraire, la période de récupération doit être de 100 h.

Un haut-parleur peut être considéré comme ayant satisfait aux exigences de cet essai si, à la fin de la période d'emmagasinage, il ne présente pas de modification importante de ses caractéristiques électriques, mécaniques et acoustiques par rapport à celles qui sont indiquées dans la notice technique pour le haut-parleur type, si ce n'est une variation de fréquence de résonance, mais elle doit toujours être mentionnée dans la présentation des résultats. L'acceptation de cette variation doit faire l'objet d'une discussion.

10. Point et axe de référence

10.1 Point de référence

Caractéristique à spécifier

10.1.1 Moteur de haut-parleur seul

Point spécifié par le constructeur.

Note. — Pour les haut-parleurs à moteur unique et à rayonnement direct, le point de référence est habituellement le centre de la membrane, et pour les membranes coniques le centre du plan confondu avec le plan de base du cône et limité par ses bords. Pour un haut-parleur à pavillon, le point de référence est généralement le centre géométrique de l'ouverture du pavillon.

10.1.2 Haut-parleurs à voies multiples

Le point de référence doit être spécifié par le constructeur. Pour les systèmes de haut-parleurs, le point de référence devra être, si possible, un centre de symétrie géométrique.

10.2 Axe de référence

Caractéristique à spécifier

Droite spécifiée par le constructeur passant par le point de référence. Pour les systèmes présentant une structure symétrique, elle est généralement perpendiculaire à la surface de rayonnement.

11. Fréquences

11.1 Gamme nominale de fréquences

Caractéristique à spécifier

Gamme de fréquences restreinte que le constructeur peut attribuer au haut-parleur pour des usages particuliers.

Note. — Cette gamme peut différer de la gamme utile de fréquences, en particulier dans le cas de haut-parleurs utilisés pour reproduire les fréquences élevées, les fréquences basses, ou uniquement la parole.

11.2 Gamme utile de fréquences

Caractéristique à spécifier

La limite supérieure de la gamme utile de fréquences est définie comme la fréquence pour laquelle la réponse en fréquence du haut-parleur, mesurée sur l'axe de référence, a décru d'une quantité déterminée (normalement 10 dB) par rapport à la réponse moyenne mesurée dans une bande de fréquences d'une octave située dans la région d'efficacité maximale.

La limite inférieure de la gamme utile de fréquences est définie comme la fréquence pour laquelle la réponse, mesurée sur l'axe de référence, a diminué de la même quantité par rapport à la réponse moyenne mesurée dans la bande d'octave située dans la région d'efficacité maximale.

Dans la courbe de réponse, on doit négliger les pointes et les creux de largeur inférieure à $\frac{1}{8}$ d'octave pour la limite supérieure comme pour la limite inférieure.

- 9.3.5 Immediately after the test the loudspeaker shall be stored under climatic conditions such as normally exist in ordinary storage rooms or laboratories. Unless otherwise specified, the recovery period shall be 100 h.

A loudspeaker may be considered to have fulfilled the requirements of this test if, at the end of the storage period, there is no significant change in the electrical, mechanical, and acoustical characteristics of the loudspeaker compared with those stated in the data sheet for the loudspeaker type, other than a change in the resonance frequency. The acceptability of this change is subject to negotiation, but it shall always be stated when presenting the results.

10. Reference point and axis

10.1 Reference point

Characteristic to be specified

10.1.1 Single loudspeaker unit

A point specified by the manufacturer.

Note. — For single unit direct radiating loudspeakers the reference point is usually the centre of the diaphragm and for conical diaphragms the centre of a plane passing through the edge of the cone. For a loudspeaker having a horn, the reference point is usually the geometrical centre of the opening of the horn.

10.1.2 Multi-unit loudspeakers

The reference point shall be specified by the manufacturer. For loudspeaker systems, the reference point should be, if possible, a point of geometrical symmetry.

10.2 Reference axis

Characteristic to be specified

A line passing through the reference point specified by the manufacturer. For symmetrical structures this is usually perpendicular to the radiating surface.

11. Frequency

11.1 Rated frequency range

Characteristic to be specified

That restricted range of frequencies which a manufacturer may assign to the loudspeaker for special purposes.

Note. — It may differ from the effective frequency range particularly in the case of loudspeakers used only as tweeters or woofers, or only for speech.

11.2 Effective frequency range

Characteristic to be specified

The upper frequency limit is that frequency at which the frequency response of the loudspeaker, measured on the reference axis, has decreased a stated amount (normally 10 dB) below the mean response averaged over a bandwidth of one octave in the region of maximum sensitivity.

The lower frequency limit is that frequency at which the frequency response of the loudspeaker, measured on the reference axis, has decreased the same amount below the mean response averaged over the octave band in the region of maximum sensitivity.

Sharp peaks and troughs in the response curve narrower than $\frac{1}{8}$ octave shall be neglected for both the upper and the lower limits.

Note. — Quand la réponse en fréquence à partir des fréquences basses n'est pas encore devenue sensiblement horizontale dans la bande d'octave centrée sur 1 000 Hz (par exemple pour les « tweeters »), on prend comme référence pour calculer la fréquence limite inférieure de la gamme utile la réponse moyenne prise dans un intervalle d'une octave de largeur situé dans une région de réponse horizontale, la fréquence médiane de cette bande d'octave étant aussi spécifiée.

Méthode de mesure

La gamme utile de fréquences est déterminée à partir de la réponse en fréquence définie au paragraphe 12.1 en fonction des écarts que présente cette courbe, par rapport à une réponse en fréquence type spécifiée.

Les écarts, par rapport à la réponse en fréquence à l'intérieur de la gamme nominale de fréquences indiquée par le constructeur, doivent être spécifiés.

11.3 *Fréquence de résonance*

Caractéristique à spécifier

Fréquence pour laquelle le module de l'impédance électrique présente son premier maximum le long d'une échelle de fréquences croissantes.

Méthode de mesure

Le module de l'impédance électrique doit être mesuré dans les conditions normales de fonctionnement. On peut utiliser un courant constant ou une tension constante dépendante du type du haut-parleur à l'étude (électromagnétique ou électrostatique), mais la méthode choisie doit être indiquée.

En vue du choix d'une enceinte acoustique adaptée à un moteur déterminé, il peut être nécessaire de relever l'impédance électrique du moteur non monté.

Dans le cas de haut-parleurs comprenant plusieurs moteurs, la mesure n'est valable que lorsque :

- les moteurs sont semblables (c'est-à-dire de même type) et montés de la même façon ;
- ou que la fréquence de résonance d'un des moteurs ou d'un ensemble de moteurs, comme il est mentionné ci-dessus, est notablement inférieure à celle des autres moteurs.

12. **Réponse**

12.1 *Réponse en fréquence*

Caractéristique à spécifier

Variation en fonction de la fréquence, généralement représentée sous forme de graphique, du niveau de la pression acoustique, mesuré à un emplacement spécifié par rapport au point de référence et à l'axe de référence et dans les conditions normales de fonctionnement, pour une valeur constante spécifiée de la tension ou du courant.

Méthode de mesure

Les mesures doivent être réalisées dans les conditions normales de fonctionnement et conformément aux articles 3 et 4 correspondants.

Les mesures doivent être effectuées à tension constante ou à courant constant si cette méthode est adaptée au haut-parleur à mesurer. Dans ce dernier cas, la méthode choisie doit être indiquée.

Les mesures doivent couvrir au moins la gamme utile de fréquences des haut-parleurs.

Note. — Pour les haut-parleurs dont la puissance nominale est supérieure à 1 W, la mesure peut être effectuée à une puissance inférieure au dixième de la puissance nominale. Pour les haut-parleurs dont la puissance nominale est inférieure à 500 mW, la mesure doit être effectuée à une puissance de 50 mW. Toutefois ces mesures doivent respecter les spécifications du paragraphe 4.2.

Note. — If the frequency response, starting from the low frequencies, has not become substantially flat in the octave-band having a centre frequency of 1 000 Hz (e.g. for tweeters), the mean response averaged over a higher frequency band with a width of one octave in the region of flat response shall be taken as a reference for the lower limiting frequency, the centre frequency of this octave-band also being stated.

Method of measurement

For specified deviations from a specified normal frequency response, the effective range is computed from the frequency response defined in Sub-clause 12.1.

Deviations from the frequency response claimed by the manufacturer, within the rated frequency, shall be indicated.

11.3 *Resonance frequency*

Characteristic to be specified

That frequency where the modulus of the electrical impedance has its first principal maximum in an ascending frequency scale.

Method of measurement

The modulus of the electrical impedance shall be measured under normal working conditions. Constant current or constant voltage may be used depending on the type of loudspeaker under consideration (electromagnetic or electrostatic), but the method chosen shall be stated.

In order to design a suitable enclosure for a loudspeaker-element it may be necessary to plot the electrical impedance of the loudspeaker-element unmounted.

For loudspeakers comprising more than one loudspeaker-element the measurement is only valid when:

- the loudspeaker-elements are similar (i.e. of the same type) and mounted in a similar way;
- the resonance frequency of one loudspeaker-element or set of loudspeaker-elements as mentioned above is significantly lower than that of the other.

12. **Response**

12.1 *Frequency response*

Characteristic to be specified

Description, usually presented as a graph, of the sound pressure response as a function of frequency, measured at a stated position with respect to the reference point and axis and at a specified constant voltage or constant current under normal working conditions.

Method of measurement

Measurements shall be made under normal working conditions and in accordance with the relevant Clauses 3 and 4.

The measurements may be made either at constant voltage or if appropriate for the loudspeaker under consideration at constant current. In the latter case the method chosen shall be stated.

Measurements shall cover at least the effective frequency range of the loudspeakers.

Note. — For loudspeakers whose rated power exceeds 1 W, measurement at a power of less than one tenth the rated value is permissible. For loudspeakers whose rated power is less than 500 mW, the measurements shall be made at a power of 50 mW. The requirements of Sub-clause 4.2 by such measurements shall be observed.

13. Caractéristiques directionnelles

13.1 Diagramme directionnel

Caractéristique à spécifier

Variation, exprimée en décibels et généralement représentée sous forme d'un graphique, du niveau de la pression acoustique, en fonction de la direction de propagation de l'onde acoustique, mesurée dans un plan spécifié par rapport à l'axe de référence, à une distance spécifiée du point de référence, et pour des fréquences spécifiées ou pour des bandes étroites de fréquences spécifiées.

Note. — Dans certains cas, il peut être nécessaire de mesurer la réponse directionnelle dans plusieurs plans.

Méthode de mesure

Le diagramme directionnel peut être représenté de deux manières, à savoir :

- a) Par une famille de courbes de directivité pour des fréquences spécifiées ou pour des bandes de fréquences spécifiées ;
- b) Par une famille de courbes de réponse correspondant à des angles d'incidence déterminés par rapport à l'axe de référence.

Quelle que soit la méthode utilisée, les mesures doivent être faites avec le haut-parleur monté et alimenté de la même manière que pour la mesure de la réponse en fréquence. La distance à laquelle les mesures sont faites doit être indiquée.

Les courbes de directivité doivent être tracées conformément à la Publication 268-1 de la CEI, la réponse du système de mesure devant rester constante pour tous les angles.

Il est recommandé que les mesures, d'après la méthode a), soient faites au moyen d'un dispositif qui permette d'obtenir une rotation continue. Si l'on utilise la méthode b), ou si l'on applique la méthode a) point par point, il faut veiller très soigneusement à ce que les lobes importants soient convenablement mis en évidence.

Les courbes de directivité, obtenues d'après la méthode a), doivent être au moins tracées pour les fréquences suivantes : 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz et 8 000 Hz.

Notes 1. — Pour les haut-parleurs très petits tels que les « tweeters », il peut être nécessaire d'utiliser des fréquences plus élevées en dehors de cette gamme de fréquences (ces fréquences doivent être conformes à celles qui figurent dans la Publication 268-1 de la CEI, paragraphe 4).

2. — Si l'on utilise la méthode point par point, le graphique doit faire clairement apparaître les angles adoptés.
3. — L'orientation de l'axe de mesure par rapport à l'axe de référence doit être indiquée lors de la présentation des résultats.

13.2 Indice de directivité

Caractéristique à spécifier

Rapport, exprimé en décibels, de l'intensité acoustique mesurée, dans les conditions de champ libre, en un point choisi de l'axe de référence, à l'intensité acoustique qu'une source ponctuelle, rayonnant la même puissance acoustique que le haut-parleur essayé, produirait au même emplacement de mesure, les mesures étant effectuées à une fréquence ou dans une bande de fréquences spécifiée.

Méthode de mesure

L'indice de directivité D_i peut être déterminé :

- soit à partir des diagrammes directionnels mentionnés au paragraphe 13.1, en intégrant sur une sphère la pression sonore élevée au carré ;
- soit (sauf pour les haut-parleurs dipôles) à l'aide d'une relation entre la courbe de réponse en fréquence dans l'axe, mesurée en champ libre, et une courbe de réponse mesurée en champ diffus, c'est-à-dire dans une chambre réverbérante,

$$D_i = L_{ax} - L_p + 10 \log_{10} (T/V) + 25 \text{ dB}$$

13. Directional characteristics

13.1 Directional response pattern

Characteristic to be specified

A description, usually presented as a graph, of the sound pressure, expressed in decibels, as a function of the direction of propagation, of the radiated sound measured in a specified plane relative to the reference axis, at a specified distance from the reference point, and at specified frequencies or narrow bands of frequencies.

Note. — In certain cases it may be necessary to measure the directional response pattern in many planes.

Method of measurement

The directional response pattern may be displayed in either of two ways:

- a) Plotting a family of polar response curves at specified frequencies or frequency bands;
- b) Plotting a family of frequency response curves at various angles from the reference axis.

Whichever method is used, the relevant measurements shall be made with the loudspeaker mounted and supplied in the same manner as for the frequency response. The distance at which the measurements are made shall be stated.

The polar curves shall be drawn in accordance with IEC Publication 268-1, the sensitivity of the measuring system remaining the same for all angles.

It is recommended that the measurements, method a), be made by means of a device giving a continuous angular deviation. If method b) is used, or if method a) is applied to individually chosen angles, great care is needed to ensure that significant lobes are adequately explored.

Polar response curves, method a), shall be drawn for at least the following frequencies: 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz, 4 000 Hz and 8 000 Hz.

Notes 1. — For very small loudspeakers such as tweeters, it may be necessary to use higher frequencies outside this frequency range (these frequencies shall comply with those given in Publication 268-1, Clause 4).

2. — If the point-by-point method is used, the graph shall clearly show the angles taken.
3. — In presenting the results the orientation of the measuring axis with respect to the reference axis shall be stated.

13.2 Directivity index

Characteristic to be specified

Under free-field conditions, the ratio, expressed in decibels, of the intensity measured at a chosen point on the reference axis to the intensity that a point source radiating the same acoustic power as the loudspeaker under test would produce at the same measuring position, the measurements being made at a specified frequency or over a specified band of frequencies.

Method of measurement

The directivity index Di can be determined:

- either by integration over a sphere of the sound pressure squared, taken from the polar patterns mentioned in Sub-clause 13.1;
- or (excluding dipole radiators) by a relation between the on-axis frequency response curve, measured under free-field conditions, and a response curve measured under diffuse-field conditions, that is in a reverberation room,

$$Di = L_{ax} - L_p + 10 \log_{10} (T/V) + 25 \text{ dB}$$

où : L_{ax} = le niveau de pression acoustique mesuré comme il est spécifié en champ libre et rapporté à une distance de 1 m

L_p = le niveau de pression acoustique mesuré en chambre réverbérante

T = la durée de réverbération, exprimée en secondes, de la chambre réverbérante

V = le volume de la chambre réverbérante en mètres cubes

25 = une valeur liée à différents facteurs constants

En champ libre et en champ diffus, le haut-parleur doit être alimenté avec un signal de bruit rose ayant la même puissance spécifiée.

14. Pression acoustique

14.1 Pression acoustique caractéristique

Caractéristique à spécifier

Pression acoustique produite sur l'axe de référence à 1 m du point de référence, lorsqu'on alimente le haut-parleur avec un signal de bruit rose dont la tension correspond à une *puissance spécifiée* dissipée dans l'impédance nominale.

La largeur de la bande du signal de bruit rose doit être limitée à la gamme nominale de fréquences du haut-parleur.

14.1.1 Niveau de pression acoustique caractéristique

Pression acoustique caractéristique, exprimée en décibels par rapport à la pression acoustique de référence normalisée (2×10^{-5} Pa).

14.2 Pression acoustique caractéristique nominale

Caractéristique à spécifier

Pression acoustique produite sur l'axe de référence à 1 m du point de référence, lorsque l'on alimente le haut-parleur avec un signal de bruit rose dont la tension correspond à la *puissance nominale* dissipée dans l'impédance nominale.

La largeur de bande du signal de bruit rose doit être limitée à la gamme nominale de fréquences du haut-parleur.

14.2.1 Niveau de pression acoustique caractéristique nominale

Pression acoustique caractéristique nominale, exprimée en décibels par rapport à la pression acoustique de référence normalisée (2×10^{-5} Pa).

14.3 Efficacité caractéristique/Pression acoustique caractéristique de référence

Caractéristique à spécifier

Pression acoustique produite sur l'axe de référence à 1 m du point de référence, lorsque l'on alimente le haut-parleur avec un signal de bruit rose dont la tension correspond à une *puissance de 1 W* dissipée dans l'impédance nominale.

La largeur de bande du signal de bruit rose doit être limitée à la gamme nominale de fréquences du haut-parleur.

where: L_{ax} = the sound pressure level measured as specified under free-field conditions and referred to a distance of 1 m

L_p = the sound pressure level measured in the reverberation room

T = the reverberation time in seconds of the reverberation room

V = the volume in cubic metres of the reverberation room

25 = the value related to different constant factors

Under free-field and under diffuse field conditions the loudspeaker should be fed with the same stated power of pink noise.

14. Sound pressure

14.1 Characteristic sound pressure

Characteristic to be specified

The sound pressure produced at 1 m from the reference point on the reference axis when the loudspeaker is supplied with a pink-noise signal, the voltage of which corresponds to a stated power in the rated impedance.

The bandwidth of the pink-noise signal should be limited to the rated frequency range of the loudspeaker.

14.1.1 Characteristic sound pressure level

The characteristic sound pressure, expressed in decibels, relative to the standard reference sound pressure (2×10^{-5} Pa).

14.2 Rated characteristic sound pressure

Characteristic to be specified

The sound pressure produced at 1 m from the reference point on the reference axis when the loudspeaker is supplied with a pink-noise signal, the voltage of which corresponds to the rated power in the rated impedance.

The bandwidth of the pink-noise signal should be limited to the rated frequency range of the loudspeaker.

14.2.1 Rated characteristic sound pressure level

The rated characteristic sound pressure, expressed in decibels, relative to the standard reference sound pressure (2×10^{-5} Pa).

14.3 Characteristic sensitivity/Reference characteristic sound pressure

Characteristic to be specified

The sound pressure produced at 1 m from the reference point on the reference axis when the loudspeaker is supplied with a pink-noise signal, the voltage of which corresponds to a power of 1 W in the rated impedance.

The bandwidth of the pink-noise signal should be limited to the rated frequency range of the loudspeaker.

14.3.1 Characteristic sensitivity level/Reference characteristic sound pressure level

The characteristic sensitivity, expressed in decibels, relative to the standard reference sound pressure (2×10^{-5} Pa).

14.4 Method of measurement

14.4.1 The chain of instrumentation consists of:

- a) A pink-noise generator;
- b) Band-pass filter limiting the bandwidth of the signal to the related frequency range of the loudspeaker with slopes of at least 24 dB/octave;

c) Un amplificateur de puissance, muni d'un réseau écrêteur placé en amont, afin de limiter le facteur de crête du signal à 4.

14.4.2 On applique au haut-parleur un signal de bruit rose ayant la puissance et la bande de fréquences requises ; on mesure la pression acoustique au moyen d'un microphone à pression ayant une réponse en fréquence horizontale à 1 dB près dans la gamme de fréquences de mesure.

14.4.3 Pour mesurer le signal de sortie du microphone et le signal à l'entrée du haut-parleur, on doit utiliser un voltmètre donnant des valeurs efficaces possédant une constante de temps suffisamment grande.

14.4.4 Dans les cas où l'on ne peut disposer de filtres ayant une bande passante égale à la gamme nominale de fréquences du haut-parleur, on peut réaliser une approximation en divisant cette gamme de fréquences en bandes de tiers d'octave (voir Publication 225 de la CEI), les filtres étant alimentés avec un signal de bruit rose.

14.4.5 La tension à appliquer dans chaque bande de fréquence est donnée par :

$$\left(\frac{PR}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

où : P = la puissance requise pour la mesure considérée

R = l'impédance nominale du haut-parleur

n = le nombre de tiers d'octave (filtres)

14.4.6 Les pressions acoustiques correspondant à chaque bande sont ensuite combinées conformément à la formule :

$$\frac{p_r}{p_0} = \left[\sum \left(\frac{p_i}{p_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

où : p_r = la pression acoustique caractéristique

p_0 = la pression acoustique de référence normalisée (2×10^{-5} Pa)

p_i = la pression acoustique dans une bande de fréquences donnée

15. Rendement

15.1 Rendement nominal

Caractéristique à spécifier

Rapport de la puissance acoustique totale rayonnée en champ libre (intégrée sur une sphère centrée sur le haut-parleur ou le système de haut-parleurs), à la puissance électrique obtenue en divisant le carré de la tension appliquée aux bornes du haut-parleur par l'impédance nominale, pour une fréquence ou une bande de fréquences spécifiées.

Méthode de mesure

La mesure de la puissance acoustique totale rayonnée W peut être mesurée par une des deux méthodes suivantes :

a) Dans une chambre anéchoïque, en intégrant sur une sphère suffisamment grande et selon un rayon r le carré de la pression acoustique p efficace mesurée dans un grand nombre de directions et en un nombre suffisant de points situés autour du système considéré. Au cas où le système présente une symétrie de révolution autour d'un axe, il peut suffire d'effectuer les mesures dans un plan perpendiculaire à cet axe ;

b) Dans une chambre réverbérante, en déterminant la pression acoustique (en utilisant des bandes de fréquences), d'après la formule :

$$W = 10^{-4} p^2 \frac{V}{T}$$

où : V = le volume de la chambre

T = la durée de réverbération de la chambre, en secondes

Le coefficient de proportionnalité a des dimensions physiques (la valeur donnée ici est valable pour le Système International d'Unités).

c) A power amplifier with a clipping network connected at its input, which limits the crest factor of the signal to 4.

14.4.2 The loudspeaker is fed with a pink-noise signal of the required power and frequency range; the sound pressure is measured by means of a pressure microphone having a flat frequency response within ± 1 dB over the measuring frequency range.

14.4.3 Both the output from the microphone and the electrical input to the loudspeaker shall be measured with an r.m.s. voltmeter having a sufficiently long time constant.

14.4.4 In those cases where filters having a pass-band signal equal to the rated frequency range of the loudspeaker are not available, an approximation may be made by dividing the rated frequency range of the loudspeaker into third octave bands (see IEC Publication 225), the filters being fed by a pink-noise signal.

14.4.5 The voltage supplied in each frequency band is given by:

$$\left(\frac{PR}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$$

where: P = the power required for this measurement

R = the rated impedance of the loudspeaker

n = the number of third octave (filters)

14.4.6 The resulting band sound pressures are then combined according to the formula.

$$\frac{p_r}{p_0} = \left[\sum \left(\frac{p_i}{p_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

where: p_r = the characteristic sound pressure

p_0 = the standard reference sound pressure (2×10^{-5} Pa)

p_i = the sound pressure in a given frequency band

15. Efficiency

15.1 Rated efficiency

Characteristic to be specified

At a given frequency, or frequency band, the ratio of the total acoustic power radiated into a free field (integrated over a sphere around the loudspeaker or loudspeaker system) to the voltage supplied squared, over the rated impedance.

Method of measurement

The measurement of the total power radiated W can be measured by one of the following two methods:

a) In an anechoic room, by integrating over a sufficiently large sphere the square of the r.m.s. sound pressure p , over the radius r , measured at a sufficient number of points in many directions, all around the system under consideration. If the system has axial symmetry of revolution, measurements in a plane perpendicular to this axis may be sufficient;

b) In a reverberation room, by determining the sound pressure (using frequency bands) to be introduced in the formula:

$$W = 10^{-4} p^2 \frac{V}{T}$$

where: V = the volume of the room

T = the reverberation time of the room, in seconds

The proportionality coefficient has physical dimensions (the value given here is for the SI units).

16. **Distorsion**

16.1 *Non-linéarité d'amplitude*

Introduction

Cette introduction facilitera l'échange d'informations en uniformisant, autant qu'il est possible, la terminologie, les conditions d'essai et la présentation des résultats. L'interprétation de ces résultats et l'évaluation des caractéristiques réelles sont du ressort de l'expérience personnelle de l'utilisateur. Il est à noter à ce sujet qu'au stade actuel des connaissances les valeurs admissibles pour les différentes distorsions et la combinaison possible de ces valeurs pour obtenir une note d'appréciation ne sont pas encore des matières entièrement élucidées.

Il existe plusieurs méthodes objectives permettant de mesurer la non-linéarité d'amplitude (distorsion de non-linéarité) dans les haut-parleurs. Un grand nombre de ces méthodes sont relativement nouvelles ; en outre, des variantes de formes différentes de ces méthodes ont fait leur apparition dans différents pays, de sorte qu'il manque une base d'expérience suffisante pour l'interprétation des résultats de mesures. Pour remédier à ce manque d'information, c'est-à-dire permettre d'acquérir l'expérience nécessaire, et pour faciliter le contrôle des résultats objectivement obtenus, il est indispensable de spécifier avec le plus grand soin le maximum de conditions d'essais.

Lors de la préparation de cette publication complète, il avait été entendu que différents aspects des mesures des haut-parleurs ne pourraient être inclus dans le document de base, et qu'ils seraient traités ultérieurement dans des documents particuliers. Le présent paragraphe 16 entérine cette décision, en ce qui concerne la non-linéarité d'amplitude uniquement. Son contenu est davantage sujet à révision que le document d'origine et présente encore des lacunes. En particulier, le sujet des sous-harmoniques n'a pas été abordé bien que son importance soit indéniable dans la recherche d'une haute qualité.

Etant donné que les mesures de distorsion, ainsi qu'il a déjà été indiqué plus haut, sont moins solidement établies que d'autres, la réponse en fréquence par exemple, les présentes recommandations tendent moins à exclure qu'à indiquer ce qui est possible. C'est ainsi que le concept de « distorsion caractéristique » est introduit en certains endroits, mais il est utilisé à côté d'autres notions plus anciennes et plus classiques sur la distorsion. De la même façon, ce paragraphe recommande l'emploi, chaque fois qu'il est possible, de méthodes utilisant des fréquences glissantes et un enregistrement continu ; l'emploi de méthodes point par point n'est pas pour autant exclu en dépit du danger d'une sélection non représentative des fréquences auxquelles elles exposent, danger toujours présent d'ailleurs dans les mesures de haut-parleurs, mais particulièrement aigu ici.

Les méthodes actuelles de mesures objectives de la non-linéarité d'amplitude utilisent habituellement soit un seul signal sinusoïdal, soit un couple de signaux sinusoïdaux, et ces signaux sont les seuls qui soient envisagés dans le présent document. Les méthodes utilisant des combinaisons complexes de fréquences ou de bruits aléatoires ont été exclues pour l'instant bien qu'elles puissent devenir importantes à l'avenir, en raison de l'absence d'une base théorique et expérimentale suffisante. Il ne faut pas perdre de vue que la non-linéarité d'amplitude se rencontre dans de nombreux domaines et que sa mesure dans les haut-parleurs ne constitue qu'une petite partie de l'ensemble de cette technique. Toutefois, en faisant appel à des méthodes bien connues dans d'autres domaines, par exemple dans celui des amplificateurs, il est à souligner que des difficultés particulières se présentent pour les haut-parleurs, qui sont dues en majeure partie au fait que leur réponse n'est pas régulière.

La mesure de la distorsion harmonique est la méthode la plus simple pour évaluer la non-linéarité. Lorsque cette méthode est inutilisable ou que l'on désire obtenir des informations plus détaillées sur la distorsion, on peut recourir à des mesures d'intermodulation (paragraphe 16.1.3 et 16.1.4). Bien que le même phénomène de base (caractéristique de non-linéarité d'amplitude) relie la distorsion harmonique et la distorsion d'intermodulation, il n'est pas facile de faire correspondre les résultats des différentes mesures, étant donné l'intervention d'une caractéristique non linéaire en fréquence.

16. **Distortion**

16.1 *Amplitude non-linearity*

Introduction

This introduction will facilitate exchange of information, by, as far as may be practicable, establishing uniformity of terminology and test conditions and unifying the ways in which results are presented. The interpretations of these results and the assessment of actual performance are matters of the individual user's experience. In this connection it must be remembered that in the present state of knowledge the tolerable amounts of individual distortions, and the possible compounding of these amounts to yield a figure of merit, are matters not fully known.

Various objective methods are known whereby amplitude non-linearity (non-linear distortion) in loudspeakers may be measured. Many of these methods are relatively new and non-uniform variants of them appear in different countries so that there exists no considerable body of experience for the interpretation of the results of these measurements. To remedy this deficiency, i.e. to enable experience to be accumulated, and to facilitate the checking of objectively measured results, it is necessary to specify with meticulous care, as many of the conditions of test as possible.

During the preparation of the complete publication it was acknowledged that various aspects of loudspeaker measurement could not be included in the basic publication and these were deferred for separate treatment at a later time. This Clause 16 implements the decision in so far as amplitude non-linearity is concerned. The approach is more tentative than that of the original document and there are still gaps. In particular, sub-harmonics are not dealt with, though their importance in the achievement of high quality performance is undeniable.

Because, as already indicated, distortion measurements are less securely established than other measurements, such as frequency response for example, these recommendations tend to be permissive rather than exclusive. Thus the novel concept of "characteristic distortion" is introduced in certain places but is put alongside the older and more conventional distortion concepts. Again the clause recommends that gliding tone methods with continuous recording be used whenever possible, point by point methods are not, however, excluded in spite of the danger of non-representative selection of frequencies to which they lead, a danger always present in loudspeaker measurements but here more acute.

Existing methods of the objective measurement of amplitude non-linearity normally use either a single sinusoidal tone or a pair of sinusoidal tones, and these signals are the only ones here considered, i.e. methods using complex combinations of tones or random noise signals, though they may have future importance, are, for the time being, excluded due to the lack of a sufficiently firm base in theory and experience. It is to be remembered that amplitude non-linearity is met with in many fields and its measurement in loudspeakers is only a narrow part of the total technique. Nevertheless, in drawing on methods which are well known in other domains, e.g. amplifiers, there is need to emphasize that there are special difficulties in loudspeaker applications, very largely as a consequence of the non-smooth response of loudspeakers.

The measurement of harmonic distortion is the simplest method of assessing non-linearity. When the method is unapplicable, or when further information on distortion is called for, intermodulation measurement may be made (Sub-clauses 16.1.3, 16.1.4). Though the same basic phenomenon (non-linear amplitude characteristic) underlies harmonic and intermodulation distortion, it is not easy to correlate the results of different measurement, non-linear frequency characteristic being also involved.

16.1.1 Conditions d'essai

Pour les conditions d'essai, voir Section Un — Conditions de spécification et de mesure, avec les additions suivantes :

Fixation et charge acoustique (paragraphe 4.4)

Les conditions de fixation et de charge acoustique seront celles qui sont spécifiées pour les haut-parleurs pour systèmes électro-acoustiques; toutefois aucune mesure ne sera effectuée sans enceinte ou écran, à moins que le haut-parleur ne soit utilisé de cette façon, par exemple les haut-parleurs électrostatiques.

Source du signal d'essai et chaîne de mesure (paragraphe 4.7)

Le module de l'impédance interne de sortie de l'amplificateur alimentant le haut-parleur devra être inférieur au $\frac{1}{10}$ de l'impédance nominale du haut-parleur. La f.é.m. de sortie de l'amplificateur sera constante dans la bande des fréquences de mesure. La chaîne d'alimentation fournissant le signal (amplificateur, générateur, etc.) et la chaîne de réception ne devront pas introduire plus de 0,3 % de distorsion.

16.1.2 Distorsion harmonique

Caractéristiques à spécifier

a) Distorsion harmonique

La distorsion harmonique est une des manifestations de la non-linéarité d'amplitude et concerne les sons de fréquence nf qui apparaissent dans le signal de sortie lorsqu'un signal sinusoïdal de fréquence f est appliqué aux bornes du haut-parleur, n prenant les valeurs 2,3,4 ...

La distorsion harmonique sera exprimée sous la forme de distorsion harmonique totale ou de distorsion harmonique d'ordre n (d_n). La distorsion harmonique totale (d_{tot}) est le rapport de la pression acoustique efficace de tous les sons harmoniques pris ensemble à la valeur efficace de la pression acoustique totale p_a .

La distorsion harmonique d'ordre n (d_n) est le rapport de la pression acoustique efficace (p_{nf}) correspondant à la composante de fréquence harmonique (nf), à la pression acoustique efficace p_a .

La pression acoustique efficace totale est donnée par :

$$p_a = \sqrt{p_f^2 + p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + \dots}$$

La distorsion harmonique totale est donnée par :

$$d_{tot} = [\sqrt{p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + p_{4f}^2} / p_a] \quad 100 \%, \text{ ou en décibels} \quad (1)$$

$$20 \log_{10} \sqrt{p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + p_{4f}^2} / p_a \quad (1a)$$

La distorsion harmonique d'ordre n est donnée par :

$$d_n = \frac{p_{nf}}{p_a} 100 \%, \quad \text{ou en décibels} \quad (2)$$

$$20 \log_{10} \frac{p_{nf}}{p_a} \quad (2a)$$

Note. — Une autre définition consisterait à rapporter la distorsion harmonique totale ou la distorsion d'ordre n à la pression acoustique du fondamental; les deux valeurs sont liées. Pour des raisons pratiques, c'est la première définition qui est utilisée habituellement.

b) Distorsion harmonique caractéristique

Les définitions sont les mêmes que celles du paragraphe 16.1.2a) ci-dessus (distorsion totale ou d'ordre n), sauf en ce qui concerne la pression de référence qui n'est pas p_a mais p_r , où p_r désigne la pression acoustique caractéristique (paragraphe 14.1).

16.1.1 Test conditions

For test conditions see Section One — Conditions for specifications and measurements, with the following additions:

Mounting and acoustic loading (Sub-clause 4.4)

The conditions of mounting and loading shall be those specified for sound system loudspeakers, except that no measurement shall be made without enclosure or baffle, unless the loudspeaker is normally used in this way, e.g. electrostatic loudspeakers.

Source of test signal and measuring chain (Sub-clause 4.7)

The modulus of the output internal impedance of the amplifier feeding the loudspeaker shall be less than $\frac{1}{10}$ of the rated impedance of the loudspeaker. The output e.m.f. of the amplifier shall be constant within the operating frequency range. The supply chain providing the signal (amplifier, generator, etc.) and the receiving chain shall not introduce more than 0.3% distortion.

16.1.2 Harmonic distortion

Characteristics to be specified

a) Harmonic distortion

Harmonic distortion is one manifestation of amplitude non-linearity and is concerned with tones of frequency nf which appear in the sound output when a sinusoidal signal of frequency f is applied to the loudspeaker terminals, n taking the values 2, 3, 4, ...

The harmonic distortion shall be specified as the total harmonic distortion or as the harmonic distortion of n th order d_n . Total harmonic distortion d_{tot} is the ratio of the r.m.s. sound pressure of all the upper harmonic tones, taken together, to the r.m.s. value of the total sound pressure p_a .

Harmonic distortion of n th order is the ratio of the r.m.s. sound pressure (p_{nf}) corresponding to the harmonic component of the frequency nf , to the total r.m.s. sound pressure p_a .

The total r.m.s. sound pressure is expressed by:

$$p_a = \sqrt{p_f^2 + p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + \dots}$$

Total harmonic distortion is given by:

$$d_{tot} = [\sqrt{p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + p_{4f}^2} / p_a] \quad 100\%, \text{ or in decibels} \quad (1)$$

$$20 \log_{10} \sqrt{p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + p_{4f}^2} / p_a \quad (1a)$$

Harmonic distortion of n th order is given by:

$$d_n = \frac{p_{nf}}{p_a} 100\%, \quad \text{or in decibels} \quad (2)$$

$$20 \log_{10} \frac{p_{nf}}{p_a} \quad (2a)$$

Note. — Another definition would refer either the total harmonic distortion or the distortion of n th order to the fundamental; the two values are interrelated. For practical reasons the first reference is usually chosen.

b) Characteristic harmonic distortion

This is as defined above in Sub-clause 16.1.2a) (total or n th order), except that the reference pressure is not p_a but p_r where p_r is the characteristic sound pressure (Sub-clause 14.1).

Méthode de mesure

c) Distorsion harmonique et distorsion harmonique caractéristique

D'après les équations (1), (1a), (2) et (2a) du paragraphe 16.1.2a), les grandeurs à mesurer sont les pressions acoustiques du fondamental et des harmoniques ainsi que, pour la distorsion harmonique caractéristique, la pression acoustique moyenne p_r . On mesure la pression acoustique p_{nf} à l'aide d'un voltmètre sélectif, tel qu'un analyseur d'ondes, relié au microphone de mesure.

La distorsion harmonique totale peut être calculée soit à partir de valeurs des pressions acoustiques mesurées séparément pour les différents harmoniques p_{nf} , soit en mesurant directement la valeur du numérateur de l'expression suivante :

$$d_{\text{tot}} = \frac{\sqrt{p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + \dots}}{p_a \text{ ou } p_r} 100 \% \quad (3)$$

La mesure à effectuer est celle de la valeur efficace de la pression acoustique de l'ensemble des harmoniques au point de mesure. Cela peut être obtenu en introduisant dans le circuit un filtre réjecteur qui, relié au microphone de mesure, supprime le fondamental. L'appareil de mesure doit indiquer la valeur efficace vraie du restant des harmoniques.

d) Fréquence de mesure

La limite supérieure de la gamme de fréquences de mesure de la distorsion harmonique est généralement de 5 kHz pour les sons fondamentaux.

Les mesures de distorsion ne prennent leur pleine signification que lorsqu'elles sont effectuées en utilisant des fréquences glissantes.

On peut utiliser des fréquences discrètes qui constituent alors la base d'une méthode point par point, mais il convient de souligner fortement que, dans la plupart des haut-parleurs, la teneur en harmoniques change si rapidement avec la fréquence qu'il y a un risque, avec une méthode point par point, d'omettre des informations importantes.

e) Puissance de référence

La distorsion harmonique doit être mesurée pour une série de puissances croissantes choisies comme correspondant le mieux à l'usage qui est envisagé pour le haut-parleur. Il est souhaitable que les valeurs de ces puissances soient reliées de façon simple à la puissance nominale ; en tout cas, elles doivent être clairement spécifiées. Elles doivent comprendre notamment la valeur de la puissance nominale maximale limitée par les détériorations mécaniques (paragraphe 9.2) qui ne doit pas être dépassée.

f) Présentation des résultats

Les indications suivantes doivent être fournies en même temps que les résultats : la puissance de référence (paragraphe 16.1.2e), la méthode utilisée (fréquences glissantes ou point par point), les valeurs des fréquences discrètes utilisées (si c'est le cas), le type de distorsion étudié (par exemple totale ou d'ordre n), et la distance séparant le microphone de mesure du point de référence si, pour une raison quelconque, elle diffère de la distance de 0,5 m recommandée.

Lorsqu'on utilise une méthode à fréquences glissantes, ce sont généralement les valeurs de la distorsion exprimées en décibels qui sont enregistrées en fonction de la fréquence fondamentale ; les courbes correspondant aux distorsions de divers ordres sont repérées.

Lorsqu'on utilise une méthode point par point, ce sont les valeurs de la distorsion en pourcentage qui sont en général fournies.

Si des composantes particulières de fréquence nf sont mesurées séparément, il est souhaitable que les courbes correspondant à chaque composante soient enregistrées de manière telle que la valeur de la distorsion correspondante soit portée sur la même abscisse que celle de la fréquence fondamentale f .

Habituellement, on enregistre automatiquement soit la distorsion harmonique totale soit les composantes d'ordre 2 et d'ordre 3.

Method of measurement

c) Harmonic distortion and characteristic harmonic distortion

According to equation (1), (1a), (2) and (2a) of Sub-clause 16.1.2a) the quantities to be measured are the sound pressures of the fundamental and harmonic frequencies and, for characteristic harmonic distortion, the characteristic sound pressure p_r . The sound pressure p_{nf} is measured by a selective voltmeter, such as a wave analyser, connected to the measuring microphone.

Total harmonic distortion may be either computed from measured values of sound pressure of the separate harmonics p_{nf} or the value of the numerator of the following expression may be directly measured:

$$d_{\text{tot}} = \frac{\sqrt{p_{2f}^2 + p_{3f}^2 + \dots}}{p_a \text{ or } p_r} 100\% \quad (3)$$

The measurement required is that of the r.m.s. sound pressure of all the harmonics together at the measuring point and can be achieved by a filtering device which suppresses the fundamental connected to the measuring microphone. The measuring device must indicate the true r.m.s. value of the harmonic remainder.

d) Frequencies of measurement

Harmonic distortion measurements are usually confined to a range of fundamental tones up to 5 000 Hz.

Measurements of distortion are best performed by means of gliding tones.

Individual frequencies may be used as a basis of a step method, but it must be strongly emphasized that in most loudspeakers harmonic content changes so rapidly with frequency that there is a great danger, in a step-by-step method, of missing important information.

e) Reference power

Harmonic distortion should be measured for a series of increasing powers as may be most relevant to the intended use. These chosen powers should preferably be simply related to the rated power; they should be clearly stated. The rated damage limited power (Sub-clause 9.2) should be included, but not exceeded.

f) Presentation of results

The following information shall be given with the results: the reference power (Sub-clause 16.1.2e)), whether a gliding tone or step-by-step method has been used, any discrete frequencies used, the kind of distortion (e.g. total, n th order) portrayed; and the distance of the measuring microphone from the reference point if, for some reason, this differs from the recommended 0.5 m.

When a gliding tone method is used, distortion values in decibels are usually plotted as a function of the fundamental frequency, the curves of each order being designated.

When applying a step-by-step method, it is more usual to give distortion values in per cent.

If particular components of frequency nf are separately measured it is to be preferred that curves of each component be recorded, in such a way that the value of the distortion component lies at the same abscissa as the fundamental frequency f .

Usually either total harmonic distortion or the second and third order components are automatically recorded.

16.1.3 Distorsion d'intermodulation

Caractéristiques à spécifier

a) Distorsion d'intermodulation

La distorsion d'intermodulation est la manifestation de non-linéarité d'amplitude relative aux produits de modulation apparaissant au point de mesure lorsqu'on alimente le haut-parleur à l'aide d'un signal complexe constitué de deux fréquences f_1 et f_2 (f_1 considérablement inférieure à f_2) appartenant toutes les deux à la gamme nominale de fréquences. Seuls les sons de bandes latérales de fréquences $f_2 \pm f_1$ et $f_2 \pm 2f_1$ sont pris en considération. Par ailleurs, l'effet Doppler provoque lui aussi l'apparition de composantes de fréquences $f_2 \pm f_1$, mais ces composantes ne sont pas dues à une non-linéarité d'amplitude.

Note. — Une limite supérieure est imposée à la fréquence f_1 par rapport à f_2 d'après deux conditions :

- les harmoniques de f_1 (par exemple jusqu'au cinquième) ne doivent pas entrer dans la gamme de fréquences de mesure des bandes latérales de f_2 : $5f_1 < 2f_2$, $f_1 < 0,4f_2$.
 - les composantes correspondantes des bandes latérales de f_2 ne doivent pas dépasser les limites de la gamme des fréquences de mesure : $2f_1 < (1 - \frac{1}{\sqrt{2}})f_2$, $f_1 < 0,15f_2$.
- Les deux conditions sont remplies si $f_1 < \frac{1}{8}f_2$.

La distorsion d'intermodulation d'ordre 2 est donnée par :

$$d_{i_2} = \frac{P_{(f_2-f_1)} + P_{(f_2+f_1)}}{P_{f_2}} 100\%, \text{ ou en décibels} \quad (4)$$

$$20 \log_{10} \frac{P_{(f_2-f_1)} + P_{(f_2+f_1)}}{P_{f_2}} \quad (4a)$$

La distorsion d'intermodulation d'ordre 3 est donnée par :

$$d_{i_3} = \frac{P_{(f_2-2f_1)} + P_{(f_2+2f_1)}}{P_{f_2}} 100\%, \text{ ou en décibels} \quad (5)$$

$$20 \log_{10} \frac{P_{(f_2-2f_1)} + P_{(f_2+2f_1)}}{P_{f_2}} \quad (5a)$$

Lorsque, comme c'est souvent le cas, les composantes de distorsion d'ordre élevé sont assez petites pour être négligées, on obtient une approximation de la distorsion d'intermodulation totale en utilisant la formule suivante :

$$d_i = \frac{u_{\sim}}{u_{=}} \sqrt{2} 100\% \quad (6)$$

où : u_{\sim} désigne la valeur efficace de la tension de sortie alternative d'un démodulateur auquel est reliée la sortie électrique d'un microphone étalonné mesurant la pression acoustique au point de mesure choisi

$u_{=}$ désigne la tension continue de sortie de ce même démodulateur

b) Distorsion d'intermodulation caractéristique

La distorsion d'intermodulation caractéristique d'ordre 2 est définie par les formules (4) et (4a), d'ordre 3 par les formules (5) et (5a) en remplaçant dans le dénominateur la pression acoustique p_{f_2} par la pression acoustique caractéristique p_r (paragraphe 14.1).

Méthode de mesure

c) Distorsion d'intermodulation

Pour la mesure de la distorsion d'intermodulation, il faut disposer de deux signaux parfaitement sinusoïdaux que l'on applique à l'entrée de l'amplificateur de puissance de sorte que le haut-parleur soit alimenté par la superposition linéaire de deux sinusoides de fréquences f_1 et f_2 ($f_2 > f_1$). La valeur efficace u_1 de l'amplitude de la composante de fréquence la plus basse doit être égale à quatre fois la valeur u_2 relative à la fréquence la plus élevée.

Pour mesurer les produits de modulation d'amplitude, on doit utiliser un détecteur normal ou des filtres. Avec un analyseur d'ondes, on relève les composantes liées aux fréquences f_1 et f_2

16.1.3 Intermodulation distortion

Characteristics to be specified

a) Intermodulation distortion

Intermodulation distortion is that manifestation of amplitude non-linearity concerned with modulation products, appearing at the point of measurement, of a composite signal comprising frequencies f_1 and f_2 (f_1 being considerably lower than f_2), both frequencies being well within the rated frequency range. Only intermodulation side-band tones of frequencies $f_2 \pm f_1$ and $f_2 \pm 2f_1$ are considered. Doppler effect too introduces components of frequency $f_2 \pm f_1$, but these components do not arise from amplitude non-linearity.

Note. — An upper limit is imposed with frequency f_1 relative to the frequency f_2 by two requirements:

— harmonics of f_1 (e.g. up to the fifth harmonic) shall not enter into the frequency range of measurement of the side-bands f_2 : $5f_1 < 2f_2$, $f_1 < 0.14f_2$.

— relevant components of the side-bands of f_2 shall not exceed the limits of the frequency range of the measurement $2f_1 < (1 - \frac{1}{8}\sqrt{2})f_2$, $f_1 < 0.15f_2$.

Both requirements are fulfilled if $f_1 < \frac{1}{8}f_2$.

Intermodulation distortion of second order is given by:

$$d_{i_2} = \frac{P_{(f_2-f_1)} + P_{(f_2+f_1)}}{P_{f_2}} 100\%, \text{ or in decibels} \quad (4)$$

$$20 \log_{10} \frac{P_{(f_2-f_1)} + P_{(f_2+f_1)}}{P_{f_2}} \quad (4a)$$

Intermodulation distortion of third order is given by:

$$d_{i_3} = \frac{P_{(f_2-2f_1)} + P_{(f_2+2f_1)}}{P_{f_2}} 100\%, \text{ or in decibels} \quad (5)$$

$$20 \log_{10} \frac{P_{(f_2-2f_1)} + P_{(f_2+2f_1)}}{P_{f_2}} \quad (5a)$$

An approximation to the total intermodulation distortion may be obtained when, as is often the case, high order distortion components are small enough to be neglected, by substituting in the following formula

$$d_1 = \frac{u_{\sim}}{u=} \sqrt{2} 100\% \quad (6)$$

where : u_{\sim} is the r.m.s. value of the a.c. output of a demodulator to which is connected the electrical output of a calibrated microphone measuring the acoustic pressure at the chosen measuring point

$u=$ is the d.c. output of the same demodulator

b) Characteristic intermodulation distortion

Characteristic intermodulation distortion of the second order/third order is defined by formulae (4), (4a)/(5), (5a) with the exception, that p_r characteristic sound pressure (Sub-clause 14.1) is to be used instead of p_{f_2} in the denominator.

Method of measurement

c) Intermodulation distortion

For the measurement of intermodulation distortion two pure sinusoidal signals are required and are applied to the input of the power amplifier so that the loudspeaker is supplied with a linear superposition of two sinusoids of frequencies f_1 and f_2 ($f_2 > f_1$). The r.m.s. amplitude u_1 of the lower frequency component being four times that of the higher frequency component u_2 .

To measure amplitude modulation products a normal detector or filters are required. The use of a wave analyser will pick up components related to frequencies f_1 and f_2 due both to

et dues à la fois à la modulation d'amplitude et à l'effet Doppler. Pour séparer ces deux sortes de distorsion, il est nécessaire d'avoir recours à des mesures de phase.

d) *Fréquences de mesure*

La fréquence la plus basse est un paramètre d'exploration : il faut le faire varier de façon telle que l'on recherche la dépendance de la distorsion d'intermodulation par rapport à cette fréquence. Il est recommandé de prendre, pour l'une des valeurs de f_1 , une valeur aussi proche que possible de celle qui correspond à la fréquence pour laquelle on a l'excursion maximale. Quant à la fréquence supérieure f_2 , il faut la faire varier de façon continue dans une gamme choisie de manière à inclure les fréquences pour lesquelles la distorsion est maximale. Les mesures à fréquences discrètes ne sont pas susceptibles d'être suffisamment significatives (voir la note du paragraphe 16.1.3 concernant la différence entre f_1 et f_2).

e) *Puissance de référence*

Pour permettre, dans des conditions semblables, la comparaison des valeurs crête à crête des résultats de mesure obtenus en utilisant différents signaux d'essai, la puissance de référence est exprimée en fonction de la valeur efficace d'une tension sinusoïdale U_1 ayant même valeur crête à crête que le signal d'essai appliqué aux bornes du haut-parleur. Dans le cas présent, où la tension U_1 est égale à quatre fois la tension U_2 et la tension U_r à cinq fois la tension U_2 , la puissance de référence est alors donnée par la formule :

$$P_{\text{ref}} = \frac{U_r^2}{Z} = \frac{(5U_2)^2}{Z} \text{ watts} \quad (7)$$

où : Z = l'impédance nominale du haut-parleur

f) *Distorsion d'intermodulation caractéristique*

Conformément au paragraphe 16.1.2b), on la calcule à partir des composantes de distorsion et de la pression acoustique caractéristique p_r (paragraphe 14.1).

g) *Distorsion d'intermodulation d'amplitude d'ordre 2 et d'ordre 3*

D'après les formules (4) et (4a), la distorsion d'amplitude d'ordre 2 se calcule à partir des valeurs mesurées de $p_{(f_2+f_1)}$, $p_{(f_2-f_1)}$ et de p_{f_1} qui sont les pressions acoustiques correspondant aux fréquences indiquées.

De la même façon, la distorsion d'amplitude d'ordre 3 se calcule d'après les formules (5) et (5a), les fréquences appropriées étant $f_2 \pm 2f_1$. Il faut prendre soin d'exclure les produits correspondant à la modulation de fréquence, pour ne retenir que ceux qui sont dus à l'intermodulation d'amplitude.

h) *Présentation des résultats*

Les dispositions de l'article 16.1.2f) sont applicables; toutefois, lorsqu'on utilise une méthode à fréquences glissantes, on enregistre généralement les valeurs de la distorsion, exprimées en décibels, en fonction de la fréquence supérieure f_2 , la fréquence inférieure f_1 étant un paramètre que l'on spécifie.

16.1.4 *Distorsion par différence de fréquences*

A l'étude.

16.2 *Distorsion en régime transitoire*

A l'étude.

17. **Conditions ambiantes**

17.1 *Gamme de températures*

Caractéristique à spécifier

Intervalle de températures à l'intérieur duquel les variations des caractéristiques du haut-parleur ne dépassent pas une tolérance spécifiée.

amplitude modulation and to Doppler effect. In order to separate the two kinds of distortion, phase measurements are required.

d) *Frequencies of measurement*

The lower frequency is an exploratory parameter : it must be changed as required to explore the dependence of intermodulation distortion on this frequency. It is recommended that one value of f_1 be taken, as nearly as practicable, at a point of maximum excursion. The high frequency f_2 is to be varied continuously over a range chosen to include those frequencies giving maximum distortion. Measurements at fixed frequencies are unlikely to be informative (see note to Sub-clause 16.1.3 with respect to the difference between f_1 and f_2).

e) *Reference power*

To enable comparison on an equal basis to be made between peak-to-peak values of measuring results obtained with different test signals, the reference power is expressed as a function of the r.m.s. value of a sinusoidal voltage U_r having the same peak-to-peak value as the test signal applied to the loudspeaker terminals.

In this case, where the voltage U_1 is equal to four times the voltage U_2 , the voltage U_r is equal to five times the voltage U_2 .

The reference power is then given by the formula :

$$P_{\text{ref}} = \frac{U_r^2}{Z} = \frac{(5U_2)^2}{Z} \text{ watts} \quad (7)$$

where : Z = the rated impedance of the loudspeaker

f) *Characteristic intermodulation distortion*

It has to be calculated according to the Sub-clause 16.1.2b) from distortion components and the characteristic sound pressure p_r (Sub-clause 14.1).

g) *Intermodulation distortion of second and third order*

According to formulae (4) and (4a), *second order* amplitude distortion may be computed from a knowledge of $p_{(f_2-f_1)}$, $p_{(f_2+f_1)}$ and p_{f_2} which are the sound pressures corresponding to the indicated frequencies.

Similarly, *third order* amplitude distortion may be computed from formulae (5) and (5a) the appropriate frequencies being $f_2 \pm 2f_1$. Care will be needed to exclude frequency modulation products, retaining only amplitude intermodulation products.

h) *Presentation of results*

Provision of Sub-clause 16.1.2f) apply except that when a gliding tone method is used, the distortion values in decibels are usually plotted as a function of the higher frequency f_2 , the lower frequency f_1 being a parameter to be specified.

16.1.4 *Difference-frequency distortion*

Under consideration.

16.2 *Transient distortion*

Under consideration.

17. **Ambient conditions**

17.1 *Temperature range*

Characteristic to be specified

A temperature interval within which the variation of the characteristics of the loudspeakers do not exceed a specified tolerance.

17.2 *Gamme d'humidités relatives*

Caractéristique à spécifier

Intervalle d'humidités relatives à l'intérieur duquel les variations des caractéristiques du haut-parleur ne dépassent pas une tolérance spécifiée.

18. **Champ magnétique de dispersion**

18.1 *Champ de dispersion perturbateur*

Caractéristique à spécifier

On doit spécifier la valeur du champ de dispersion perturbateur magnétique ou électrique, engendré par le haut-parleur à une distance spécifiée de son enceinte, ou d'un autre élément quelconque associé au haut-parleur.

Méthode de mesure

Il est quelquefois nécessaire de limiter le champ magnétique engendré par les haut-parleurs afin d'éviter toute perturbation envers d'autres éléments.

La composante alternative de ce champ peut être mesurée au moyen d'une bobine sonde convenable (voir la Publication 268-1 de la CEI) ; la composante continue de ce champ, souvent plus importante, peut être mesurée au moyen d'un fluxmètre, par exemple un fluxmètre à effet Hall.

19. **Caractéristiques physiques**

19.1 *Dimensions*

Caractéristique à spécifier

Le constructeur doit spécifier les dimensions principales et les cotes de fixation du haut-parleur, (voir aussi la Publication 268-14 de la CEI, Chapitre I, Section Un, relative aux dimensions des haut-parleurs).

19.2 *Masse*

Caractéristique à spécifier

Le constructeur doit spécifier la masse nette du haut-parleur.

19.3 *Connexions*

Caractéristique à spécifier

Le constructeur doit spécifier les dispositifs de raccordement [connecteurs] (voir aussi la Publication 268-14 de la CEI, Chapitre II, Section Un, pour les connecteurs circulaires).

20. **Caractéristiques de construction**

Caractéristiques à spécifier

D'autres caractéristiques techniques peuvent être fournies à titre d'information supplémentaire :

- flux total dans l'entrefer ;
- densité de flux dans l'entrefer ;
- énergie magnétique dans l'entrefer ;
- résistance ohmique de la bobine mobile ;
- nombre de spires de la bobine mobile à l'intérieur de l'entrefer ;
- masse, constitution et type de l'aimant.