

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 200

Première édition — First edition

1966

Méthodes de mesure des haut-parleurs

Methods of measurement for 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 60200:1966

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 200

Première édition — First edition

1966

Méthodes de mesure des haut-parleurs

Methods of measurement for loudspeakers



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Explication des termes	6
3.1 Conditions de champ libre	6
3.2 Point de référence	8
3.3 Axe de référence	8
3.4 Réponse	8
3.5 Réponse en fréquence (courbe de réponse)	8
3.6 Diagramme directionnel	8
3.7 Facteur de directivité	8
3.8 Indice de directivité	8
3.9 Fréquence de résonance	8
3.10 Impédance nominale	8
3.11 Puissance nominale	10
3.12 Caractéristique d'efficacité	10
3.13 Rendement nominal	10
3.14 Puissance limite d'utilisation	10
3.15 Puissance nominale limite d'utilisation	10
3.16 Niveau nominal de pression acoustique	10
3.17 Domaine effectif de fréquences	10
3.18 Domaine nominal de fréquences	10
4. Conditions générales d'essais	12
4.1 Ambiance acoustique	12
4.2 Bruit	12
4.3 Précision	12
4.4 Fixation et charge acoustique	12
4.5 Méthode de mesure des courbes de réponse	12
5. Mesures	14
5.1 Courbe de réponse	14
5.2 Diagramme directionnel	14
5.3 Facteur et indice de directivité	16
5.4 Impédance électrique et fréquence de résonance	16
5.5 Caractéristique d'efficacité	16
5.6 Niveau de pression acoustique nominal	16
5.7 Puissance limite d'utilisation (essai accéléré de vieillissement)	18
ANNEXE: Note relative à l'essai de puissance limite d'utilisation	22
FIGURES	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
3.1 Free field conditions	7
3.2 Reference point	9
3.3 Reference axis	9
3.4 Response	9
3.5 Frequency response	9
3.6 Directional response pattern	9
3.7 Directivity factor	9
3.8 Directivity index	9
3.9 Resonance frequency	9
3.10 Rated impedance	9
3.11 Nominal power	11
3.12 Characteristic sensitivity	11
3.13 Nominal efficiency	11
3.14 Power handling capacity	11
3.15 Rated power handling capacity	11
3.16 Rated sound pressure level	11
3.17 Effective frequency range	11
3.18 Rated frequency range	11
4. General test conditions	13
4.1 Acoustic environment	13
4.2 Noise	13
4.3 Accuracy	13
4.4 Mounting and acoustic loading	13
4.5 Method of taking response curves	13
5. Measurements	15
5.1 Frequency response	15
5.2 Directional response pattern	15
5.3 Directivity factor and index	17
5.4 Electrical impedance and resonance frequency	17
5.5 Characteristic sensitivity	17
5.6 Rated sound pressure level	17
5.7 Power handling capacity (accelerated life test)	19
APPENDIX: Notes on the test for power handling capacity	23
FIGURES	24

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES DE MESURE DES 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 Comité d'Etudes N° 29 de la CEI: Electroacoustique.

Un premier projet préparé par le Comité national indien a été revu par le Groupe de Travail N° 5 lors d'une réunion tenue à La Haye en 1959. A la suite de cette réunion, un nouveau projet fut préparé et examiné lors des réunions tenues à Rapallo et à Paris en 1960.

A la suite d'une réunion du Comité d'Etudes N° 29 tenue à Helsinki en 1961, un projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1961.

Quatre votes défavorables furent reçus et plusieurs pays soumièrent des commentaires qui furent examinés lors de la réunion du Comité d'Etudes N° 29 tenue à Baden-Baden en 1962. A la suite de cette réunion, des modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois, en septembre et en novembre 1963 respectivement.

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

Afrique du Sud	Japon
Allemagne	Norvège
Autriche	Pologne
Belgique	Pays-Bas
Canada	Roumanie
Corée, République de	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Finlande	Union des Républiques
Inde	Socialistes Soviétiques
Italie	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT FOR 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 was prepared by IEC Technical Committee No. 29, Electro-acoustics.

A first draft prepared by the Indian National Committee was reviewed at a meeting of Working Group No. 5 held in The Hague in 1959. As a result of this meeting, a further draft was prepared and considered at meetings held in Rapallo and in Paris in 1960.

As a result of the meeting of Technical Committee No. 29 held in Helsinki in 1961, a draft was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1961.

Four unfavourable votes were received and a number of countries submitted comments which were reviewed at the meeting of Technical Committee No. 29 held in Baden-Baden in 1962. As a result of this latter meeting, amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure, in September and November 1963 respectively.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
France
Finland
Germany
India
Italy
Japan
Korea, Republic of

Netherlands
Norway
Poland
Romania
South Africa
Sweden
Switzerland
Union of Soviet Socialist
Republics
United Kingdom
United States of America

MÉTHODES DE MESURE DES HAUT-PARLEURS

1. Domaine d'application

Cette recommandation s'applique uniquement aux haut-parleurs à radiation directe du type électrodynamique à bobine mobile. Si les extrémités de la bobine mobile sont accessibles, il est recommandé de les utiliser afin d'obtenir des informations sur le haut-parleur dans sa forme la plus fondamentale. Cependant, si d'autres éléments, tels qu'un transformateur ou un réseau spécial, font partie du haut-parleur, ou sont spécifiés par le fabricant comme devant être utilisés avec lui, il peut être essayé dans ces conditions, mais il faut alors le spécifier très clairement dans la présentation des résultats. Trois types de montage différents sont spécifiés afin de tenir compte des diverses charges acoustiques possibles.

2. Objet

Le but de la présente recommandation est de spécifier, sur une base aussi simple que possible, des méthodes pratiques et uniformes pour la mesure de certaines caractéristiques des haut-parleurs, afin que les discussions entre fournisseurs, clients et laboratoires d'essais soient fondées sur des résultats clairement exprimés et reproductibles. L'interprétation de ces résultats et la façon dont on en déduit le fonctionnement réel sont des questions dépendant de l'expérience du client. Ceci est dû au fait que la nécessité d'avoir des conditions de mesure uniformes impose une simplification sévère de l'ambiance acoustique, facteur très important pour le fonctionnement du haut-parleur; de plus, il faut se souvenir que la décision finale dépend du jugement humain. Les mesures objectives ici recommandées ont besoin, de ce fait, d'être complétées par des essais d'écoute subjective, dans des conditions appropriées, si on veut arriver à un jugement final.

Etant donné le manque d'expérience et de connaissances reconnu sur le plan international, on a dû différer certaines mesures importantes qui sont donc omises de cette recommandation. Ces omissions peuvent être groupées comme suit:

- Distorsion harmonique
- Distorsion d'intermodulation
- Distorsion transitoire
- Efficacité (rendement)
- Puissance limite d'utilisation pour une distorsion donnée
- Essais objectifs dans des ambiances typiques
- Essais subjectifs.

Une attention particulière est à porter à l'essai relatif à la puissance limite d'utilisation. C'est un moyen valable pour trouver un défaut dans l'étude et la fabrication, mais comme dans tous les essais accélérés on peut craindre qu'il n'y ait pas une correspondance exacte entre les conditions fictives de l'essai et les conditions d'un emploi usuel prolongé. Il est donc particulièrement nécessaire de compléter ces essais par des discussions entre le fournisseur et l'utilisateur.

3. Explication des termes

Les explications suivantes, relatives aux haut-parleurs, faciliteront la lecture de cette recommandation.

3.1 Conditions de champ libre

Conditions qui s'approchent de celles d'un champ libre. Les salles sourdes dans lesquelles les erreurs de mesure dues aux réflexions ne dépassent pas ± 1 dB, aux emplacements du microphone et du haut-parleur, dans le domaine de fréquence utile, sont considérées comme satisfaisantes. Pour une discussion de la précision globale, voir le paragraphe 4.3.

METHODS OF MEASUREMENT FOR LOUDSPEAKERS

1. Scope

This Recommendation applies only to single direct-radiator electro-dynamic loudspeakers of the moving-coil type. If the terminals representing the moving coil are available, it is recommended that they be used, as this gives information about the unit in its most basic form. However, where other elements such as a transformer or a special network form part of the unit, or are prescribed in the manufacturer's specification to be used with the unit, it may be so tested provided that this is clearly stated when presenting the results. Provision is made for different acoustic loads by prescribing three types of mounting.

2. Object

The object of this Recommendation is to specify, on the simplest possible basis, practical and uniform methods of measuring certain characteristics of loudspeakers, so that discussions between suppliers, users and testing authorities may be based on clearly expressed and reproducible results. The interpretation of these results and an assessment of actual performance are matters of the individual users' experience. This is because uniformity of measuring conditions demands a radical simplification of the acoustical environment, which is a important factor for determining loudspeaker performance; moreover, it should be remembered that the ultimate appeal is to human judgment. For these reasons, the objective measurements here recommended need to be supplemented by subjective listening tests under the appropriate conditions if a final assessment is to be made.

For lack of internationally agreed knowledge and experience, certain important measurements have been deferred for future study and are therefore necessarily omitted from the present Recommendation. These omissions may be listed under the following headings:

- Harmonic distortion
- Intermodulation
- Transient distortion
- Efficiency
- Distortion—limited power handling capacity
- Objective tests in more typical surroundings
- Subjective tests.

Particular attention is drawn, in this connection, to the test for power handling capacity. This is thought to be a valuable means of finding weaknesses in design and manufacture but, like all accelerated life tests, misgivings may arise as to the exact correspondence between the artificial conditions of test and those of normal extended use. It is therefore particularly necessary to supplement the tests by discussions between the supplier and the user.

3. Definitions

For the purpose of this Recommendation, the following definitions shall apply with regard to loudspeakers.

3.1 *Free field conditions*

Conditions which approach acoustically those of free space. Anechoic rooms in which measurement errors due to reflections do not, at the positions of the microphone and loudspeaker, exceed about ± 1 dB over the useful frequency range are considered satisfactory. For a discussion of overall accuracy, see Sub-clause 4.3.

3.2 Point de référence

Point situé dans le plan qui contient le bord de la membrane et au centre géométrique de l'ouverture.

3.3 Axe de référence

Ligne qui passe par le point de référence et qui est perpendiculaire au plan qui contient le bord de la membrane.

3.4 Réponse

Pression sonore, relative ou absolue, dans des conditions de champ libre, résultant de l'application d'un signal électrique mesuré en un point spécifié.

3.5 Réponse en fréquence (courbe de réponse)

Représentation, généralement graphique, de la réponse en fonction de la fréquence, mesurée en un point spécifié, pour un courant constant ou une tension constante également spécifiée.

3.6 Diagramme directionnel

Représentation, généralement graphique, de la réponse en fonction de la direction de propagation de l'onde acoustique incidente, dans un plan donné contenant l'axe de référence, à une distance spécifiée du point de référence, à des fréquences ou pour des bandes étroites de fréquences également spécifiées.

3.7 Facteur de directivité

Dans des conditions de champ libre, rapport de l'intensité, mesurée en un point choisi sur l'axe de référence, à l'intensité qu'engendrerait au même point une source ponctuelle qui émettrait la même puissance acoustique que le haut-parleur examiné, les mesures étant effectuées à une fréquence spécifiée ou pour une bande de fréquences spécifiées.

3.8 Indice de directivité

Facteur de directivité exprimé en décibels.

3.9 Fréquence de résonance

Fréquence pour laquelle le module de l'impédance électrique présente son premier maximum principal, sur l'échelle de fréquence croissante, la tension d'entrée étant choisie de manière à ne pas influencer la valeur de cette fréquence.

3.10 Impédance nominale

Valeur de la résistance pure que l'on doit substituer au haut-parleur pour mesurer la puissance électrique de la source. Cette valeur doit être spécifiée par le constructeur.

Notes 1. — Il est recommandé pour un haut-parleur à large bande, à bobine mobile, du type à radiation directe, que l'impédance nominale spécifiée par le constructeur soit égale au module de la plus faible valeur de l'impédance électrique, dans la bande de fréquences au-dessus de la résonance basse du haut-parleur, c'est-à-dire l'impédance nominale minimale. La mesure doit être faite sans écran.

2. — Si un transformateur ou un réseau spécial forme ou fait partie intégrante du haut-parleur ou est prescrit par le constructeur comme devant être utilisé avec lui, l'impédance nominale spécifiée par le constructeur doit être mesurée aux bornes d'entrée de ces éléments.
Il est recommandé, de plus, que le constructeur précise l'impédance nominale aux bornes de la bobine mobile, si ces bornes sont accessibles.

3.2 *Reference point*

A point lying in the plane through the edge of the cone and at the geometrical centre of the opening.

3.3 *Reference axis*

A line perpendicular to the plane through the edge of the cone and passing through the reference point.

3.4 *Response*

The sound pressure, absolute or relative, under free field conditions, resulting from a stated electrical input to the loudspeaker, produced at a specified position.

3.5 *Frequency response*

Description, usually presented in the form of a graph, of the response as a function of frequency measured at a stated position and at a specified constant voltage or constant current.

3.6 *Directional response pattern*

Description, usually presented in the form of a graph, of the response as a function of the direction of propagation, measured in a specified plane through the reference axis, at a specified distance from the reference point, and at specified frequencies or narrow bands of frequencies.

3.7 *Directivity factor*

Under free field conditions, the ratio 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 range of frequencies.

3.8 *Directivity index*

The directivity factor expressed in decibels.

3.9 *Resonance frequency*

That frequency where the modulus of the electrical impedance has its first principal maximum in an ascending frequency scale, the electrical input being such as to have no significant effect on the value of the resonance frequency.

3.10 *Rated impedance*

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

- Notes*
1. — It is recommended that, for full-range single moving-coil units of the direct radiator type, the rated impedance specified by the manufacturer be equal to the modulus of the lowest value of the electrical impedance in the frequency range above the bass resonance of the loudspeaker, i.e., the rated minimum impedance. The measurement shall be made without baffle.
 2. — If a transformer or a special network forms an integral part of the loudspeaker unit, or is prescribed in the manufacturer's specification to be used with the unit, the rated impedance, specified by the manufacturer, shall correspond to the input terminals of these elements.
It is recommended, additionally, that the manufacturer state the rated impedance corresponding to the terminals of the moving coil, if these are available.

3.11 Puissance nominale

Puissance dissipée dans une résistance pure égale à l'impédance nominale pour une tension égale à celle appliquée aux bornes du haut-parleur. On peut la calculer à partir de l'impédance nominale et de la tension efficace appliquée.

3.12 Caractéristique d'efficacité

Rapport de la pression acoustique moyenne, dans une bande de fréquences donnée, à une distance de 1 m du point de référence, sur l'axe de référence, à la racine carrée de la puissance nominale.

3.13 Rendement nominal

Rapport de la puissance acoustique totale rayonnée (intégrée sur une sphère) à la puissance électrique nominale d'entrée, à une fréquence ou dans une bande de fréquences donnée.

3.14 Puissance limite d'utilisation

Puissance que peut normalement supporter le haut-parleur de façon satisfaisante. Elle peut être limitée:

- a) par la destruction mécanique;
- b) par la production d'une distorsion inacceptable.

3.15 Puissance nominale limite d'utilisation

Valeur de la puissance limite d'utilisation précisée par le constructeur et basée sur son expérience.

Note. — Cette puissance est généralement considérée comme la puissance de sortie non déformée d'un amplificateur à l'aide duquel on peut faire fonctionner le haut-parleur de façon satisfaisante (sans destruction mécanique) en utilisant un programme normal pendant une assez longue période. Il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de définir une puissance limite d'utilisation limitée par la distorsion, bien que son importance soit reconnue; sa valeur dépend tant de la charge acoustique que d'autres facteurs difficiles à spécifier.

3.16 Niveau nominal de pression acoustique

Niveau de pression acoustique moyen par rapport à la pression de référence normalisée ($20 \mu\text{N/m}^2$), dans un domaine de fréquences donné, produit sur l'axe de référence à une distance de 1 m du point de référence, en alimentant le haut-parleur par une puissance nominale égale à la puissance nominale limite d'utilisation.

3.17 Domaine effectif de fréquences

La fréquence limite supérieure est définie comme étant la fréquence à partir de laquelle la réponse du haut-parleur, exprimée en décibels, mesurée sur l'axe de référence à une distance de 50 cm du point de référence (voir note du paragraphe 4.5) ne diminue pas au-dessous d'une valeur précisée (généralement 10 dB) au-dessous de la réponse moyenne, dans une bande d'une octave de largeur, dans la région d'efficacité maximale. Les résonances et antirésonances dans la réponse, ayant une largeur inférieure à un huitième d'octave, doivent être négligées. La fréquence limite inférieure doit être prise égale à la fréquence de résonance du haut-parleur.

3.18 Domaine nominal de fréquences

Domaine de fréquences réduit qu'un constructeur peut attribuer à un haut-parleur pour des buts spéciaux.

Note. — Ce domaine peut différer du domaine de fréquences effectif, surtout pour les petits haut-parleurs employés seulement pour les fréquences aiguës tels que les « tweeters », ou pour la reproduction de la parole lorsque les basses fréquences sont supprimées.

3.11 *Nominal power*

The power dissipated in a pure resistance of rated impedance value for a voltage equal to the voltage at the loudspeaker terminals. It can be calculated from the rated impedance and the r.m.s. voltage across the loudspeaker.

3.12 *Characteristic sensitivity*

The ratio of the average sound pressure, over a stated frequency range and referred to a distance of 1 m from the reference point on the reference axis, to the square root of the nominal power.

3.13 *Nominal efficiency*

The ratio of the total acoustic power radiated (integrated over a sphere) to the nominal electrical input power at a given frequency or band of frequencies.

3.14 *Power handling capacity*

That nominal power which the loudspeaker will satisfactorily handle. It may be limited by:

- a) mechanical damage;
- b) the production of unacceptable distortion.

3.15 *Rated power handling capacity*

That value of power handling capacity which a manufacturer assigns to his loudspeaker, on the basis of his experience.

Note. — It is usually understood as the undistorted power output of an amplifier with which the loudspeaker may be satisfactorily operated on normal programme material over an extended period without mechanical damage. It is not at present possible to legislate for distortion-limited power handling capacity, although its importance is recognized; its value depends on acoustic loading and on several other factors difficult to specify.

3.16 *Rated sound pressure level*

The average sound pressure level over a stated frequency range, produced on the reference axis and referred to a distance of 1 m from the reference point, by a nominal power equal to the rated power handling capacity, and referred to the standard reference pressure ($20 \mu\text{N/m}^2$).

3.17 *Effective frequency range*

The upper frequency limit is defined as that up to which the response of the loudspeaker, expressed in decibels, measured on the reference axis at a distance of 50 cm (see Note to Sub-clause 4.5) from the reference point, does not fall by more than the stated amount (normally 10 dB) below the mean response averaged over a bandwidth of one octave in the region of maximum sensitivity. All sharp peaks and troughs in the response curve narrower than one eighth octave shall be neglected. For the lower frequency limit, the resonance frequency of the loudspeaker shall be taken.

3.18 *Rated frequency range*

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 small loudspeakers used only at high frequencies (such as tweeters), or for speech only, where the lower frequencies are suppressed.

4. Conditions générales d'essais

4.1 *Ambiance acoustique*

Les mesures acoustiques doivent être exécutées dans les conditions de champ libre, comme exposé dans le paragraphe 3.1. Sauf spécifications contraires, tous les essais doivent être exécutés dans les conditions atmosphériques normales spécifiées dans la Publication 68 de la C E I: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique applicables aux matériels électroniques et à leurs composants.

4.2 *Bruit*

La présence d'un bruit de fond ou de toute autre perturbation, soit dans la salle, soit à l'extérieur, ne doit pas changer les résultats de plus de ± 1 dB.

4.3 *Précision*

Etant donné les erreurs inévitables dans des conditions de mesures pratiques, le domaine dans lequel les erreurs totales ne dépassent pas ± 2 dB et celui dans lequel elles ne dépassent pas ± 5 dB sera mentionné, lorsque cela sera possible. Une attention particulière doit être portée à l'action des harmoniques, surtout aux fréquences basses et lorsque le haut-parleur est mesuré sans écran (voir le paragraphe 4.4 c)).

4.4 *Fixation et charge acoustique*

Le fonctionnement d'un haut-parleur dépend de ses propriétés propres et de la charge présentée à la membrane, celle-ci, pour sa part, étant largement influencée par le mode de fixation. Une description claire de cette fixation doit donc toujours être donnée lors de la présentation des résultats.

Trois types de montage sont prévus:

- a) un écran acoustique particulier ou une enceinte;
- b) un écran acoustique normalisé;
- c) montage libre sans écran acoustique.

4.4.1 *Ecran acoustique normalisé* (voir figures 1, 2 et 3, page 24)

L'écran doit présenter une surface frontale plane acoustiquement réfléchissante. Il doit être fait dans un matériau rigide ayant un amortissement interne élevé et une épaisseur telle qu'elle assure une vibration négligeable. L'écran doit avoir les dimensions données dans la figure 1, page 24.

La surface frontale de l'écran acoustique doit affleurer autant que possible le plan d'ouverture de la membrane. Pour éliminer, derrière le bord de celle-ci, la cavité résonnante résultant de l'épaisseur de l'écran, on doit utiliser soit un chanfrein comme l'indique la figure 2, page 24, soit un mince écran auxiliaire rigide comme l'indique la figure 3, page 24. L'épaisseur de l'écran acoustique ou de l'écran auxiliaire au voisinage du rebord doit être réduite au minimum et, en tout cas, ne doit pas dépasser un dixième du diamètre nominal du haut-parleur ou, pour un haut-parleur oblong, un dixième du petit axe du haut-parleur.

4.5 *Méthode de mesure des courbes de réponse*

Les mesures doivent être faites avec un microphone à pression ayant un étalonnage en champ libre connu, disposé à une distance de 50 cm du point de référence.

Note. — Il est préférable d'utiliser une distance de mesure de 1 m pour les haut-parleurs ayant un diamètre supérieur à 25 cm, mais il ne faut alors pas oublier que l'influence de l'écran acoustique, aux fréquences basses, est augmentée.

4. General test conditions

4.1 *Acoustic environment*

Acoustical measurements shall be made under free field conditions as explained in Sub-clause 3.1. Unless otherwise stated, all tests shall be made under standard atmospheric conditions for testing as laid down in I E C Publication 68, Basic Environmental Testing Procedures for Electronic Components and Electronic Equipment.

4.2 *Noise*

Background noise or other interference, whether in a room or outdoors, shall not influence the results by more than ± 1 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, and that over which they do not exceed ± 5 dB, shall be stated where applicable. Particular attention is drawn to the contribution which harmonics may make to the output, especially at low frequencies and under free mounting conditions (see Sub-clause 4.4c)).

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) free mounting with no baffle.

4.4.1 *Standard baffle* (see Figures 1, 2 and 3, page 24)

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 adequate thickness to assure negligible vibration. The baffle shall have the dimensions shown in Figure 1, page 24.

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 rim. This may be achieved by means of a chamfer as shown in Figure 2, page 24, or by the use of a thin rigid sub-baffle as shown in Figure 3, page 24. The thickness of the baffle or sub-baffle in the neighbourhood of the rim should be kept as small as possible and not greater than one tenth of the loudspeaker's nominal diameter, or, in the case of an elliptical loudspeaker, one tenth the nominal minor axis.

4.5 *Method of taking response curves*

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.

Note. — For loudspeakers greater than 25 cm diameter, a measuring distance of 1 m is to be preferred, but it should be recognized that the effect of the baffle at low frequencies will then be greater.

Il est recommandé de relever les courbes de réponse à l'aide d'un appareil automatique donnant une courbe continue. La vitesse de déroulement doit être suffisamment lente pour que le graphique tracé ne diffère pas sensiblement de ce que donnerait la méthode point par point. L'arrêt du relevé automatique en un point donné ne doit pas changer la réponse réelle de plus de ± 1 dB. S'il est nécessaire d'utiliser des méthodes point par point, il faut faire attention à ce que toutes les résonances soient mises en évidence. Les mesures à courant constant ou à tension constante (selon le cas) doivent être faites de manière que l'impédance finie de la source employée n'influence pas les mesures de plus de ± 1 dB.

Note. — Si on emploie une méthode point par point, les points de mesure doivent être indiqués clairement sur le graphique.

5. Mesures

5.1 Courbe de réponse

Les mesures doivent être faites dans les conditions mentionnées dans l'article 4. Elles peuvent être faites à courant constant ou à tension constante à une puissance nominale ne dépassant pas un dixième de la puissance nominale limite d'utilisation. La puissance nominale utilisée doit être précisée.

Les mesures devraient s'étendre, idéalement, de 20 à 20 000 Hz, mais elles peuvent être limitées au domaine de fréquences effectif du haut-parleur (voir les paragraphes 3.17 et 3.18) et particulièrement le paragraphe 4.3. Les courbes doivent être tracées conformément à la Publication 89 de la CEI: Recommandations concernant les caractéristiques de l'appareillage électroacoustique à spécifier pour les diverses applications.

5.2 Diagramme directionnel

Le diagramme directionnel peut être présenté de deux façons différentes:

- a) famille de courbes de réponse polaires pour des fréquences discrètes spécifiées ou pour des bandes de fréquences;
- b) famille de courbes de réponse pour des angles différents mesurés par rapport à l'axe de référence.

Quelle que soit la méthode employée, les mesures doivent être faites le haut-parleur étant monté et alimenté de la même façon que pour les mesures de la réponse en fréquence. La distance à laquelle la mesure est exécutée doit être indiquée.

Les courbes polaires doivent être dessinées conformément à la Publication 89 de la CEI et l'efficacité du système de mesure doit rester constante pour tous les angles.

Il est recommandé que les mesures (méthode a)) soient faites à l'aide d'un appareil qui donne une déviation angulaire continue. Si la méthode b) est employée, ou si on utilise la méthode a) mais en l'appliquant à des angles discrets, il faut s'assurer que les lobes existants sont correctement mis en évidence.

Les diagrammes polaires (méthodes a)) doivent être tracés au moins pour les fréquences suivantes: 500, 1 000, 2 000, 4 000 et 8 000 Hz.

Notes 1. — Pour les haut-parleurs très petits tels que les « tweeters », il peut être désirable d'utiliser des fréquences situées au-dessus des fréquences ci-dessus (prises dans les fréquences préférentielles de l'ISO R 266-1962).

2. — Si on utilise la méthode point par point, le graphique doit indiquer clairement les angles choisis.

3. — Le diagramme directionnel d'un haut-parleur avec membrane elliptique (oblong) doit être mesuré en deux plans, dont l'un contient le grand axe et l'autre le petit axe.

4. — Il faut noter que si le diagramme directionnel est mesuré avec écran acoustique, des résultats différents peuvent être obtenus selon le plan de mesure. On doit donc, en présentant les résultats, indiquer l'orientation de l'axe de mesure.

It is recommended that response curves be taken by an automatic method giving a continuous curve. The rate of traversing the frequency range shall be slow enough to ensure that the resulting graph does not depart appreciably from that which would be obtained under steady state conditions. Thus stopping the frequency response trace at any point shall not change the indicated response by more than ± 1 dB. If it is necessary to resort to point-by-point methods, great care will be needed to ensure that all significant peaks and troughs are adequately explored. Measurements made at constant voltage or at constant current, where applicable, shall be such that the finite impedance of the actual source does not influence the results by more than ± 1 dB.

Note. — When a point-by-point method is used, the graph shall clearly indicate the points taken.

5. Measurements

5.1 Frequency response

Measurements shall be made under the conditions laid down in Clause 4. They may be made either at constant voltage or constant current and at a nominal power of not more than one tenth of the rated power handling capacity. The nominal power chosen shall be stated.

Measurement should ideally extend from 20 to 20 000 Hz (c/s) but may be restricted to the frequency range of the loudspeaker (see Sub-clause 3.17 and Sub-clause 3.18). Attention is drawn however to Sub-clause 4.3. The curves shall be drawn in accordance with IEC Publication 89, Recommendations for the Characteristics of Audio Apparatus to be Specified for Application Purposes.

5.2 Directional response pattern

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

- 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 measurement and the distance at which they are made shall be stated.

The polar curves shall be drawn in accordance with IEC Publication 89, 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, 1 000, 2 000, 4 000 and 8 000 Hz(c/s).

Notes 1. — For very small loudspeakers such as tweeters, it may be desirable to use frequencies (from the ISO preferred frequency list R 266 - 1962) above this frequency range.

2. — If the point-by-point method is used, the graph shall clearly show the angles taken.
3. — The directional pattern of a loudspeaker with an elliptical cone shall be measured in two planes, one containing the major axis and one the minor axis.
4. — It should be noted that if the directional pattern is measured in a baffle, different results may be obtained according to the measuring plane used. Therefore, in presenting the results, the orientation of the measuring axis shall be stated.

5.3 Facteur et indice de directivité

Ces valeurs sont déduites des mesures exposées au paragraphe 5.2 suivant la procédure précisée dans le paragraphe 3.7.

5.4 Impédance électrique et fréquence de résonance

Le module de l'impédance électrique doit être mesuré de manière que la puissance nominale, à aucune fréquence, ne soit supérieure au dixième de la puissance nominale limite d'utilisation.

Il faut utiliser une tension constante ou un courant constant, mais la méthode et la valeur maximale de la puissance nominale doivent être spécifiées.

La fréquence de résonance (voir paragraphe 3.9) peut être déterminée à partir de la courbe de l'impédance électrique. Cet essai doit être exécuté sans écran acoustique, l'axe de référence du haut-parleur étant horizontal.

5.5 Caractéristique d'efficacité

La caractéristique d'efficacité S_k est obtenue à partir d'une réponse en fréquence à tension constante, le haut-parleur étant monté sur l'écran acoustique normalisé dans le paragraphe 4.4.1, sauf s'il doit être employé avec une enceinte particulière. Dans ce dernier cas, les mesures doivent être faites avec l'enceinte spécifiée.

Si r est la distance de mesure
 r_0 la distance de référence de 1 m
 V la tension constante appliquée aux bornes du haut-parleur
 Z_n l'impédance nominale
 $\bar{p}_r$ la pression acoustique moyenne, sur l'axe de référence (le trait indique qu'il s'agit de la moyenne dans le domaine de fréquence considéré).

$$\text{Nous avons } S_k = \frac{\bar{p}_r \cdot \frac{r}{r_0}}{\sqrt{\frac{V^2}{Z_n}}} = \frac{\bar{p}_r \cdot \sqrt{Z_n}}{V} \cdot \frac{r}{r_0}$$

$$\text{Les unités sont } \frac{\text{N} / \text{m}^2}{\sqrt{\text{Watt}}} \left(\frac{\text{dyn} / \text{cm}^2}{\text{Watt}} \right)$$

Notes 1. — $\bar{p}_r$ est une sommation efficace dans le domaine de fréquences, mais lorsque la pente de la courbe de réponse en fréquence, rapportée en décibels sur une échelle logarithmique, est inférieure à 12 dB par octave, une approximation suffisante peut être obtenue en considérant la simple moyenne arithmétique de cette courbe: on remplace la courbe par une ligne droite dans le domaine de fréquences considéré et on peut alors calculer $\bar{p}_r$ à partir de l'ordonnée correspondant à la moyenne géométrique des ordonnées des fréquences limites de ce domaine de fréquence.

2. — La caractéristique d'efficacité donne au client des informations concernant la pression acoustique qui serait produite à une distance de 1 m si le haut-parleur était alimenté par un programme dont la puissance électrique serait équivalente à 1 W. Elle est donc utile pour l'étude de systèmes sonores et donne une valeur représentative permettant la comparaison des rendements de différents haut-parleurs.

5.6 Niveau de pression acoustique nominal

Il est égal au produit de la caractéristique d'efficacité par la racine carrée de la puissance limite d'utilisation; il est exprimé en décibels par rapport à la pression de référence normalisée ($20 \mu\text{N/m}^2$).

5.3 Directivity factor and index

These are computed from the measurements set out in Sub-clause 5.2 by the process indicated in Sub-clause 3.7.

5.4 Electrical impedance and resonance frequency

The modulus of the electrical impedance shall be measured under such conditions that the nominal power shall, at no frequency, exceed one tenth of the rated power handling capacity.

Constant voltage or constant current may be used, but the method and the maximum value of the nominal power shall be stated.

The resonance frequency (see Sub-clause 3.9) may be read off the curve of electrical impedance. This test shall be made without a baffle and with the reference axis of the loudspeaker horizontal.

5.5 Characteristic sensitivity

The characteristic sensitivity S_k is obtained from a frequency response measurement at constant voltage. The loudspeaker shall be mounted on a standard baffle as specified in Sub-clause 4.4.1, unless the loudspeaker is designed to be used with a particular enclosure. In the latter case, measurements shall be made with the loudspeaker so mounted, the enclosure being specified.

Let r be the measuring distance
 r_o the reference distance of 1 m
 V the voltage applied to the loudspeaker terminals
 Z_n the rated impedance
 $\bar{p}_r$ the average sound pressure, on the reference axis, where the bar indicates an averaging process over the considered frequency range.

We have
$$S_k = \frac{\bar{p}_r \cdot r_o}{\sqrt{V^2 Z_n}} = \frac{\bar{p}_r \cdot \sqrt{Z_n} \cdot r}{V \cdot r_o}$$

The units are
$$\frac{\text{N} / \text{m}^2}{\sqrt{\text{Watt}}} \left(\frac{\text{dyn} / \text{cm}^2}{\sqrt{\text{Watt}}} \right)$$

Notes 1. — $\bar{p}_r$ is a root mean square summation over the frequency band, but when the general trend of the frequency response curve, plotted in decibels on a logarithmic frequency scale, is less than 12 dB per octave, a sufficient approximation may be obtained by a process of simple arithmetic averaging from this curve: thus one might replace the response curve by an approximating straight line over the considered frequency range and compute $\bar{p}_r$ from the value read off at the geometrical mean of the limits of this frequency range.

2. — The characteristic sensitivity gives information about the resulting sound pressure that would arise at a distance of 1 m when the loudspeaker is supplied with a programme signal whose electrical power is equivalent to 1 W. It is useful for the design of public address systems and also represents a figure of merit for assessing the efficiencies of different loudspeakers.

5.6 Rated sound pressure level

This is obtained by multiplying the characteristic sensitivity by the square root of the rated power handling capacity, and it is expressed in decibels with respect to the standard reference pressure (20 $\mu\text{N}/\text{m}^2$).

5.7 Puissance limite d'utilisation (essai accéléré de vieillissement)

5.7.1 Le haut-parleur est mesuré à l'aide d'un bruit (voir paragraphe 5.7.2) dans une salle d'un volume supérieur à 8 m³ dans laquelle les conditions climatiques spécifiées au paragraphe 5.7.4 sont maintenues. Le haut-parleur doit être essayé sans écran acoustique sauf s'il doit être employé avec une enceinte. Dans ce dernier cas, les mesures doivent être faites avec l'enceinte spécifiée.

Notes 1. — Si l'on veut vérifier plusieurs haut-parleurs simultanément, il faut s'assurer que la réaction acoustique entre les haut-parleurs est négligeable.

2. — Si le haut-parleur est prévu pour fonctionner dans un domaine de fréquences restreint et si un réseau correspondant limitant ce domaine de 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 fait alors partie intégrante du haut-parleur comme cela est mentionné dans l'article 1 et la note du paragraphe 3.10.

5.7.2 Le signal d'essai, comme spécifié ci-dessous, ayant une puissance nominale correspondant à celle utilisée pour l'essai de puissance limite d'utilisation du haut-parleur, doit être appliqué aux bornes du haut-parleur, directement ou par l'intermédiaire du réseau auxiliaire employé, comme spécifié dans le paragraphe 5.7.1, note 2.

Le signal doit avoir une distribution fréquentielle correspondant à celle obtenue à la sortie d'un filtre recevant à l'entrée un bruit ayant une énergie constante par hertz (bruit blanc).

Le filtre est caractérisé par deux éléments en cascade:

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

Il faut faire attention, si on utilise un circuit d'écrtage, à ce que le signal d'essai, à l'entrée de l'amplificateur, n'engendre pas de crête instantanée ayant une valeur supérieure à deux fois la valeur de la tension efficace du signal complet.

Notes 1. — La figure 4 montre la courbe de réponse des deux filtres décrits, avec les tolérances permises de ± 1 dB.

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

5.7.3 L'amplificateur de puissance utilisé pour l'essai doit avoir une impédance de sortie inférieure au tiers de l'impédance nominale (combinée) du haut-parleur (des haut-parleurs). Il doit être capable de délivrer au haut-parleur une puissance nominale au moins 4 fois supérieure à la puissance nominale appliquée au haut-parleur pendant l'essai avec le bruit. Les fréquences fondamentales doivent être comprises entre 50 et 4 000 Hz et la distorsion harmonique ne doit pas dépasser 10%.

5.7.4 Les conditions climatiques doivent être spécifiées par le client. Il est recommandé, dans la mesure du possible, d'adopter les conditions spécifiées dans la Publication 68 de la C.E.I.

Note. — Cette publication est susceptible d'être révisée par le Comité adéquat.

5.7.5 Pour chaque condition climatique spécifiée, le haut-parleur doit être vérifié pendant 100 heures consécutives, à une puissance nominale qui correspond à celle que le haut-parleur doit supporter (voir le paragraphe 3.15).

Note. — Pour mesurer la puissance nominale à partir de la tension aux bornes de l'impédance nominale, il est essentiel d'employer un instrument qui indique la vraie valeur efficace, tel qu'un appareil thermique par exemple.

5.7 Power handling capacity (accelerated life test)

5.7.1 The loudspeaker shall be tested by means of a noise signal (see Sub-clause 5.7.2) in a room of not less than 8 m³ in which the climatic conditions specified in Sub-clause 5.7.4 are maintained. The loudspeaker shall be tested without a baffle, unless the loudspeaker is designed to be used with a particular enclosure. In the latter case, measurements shall be made with the loudspeaker so mounted, the enclosure being specified.

Notes 1. — If more than one loudspeaker is tested simultaneously, care shall 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 requirements of Clause 1 and the note of Sub-clause 3.10 apply.

5.7.2 A test signal, as specified below, having a nominal power equal to that at which it is required to check the power handling capacity of the loudspeaker shall be applied to the loudspeaker, directly or through the permitted auxiliary network of Note 2 of Sub-clause 5.7.1.

The signal shall 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).

This filter is characterized by two sections in cascade:

- 1) A two-mesh lowpass filter of the ladder type whose equal RC-elements each has a time constant of 0.25 ms.
- 2) A single-mesh highpass filter of the ladder type whose RC-element has a time constant of 2.0 ms.

Care shall be taken, by the use of 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 shows the frequency response of the two filter sections described, with their permissible deviations of ± 1 dB.

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

5.7.3 The power amplifier used for the test shall have an output impedance not greater than one third of the (combined) rated impedance of the loudspeaker (loudspeakers). The amplifier shall be capable of supplying the loudspeaker with a nominal power which is at least four times the nominal power supplied to the loudspeaker during the noise signal test. The fundamental frequencies shall lie within the range 50 Hz (c/s) to 4 000 Hz (c/s) and the harmonic content shall not exceed 10%.

5.7.4 Atmospheric conditions shall be as specified by the user. It is recommended that, where possible, the conditions specified in IEC Publication 68 be adopted.

Note. — This Publication is subject to revision by the appropriate Committee.

5.7.5 For each specified climatic condition the loudspeaker shall be tested for a continuous period of 100 hours at the nominal power corresponding to that which the loudspeaker is required to handle (see Sub-clause 3.15).

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

- 5.7.6 Immédiatement après l'essai, le haut-parleur doit être mis au repos dans des conditions climatiques identiques à celles existant normalement dans des magasins ou dans des laboratoires d'essais. Sauf spécification contraire, la période de repos doit être de 100 heures.

Un haut-parleur est considéré avoir rempli les clauses de cet essai si, après la période de repos, on ne remarque aucune variation significative dans ses caractéristiques électriques, mécaniques ou acoustiques par rapport aux caractéristiques techniques données dans les notices concernant le type de haut-parleur considéré. Seule, une variation de la fréquence de résonance est autorisée, la valeur de cette variation n'est pas fixée, mais elle doit toujours être mentionnée dans la présentation des résultats.

IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60200:1966

- 5.7.6 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 hours.

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 to 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.

Withd 2020
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60200:1966

ANNEXE

NOTE RELATIVE A L'ESSAI DE PUISSANCE LIMITE D'UTILISATION

But de l'essai

Le but de cet essai est le suivant:

- 1) Donner au constructeur des informations relatives à la stabilité de sa production.
- 2) Donner à l'utilisateur des informations relatives au vieillissement et à la durée de vie du haut-parleur.

Nature de l'essai

Cet essai est un essai accéléré de vie réduit à une durée de 100 heures. Il est donc nécessairement sévère et même quelques dérogations légères de la spécification peuvent conduire à des variations considérables dans le nombre de haut-parleurs satisfaisant ou ne satisfaisant pas à cet essai. Cela est vrai pour tous les essais accélérés. Cependant, l'indication suivante concernant la façon dont ces essais sont faits peut être très utile.

Nature du signal de bruit

Dans le signal de bruit aléatoire de base, les amplitudes et le nombre d'éléments de fréquences s'étendent théoriquement de zéro à l'infini. Malgré tout, après passage à travers les filtres spécifiés, quelques crêtes d'amplitude élevée peuvent apparaître qui sont susceptibles de surcharger l'amplificateur employé. D'autre part, il n'est pas nécessairement avantageux d'employer des amplificateurs de puissance très élevée, car il y a danger à ce que le bruit de l'amplificateur et le ronflement qui n'ont pas la distribution spectrale spécifiée déforment le signal d'essai et donnent des résultats erronés. De plus, à cause de la nature impulsive du signal, des précautions spéciales doivent être prises pour s'assurer que les indications de l'instrument de mesure sont complètement indépendantes du temps.

Un oscillographe à rayons cathodiques est désirable si le spot est suffisamment lumineux.

Un écrêtage a été introduit pour limiter la puissance limite d'utilisation de l'amplificateur, mais il est important de noter qu'il doit être ajusté avec précision relativement aux excursions positives et négatives du signal de bruit aléatoire de base appliqué. Sinon, des redressements partiels peuvent se produire. De petites impulsions de courant continu peuvent produire divers effets dépendants de l'amplificateur particulier utilisé. Elles peuvent entraîner une modification de la nature aléatoire du signal final de bruit pondéré.

Pour des raisons similaires, il est souhaitable que les tolérances relatives à la courbe pondérée de fréquence (voir figure 4, page 25) soient utilisées avec précaution; les variations positives et négatives doivent être, autant que possible, compensées autour de la courbe.

La courbe de réponse pondérée spécifiée a été choisie en tant que compromis entre la courbe de réponse probable relative à la parole ou à la musique et la réduction nécessaire dans les basses fréquences en raison de l'absence de charge acoustique du haut-parleur.